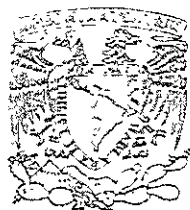


5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

EL PAPEL DE LA INGENIERÍA CIVIL ANTE EL
CAMBIO CLIMÁTICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

AGUSTÍN JAVIER ALVARADO SARAVIA

DIRECTORA DE TESIS: DRA. CLAUDIA SHEINBAUM PARDÓ
MÉXICO, D.F., CIUDAD UNIVERSITARIA. SEPTIEMBRE DE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/006/01

Señor
AGUSTIN JAVIER ALVARADO SARAVIA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la investigadora CLAUDIA SHEINBAUM PARDO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL

"EL PAPEL DE LA INGENIERIA CIVIL ANTE EL CAMBIO CLIMATICO"

INTRODUCCION

- I. ANTECEDENTES
- II. CARACTERIZACION DEL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO
- III. POTENCIAL DE MEXICO ANTE EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO
- IV. LAS APLICACIONES DE LA INGENIERIA CIVIL EN EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO
- V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente

"POR MI RAZA HABI ARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria a 16 de enero de 2004.

EL DIRECTOR

M. C. GERARDO FERRANDO BRAVO

CD. S.M.P.

AGRADECIMIENTOS

A PATY.

A MIS PADRES , HERMANOS Y LICHA.

A MIS AMIGOS.

AL INSTITUTO DE INGENIERÍA, MUY ESPECIALMENTE A LA DRA. CLAUDIA SHEINBAUM PARDÓ Y AL ING. MANUEL LÓPEZ PÉREZ, POR SU INVALUABLE AYUDA PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

ÍNDICE

	Introducción	(01)
Capítulo I	Antecedentes	(04)
1.1	Efecto Invernadero	(04)
1.1.1	Cambio Climático	(05)
1.1.2	Contribución de México a la Emisión de los GHG's	(06)
1.1.3	Vulnerabilidad de México ante el Cambio Climático	(09)
1.2	Iniciativas Internacionales	(12)
1.3	Contexto Nacional	(14)
1.4	Protocolo de Kyoto	(15)
1.4.1	Los Mecanismos Flexibles del Protocolo de Kyoto	(16)
	Conclusiones Capítulo I	(18)
Capítulo II	Caracterización Del Mecanismo de Desarrollo Limpio	(19)
2.1	El Mecanismo de Desarrollo Limpio	(19)
2.2	Experiencias Internacionales	(23)
2.2.1	Caso: Estados Unidos	(24)
2.2.2	Caso: Costa Rica	(26)
2.3	Tendencias del MDL	(29)
2.4	La situación de México ante el MDL	(31)
	Conclusiones Capítulo II	(34)
Capítulo III	Potencial de México ante EL MDL.	(35)
3.1	Sector Forestal.	(35)
3.1.1	Descripción del Sector Forestal actual	(36)
3.1.2	Descripción de las opciones de mitigación (forestal)	(37)
3.1.3	Adicionalidad	(41)
3.1.4	Principales Riesgos	(42)
3.1.5	Oportunidades del MDL (forestal)	(43)
3.1.6	Potencial Forestal	(44)

3.2	Sector Energético.	(45)
3.2.1	Entorno Nacional	(46)
3.2.2	Producción de energía	(46)
3.2.3	Políticas del sector de energía	(48)
3.2.4	Aprovechamiento de fuentes renovables	(50)
3.2.5	Ahorro y uso eficiente de la energía	(51)
	Conclusiones Capítulo III	(54)
Capítulo IV	Las Aplicaciones de la Ingeniería Civil en el MDL.	(56)
4.1	Aplicaciones en Estructuras	(56)
4.1.1	Diseño de Estructuras	(56)
4.1.2	Materiales de Construcción	(59)
	4.1.2.1 Contribución de la Industria Siderúrgica y del Cemento	(59)
	4.1.2.2 Siderurgia	(61)
	4.1.2.3 Eficiencia energética en el Acero	(62)
	4.1.2.4 Cemento	(63)
	4.1.2.5 Eficiencia energética en el Cemento	(64)
4.1.3	Uso de materiales de baja intensidad energética	(67)
4.2	Aplicaciones en Ingeniería de Sistemas.	(68)
4.2.1	Sistemas Solares para calentamiento de agua	(68)
4.2.2	Sistemas Minihidroeléctricos	(69)
4.2.3	Sistemas Eólicos	(70)
	Conclusiones Capítulo IV	(78)
Capítulo V	Conclusiones	(80)
	Abreviaturas	(83)
	Glosario de términos	(84)
	Lista de Tablas	(87)
	Lista de Figuras	(88)
	Referencias Bibliográficas	(89)
	Anexo A	(91)
	Anexo B	(96)

INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene por objeto dar a conocer el papel que tiene nuestro país dentro de la Ingeniería Civil ante el grave problema del Cambio Climático. A partir de los Mecanismos de Desarrollo Limpio¹ como una alternativa viable para la mitigación de los Gases de Efecto Invernadero causantes del Cambio Climático.

En el mundo en que vivimos tenemos grandes problemas ambientales unos que son producidos por el hombre y otros que se deben a los procesos naturales que existen dentro de la naturaleza. Aquí se hablará de un grave problema ambiental que es causado por las actividades que realiza el hombre, este problema es el Cambio Climático.

Las actividades antropogénicas² del hombre generan diferentes tipos de gases, vapor de agua, dióxido de carbono, ozono, metano, óxidos de nitrógeno y clorofluorocarbonos; estos gases son conocidos como Gases de Efecto Invernadero³ (GHG's por sus siglas en inglés), nombre dado debido a que la formación de estos gases en la atmósfera impiden que la radiación infraroja salga de la atmósfera, provocando un "Efecto Invernadero".

El Cambio Climático causa de la emisión de los Gases de Efecto Invernadero, es un problema que actualmente está teniendo gran auge, debido a que se están empezando a presentar grandes cambios en la temperatura de la Tierra; se han presentado ya evidencias que muestran que el calentamiento de la Tierra es de $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}^4 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ desde 1860 a la fecha, y que está creciendo en grandes magnitudes estos incrementos de temperatura, esperándose cambios de temperatura de entre 1.4° y 5°C para el período de 1990 al año 2100.

Se han realizado ya algunos estudios de cuales serían las posibles alteraciones que podría sufrir el planeta, por causa del calentamiento global de la Tierra y se han encontrado resultados realmente muy alarmantes, como que, para el período de 1990 al año 2100, se espera un incremento del nivel medio del mar de 9 cm a 88 cm, además se ha encontrado que los grandes fenómenos climáticos como El Niño entre otros son producto de estas alteraciones, las cuales podrían verse impactadas en que la variación del clima se vuelve más variable y algo más grave es que se vuelven menos predecibles en algunos casos

¹ Mecanismos creados para reducir costos del cumplimiento de objetivos impuestos en el Protocolo de Kyoto y promover el desarrollo económico y sustentable en los países en vías de desarrollo

² Actividades que realiza el hombre en su proceso de desarrollo

³ Estos gases son los que se pretenden reducir sus emisiones dentro del Protocolo de Kyoto

⁴ "Summary for Policymakers" (SPM), which was approved by IPCC member governments in Shanghai in January 2001. delegations of 99 IPCC member countries participated in the Eighth Session of Working Group I

Ante este gran problema del Cambio Climático que hemos mencionado, el cual no tiene fronteras puesto que nos atañe a todos los habitantes de la Tierra, y que puede causar graves alteraciones en distintos aspectos: temperatura, precipitaciones, eventos extremos (El Niño, nivel del agua en los océanos, nieve y hielo), existen ya algunos avances a nivel internacional, una de las negociaciones más importantes que han surgido en éste ámbito es el Protocolo de Kyoto, con el cual se pretende comprometer a todos los países a que regulen y reduzcan sus cantidades de GHG emitidas, los países desarrollados tienen que adquirir mayores compromisos que el caso de los países subdesarrollados, puesto que se considera que los países desarrollados para haber podido llegar a su desarrollo actual tuvieron que haber generado anteriormente grandes cantidades de GHG, sucediendo lo contrario con los países subdesarrollados como es el caso de México que de alguna u otra forma han generado menor cantidad de GHG, y que si se espera que los países subdesarrollados puedan llegar a tener un crecimiento económico se tiene que hacer mediante la vía del crecimiento industrial, provocando un incremento en las emisiones de los GHG.

Con los países subdesarrollados se ha acordado que éstos requieren de una amplia regulación de sus emisiones de GHG's, pero sin que tengan un compromiso fijo de reducir emisiones como es el caso de los países desarrollados.

México como país subdesarrollado tiene la necesidad de buscar mecanismos que le permitan desarrollarse tecnológica y económicamente, esta búsqueda debe estar fundamentada en mecanismos que cumplan con las mayores eficiencias energéticas posibles de manera costo-efectiva para poder hacer frente a la mitigación de los GHG's.

Dentro de las negociaciones que se tiene actualmente a nivel mundial referentes al Cambio Climático, se tiene la creación de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, los cuales tienen por objeto poder llevar a cabo la mitigación de los GHG.

Estos Mecanismos no han sido estipulados concretamente sino mas bien han quedado de manera ambigua, y por lo mismo podemos aplicar cualquier sistema de mitigación dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Ahora bien, dentro del objetivo de esta tesis está el de poder difundir o dar a conocer alternativas que existen actualmente para poder hacer una mitigación de los GHG's siendo además éstas de manera costo efectivas además estas alternativas se encuentran dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio, para poder ser aplicados por la Ingeniería Civil, y así uno como Ingeniero Civil pueda tener alternativas para poder contribuir al gran problema del Cambio Climático

En la tesis de todos los GHG's solo nos enfocaremos al estudio de la mitigación del Dióxido de Carbono CO₂, debido a que éste representa cerca del 99% del total de las emisiones de los gases de efecto invernadero en México.⁵

Dentro de la tesis en el Primer Capítulo describiremos que es el Cambio Climático y como se origina, cuál es la contribución de México en las emisiones de GHG, cuales son las principales iniciativas internacionales que existen referentes al Cambio Climático, y que es lo que pretenden los Mecanismos de Desarrollo Limpio.

En el Segundo Capítulo se hace una caracterización mas profunda de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, también aquí se habla de dos casos internacionales en donde ya han sido implementados estos Mecanismos, y además se habla acerca de cuáles son las principales tendencias respecto a éstos Mecanismos.

En el Tercer Capítulo se hace una descripción de 2 sectores: Forestal y Energético, y en base a los Mecanismos de Desarrollo Limpio vistos en el segundo capítulo se determina cual es el potencial que tenemos en México ante estos Mecanismos.

La descripción de cual es el potencial de México ante el MDL se debió a que actualmente existen para los países desarrollados ya acuerdos de poder realizar opciones de mitigación de GHG en los países subdesarrollados, con el fin de evitar las emisiones de los GHG en los países desarrollados y así poder implementar acciones conjuntas con los países subdesarrollados.

En el Cuarto Capítulo se hablará de dar a conocer esas alternativas de mitigación de emisiones de GHG que existen dentro de algunas ramas comprendidas en la Ingeniería Civil, y que sean de manera costo efectivas. Las cuales son necesarias para poder llevar acabo el desarrollo de nuestro país, y con ello podamos emprender todas esas acciones dentro de los Mecanismos de Desarrollo Limpio para así poder hacer una disminución del problema que ocasionan las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero en las afectaciones climáticas en México y en el Mundo

Finalmente en el Capítulo Quinto se hablará acerca de las conclusiones a las que se llegaron a través del desarrollo de la tesis de cual es nuestro papel de Ingenieros Civiles ante el Cambio Climático y lo más importante es de que es lo que podemos implementar para mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero causantes del Cambio Climático

⁵ Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero realizado por el INE para 1990 y actualizado en 1993

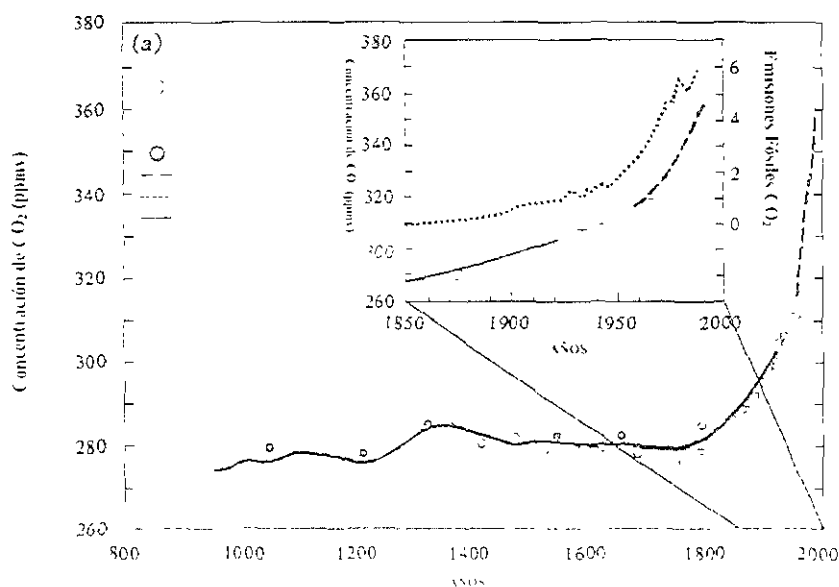
CAPITULO I.- ANTECEDENTES

1.1 Efecto Invernadero

La capa más baja de la atmósfera, conocida como Tropósfera, juega un papel de gran importancia para que se dé la vida sobre la Tierra. Los gases que contiene son responsables, en gran parte, de la temperatura del planeta, y por lo tanto, de crear condiciones aptas para la vida.

El clima de la tierra está determinado por el flujo continuo de energía (radiación solar) emitida por el sol, que a su vez es reflejada por la tierra hacia el exterior convertida en radiación infrarroja. En la atmósfera existen concentraciones de "Gases de Efecto Invernadero (GHG)",⁶ como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el ozono, el metano (CH_4), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los clorofluorocarbonos (CFC), que impiden que la radiación infrarroja salga de la atmósfera, provocando un efecto de Invernadero, con lo que se mantienen las temperaturas naturales del medio ambiente; estos gases existen de manera natural y representan menos del 1% de la atmósfera.

Figura I.1.- Concentraciones de CO_2



Este fenómeno es conocido como cambio climático global.

Estas concentraciones de GHG se han estado incrementando de manera importante (ver figura I.1) por las actividades humanas: por la quema de combustibles fósiles, deforestación, la fermentación entérica de materia orgánica proveniente de los hatos ganaderos y la explotación del gas natural se puede esperar el aumento en la

temperatura al haber mayor absorción de radiación infrarroja, lo que ha ocasionado que el clima se altere para mantener el balance energético global. Este ajuste trae consigo un Cambio Climático Global que tendrá importantes consecuencias en la humanidad.

⁶ "Cambio Climático 1995: La Ciencia del Cambio Climático" Contribución del Grupo de Trabajo I para el Segundo Reporte de Evaluación del IPCC. Cambridge University Press 1995

4.1.1 Cambio Climático

El bióxido de carbono es el gas que más predomina. Sus concentraciones atmosféricas han aumentado un 30% desde 1860, de 280 a 360 partes por millón⁷. La temperatura promedio global ha aumentado aproximadamente medio grado centígrado en el mismo período.

En general, el aumento será mayor en áreas geográficas cercanas a los polos y menor hacia el Ecuador, pero en el caso de variaciones regionales de temperatura considerables, incluso áreas en la misma latitud se verán impactadas. Los cambios no sólo afectarán las temperaturas ambientales para los seres humanos, plantas y animales, sino también el grado y los tiempos de los extremos climáticos, la duración de las estaciones productivas y la humedad del suelo.

Al tiempo que aumenta la temperatura global, los regímenes de precipitación de la Tierra se verán también afectados. En general, se espera que la energía adicional en la atmósfera acelerará el ciclo hidrológico, aumentando el promedio de precipitación. Esto a su vez aumentará el riesgo de inundaciones y de vientos de altura.

También se espera que ocurran cambios en el patrón estacional y en la variabilidad de la precipitación. El aumento total en la precipitación no siempre significará un ambiente más húmedo: en muchas regiones el resultado neto será la sequía, porque la evaporación compensará con creces el aumento en la precipitación. Una vez más, las diferencias regionales en los impactos serán considerables; algunas regiones serán más templadas y secas, mientras que otras serían más húmedas y frescas. En las regiones más secas, e incluso en las regiones sin cambio en los niveles anuales de lluvia, pero con cambios en la distribución y variación de la precipitación, la producción de alimentos puede reducirse y el riesgo de incendios y contaminación atmosférica puede aumentar.

Aunque la evidencia científica no es concluyente, existe la preocupación de que los eventos climáticos extremos tales como los ciclones tropicales, tornados y efectos de "El Niño" se vuelvan más frecuentes y más severos por el cambio climático. Los cambios pueden presentarse en las trayectorias de las tormentas, exponiendo áreas diferentes a los impactos y riesgos asociados con las mismas. Es de esperarse que el clima regional se vuelva más variable y menos predecible.

Como resultado del calentamiento global, se espera que el nivel del mar aumente de 1990 al año 2100, de 9 cm a 88 cm⁸. Esto, aunado a tormentas y mareas más acentuadas, especialmente si las tormentas se vuelven más frecuentes o más severas, podría traducirse en incursiones episódicas de agua de mar en aguas costeras y áreas de agua dulce y en una erosión significativa.

⁷ "Summary for Policymakers" (SPM), which was approved by IPCC member governments in Shanghai in January 2001, delegations of 99 IPCC member countries participated in the Eighth Session of Working Group I

Item 7

Las zonas costeras y las pequeñas islas son altamente vulnerables a la problemática del Cambio Climático, si se esperan aumentos del nivel de los mares esto puede traer consecuencias muy graves como perder enormes porciones de tierras, se tienen estimadas las siguientes pérdidas: 0.05% en Uruguay, 1% en Egipto, 6% en Holanda, 17.5% en Bangladesh y 80% de Atoil Majuro en las Islas Marshall⁹

La comunidad científica internacional ha logrado un consenso en los últimos años en cuanto al calentamiento global del planeta y se han determinado importantes antecedentes:

- Las actividades humanas (Antropogénicas) liberan GHG a la atmósfera.
- Las concentraciones de GHG en la atmósfera son causantes del calentamiento global del planeta.
- Los modelos de simulación climática indican que la temperatura global del planeta se incrementará entre 0.4° y 5°C para el período de 1990 al año 2100¹⁰; sobrepasando las variaciones climáticas observadas en los últimos 10 mil años.
- Existen enormes probabilidades de que el Cambio Climático tenga efectos importantes en el medio ambiente global.
- La humanidad enfrentará otros riesgos y presiones de otro tipo.
- Los ecosistemas y las personas deberán adaptarse a los cambios producidos por este fenómeno.
- Es posible estabilizar las concentraciones de GHG en la atmósfera mediante esfuerzos internacionales conjuntos.
- Para hacer frente a este reto, la comunidad internacional ha creado una Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)

1.1.2 Contribución de México a la Emisión de Gases de Efecto Invernadero

La elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de México¹¹ ha posibilitado la identificación y cuantificación de las principales fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero del país, lo cual es básico para la definición de cualquier política relacionada con el Cambio Climático. El Inventario también es importante porque nos brinda la base para el desarrollo de una metodología completa y detallada para estimar dichas fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero y nos proporciona un mecanismo común y consistente que le

Climate Change Information Kit of UNFCCC

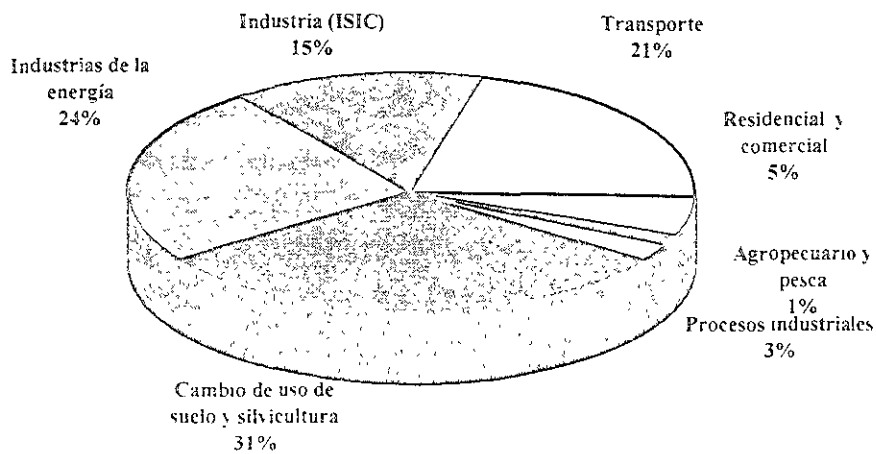
Summary for Policymakers (SPM), which was approved by IPCC member governments in Shanghai in January 2001; delegations of 99 IPCC member countries participated in the Eighth Session of Working Group I

⁹ Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero realizado por el INE para 1990 y actualizado en 1996

Como se puede observar en la Tabla I.1, las emisiones de gases de efecto invernadero del país en 1990 se distribuían de la siguiente manera: las emisiones totales de bióxido de carbono fueron de 444,489 Gg¹², el sector energético constituyó la fuente más importante de este gas con 297,011 Gg (66% del total), mientras que las emisiones producidas por cambios de uso de suelo representaron 31% de las emisiones nacionales de CO₂. Las emisiones por procesos industriales representaron el 3%.

Dentro del sector energético las fuentes principales de emisiones son la industria de la energía y los transportes juntos aportan el 45% de las emisiones totales de CO₂, y por otro lado, las emisiones por cambio de uso de suelo que representan 31% de las emisiones totales de este mismo gas, las cuales se deben en su totalidad, a la tala de bosques en el país.

Figura I.3.-Emisiones de bióxido de carbono en México 1990 (Gg)



Fuente	CO ₂ (Gg)
Cambio de uso de suelo y silvicultura	135,857.3
Industrias de la energía*	108,473.1
Transporte	94,705.6
Industria (ISIC**)	64,971.2
Residencial y comercial	23,558.6
Procesos industriales	11,621.0
Agropecuario y pesca	5,301.9

*Generación de electricidad y consumo propio de las industrias de la energía (PEMEX y CFE)

** SIC: International Standard Industrial Classification of All Economic Activities. Clasificación Internacional del sector industrial que incluye entre otros la producción de cemento y la metalurgia

Fuente: INE. Realizado para 1990 y actualizado en 1996

Dentro de las emisiones de gases en el sector Industrial se encuentran comprendidas dos de las industrias más importantes muy relacionadas con la Ingeniería Civil: Siderúrgica y la del Cemento (ver capítulo 4.1.2)

Finalmente, es importante señalar que las estimaciones que se han hecho sobre las emisiones de gases de efecto invernadero de México, indican que el país contribuye con sólo el 1.48%¹³ del total mundial de emisiones de CO₂, clasificado en el 13° lugar entre los países del mundo; aunque sus emisiones per cápita lo colocan en el lugar número 72.

1.1.3 Vulnerabilidad de México ante el Cambio Climático

El Estudio de País México sobre Cambio Climático¹⁴, que comprende el inventario de emisiones antropogénicas por fuentes y sumideros, de gases de efecto invernadero: escenarios de emisiones futuras; escenarios climáticos; y bosques, la hidrología, las zonas costeras, la desertificación y la sequía, los asentamientos humanos y el sector energía e industria, permitió generar estimaciones de lo vulnerable que puede ser el país ante el cambio climático. Los estudios presentan, en general, la comparación entre las condiciones actuales y las que potencialmente se presentarían bajo un cambio climático, en el caso hipotético de que se alcanzaran incrementos en las concentraciones de gases de efecto invernadero, por ejemplo, la duplicación efectiva del CO₂ en la atmósfera con respecto a los niveles preindustriales, entre el momento actual y el periodo comprendido entre los años 2025 y 2050, en un escenario de nivel normal de actividades¹⁵.

Los resultados de estos estudios indican que probablemente se presenten, entre otros, los siguientes fenómenos dentro del territorio nacional:

- Modificación del régimen y la distribución espacial y temporal de las precipitaciones pluviales
- Cambios en la humedad de suelos y aire, con alteraciones de los procesos de evapotranspiración y recarga de acuíferos.
- Agudización de las sequías, desertificación del territorio y potencial modificación de la regionalización ecológica: reducción drástica de ecosistemas boscosos templados y tropicales
- Mayor incidencia de incendios forestales, profundizando la deforestación, la erosión, la liberación de carbono y la pérdida de biodiversidad

¹³ Página de internet del Instituto Nacional de Ecología

¹⁴ Coordinado por el Instituto Nacional de Ecología entre 1994 y 1996

¹⁵ En particular, los estudios de vulnerabilidad se realizaron en las áreas de agricultura, desertificación y sequía meteorológica, ecosistemas forestales, recursos hidroclimáticos y los sectores energético e industrial

- Alteración de cuencas hidrológicas, así como del régimen y distribución de escurrimientos superficiales e inundaciones.
- Aumento del nivel de mares con impactos sobre ecosistemas costeros y marinos (manglares, humedales, zonas inundables).
- Cambios en el régimen de vientos, de insolación y luminosidad.

Estos fenómenos si se llegasen a presentar generarían enormes implicaciones para la Ingeniería Civil, puesto que la modificación de los regímenes pluviales, alteraciones en las cuencas hidrológicas y alteraciones en la distribución de los escurrimientos superficiales, haría necesario el construir obras hidráulicas de gran importancia (presas, canales, bordos), con el fin de controlar las avenidas, tener mayor regulación y/o prevención de desastres sobre las poblaciones.

Respecto a las alteraciones en la evapotranspiración y recarga de acuíferos esto pudiese generar el tener que construir pozos de agua potable más profundos o en zonas muy alejadas a las poblaciones, lo cual implicaría un mayor costo en la distribución del agua potable a las poblaciones.

En lo que respecta a los cambios en el régimen de los vientos esto pudiese implicar que al diseñar estructuras se tendría que agregar un factor de seguridad más grande con el fin de evitar colapsos o daños en las propias estructuras.

Debido a que más de la mitad del territorio mexicano se localiza en una latitud subtropical caracterizada por la presencia de zonas áridas y semiáridas, así como de selva húmeda y, que cerca del 80% de los suelos del país registran algún grado de erosión, principalmente por la deforestación de terrenos con pendientes pronunciadas. de presentarse una situación de duplicación de CO₂, los procesos de desertificación continuarán avanzando a tasas más aceleradas; tendríamos costos altos asociados a la erosión y agudización de las sequías; mayor frecuencia y/o gravedad de fenómenos naturales y profundización en el deterioro ambiental por la deforestación, la erosión y la pérdida de biodiversidad.

Además de que algunas regiones costeras estarían expuestas a inundaciones, la agricultura, en especial la de temporal, tendría pérdidas cuantiosas a causa de la mayor frecuencia de las sequías; el área con potencial de producción de granos básicos se reduciría en forma considerable; los ecosistemas forestales y las especies que los integran sufrirían daños irreversibles; el abasto de agua para riego y para consumo humano se vería afectado. en tanto que nuestra infraestructura productiva podría experimentar daños severos

A continuación se hará un explicación detallada de las afectaciones que el Cambio Climático podría generar en el país, para ello se dividió el país en tres grandes zonas geográficas (norte, centro y sur)

Zona norte

En caso de que se presentara una duplicación en las concentraciones atmosféricas de CO₂, los climas áridos y semiáridos del norte de México podrían aumentar su área de influencia, mientras que los semifríos desaparecer. Alrededor del 10% de todos los tipos de vegetación de los ecosistemas forestales se verían afectados por las condiciones secas y cálidas. Grandes extensiones de pastizales y de bosques templados resistirían la presencia de climas más calientes, por lo que podrían incrementarse las zonas con bosques tropicales secos y muy secos, así las zonas de matorrales desérticos. Resultaría probable que determinadas áreas de la región norte del país, ya no serían aptas para el cultivo de maíz de temporal. Un posible aumento en el nivel del mar afectaría la laguna deltaica del río Bravo en Tamaulipas.

Zona centro

Por concretar el mayor volumen de población y actividades económicas, esta zona presentaría una situación de alta vulnerabilidad. Los climas templados húmedos y subhúmedos tenderían a desaparecer en esta zona, aumentando los secos y los cálidos. La sequía y la desertificación, aún cuando en la actualidad presentan grados bajos, aumentarían y se agravarían los problemas de disponibilidad de agua.

Los campos de cultivo de maíz de temporal pasarían de ser medianamente aptos a no aptos. Los ecosistemas forestales más afectados en la región central del país serían los bosques templados y los bosques húmedos. La zona costera también se consideraría vulnerable al ascenso del nivel del mar.

Zona sur

La zona sur del país es la que, para distintos escenarios, presenta los menores impactos ante un Cambio Climático. Por ejemplo, los recursos hidráulicos no rebasarían los índices de vulnerabilidad considerados en el estudio, aunque en el caso de las costas del Golfo de México y del Mar Caribe se presentan regiones susceptibles al ascenso del nivel del mar. Las zonas de producción de petróleo son las más sensibles, principalmente las que forman parte del conjunto de actividades industriales. En agricultura, de presentarse dicho cambio, la superficie apta para el cultivo del maíz de temporal desaparecería en las regiones sur y sureste, y la franja costera considerada como no apta se extendería hacia el interior.

Por último, cualquier otra fluctuación climática (tal como el Fenómeno de El Niño) podría provocar alteraciones al medio ambiente intensificando los efectos en los diferentes sectores, por ejemplo, aunque hace falta todavía mayor investigación científica, trabajos recientes están sugiriendo que el comportamiento del fenómeno de "El Niño" entre 1991 y 1995 puede ser resultado de la influencia de calentamiento de la T0tierra, causando una vulnerabilidad mayor en los ecosistemas y abundancia de especies marinas, así como en los rendimientos de la producción agrícola.

1.2 Iniciativas Internacionales

En 1979 se realizó la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima y se reconoció que el Cambio Climático constituía un problema serio para la humanidad, esto marcó el inicio de un Programa Mundial del Clima (WCP por sus siglas en inglés) bajo la responsabilidad de la Organización Meteorológica Mundial (WMO por sus siglas en inglés), el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP por sus siglas en inglés) y el Cónsul Internacional de Uniones Científicas (ICSU).

En 1988 se establece el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) por la UNEP y la WMO.

En 1990 el IPCC presentó su primer Reporte de evaluación confirmando la evidencia científica del Cambio Climático y este mismo año, se realizó la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, donde se delinearon los principios de "El Cambio Climático como un asunto en común de toda la humanidad", la importancia de la equidad, "las responsabilidades comunes pero diferenciadas" de los países con diferentes niveles de desarrollo, el Desarrollo Sustentable y el principio precautorio.

En diciembre de 1990, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprueba la iniciativa de las negociaciones para establecer la Convención Marco, por lo que se crea un Comité Intergubernamental de Negociaciones para una Convención Marco sobre Cambio Climático (INC/FCCC por sus siglas en inglés).

En 1992, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático fue adoptada durante la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, Brasil. El objetivo último de la Convención, y de todo instrumento jurídico conexo que adopte su Conferencia de las Partes, es el siguiente:

*"lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático"*¹⁶

El 21 de marzo de 1994 se pone en marcha la UNFCCC y en febrero de 1995 se disuelve el INC para dar lugar a la COP como autoridad máxima de la UNFCCC

El órgano supremo de la Convención es la Conferencia de las Partes (COP), que comprende a todos los países que han ratificado la Convención (174 a finales de enero de 1998). La Conferencia promueve el cumplimiento de la Convención y, con este fin, revisa y adecua periódicamente los compromisos con base en los avances científicos y en la efectividad de los programas nacionales. La COP puede además adoptar nuevos compromisos a través de enmiendas y protocolos.

¹⁶ Página de internet de la UNFCCC

En 1995, el Segundo Informe de Evaluación del IPCC concluye que "las evidencias sugieren que existe una influencia humana discernible sobre el clima global".

En el mismo año, la Primera Conferencia de las Partes (COP-1), aprobó el Mandato de Berlín, en el que reconoce que los compromisos existentes de reducción de emisiones en los países desarrollados son insuficientes para lograr el objetivo último de la Convención. En consecuencia, dicho Mandato estableció un proceso que, mediante la adopción de un protocolo u otro instrumento jurídico, reforzaría los compromisos de las naciones industrializadas y permitiría a las Partes tomar las medidas apropiadas para el periodo posterior al año 2000.

La Segunda Conferencia de las Partes (COP-2), realizada en 1996 en Ginebra, Suiza, urgió las negociaciones para acordar el instrumento legal que se examinaría en la COP-3 para establecer los compromisos de los países del Anexo I¹⁷ respecto de políticas, acciones y reducción de emisiones.

La Tercera Conferencia de las Partes (COP-3), realizada en 1997 en Kyoto, Japón, representó el punto final de un proceso de negociación iniciado en el Grupo Ad-Hoc del Mandato de Berlín, con el fin, entre otros, de fijar objetivos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en plazos concretos para los países desarrollados, así como acordar las metodologías para cuantificar las fuentes y sumideros de emisiones. El resultado se expresó en el Protocolo de Kyoto, que desarrolla dos temas fundamentales: reducción cuantificada de emisiones y mecanismos de flexibilidad para lograrlas.

La COP-4 se realizó en Buenos Aires, Argentina en 1998. La Convención intentó avanzar en el diseño específico de los acuerdos logrados en la COP-3, especialmente los relacionados con mecanismos derivados del Protocolo

En 1999 se llevó a cabo la COP-5 en Bonn, cuyo propósito fue el de cumplir con el Plan de Acción delineado en la COP-4. En esta Convención jugaron un papel relevante dos organismos subsidiarios de la UNFCCC y del Protocolo. El Organismo Subsidiario de Implementación y el Organismo Subsidiario de Asesoría Científica y Tecnológica (SBI y SBSTA respectivamente, por sus siglas en inglés).

En noviembre del año 2000 se celebró la COP-6, que se realizó en La Haya, donde se esperaba la determinación de los esquemas para los mecanismos flexibles del protocolo, los cuales no se pudieron concretar en ninguna negociación, pero ahí se dijo que aún quedan por desarrollar los acuerdos para poder crear los compromisos necesarios para la ratificación del Protocolo de Kyoto.¹⁵

¹⁷ Anexo I se denominan así a 36 países desarrollados o en transición a economías de Mercado: países con mayor responsabilidad y capacidad de acción ante el Cambio Climático.

¹⁵ Message from the President of COP 6, UNFCCC.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) reconoció que, "tanto históricamente como en la actualidad, la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo han tenido su origen en los países desarrollados". Sin embargo, la naturaleza global del cambio climático requiere de la cooperación de todos los países y su participación como una respuesta internacional efectiva de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas, y de acuerdo con sus capacidades y condiciones sociales y económicas.

Así, la Convención señala que "las emisiones per cápita en los países en desarrollo son todavía relativamente reducidas y que la proporción del total de emisiones originada en esos países aumentará para permitirles satisfacer sus necesidades sociales y de desarrollo". En consecuencia, para cumplir el objetivo último de la Convención, en su *Anexo I* se indicaron 36 países desarrollados o en transición a economías de mercado, países con la mayor responsabilidad y capacidad de acción ante el cambio climático. A su vez, en el *Anexo II* se indicó un subconjunto de 25 países desarrollados que deberán prestar ayuda económica y tecnológica para enfrentar los impactos del Cambio Climático a países en desarrollo que sean Partes de la Convención. Los países en desarrollo, como es el caso de México y de otros 139 países, no están señalados en ninguno de los *Anexos*.

Entre los compromisos generales que asumieron las Partes de la Convención, destacan: desarrollar y presentar comunicaciones nacionales con inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero; formular programas nacionales y, en su caso, regionales para mitigar el Cambio Climático y desarrollar medidas de adaptación a sus impactos; promover la transferencia de tecnología y la gestión sustentable; el incremento de sumideros de gases de efecto invernadero, entre otros. Además, las Partes deberán tomar en consideración el Cambio Climático al formular sus políticas sociales, económicas y ambientales; cooperar en asuntos científicos y educativos y, promover el intercambio de información relacionada con el tema. México, al igual que varios otros países, ha cumplido sus compromisos con la Convención en tiempo y forma.

Aquí es donde entra la gran importancia que tiene el Ingeniero Civil dentro del problema del Cambio Climático, puesto que está comprometido en la necesidad de desarrollar medidas, planes o programas para adaptarse a los impactos que se pudiesen llegar a presentar por el Cambio Climático y que mejor si aparte de prevenir los impactos, se pueden minorizar estas causas haciendo disminuciones en las Emisiones de los Gases de Efecto Invernadero

1.3 Contexto Nacional

La Coordinación Nacional de la aplicación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático está formada por un comité intersecretarial el cual está a cargo de desarrollar la *Estrategia Nacional de Acción Climática* y de planificar

conjuntamente las políticas sobre Cambio Climático; y está conformado por las siguientes dependencias: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Energía (SE), Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca (SAGARPA), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)

Actualmente México como parte de su política de compromiso en desarrollo ambiental está ya en proceso de conformación de la Oficina Nacional de Acción Climática (ONAC), la cual ha sido elaborada por la SEMARNAT, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y el Instituto de Ingeniería de la UNAM.

En México ya se han venido desarrollando importantes investigaciones respecto al Cambio Climático, como lo son: El Estudio de País México sobre Cambio Climático en donde se tiene el estudio de la vulnerabilidad de nuestro país ante el Cambio Climático, El desarrollo del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero realizado por el INE, así como la implementación de diversos Proyectos Pilotos de Implementación Conjunta¹⁹ en diversas zonas del país.

1.4 El Protocolo de Kyoto

Adoptado en la COP-3, el Protocolo vino a ser la consolidación de la respuesta internacional ante el Cambio Climático.

El Protocolo de Kyoto establece que los 40 países desarrollados que menciona en su *Anexo B*, deberán reducir las emisiones globales de los seis gases de efecto invernadero señalados en su *Anexo A* [CO_2 , CH_4 , N_2O , hidrofluorocarbonos (HFCs) perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF_6)], en un 5.2%, durante lo que se define como el: "primer período de compromiso", que va del año 2008 al 2012. A grandes rasgos, las emisiones totales en ese período, con respecto a sus niveles de 1990, para los tres primeros gases (CO_2 , CH_4 y N_2O), y con respecto a 1990 o a 1995 para los últimos tres, deberán ser disminuidas de la siguiente manera:²⁰

Debido a que los efectos de los GHG no son iguales: es decir un kilo de metano tiene mucho mayor efecto que un kilo de bióxido de carbono por ello la reducción de cada uno de los GHG se traducen en 'equivalentes de CO_2 ' para poder manejar una cifra única.

¹⁹ Lista de Proyectos de Implementación Conjunta en México (ver capítulo 2.4)

²⁰ UNFCCC 1997 'Kyoto protocol'

- o 8% para varios países de la Unión Europea, Europa Central y de Europa del Este. La UE logrará su objetivo por medio de tasas de reducción diferenciadas para cada uno de sus estados miembros;
- o 7% para Estados Unidos;
- o 6% para Canadá, Hungría, Japón y Polonia;
- o Nueva Zelanda, Ucrania y Rusia deberán estabilizar sus emisiones al nivel de 1990;
- o Noruega podrá incrementar sus emisiones en un 1%, Australia en un 8% e Islandia en un 10 %;
- o México y los demás países en desarrollo no adoptaron compromisos de reducción de emisiones, ni adoptaron compromisos adicionales a los que les corresponde por su participación en la Convención.

El Protocolo quedó abierto para firma durante un año, a partir del 16 de marzo de 1998 y entrará en vigor después de ser ratificado por 55 países, entre los que se encuentren Partes del *Anexo I*, cuyas emisiones en 1990 representaran por lo menos el 55% de las emisiones totales de dicho Anexo.

En el Protocolo también se establecen los mecanismos flexibles que contribuirán a alcanzar estos objetivos de manera más efectiva: *El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)*, *Implementación Conjunta (IC)* y *Comercio de Emisiones (CE)*²¹ Su base es permitir a los Países desarrollados alcanzar sus metas de reducción contribuyendo al desarrollo sustentable de los países en vías de desarrollo. También se pretende que el protocolo sea el medio para lograr que todas las Partes asuman compromisos y no sólo los *Anexo B*.

Dado que el Protocolo virtualmente ha de afectar a todos los principales sectores de la economía, se considera que es el acuerdo de más largo alcance jamás adoptado sobre el medio ambiente y el desarrollo sustentable.

1.4.1 Los Mecanismos Flexibles del Protocolo de Kyoto

En su Artículo Tercero, el Protocolo de Kyoto permite que, en caso de que países del *Anexo I* logren al final de un período de compromiso superar sus metas de reducción y mitigación de los gases señalados en el *Anexo A* podrán acumular a su favor para un período subsecuente, las diferencias entre las emisiones permitidas y generadas. El mismo artículo permite a los países del *Anexo I*, que asumieron compromisos de reducción de emisiones específicos, adquirir y/o transferir entre ellos cantidades de

²¹ MDL, IC, CE, Mecanismos definidos durante el Protocolo de Kyoto con los cuales se pretenden lograr las reducciones de emisiones de los GHG.

CONCLUSIONES CAPÍTULO I

En este capítulo se habló de las causas que originan el Cambio Climático, que es por la emisión de GHG (vapor de agua, CO₂, ozono, metano, óxido de nitrógeno y clorofluorocarbonos), los cuales impiden que salga a la atmósfera parte de la radiación infrarroja que es emitida por el sol; este fenómeno se le conoce como "Efecto Invernadero", el cual provoca un calentamiento del Planeta y a este calentamiento genera que se trate de buscar un equilibrio térmico lo cual provoca el denominado Cambio Climático.

El Cambio Climático se debe entonces a las emisiones de GHG, los cuales son emitidos por el hombre en el desarrollo de sus actividades antropogénicas.

Dentro de las consecuencias más importantes por el Cambio Climático podemos citar: afectación de la duración de las estaciones, cambios en el ciclo hidrológico, eventos extremos más frecuentes (ciclones tropicales, tornados e inundaciones), aumento del nivel medio del mar afectando a las zonas costeras, sin olvidar que también se presentarían sequías más severas.

México emite grandes cantidades de GHG lo que lo colocan en el lugar 13° de emisiones en el mundo, con el Inventario Nacional de Emisiones de GHG realizado por el INE, nos permite cuantificar e identificar las principales fuentes emisoras de los GHG, que para el caso de México las dos más importantes son: Cambio de uso de suelo y el Sector Energía.

No podemos decir que México es un país exento de la vulnerabilidad ante el Cambio Climático, puesto que se observó en El Estudio País México, en donde se determinó según tres zonas cuales son las posibles afectaciones que se podrían presentar con el Cambio Climático, las cuales son bastantes preocupantes.

El Protocolo de Kyoto considerado como la más grande negociación respecto al Medio Ambiente y el Cambio Climático; con este Protocolo se pretende reducir las emisiones con tasas fijas de los GHG de los países desarrollados, y el de llevar un control más adecuado en los países en vías de desarrollo como lo es México. Cabe mencionar que el Protocolo aún no ha sido ratificado por todos los países que se requieren para que entre en marcha, sin embargo ya varios países han manifestado su interés por el Protocolo de Kyoto

Para que se puedan lograr estas reducciones en el Protocolo se crearon mecanismos capaces de ayudar a lograr tales objetivos. Mecanismo de Desarrollo Limpio, Implementación Conjunta y Comercio de Emisiones.

La estabilización de las concentraciones de los GHG en la atmósfera se pueden lograr a través de esfuerzos internacionales conjuntos, en donde México tiene el deber de participar en este proceso puesto que el Cambio Climático afecta de maneras muy alarmantes y peor aún, todavía no sabemos a ciencia cierta cuales son todas las posibles consecuencias que el Cambio Climático pudiese generar.

CAPITULO II CARACTERIZACIÓN DEL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO

En este capítulo se hará una descripción de lo que son los Mecanismos de Desarrollo Limpio, para que fueron creados, como funcionan, que casos se tienen en donde se hallan aplicado estos Mecanismos (Caso Estados Unidos y el Caso Costa Rica), en ambos casos se presenta una lista de proyectos pilotos de implementación conjunta en donde se describe el tipo de proyecto y cual es su aporte.

También hablaremos de cuales son las tendencias y cuál es la situación de México ante estos Mecanismos de Desarrollo Limpio.

Además también se hablará de cómo es que estos Mecanismos de Desarrollo Limpio pueden estar relacionados dentro de la Ingeniería Civil, puesto que con la aplicación de estos Mecanismos se pueden lograr importantes avances en cuestión de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en nuestro país.

2.1 El Mecanismo de Desarrollo Limpio.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) fue creado para reducir los costos de cumplimiento de los objetivos de reducción de las Partes Anexo I y para promover el desarrollo económico y sustentable de los países en vías de desarrollo.

Dado que los efectos del clima provocados por los GHG son los mismos en México que en Beirut, el MDL permite a las grandes fuentes emisoras de GHG invertir sus recursos destinados al cumplimiento, en proyectos de reducción de emisiones costo efectivos en países en desarrollo.

Los Mecanismos definidos por el Protocolo de Kyoto fueron Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), Implementación Conjunta (IC) y el Comercio de Emisiones (CE).

La Unión Europea, en cuanto a los Mecanismos Flexibles abanderó la idea del papel "suplementario" de tales mecanismos, oponiéndose a tal postura: Canadá, Estados Unidos, Japón y Noruega. Las naciones latinoamericanas se pronunciaron a favor del MDL.

En la COP 5 en lo que se refiere a los Mecanismos Flexibles se propuso el establecimiento de techos máximos al cumplimiento mediante proyectos extraterritoriales. Además se generó la controversia sobre la conveniencia de incluir o no proyectos forestales y se discutieron aspectos en cuanto a certificación y verificación. Las conversaciones dejaron en evidencia el problema sobre la "Adicionalidad"²², que podría situar al MDL en condición clara de desventaja con

²² Adicionalidad: Se discute mas a detalle mas adelante (ver capítulo 3.1.3)

relación al IC. Otras opiniones importantes rechazaron la inclusión de proyectos de energía nuclear y grandes proyectos de generación hidroeléctrica.

A este nivel han quedado las discusiones internacionales sobre MDL. Es importante recalcar que las AIJ²⁴ en fase piloto constituyen una base importante en cuanto a los detalles operativos que podrían determinarse para el MDL.

Estado Actual

Ha quedado asentado que el propósito del MDL es ayudar a los países del Anexo B a cumplir con sus compromisos de reducción de emisiones de una manera Costo-Efectiva y al mismo tiempo, abrir nuevos cauces de financiamiento y de transferencia de tecnología a los países en vías de desarrollo, lo cual podría lograrse con base en que las naciones sin compromisos en el Protocolo produzcan y exporten *Certificados de Reducción de Emisiones* (CRE) a partir de proyectos financiados por empresas de países Anexo B; esto puede reflejarse en la Figura II.1

Funcionamiento:

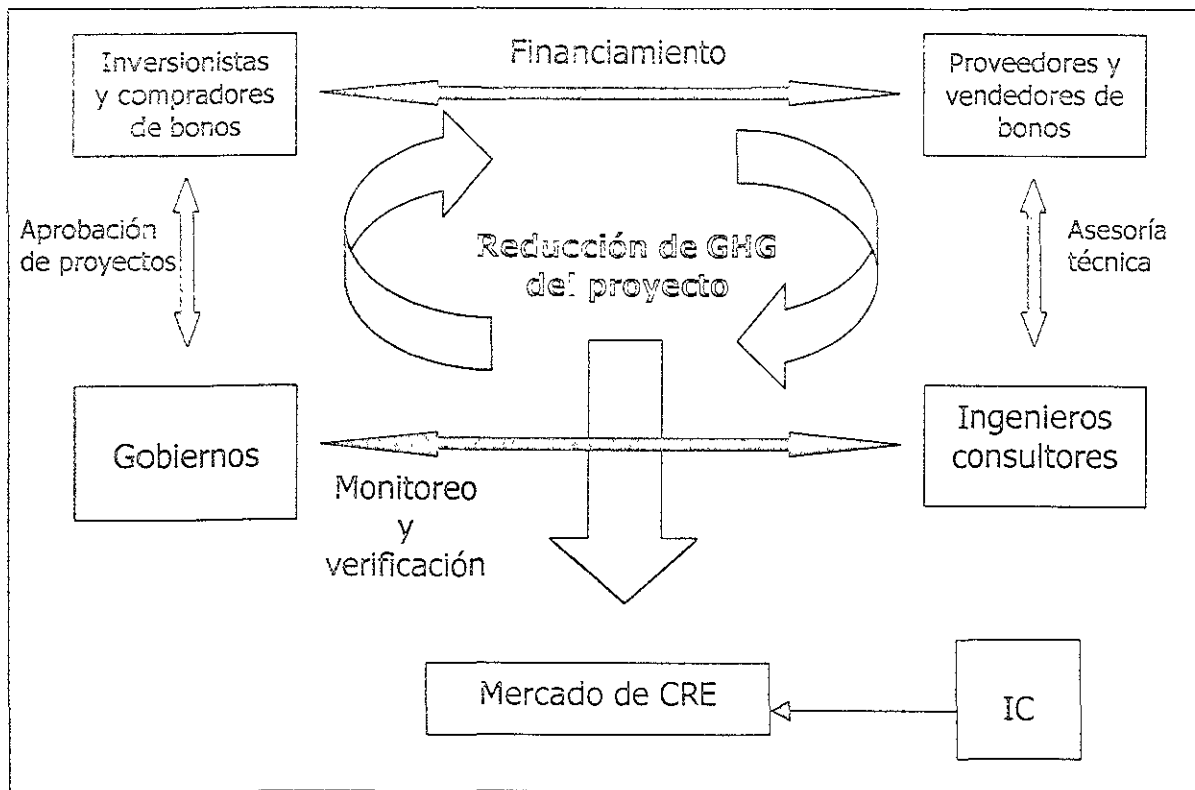
Aquí se establece una relación estrecha entre MDL y la generación del mercado internacional de CRE, pues MDL, junto con IC se convierten en los instrumentos generadores del producto de ese mercado, los CRE.

Esto implica que para la existencia de CRE, es necesario que los proyectos MDL cuenten, en términos generales, con:

- Una tasa adecuada de rentabilidad.
- Derechos de propiedad claros.
- Un sistema claro de medición y verificación.
- Consenso entre actores y
- Certidumbre jurídica

²⁴ AIJ: Actividades de Implementación Conjunta (o, sus siglas en inglés)

Figura II.1.- Esquema operativo del MDL



Podemos decir que el producto del MDL presenta dos fases claras: fase de premercado y fase de mercado. La fase de premercado está definida por la implementación de proyectos piloto y su vigencia no ha sido determinada, lo que en términos de ciclo de vida de un producto determina la etapa de fortalecimiento.

La fase de premercado presenta las siguientes características:

- Ausencia de una acreditación formal del mercado del carbono (Certificación de Reducción de Emisiones). Una diversidad de fondos para el Cambio Climático, algunos para el Pre-Mercado, por ejemplo Fondo Prototipo para el Carbono del Banco Mundial, Fondos del Proyecto Internacional del Cambio Climático, Fondos para el Medioambiente Global (GEF) Fuentes de recursos por donaciones, por financiamiento concesionado y proyectos financiados por el sector privado bajo las reglas de implementación conjunta

- Un flujo de recurso, relativamente bajo, menos de US\$ 25 millones al año para México, en actividades relacionadas al Cambio Climático. Carencia de desarrolladores capacitados e informados con habilidad de realizar proyectos de mitigación de Cambio Climático.
- Confusión respecto a los diversos recursos, reglas y tiempos del MDL

Las características de la fase de mercado son:

- Reglas formales establecidas para los CRE.
- Existencia de un mercado competitivo a nivel global entre países que no pertenecen al Anexo B.
- El mercado favorecerá países con bajos costos de transacción, procesamiento rápido y eficiente.
- El mercado favorecerá a los países con bajos costos del CRE (se requiere una cartera de proyectos listos para su financiamiento).

En cuanto a las funciones requeridas para sentar las bases operativas del MDL, es necesario que se considere:

- La estimación de la cantidad global de emisiones
- La auditoria y verificación de las certificaciones por país
- La acreditación de entidades de certificación
- El desarrollo de sistemas de información
- El asesoramiento sobre mercados de emisiones
- Monitoreo
- Control de apoyos a países en vías de desarrollo
- Aranceles

En cuanto a regulación, el MDL debe definir la calidad de su producto, los CRE; normas de funcionamiento del mercado, control en las transacciones comerciales, garantías jurídicas locales e internacionales y sanciones por incumplimiento. Además es preciso que se definan claramente las metodologías de certificación, estimación de costos, adicionalidades y líneas base.

2.2 Experiencias Internacionales

Considerando al MDL como uno de los motores principales del Mercado Internacional de Carbono, uno de los papeles importantes de este mecanismo es la determinación de los precios de su producto: los Certificados de Reducción de Emisiones.

La oferta potencial está constituida por China, la India y la Unión Soviética. Potencialmente estas naciones podrían suministrar más del 80% de la demanda del mercado; sin embargo el suministro efectivo es muy probable que sea mucho menor por la propia complejidad del MDL, los costos de transacción, los problemas de información y las restricciones institucionales en tales países.

La demanda potencial de estos productos (CRE) está en Estados Unidos, Europa del Este y Japón. La demanda efectiva dependerá de cada país del Anexo B, para regular las medidas internas de control de emisiones de GHG y de la inclusión de cada país al MDL como una alternativa para el cumplimiento correspondiente.

Actualmente pueden enumerarse una serie de casos que ya han hecho uso de esquemas similares para reducir las emisiones de GHG; grandes firmas multinacionales como British Petroleum y Shell Oil han implementado programas internos de reducción de emisiones; también es importante destacar el esfuerzo que se realiza en nuestra compañía petrolera PEMEX, para implementar programas similares.

En Japón, Tokio Electric Power Company ha invertido en proyectos forestales de ultramar para compensar sus emisiones por la quema de carbón.

En Londres, Arthur Andersen tiene un fondo de inversión para el comercio de inversiones.

En Australia, la compañía Sydney Carbon Exchange estableció una base para el desarrollo del mercado, incluyendo proyectos forestales.

El prototipo del Fondo de Carbono del Banco Mundial invertirá US\$150 millones en proyectos MDL en Asia, Latino América y África. Similarmente, varias naciones industrializadas están preparando la implementación de programas de regulación local para reducir las emisiones de GHG. La Unión Europea pretende implementar un programa regional de comercio de emisiones para el año 2005.

Inglaterra, Australia, Francia, Dinamarca, Suiza y Noruega han impuesto y/o están preparándose para imponer cargos por contaminación y programas de comercio local de emisiones.

A continuación se toca mas a detalle los casos de Estados Unidos, como parte Anexo B y Costa Rica como país en vías de desarrollo.

2.2.1 Caso: Estados Unidos

A partir de 1993, como parte del Plan de Acción sobre Cambio Climático de los Estados Unidos, la Iniciativa de Implementación Conjunta (USIJI) apoya el desarrollo e implementación de proyectos voluntarios entre los Estados Unidos y otras naciones para reducir, evitar o secuestrar Gases de Efecto Invernadero (GHG). El programa de USIJI publicó en el Registro Federal en 1994 un documento que describe el propósito de los programas pilotos, así como tiempos y procedimientos de valuación para el programa, y la definición de criterios de elegibilidad para los participantes internos y externos de los Estados Unidos, estableciendo un Panel de Evaluación de proyectos²⁵.

Los proyectos aceptados dentro del programa de USIJI son evaluados de acuerdo a distintos criterios de cuatro diferentes áreas de consideración. El requerimiento de criterios de cada proyecto aceptado en el programa de la USIJI debe demostrar lo siguiente:

- Aceptación del proyecto por parte de gobierno del país anfitrión.
- Capacidad de reducción o secuestro neto de Gases de Efecto Invernadero.
- Proporciona datos e información metodológica suficiente, capaz de establecer emisiones con y sin la realización del proyecto.
- Proporciona el rastreo y verificación de la reducción o secuestro de emisiones por el proyecto.
- Identificación de impactos asociados al ambiente y el desarrollo
- Planteamiento de certeza de los beneficios obtenidos.

Estos criterios identifican aquellos proyectos que permiten obtener logros en el país anfitrión, al mismo tiempo que proveen beneficios respecto a Gases de Efecto Invernadero, los cuales no podrían ocurrir en ausencia de acciones de programas de Implementación Conjunta.

En la Tabla II.1 se muestra una lista de los proyectos USIJI ampliamente relacionados con la Ingeniería Civil, los cuales son aplicados por los Estados Unidos en diferentes países no industrializados

²⁵ USIJI: "Fourth report to the Secretary of the United Nations Framework Convention on Climate Change"

Tabla II.1.- Lista de algunos proyectos USIJI relacionados con la Ingeniería Civil

País	Nombre del Proyecto	Tipo de Actividad	Estado de la Actividad	Vida del Proyecto	CO ₂ (toneladas)
Bolivia	Electrificación Rural Solar Fase Piloto	Energías alternativas de generación (solar)	En proceso	20 años	1,300
Chile	Proyecto de Energía Eólica	Energías alternativas de generación (viento)	Mutuo acuerdo	20 años	3,043,131
Guatemala	Proyecto hidroeléctrico Matanzas	Energía Hidroeléctrica	Mutuo acuerdo	15 años	1,156,194
	Proyecto hidroeléctrico Santa Teresa	Energía Hidroeléctrica		15 años	1,241,130
Honduras	Electrificación Rural Solar	Energías alternativas de generación (solar)	En proceso	24 años	34,398
México	APS/CFE Energías renovables Proyecto Mini Sistema	Energías alternativas de generación (sistema híbrido de potencia solar, viento y diesel)	En proceso	31 años	7,415
	Proyecto de Acción climática Noel Kempff Mercado	Cambio de uso de suelo forestal Preservación de forestal, reforestación y expansión del parque	En proceso	30 años	53,916,679
Nicaragua	El Hoyo- Monte Galán Proyecto Geotérmico	Energías alternativas de generación (geotérmica)	Mutuo acuerdo	37 años	14,119,469

Tabla II.2.- Lista de proyectos AIJ en Costa Rica

Tipo de proyecto	Nombre de actividad	Estado actual	GHG (mt CO ₂)
*Plantas Eólicas	Energías renovables (viento)	En operación	62,333
*Tierras Morenas	Energías renovables (viento)	En Implementación	311.666
*Aeroenergía	Energías renovables (viento)	En Implementación	36,842
*Doña Julia	Hidroeléctrica	En Implementación	311,666
Propuesta Nacional de consolidación territorial y financiera de los Parques nacionales y las reservas biológicas Costarricenses **	Forestal: Conservación y Regeneración	Será aprobado en la cuarta ronda de USIJ	55,817,248
Ecoland	Conservación	En Implementación	1,267,124
Carfix	Forestal: Conservación, Regeneración/ Reforestación	Parcialmente financiado	21,778,313
Biodiversifix	Forestal: Regeneración	Sin financiamiento	18,481 680
Klinki	Forestal: Reforestación	Parcialmente financiado	7,216.656
Costa Rica/Noruega Proyecto piloto AIJ ***	Forestal: Conservación Regeneración/ Reforestación	En implementación	1.150 139

* Proyectos directamente relacionados con la Ingeniería Civil

** La aprobación oficial de este proyecto de cobertura internacional (PAP) será anunciada por US'JI (4ª ronda). Por lo tanto, este proyecto AIJ (Costa Rica-Estados Unidos) aún no ha sido reportado a la secretaria de la UNFCCC.

*** Este proyecto es la primera aplicación del Proyecto Forestal Privado (PFP) de cobertura nacional.

La gran relación que se tiene de la Ingeniería Civil y los Proyectos de Implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio es muy grande puesto que los principales proyectos que se relacionan con la Ingeniería Civil serían:

Plantas Eólicas, Plantas Hidroeléctricas, Geotérmicas, Generación Solar y Sistemas híbridos (sol, viento y diesel)

También podemos mencionar los proyectos de Cambio de uso de suelo en donde la Ingeniería Civil puede tener un gran campo de trabajo.

La Ingeniería Civil juega un papel muy importante dentro de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, debido a su gran potencial en el desarrollo, planeación y construcción de diversos proyectos dentro del funcionamiento del MDL.

2.3 Tendencias del MDL

Los expertos analistas y las agencias internacionales han realizado estimaciones en cuanto al potencial económico del MDL y calculan que este mecanismo podría generar flujos de inversiones del orden de entre 5 y 10 millones de dólares anualmente²⁶ si el Protocolo es ratificado, aunque no se descarta el funcionamiento de un mercado de Carbono aún sin que el Protocolo sea ratificado.

Actualmente, existe gran incertidumbre en cuanto al desarrollo de una regulación formal del mecanismo y la puesta en marcha del Protocolo, los bajos precios actuales de los CRE reflejan tal incertidumbre, pues se cotizan entre 1 y 3 dólares por tonelada de CO₂.

Existen algunas tendencias importantes en cuanto a MDL. Algunas Partes e incluso ONG's internacionales han argumentado que el MDL debiera excluir algunos proyectos forestales, pues esto puede convertirse en una alternativa económica para la producción de cultivos ilícitos. La Comunidad Europea (CE) ha propuesto que se incluyan estrictos límites en la utilización del MDL para las Partes Anexo I, intentando que este mecanismo no sea parte de las estrategias principales de estas Partes para el lograr su cumplimiento en el período indicado (2008-2012); el argumento de la CE es la "Suplementariedad", lo cual consiste de que sólo parte de los compromisos asumidos por las Partes deben ser logrados fuera de sus fronteras. Esto repercutiría directamente en la cantidad de proyectos bajo el esquema MDL y una mayor competencia entre las naciones en vías de desarrollo

Otra tendencia y riesgo importante es las negociaciones de la UNFCCC fácilmente podría crear una gran burocracia internacional, procesos de aprobación y de transacciones complicados y promover la renta buscando actividades que puedan obtener valor agregado de las transacciones de MDL para soportar los arreglos

²⁶ Black A. Thomas. National Strategy Study for Implementation of the CDM in Colombia. National Strategy Studies, The World Bank and Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. Bogotá, Colombia. 2000

Las recomendaciones para México son:³⁰

- Llevar a cabo actividades que preparen a México para la implantación del MDL y un mercado mundial de emisiones.
- Seguir el desarrollo de proyectos de mitigación de GHG.
- Los proyectos son útiles, rentables y recomendables independientemente de la aprobación e implementación del Protocolo de Kyoto y del MDL.
- Los proyectos contribuyen al desarrollo económico local.
- Identificar y desarrollar el mayor número de proyectos posible.
- Usar recursos disponibles en el mercado actual para apoyar a proyectos.
- Aprovechar el financiamiento semilla que ayuda a desarrollar las capacidades institucionales requeridas para el mercado eventual.
- Seguir desarrollando y promocionando los beneficios del Cambio Climático de los proyectos actuales.

³⁰ Owen, Mark Hagler Early Mexico 200

CONCLUSIONES CAPÍTULO II

El Mecanismo de Desarrollo Limpio cuya finalidad es reducir los costos de cumplimiento de objetivos de reducción de los países industrializados para la promoción del desarrollo económico y sustentable de los países en vías de desarrollo, como es el caso de México, tiene como objetivos el de abrir nuevos cauces de financiamiento y de transferencia de tecnología a los países en vías de desarrollo, con los Certificados de Reducción de Emisiones.

Estos nuevos cauces de financiamiento con un esquema operativo del MDL, permitirán poder llevar a cabo grandes proyectos que contribuyan a la mitigación de los GHG.

Cabe mencionar que todavía falta que se desarrolle mucho más a fondo el tema del MDL, puesto que aún no han quedado establecidos de manera muy concreta las distintas bases operativas del propio sistema.

Además ya se tienen casos de empresas internacionales con las cuales ya se han llevado algunas acciones de gran importancia al respecto, no podemos olvidar los dos casos que se mencionaron de experiencias internacionales: caso EUA y caso Costa Rica.

Para el caso EUA en su papel de país desarrollado se observó que ya se tienen proyectos de implementación conjunta con varios países subdesarrollados, con los cuales se han implementado distintas alternativas de mitigación de los GHG. Para el caso de Costa Rica en su postura de país subdesarrollado, pero con una gran impulsión de su política ambiental se observó una lista de determinados proyectos de implementación con los cuales se logran enormes avances en materia ecológica y de desarrollo económico de una región y del país en general.

El caso de Costa Rica es un caso clave para México, por que se puede tomar como referencia para poder ser un país que logre atraer la implementación o construcción de proyectos basados en el MDL, con los cuales se pueden incorporar inversionistas a nuestro país.

En México ya se tienen algunos proyectos piloto de implementación, los cuales pueden llegar a ser de gran importancia para un futuro desarrollo.

Si México pudiese llegar a tener un portafolio de proyectos a ofrecer para ser desarrollados por el MDL esto generaría enormes posibilidades de atracción de Inversión Extranjera en proyectos de índole ambiental en nuestro país aunado a como en el caso de Costa Rica una Certificación de Reducción de Emisiones, sería un gran avance para nuestro país

Faltaría recalcar el gran papel que tiene el Ingeniero Civil en la implementación de este tipo de proyectos, debido a que tenemos un gran compromiso en emprender acciones de este tipo para minimizar o mitigar el efecto del Cambio Climático

CAPITULO III.- POTENCIAL DE MÉXICO ANTE EL MDL

En este capítulo hablaremos acerca del potencial que tiene México como país en vías de desarrollo, dentro de la aplicación del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Para determinar cual o cuales son los sectores que presentan mayor posibilidad de implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio, se partió de tomar los 2 sectores más importantes en la emisión de gases de efecto invernadero: Sector Forestal y Sector Energético (Figura 1.3 "Emisiones de bióxido de carbono en México 1990" del capítulo I)

El Sector Forestal es un área clave para la implementación de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, debido a que este sector cumple dos propósitos principalmente que son: El de evitar o ahorrar emisiones de carbono hacia la atmósfera, y el de ser un sector dentro del cual se pueden llevar a cabo el incremento de la fijación y almacenamiento del carbono.

El Sector Energético aquí, los bienes de energía, como la electricidad y los combustibles, son insumos básicos para la producción de otros bienes y servicios; ello se traduce en ingresos para los diferentes actores de la economía: las familias, las empresas y el Gobierno Federal. Esos recursos de la economía; a su vez, permiten el consumo e inversión pública y privada que estimulan la demanda de bienes y servicios, y por lo tanto la producción y el empleo para satisfacer esa demanda, lo que conlleva el crecimiento de la economía. Toda vez que la economía crece, requiere de más energía para seguir generando este círculo virtuoso: los bienes de energía activan el crecimiento de la economía y en la medida en que la actividad económica crece también se promueve el crecimiento del sector de la energía. Por tal razón se necesitan Mecanismos de Desarrollo Limpio con los cuales se puedan lograr tales incrementos en la oferta de los bienes de energía, pero que este incremento se lleve de la manera más efectiva para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

A continuación se hará una descripción detallada de cada uno de los sectores antes mencionados:

3.1 Sector Forestal

Introducción

Existe cierta preocupación en algunos sectores sobre la dificultad de medir el carbono capturado en proyectos forestales con precisión y exactitud. Aunque la exactitud de los inventarios en el ámbito nacional, aún en países industrializados, se presentan niveles de incertidumbre preocupantes, las metodologías para medir carbono en el ámbito de proyecto, como lo exigiría el MDL, han existido por algún tiempo y han sido validadas por la comunidad científica.

Un tema que afecta exclusivamente a los proyectos forestales es la permanencia o la reversibilidad. Mientras un proyecto energético que resulta en la no-quema de un combustible fósil evita estas emisiones efectivamente en perpetuidad (este carbono fósil seguirá reposando en el subsuelo), el carbono almacenado en un bosque es más vulnerable. Un proyecto forestal siempre corre algún riesgo de reversión, soltando todo el carbono acumulado nuevamente a la atmósfera.

3.1.1 Descripción del sector forestal actual

El sector forestal cubre 115.6 millones de hectáreas, lo que representa un 59% del área total del país. Cerca de 49.6 millones de hectáreas corresponden a bosques cerrados (SARH 1991). Aproximadamente la mitad de estos bosques son tropicales (incluyendo los bosques siempre verdes y los de hoja caediza) y la otra mitad son de coníferas, latifoliadas y mesófilos (refiriéndonos por ejemplo a vegetación templada).

Existen adicionalmente 21.6 millones de hectáreas de bosques en formación actualmente clasificadas como terrenos degradados. Los terrenos agrícolas (incluyendo terrenos para pastoreo) cubren 51.5 millones de hectáreas con una gran extensión de terreno con características adecuadas para sistemas agroforestales, particularmente en las zonas tropicales³¹ (ver Tabla III.1).

Otros análisis han mostrado que el sector forestal mexicano puede llegar a ser un sumidero neto de 2.4 – 3 GtonC en un escenario "político" y más de 4.2 – 5.1 GtonC en un escenario de "potencial técnico" para el 2030. Esos mismos análisis identificaron desde 23.4 hasta 39.3 millones de ha donde podrían ser implementadas opciones de mitigación de carbón para el 2030 (Masera *et al* 1995)

A pesar de que la deforestación y/o degradación forestal representa la segunda fuente de emisiones de GHG en México, con 111,748 Tg de CO₂ en 1990 (Masera *et.al.* 1995^a), el sector forestal mexicano tiene potencial para llegar a ser una gran sumidero de Carbono.

³¹ Masera *et al.* 1995

Tabla III.1.- Uso y cambio de uso de suelo en México 1990

Área de tierra	Área (mill. has)	Deforestadas (kha/año)	Aforestadas (kha/año)
Total	196.7	370 - 724	20.0
Bosques cerrados	49.6		(147 kha plantadas desde 1990)
Templados	25.5	127 - 167	
Protegidos	0.7		
Comerciales	12.8		
Tropical	24.1	189 - 501	
Protegidos	1.9		
Comerciales	5.9		
Bosques abiertos	66.0	54	
Suelos forestales degradados	21.6		
Templados	-6.8		
Tropicales	-9.6		
Abiertos	5.0		
No forestal	59.5		
Agricultura y pastoreo	51.4		
Otros	2.7		

Masera 1995 Comenzando el año 1995 un total de 70 kHa son plantadas cada año (Se asume una tasa de sobrevivencia del 34%)

3.1.2 Descripción de las opciones de mitigación para el sector forestal

El propósito principal de las opciones forestales de mitigación es reducir la acumulación de GHG en la atmósfera limitando las emisiones en el sector forestal y capturando parte del CO₂ antropogénico emitido a la atmósfera en la biosfera terrestre, retrasando los cambios climáticos predichos.

Las opciones de mitigación de carbono pueden ser definidas como cualquier acción que permita un incremento neto en la densidad de Carbono de una determinada área de terreno y/o la sustitución de combustibles fósiles.

A nivel biofísico, las dos opciones de mitigación de carbono en el sector forestal son:

a) Evitando (ahorrando) emisiones de carbono.-

Consiste en evitar la degradación y roza del área forestal actual, usualmente a través de cuidados adecuados de las áreas naturales protegidas y la administración sustentable de los recursos forestales. En este caso las emisiones de carbono también pueden ser evitadas mediante la producción forestal sustentable de biomasa para quema en vez de combustibles fósiles, en la generación de energía (por ejemplo, usando plantaciones para alimentar una planta de generación) y sustituyendo con productos madereros los productos industriales cuya manufactura representa un alto consumo de combustibles fósiles.

b) Incrementando la fijación y almacenamiento de carbono.-

Consiste en el incremento en la densidad de Carbono en un área específica y/o en las reservas de carbono almacenado. En este caso la opción básica es la aforestación de la tierra, estableciendo programas de restauración, plantaciones industriales y/o de bioenergía en los suelos degradados

Administración forestal sustentable

Esta es una de las opciones más prometedoras para reducir las emisiones de CO₂ en el sector forestal mexicano, pues ofrece simultáneamente una importante alternativa para incrementar la producción maderera y no maderera, como la implementación de bancos de germoplasma para la conservación de los suelos y la biodiversidad.

Sector forestal templado

Aproximadamente el 95% de la producción comercial maderera en México se realiza en el sector forestal templado. Actualmente sólo 6.1 de los 12.8 millones de has. del sector forestal templado cuenta con programas de manejo, aunque la productividad comercial natural de estos sectores es baja. Sin embargo, las técnicas de administración en estos sectores han mejorado en los últimos 10 años; varios sistemas novedosos de silvicultura han surgido con base en conocimientos más amplios de biología y de la dinámica específica del sector y han sido implementados logrando un sustancial incremento de la productividad

Sector forestal tropical

Aunque sólo el 5% de la forestería comercial se desarrolla en sectores forestales tropicales siempre verdes, estas áreas cubren 5.9 millones de has., representando un 36% del área comercial forestal total. Cerca de 0.9 millones de has. son actualmente cosechadas.

Una de las principales barreras de entrada de los sistemas de administración sustentable en estos sectores forestales es la gran diversidad de especies de árboles, de los cuales sólo una pequeña proporción tiene valor comercial.

Las especies comerciales más comunes son: Caoba, Caoba de Honduras y Árbol de chicle. El capital natural de estos sectores se reduce al volumen ocupado por estas especies por lo que la viabilidad económica del sector se basa en esto. Por esa razón las áreas con volúmenes reducidos de estas especies son tan frágiles que difícilmente constituyen un uso alternativo del suelo

Incorporar servicios ambientales como e. secuestro de carbono en los sectores forestales tropicales, puede constituir una mejora sustancial en la efectividad de costos y reducir la conversión a terrenos agrícolas o de pastoreo.

Tabla III.2.- Opciones de administración forestal y metodología para calcular el secuestro de carbono

Opción	Práctica / Sistema	Procedimiento para estimar la cantidad de carbono secuestrado
Conservación		
Administración forestal comunitaria Bosques templados Bosques tropicales	Administración sustentable Reducción en cosecha intensiva Ampliación del período de rotación Cambio a producción de artículos de larga duración (muebles)	Evitar emisiones por la conversión a otros usos de la tierra o de la degradación forestal, más el carbón fijado por productos madereros
Aforestación		
Restauración/Protección	Restauración de áreas degradadas. Protección de cuencas, aforestación urbana, reforestación. Restauración para el uso de combustible de madera.	Cambio en el secuestro de carbón entre los proyectos forestales y la vegetación original (Cv, Cd y Cs)
Sistemas agroforestales	Plantaciones de café, sistemas templados y tropicales: cercas naturales, sistemas tayunga, barbecho enriquecido, inter-cultivos	Cambio en el secuestro de carbón entre el sistema agroforestal y el sistema convencional

Desarrollo sustentable

El incluir el cambio de uso del suelo y el sector forestal en el MDL puede tener un amplio rango de impactos, tanto positivos como negativos, para el desarrollo sustentable. Las opciones del Cambio de Uso de Suelo Forestal (CUSF) en el MDL se han visto como algo que potencialmente:

- o Contribuye a financiar actividades forestales y agrícolas sostenibles, con beneficios sociales y ambientales para las comunidades locales; o, alternativamente, promueve plantaciones de monocultivos a gran escala desplazando a comunidades locales y generando impactos ambientales negativos.
- o Inunda el mercado del MDL con reducciones de bajo costo, las cuales tornan no competitivos a la mayoría de proyectos energéticos, industriales y de transporte en la región o alternativamente canaliza nuevos recursos financieros a la región aprovechando la ventaja comparativa de sus sectores forestales

La adicionalidad es una de las mayores dificultades asociadas a los proyectos del MDL, ya que definir y cuantificar algo que, por definición, no va suceder es complejo. En el caso de los proyectos forestales se enfrenta a la siguiente paradoja: mientras la acelerada deforestación a la par con bajas tasas de establecimiento de plantaciones claramente indica que existen opciones significativas para las acciones adicionales que incrementen la captura y reducen las emisiones en este sector y uso del suelo, generalmente es difícil establecer con precisión la adicionalidad para un proyecto específico.

Un aspecto que solamente afecta a los proyectos de CUSF, y no a los proyectos de reducción de emisiones en otros sectores, es la reversibilidad o permanencia. Un proyecto que reduce las emisiones a través del cambio de combustible o las medidas de eficiencia energética para todos los propósitos prácticos elimina estas emisiones en perpetuidad el carbono fósil sin quemar permanecerá probablemente en el subsuelo. Un proyecto forestal que secuestra carbono o evita las emisiones de la deforestación solamente reduce o absorbe emisiones mientras el bosque esté intacto. Los bosques son inherentemente vulnerables. La reducción de emisiones en proyectos energéticos permite que el carbono permanezca almacenado bajo suelo en los depósitos de combustibles fósiles, donde ha permanecido por millones de años. Los bosques, plantaciones y otras formas de secuestro por uso del suelo están potencialmente sujetas a desastres naturales como inundaciones, fuegos, y plagas, que de repente pueden traer consecuencias catastróficas para la cobertura vegetal.

3.1.4 Principales Riesgos

Riesgos de MDL en el sector forestal

1. Incentivos perversos. Esto pone en riesgo la biodiversidad de algunas regiones, al implementar alternativas de secuestro de Carbono mediante incentivos para especies con gran potencial de captura pero que impactan negativamente la biodiversidad de la región.
2. Reducción de la inversión en el sector energético. Para algunos países y compañías interesadas en concentrar las inversiones del MDL en energía limpia la inclusión de opciones forestales es vista como una amenaza que puede quitar flujos de inversión del sector energético. Se supone que los proyectos forestales de reducción son bastante más baratos que los energéticos, y que la oferta potencial de los proyectos forestales de los países en vía de desarrollo es suficientemente grande para que los precios de las reducciones por tonelada disminuyan drásticamente y las opciones energéticas no estarán en posición de competir.

3. Rentabilidad final. Puede ser que muchos proyectos forestales no sean opciones de tan bajo costo si el total de los costos de uso de la tierra y otros valores y barreras sociales son considerados.
4. La capacidad técnica e institucional para emprender y mantener programas forestales de gran escala de secuestro de carbono no está establecida, lo cual puede crear un cuello de botella para el desarrollo de proyectos así como un costo significativamente alto para poner en marcha iniciativas forestales viables de gran escala.
5. Para muchos dueños de tierras la falta de experiencia con actividades forestales puede requerir de incentivos fuertes para convencerles a dedicar tierras a perpetuidad para la secuestro de carbono.
6. En muchos casos, el costo directo de las actividades de los proyectos puede resultar mucho menor que los costos de oportunidad de dedicar la tierra a bosque.
7. Los costos de transacción para los proyectos forestales son relativamente altos, especialmente los asociados con el monitoreo. Los costos de monitoreo para los proyectos forestales pueden ser del 15% de los costos de secuestro del carbono.
8. Los efectos en los precios probablemente serán limitados dado el gran volumen de reducciones de bajo costo disponibles en el sector energético, y la preferencia de los inversionistas.
9. Para determinar si los proyectos forestales pueden desplazar las reducciones energéticas e inundar el mercado, sus costos deben ser comparados con aquellos de proyectos energéticos.
10. Al mismo tiempo tiene que existir una política ambiental donde existen incentivos para la conservación y evitar la deforestación. Sin este marco de políticas, puede ser que un enfoque exclusivo en la captura de carbono (versus el evitar emisiones) conduce a proyectos forestales con una preponderancia de plantaciones forestales de una sola especie. En este sentido, excluir los proyectos de conservación del MDL implicaría solamente reconocer créditos para la reforestación y puede generar el resultado perverso donde se liquidan bosques naturales para establecer plantaciones.

3.1.5 Oportunidades de MDL en el sector forestal

Las oportunidades que pueden generarse por este potencial son:

1. El impulso al desarrollo comunitario rural mediante esquemas MDL
2. El fortalecimiento de los fondos municipales para la protección ambiental
3. La integración de Sociedades Cooperativas y Sociedades de Producción Rural.
4. El incremento de zonas de conservación ecológica
5. La conservación de la biodiversidad
6. Reducción de los índices de deforestación

3.1.6 Potencial Forestal

De este análisis puede observarse el gran potencial del sector forestal mexicano en términos de secuestro de Carbono. Este potencial puede compensar el crecimiento esperado en las emisiones de CO₂ por la combustión de combustibles fósiles. El sector forestal puede ser visto como un puente estratégico para las fuentes de energía renovable y la eficiencia energética en el mediano plazo.

Las principales opciones de mitigación de GHG's en el sector forestal son:

Conservación (Reservorios de C)

- Reservas forestales/ Reducción de la deforestación.
- Modificación del manejo forestal.
- Reducción de la degradación (pestes e incendios).

Secuestro y almacenamiento (Captura de C)

- Aforestación.
- Reforestación.
- Forestería Urbana.
- Agroforestería.
- Regeneración natural
- Enriquecimiento de biomasa
- Manejo de productos forestales

Manejo por sustitución (Eficiencia energética).

- Biomasa para generación de energía
- Sustitución de productos basados en combustibles fósiles

3.2 Sector Energético

Durante la mayor parte de la década de los noventa, la producción nacional ha crecido a tasas superiores al 4.2 % anual, ello dentro de un marco de mayor competitividad nacional e internacional. Para los próximos años la economía de México enfrenta el reto de incrementar significativamente la tasa de crecimiento económico por encima de la demográfica, para así poder brindar a su población el acceso a mejores niveles de vida.³³

En el proceso de crecimiento de la economía y de mejoramiento en la calidad de vida de los mexicanos, los bienes de energía juegan un papel doblemente estratégico: por un lado, el país es un importante productor y exportador de bienes de energía, gracias a su riqueza en hidrocarburos, como el petróleo y el gas natural, y por otro, es un consumidor de energía pues las diferentes actividades productivas la requieren para producir bienes y servicios que satisfagan las necesidades de consumo de la gente.

La producción nacional de energía se traduce en grandes beneficios para el país ya que permite la generación de empleos directos e indirectos, promueve el crecimiento económico, la captación de divisas y la recaudación de ingresos para financiar proyectos sociales. Adicionalmente, la producción nacional de algunos bienes de energía como el petróleo y la electricidad, beneficia a otros países que los consumen, ya que coadyuvan al crecimiento económico. De hecho, el 38 % de la producción nacional de energía primaria y el 50 % del petróleo se exporta a los mercados internacionales.³⁴

No obstante estos beneficios, la producción, transformación, transportación y consumo de energía tienen implicaciones sobre el medio ambiente en el que se desarrollan todas las actividades humanas. Por ejemplo, la quema de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural son responsables de las emisiones de gases hacia la atmósfera, entre ellos varios gases de efecto invernadero.

La actual política nacional del sector energía se dirige a: satisfacer los requerimientos de energía de las diferentes actividades productivas y de los hogares mexicanos; a mantenerse como un importante exportador hacia otros países, así como a promover el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida de la población en un entorno de respeto al medio ambiente. Lo anterior mediante la instrumentación de acciones concretas tales como el suministro de mejores combustibles fósiles, la adopción de adelantos tecnológicos para acceder a fuentes alternativas de energía renovable y la promoción de mayores estándares de eficiencia

³³ Para duplicar la producción nacional per capita en los próximos veinte años se requiere que la economía crezca a tasas superiores al 5 % anual. Con ello el PIB per capita se ubicaría en casi 10,000 dólares al año, cifra notablemente inferior al nivel de los países miembros de la OCDE.

³⁴ Balance Nacional de Energía 1993, Secretaría de Energía.

en el consumo. Estas acciones representan un gran esfuerzo toda vez que los recursos para financiarlas son limitados.

3.2.1 Entorno nacional

México posee una dotación natural de bienes de energía que se distingue por su riqueza y variedad, la cual se conoce como energía primaria. Algunos de estos bienes son renovables como la hidroenergía, la energía eólica y la energía solar, mientras que otros aunque son agotables como el petróleo y el gas natural, tienen un horizonte de vida de más de 40 años a los ritmos actuales de producción.

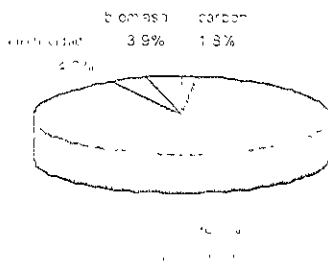
Esta riqueza muestra que el país cuenta con un importante potencial de bienes de energía, susceptibles de mayor explotación, como es el caso del gas natural, la energía eólica y la solar; con éstas México puede integrar una canasta de consumo y producción de energía más diversificada y limpia, acorde con las tendencias internacionales.

3.2.2 Producción de energía

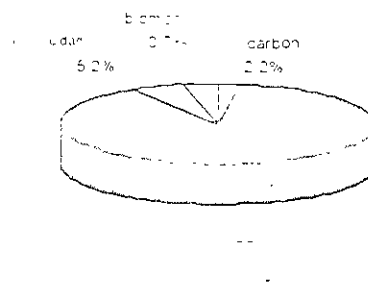
La canasta de bienes de energía que México produce responde principalmente a su dotación natural de recursos. Esta es congruente con su infraestructura de explotación de estos bienes y a las tecnologías con que cuentan las actividades económicas que la consumen. (figura III.1)

Figura III.1.-

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA,
1990



PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA,
1996



Fuente: Banco Nacional, 1996. Secretaría de Energía

En este sentido, el país produce principalmente petróleo. le siguen el gas natural, la electricidad y la biomasa. De 1990 a 1996, los hidrocarburos se mantuvieron como el principal producto de energía primaria, representando el 90 % de la producción nacional (petróleo crudo 70 y gas natural 20 %).

A partir de la energía primaria, se obtienen muchos otros bienes de energía secundaria o transformada, tales como: gasolinas, diesel, combustóleo y otros combustibles que requiere la industria, el transporte, los hogares y las plantas generadoras de electricidad.

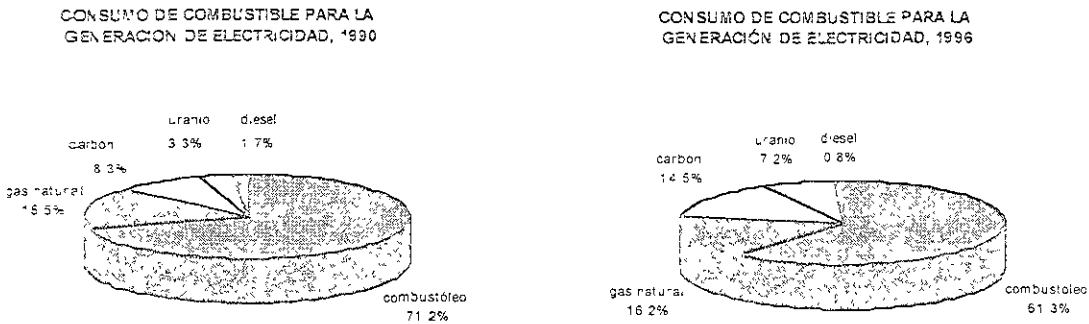
Parte de la producción de energía primaria y secundaria se exporta; en 1990 las exportaciones representaron el 37 %, mientras que en 1996 ascendieron al 38.5 %³⁵. Así mismo, las exportaciones mexicanas son 12 veces mayores que las importaciones; es decir, la balanza comercial es superavitaria. Las exportaciones de energía corresponden principalmente a: petróleo crudo y algunos productos refinados, y en menor medida a electricidad y coque. Por su parte, México importa carbón, combustóleo, gasolinas y naftas, ya que la producción nacional no es suficiente para satisfacer la demanda interna con las especificaciones requeridas de estos productos.

Consumo

El sector de la energía es el principal consumidor de estos bienes, ya que en los procesos de explotación y transformación de energía primaria en secundaria, se requiere irremediamente de combustibles. De 1990 a 1996, el consumo del sector el cual incluye a la generación eléctrica, osciló alrededor del 31 %, mientras que el resto correspondió a los diferentes sectores de la economía, principalmente el transporte y la industria.

Con relación a la generación de electricidad, en 1990 se producía prácticamente a base de combustóleo; de hecho, del total de energía que consumió esta actividad, el combustóleo representó un 71 %, mientras que un 15 % correspondió a gas natural, el cual es un combustible más limpio. Para 1996, se observa un cambio en el patrón de consumo disminuyendo la participación del combustóleo y aumentando la del carbón, uranio y gas natural. Los últimos dos combustibles son menos adversos para el medio ambiente que el combustóleo. (Figura III.2)

Figura III.2.-



Fuente. Balance Nacional 1996, Secretaría de Energía.

El tipo de combustibles y otros bienes de energía que consume cada sector son diferentes por la naturaleza propia de sus procesos. Por ejemplo, el transporte requiere principalmente de gasolinas y diesel; la industria utiliza gas natural, combustóleo y electricidad; y los sectores residencial, comercial y público consumen gas L.P. y electricidad, e incluso leña en las zonas rurales.

Si comparamos de manera agregada el patrón de consumo de energía de 1990 con el de 1996, se observa una importante disminución en el uso del combustóleo y su sustitución por combustibles más limpios como el gas natural. De hecho, en 1990 el combustóleo fue el bien de energía de mayor consumo, representando el 29 % del consumo total de energía; le siguieron el gas natural con el 23 % y las gasolinas con el 22 %.

Para 1996 la participación del combustóleo disminuyó 6 puntos porcentuales dentro del consumo total de energía y se ubicó en 23 %; por su parte, el gas natural aumentó casi 5 puntos porcentuales, es decir, representó el 28 % del total.³⁶

3.2.3 Políticas del sector de energía

En el caso de mitigación de gases de efecto invernadero, sin menoscabo del crecimiento de su economía, México ha concentrado sus esfuerzos de colaboración en tres políticas. Estas políticas son congruentes con las recomendaciones del PICC y promueven:

- Una mayor producción y consumo de gas natural.
- El aprovechamiento de fuentes renovables económicamente rentables
- El ahorro y uso eficiente de la energía.

Gas Natural

Actualmente se observa una tendencia internacional hacia la mayor utilización del gas natural, el cual ofrece las ventajas de ser un combustible más limpio que otros como el combustóleo y que su precio es competitivo. En esta dinámica, México no es la excepción, sobretodo porque cuenta con grandes reservas de gas natural, con un horizonte de vida de 40 años a los ritmos actuales de explotación.

Con ello en mente, la política nacional de energía ha actuado en dos direcciones: por un lado, en el cambio gradual del patrón de consumo de combustibles en la generación eléctrica, la industria y los hogares, hacia el uso de gas natural. Por otro lado, en la estrategia de inversiones para incrementar la capacidad de PEMEX para producir este combustible.

Consumo

El Sistema Eléctrico Nacional es el consumidor de gas natural con mayor potencial de crecimiento en su demanda. Actualmente, el 46 % de la energía eléctrica se genera a base de combustóleo, el cual emite más bióxido de carbono, bióxido de azufre y partículas suspendidas a la atmósfera que el gas natural.³⁷

Por lo tanto, en 1994 se inició una política para que en el año 2000, alrededor del 70% de las plantas termoeléctricas existentes a base de combustóleo, ubicadas en zonas ambientalmente críticas, fueran convertidas a gas natural³⁸. Se estima que la conversión (4,510MW) permitirá evitar el consumo de 364 millones de barriles de combustóleo en los próximos 10 años.³⁹

Adicionalmente, desde 1996 la construcción de plantas nuevas de generación eléctrica utilizan la tecnología de ciclo combinado a base de gas natural. En este sentido se inició la construcción de la central Mérida III de 484 MW de capacidad instalada. Asimismo, se licitaron los proyectos de Monterrey II (450 MW), Hermosillo (225 MW), Chihuahua (418 MW) y Rosarito III (541 MW), se publicó la licitación de la planta de Río Bravo II (450 MW), y se aprobaron las licitaciones para la construcción de los proyectos de Bajío (450 MW), Altamira II (450 MW), Monterrey III (450 MW), Tuxpan II (450 MW), Campeche II (225 MW), Naco-Nogales (225 MW), Rosarito 10 y 11 (450 MW) y Saltillo (225 MW).

Balance Nacional de Energía 1996, Secretaría de Energía

³⁷ NOM-085-Ecol-1994 se consideran zonas críticas, las zonas metropolitanas de Monterrey y Guadalajara, los centros de población de Coatzacoalcos-Minatitlán, Irapuato-Ce'aya-Salamanca, Tula-Vi'ito Apasco, corredor industrial de Tampico-Madero-Altamira, el municipio de Tijuana y el municipio de Ciudad Juárez

³⁹ Las plantas termoeléctricas a convertirse a gas natural son las ubicadas en Tula, Hidalgo, Salamanca, Guanajuato, Altamira y Río Bravo, Tamaulipas, Monterrey, Nuevo Leon, Rosarito, Baja California, y Delicias (Francisco Villa), Chihuahua

Producción

Para poder satisfacer el crecimiento en la demanda de gas natural, Pemex está ampliando su infraestructura de extracción de este combustible en la cuenca de Burgos, situada en el norte del país. Así mismo, inició inversiones para reducir los volúmenes de gas que se liberan a la atmósfera en los pozos de extracción; de este modo la oferta será mayor ya que la cantidad de gas liberado se redujo de 659 millones de pies cúbicos por día (Mpcd) en 1998, a 185 en 1999 y 130 en el año 2000.

La legislación actual permite la participación del capital privado tanto nacional como extranjero en el transporte, almacenamiento y distribución de gas natural. Desde entonces, la Comisión Reguladora de Energía ha licitado nueve zonas geográficas de distribución de gas natural a lo largo de todo el país, y en diciembre de 1997 se otorgaron los permisos definitivos a las empresas distribuidoras.

Adicionalmente, se encuentra en proceso de construcción un gasoducto de Ciudad Pemex en la península de Yucatán que permitirá abastecer de gas natural a las plantas generadoras de electricidad que hoy operan en la región a base de combustóleo y que próximamente serán convertidas a gas.

3.2.4 Aprovechamiento de fuentes renovables

El sol, el viento, el agua y el bagazo de caña son fuentes renovables de energía que representan grandes oportunidades de desarrollo en México, tienen un horizonte infinito de disponibilidad y son respetuosas del medio ambiente. Por ello, la política de energía está dirigiendo buena parte de sus esfuerzos hacia el aprovechamiento de estas fuentes.

- *Hidroenergía.* Alrededor del 30 % de la capacidad instalada de energía eléctrica de México, es decir 10,000 MW, corresponde a plantas hidroeléctricas. Sin embargo, por la precipitación pluvial sólo se genera 7 % de la energía eléctrica. De acuerdo a los estudios de prefactibilidad y factibilidad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) existe un potencial hidrológico para instalar de 11,000 MW de capacidad en plantas de este tipo, el cual se puede ampliar hasta 17,000 MW si se consideran los estudios de gran visión. Dicho potencial se encuentra principalmente en la región sureste del país, donde se concentra principalmente la disponibilidad de recursos hidrológicos ⁴⁰
- *Geotermia.* México cuenta con una capacidad geotermoeléctrica instalada de 750 GWh, y se estima existe un potencial de 1,000 MW adicionales a base de esta fuente, gracias a los más de 500 focos termales distribuidos en diversos puntos

⁴⁰Fuente: Ponencia Proyectos hidroeléctricos privados, perspectivas para el desarrollo, Ingeniero Rodolfo Leyva Hashimoto, Seminario Oportunidades de Inversión en el Sector de la Energía Cogeneración y Autoabastecimiento.

del territorio nacional (volcanes de lodo, fumarolas, pozos de agua, solfataras y agua caliente).

- *Energía eólica.* Hoy en día la capacidad instalada de generación eléctrica a base de viento es de sólo 1.6 MW (en la Venta, Oaxaca), sin embargo, se calcula un potencial adicional de 2,000 MW en el istmo de Tehuantepec.
- *Energía solar.* El sol es una fuente de energía con grandes oportunidades de utilización térmica y fotovoltaica ya que México se ubica en una de las regiones de mayor insolación. Actualmente la capacidad instalada se reduce a 11 MW en sistemas fotovoltaicos, principalmente para electrificación rural, telecomunicaciones y sistemas solares para calentamiento de agua en los sectores comercial y residencial.
- *Biomasa.* Aunque el potencial del bagazo de caña y leña no se ha calculado, se estima que es de grandes dimensiones. Actualmente, esta fuente permite abastecer el 6 % del consumo nacional de energía. La leña se utiliza principalmente en la cocción de alimentos en las comunidades rurales, mientras que el bagazo de caña es la principal fuente de energía en los ingenios azucareros.⁴¹

A mediados de 1997 se formó el Consejo Consultivo de Fomento de Energías Renovables (COFER), el cual es un organismo colegiado con la misión de promover y fortalecer el empleo de las energías renovables en el país a través de la identificación de proyectos y diseño de programas relacionados con el aprovechamiento de las mismas.

En México, la energía nuclear es una alternativa probada, tal como lo muestran los elevados indicadores de disponibilidad, confiabilidad y seguridad de la central Laguna Verde. A pesar de ello, no se tienen previstos nuevos desarrollos de este tipo en el país, debido a los altos costos iniciales de inversión que de momento no son competitivos con los de plantas de ciclo combinado.

Respecto a la descarbonización de gases de escape y combustibles, así como al almacenamiento de bióxido de carbono, se requiere desarrollar nuevas tecnologías que solucionen los problemas técnicos y reduzcan los costos de inversión y operación.

3.2.5 Ahorro y uso eficiente de la energía

Las medidas de ahorro y uso eficiente de la energía se dirigen a obtener productos y servicios de la misma o mejor calidad que los tradicionales, pero con un menor

⁴¹ Fuente: Balance Nacional de Energía 1996. Secretaría de Energía

consumo de energía y por lo tanto con costos más bajos y menos emisiones de gases de efecto invernadero.

Para promover medidas de este tipo, en 1989 se crearon la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE). Posteriormente, en 1990 se creó el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE).

Las medidas para el ahorro y uso eficiente de la energía que el sector energía ha implantado, están dirigidas en dos vertientes: oferta y demanda, solo se hará mención a la oferta que se tiene en el sector energético.

Oferta

En lo referente a la oferta las principales líneas de acción se dirigen hacia la promoción de eficiencia en la extracción de petróleo y gas natural, así como en la generación de electricidad. Por otro lado, se dirigen a la reducción de pérdidas en los procesos de producción, transporte, almacenamiento y distribución de hidrocarburos, al igual que en la transmisión y distribución de la electricidad.

En el caso particular del sector eléctrico, dentro de las estrategias de uso eficiente de energía, se promueve la cogeneración, la cual incorpora un enfoque de optimización en los recursos no renovables.

Los sistemas de cogeneración permiten generar simultáneamente energía eléctrica y térmica a partir de una misma fuente de energía primaria. Lo cual conlleva un incremento en la eficiencia global del uso de combustibles de alrededor del 35 % al 70 % y hasta el 85 en algunos casos, con respecto a los sistemas tradicionales que suministran la energía eléctrica y la energía térmica por separado. Esto es posible porque los sistemas de cogeneración aprovechan energía térmica o combustibles de desecho producidos en procesos industriales para la generación de energía eléctrica. En proyectos de cogeneración los ahorros de energía primaria pueden llegar a ser del orden del 30 al 35 %, con lo que se reduce el consumo asociado de combustibles y se evita la emisión de contaminantes a la atmósfera. En los casos óptimos, las pérdidas de energía en el ciclo de producción de potencia se pueden reducir del 67 % hasta el 16 % utilizando cogeneración.

El potencial nacional de cogeneración está ubicado entre 7,500 y 14 000 MW, dependiendo del tipo de cogeneración empleado. Cerca del 70 % de esta capacidad se presenta en el sector industrial, 20 % en Pemex Petroquímica y 10 % en el sector comercial. A nivel estatal: Jalisco cuenta con el mayor potencial, le siguen Veracruz, Distrito Federal, Michoacán, Coahuila y Nuevo León, principalmente.⁴²

Actualmente se operan 13 proyectos de cogeneración, con una capacidad instalada de 231 MW y una generación anual de 1,575 GWh. La cogeneración representa el

⁴² Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), Potencial de Cogeneración en México

3.2 % de la capacidad instalada total del Sistema Eléctrico Nacional. Se espera que para el año 2006 se cuente con una capacidad eléctrica a partir de la cogeneración de 3,500 y 6,500 MW, dependiendo del tipo de cogeneración empleado. Con dicha capacidad instalada se esperan ahorros de entre 30 y 53 millones de barriles equivalentes de petróleo. Adicionalmente, dado que los sistemas de cogeneración se ubican en los centros de consumo, las pérdidas por transmisión y distribución de electricidad disminuyen, de tal manera en el año 2006 se pueden obtener ahorros de 0.73 a 1.38 % de la oferta interna bruta de electricidad de 1996, o entre 1.10 y 2.08 TWh anuales.

Como resultado del menor consumo de combustibles para la producción de una cantidad dada de energía útil, y del hecho de que los sistemas de cogeneración tienden a utilizar tecnologías modernas y combustibles más limpios como el gas natural, se tiene que con la cogeneración se pueden reducir las emisiones de contaminantes generando un beneficio ambiental.

Normalización: la Secretaría de Energía expide Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de uso eficiente de la energía, las cuales son formuladas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE). Estas normas son especificaciones técnicas elaboradas con la colaboración y el consenso del sector industrial y eléctrico; del FIDE; de instituciones de educación superior y de empresas importadoras, y son de aplicación obligatoria.

En los últimos tres años, se han publicado 16 Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las cuales establecen coeficientes mínimos de consumo en equipos electrodomésticos, lámparas, motores eléctricos, bombas, sistemas de aire acondicionado y de alumbrado interior y exterior, así como de materiales de aislamiento térmico. Con la aplicación efectiva de 12 normas relacionadas con la energía eléctrica, se estiman ahorros del orden de 2,870 GWh para 1998, en comparación con el uso de los equipos y sistemas tradicionales. Así mismo, para el mismo año se espera obtener una potencia total evitada de 653 MW⁴³. Los ahorros estimados en energía son superiores al consumo anual del estado de Hidalgo (2,556 GWh) o Querétaro (2,491 GWh) en 1997.

La Ingeniería Civil tiene también un gran potencial de aplicación dentro de lo que es el Sector Energía, tanto en la implementación del aprovechamiento de fuentes renovables (hidroenergía, geotermia, eólica, solar, biomasa), como en el ahorro y uso eficiente de energía.

⁴³ Estimación de CONAE con base en estudios costo/beneficio

Ya existe una mejora en el consumo de energéticos, ya se ha empleado más en la producción de energía el Gas L.P., el cual es un combustible menos contaminante que el combustóleo, el cual es el principal combustible en la generación de energía.

Debemos de enfocarnos nosotros al aprovechamiento de fuentes renovables: hidroenergía, geotérmica, eólica, solar y biomasa para las cuales se tienen estimaciones de los diferentes potenciales en cada una de estas fuentes renovables.

Además debemos de aplicar una política de ahorro y uso eficiente de la energía que permitan ahorrar un consumo de energía el cual podría ser "innecesario". Así con una política adecuada de ahorro de energía podemos tener un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos.

También se habló que la cogeneración es una alternativa muy eficaz para reducir las emisiones de GHG, y que además tiene gran potencial de aplicación en México.

Las Normas Oficiales Mexicanas ya han venido dando recomendaciones que debemos de acatar para poder tener un menor consumo de energía mediante un uso eficiente de la energía, pero debemos de tomar mayor conciencia en lo que respecta al consumo de energía, basados en las Normas Oficiales Mexicanas, las cuales nos serían de gran ayuda.

CAPITULO IV.- APLICACIONES DE LA INGENIERÍA CIVIL EN EL MDL

Este capítulo, el cual pretende cumplir con el propósito de involucrar y/o hacer partícipe a la Ingeniería Civil dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el contexto de la problemática de la emisión de los GHG, brinda alternativas que contribuyen a la mitigación de los GHG, y estas puedan ser aplicadas directamente por el Ingeniero Civil.

Ampliando un poco más el concepto de estas alternativas que contribuyen a la mitigación de los GHG, al igual que los sectores "Forestal y Energético" mencionados en el capítulo anterior, partimos de que existen dos tipos de alternativas unas son las que nos permiten reducir las emisiones de los GHG y la segunda que consiste en dejar de emitir a la atmósfera emisiones de los GHG a la atmósfera, ambas alternativas podemos aplicarlas en sistemas relacionados con la Ingeniería Civil. Para ello se hace un clasificación en base a dos ramas de la Ingeniería Civil, las cuales son: Estructuras e Ingeniería de Sistemas.

A continuación para cada una de estas dos ramas se mencionan algunas alternativas de mitigación de GHG.

4.1 Aplicaciones en Estructuras

Primeramente hablaremos de las aplicaciones dentro del área del diseño de estructuras, en la cual existe el diseño bioclimático en los edificios, en viviendas ya sean residenciales o de interés social, en los cuales se trata de tener una mayor optimización del consumo energético y un mayor confort para las personas que se encuentren dentro de los distintos inmuebles.

También se hablará de algunos tipos de materiales que se emplean en la construcción, concretamente del cemento y acero, los cuales se harán mención debido a su alta intensidad energética, en ambos materiales conoceremos cuales son las posibles alternativas que se tienen para evitar una mayor emisión de los llamados GHG.

Se mencionará una posible opción de mitigación de los GHG, que es la del empleo de materiales de baja intensidad energética.

4.1.1 Diseño de Estructuras

El adecuado diseño de cualquier tipo de estructura es parte fundamental para evitar pérdidas excesivas de temperatura o la absorción excesiva de energía calorífica, aquí es donde influye en gran medida el diseño que lleve a cabo el Ingeniero Civil para poder tener un mejor aprovechamiento y un adecuado comportamiento de las

estructuras obteniendo las mejores condiciones de equilibrio térmico en las estructuras.

Dentro de lo que es la Arquitectura o Diseño Bioclimático solo se hará mención de ella desde el punto de vista energético, puesto que entrar de lleno a la arquitectura bioclimática implica una serie de cuestiones las cuales no son el propósito de esta tesis.

La Arquitectura Bioclimática es aquella en que la calidad ambiental y la eficiencia energética se obtienen mediante el aprovechamiento racional de los recursos naturales (clima y las condiciones del entorno con el fin de conseguir una situación de confort térmico en su interior), de modo de contribuir al equilibrio del ecosistema en el cual se inserta.

La Arquitectura Bioclimática juega exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos complejos, aunque ello no implica que no se pueda compatibilizar.

Una casa o edificio bioclimático no tiene por que ser más caro o mas barato, mas feo o más bonito que uno convencional, las estructuras bioclimáticas no necesitan de la compra y/o instalación de extraños y costosos sistemas, sino que juega con los elementos arquitectónicos de siempre para incrementar el rendimiento energético y conseguir confort natural.

Sus principales características son:

- a) Adecuación del espacio construido al medio bioclimático y a las necesidades humanas.
- b) Racionalización del consumo de energía (orientaciones, materiales, ventilación y luminosidad).
- c) Obtención del confort ambiental mediante el uso optimizado de recursos renovables (energía solar para calentar agua *ver capítulo 4.2.1*, paneles fotovoltaicos, pequeños generadores eólicos o hidráulicos y generación de metano a partir de residuos orgánicos)

Las edificaciones diseñadas con base en la óptima utilización de las fuentes naturales de energía representan una alternativa en la búsqueda de soluciones al consumo energético, ya que éstas consumen cerca de 30 por ciento menos energía que las construidas comúnmente. Por ello, disciplinas como la arquitectura bioclimática cobran cada vez mayor relevancia al proponer el ahorro de energía mediante la utilización eficiente de los recursos naturales disponibles.

Dependiendo del tipo de edificio, ⁴⁴es posible economizar el 30 por ciento de la energía que se consume actualmente en las construcciones, e inclusive, en las destinadas a oficinas o a casas habitación se puede economizar hasta el 50 por ciento de la energía.

Las Paredes

Dentro del diseño de edificaciones tenemos también el caso de edificaciones bajas, en donde las paredes reciben la incidencia de la radiación solar en menor grado que el techo. Sin embargo, en el caso de las edificaciones de altura, la pared adquiere gran importancia climática. Para minimizar la ganancia térmica a través de este elemento constructivo es necesario analizar la orientación, el material y las técnicas constructivas del edificio, de acuerdo al tipo de sistema de acondicionamiento a usar en la edificación (ventilación natural, aire acondicionado y modo mixto).

En edificaciones de baja altura, el techo es el elemento de la edificación que más carga térmica recibe durante todo el año. Los planos horizontales reciben un 50% más energía que los planos verticales en valor promedio anual.

En el diseño de un techo térmicamente eficiente o en la rehabilitación de techos existentes se deben considerar algunas variables como la forma del techo, su orientación, el material de construcción y el sistema constructivo utilizado (liviano o pesado).

La adecuada orientación de una edificación requiere tomar decisiones con relación a factores que influyen en el diseño, tales como ventilación, visuales, asoleamiento e iluminación natural

En la selección del material para las paredes no solamente deben prevalecer aspectos funcionales y estéticos. Un factor importante debe ser la capacidad del material para reducir los efectos térmicos en el interior de la edificación debido a la radiación solar total y a la temperatura exterior.

Para determinar el tipo de material más conveniente debemos de tomar en cuenta lo siguiente:

Deben ser materiales aislantes ejemplo plásticos, madera y aire. Este es el fenómeno por el cual las viviendas pierden calor en invierno a través de las paredes. lo que se puede reducir colocando un material que sea aislante

El coeficiente de conducción térmica de un material es una medida de su capacidad para conducir el calor

Su Inercia térmica, se denomina así a la "resistencia" de la temperatura a reaccionar inmediatamente a los aportes de calor. Aquí interviene el concepto llamado calor específico de un material en (Kcal/ kg°C) que es la cantidad de calor que hay que suministrarle a 1 kg para que se eleve su temperatura en 1°C.

También podemos mencionar el caso particular del vidrio: el cual se comporta de una manera curiosa ante la radiación, es transparente a la radiación visible (por eso vemos a través de él), pero opaco ante la radiación de mayor longitud de onda (radiación infrarroja). Cuando los rayos del sol entran en un invernadero, la radiación es absorbida por los objetos de su interior, que se calientan, emitiendo radiación infrarroja, que no puede escapar pues el vidrio es opaco a la misma.

Finalmente otro concepto muy importante dentro de la Arquitectura Bioclimática que solo se menciona es el de la Trayectoria Solar, puesto que siendo el sol la principal fuente energética que afecta el diseño bioclimático, es importante tener una idea de su trayectoria en las distintas estaciones del año y con ello poder llevar a cabo algunas recomendaciones de los distintos tipos de materiales, orientaciones, etc., que pueden ser empleados según cada condición específica de la trayectoria solar.

4.1.2 Materiales de Construcción

Los principales o mayormente utilizados materiales de construcción son sin duda el cemento y el acero, dado su gran impacto dentro de la industria de la construcción, se hablará de cada una de éstas dos grandes industrias relacionadas ampliamente con la Ingeniería Civil, posteriormente hablaremos de materiales de baja intensidad energética.

4.1.2.1 Contribución de la Industria Siderúrgica y del Cemento

Dos de las principales ramas íntimamente relacionadas con la Ingeniería Civil son la Industria Siderúrgica y la Industria del Cemento; debido a su gran participación dentro del sector de la construcción

Cabe mencionar que estas dos industrias son de alto consumo energético, siendo unas de las principales industrias energéticas vinculadas con la Ingeniería Civil y por lo cual nos interesa el poder llevar a cabo una descripción desde el punto de vista de las emisiones que generan estas dos industrias: el cual se muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla IV.1.- Intensidades energéticas primarias en unidades económicas para 1995 de las ramas industriales más intensivas en el uso de la energía y su variación de 1970 a 1995

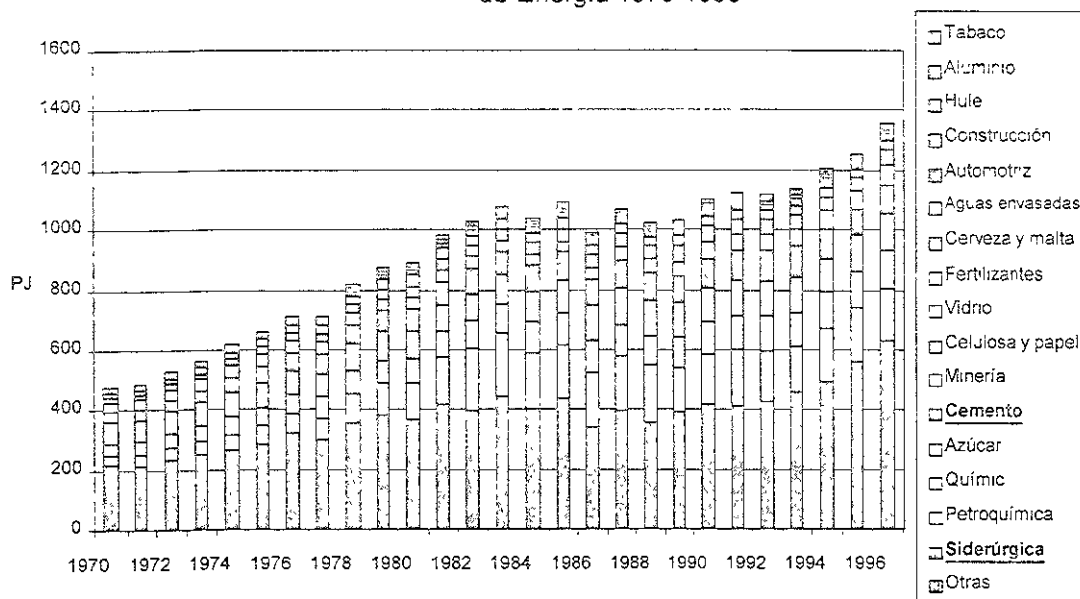
	Intensidad energética en 1995 [MJ/U.S. dólar 1990]	Variación 1970-1995 [%]
Petroquímica PEMEX	175.23	-46.2%
Cemento	87.40	-25.5%
Azúcar	82.49	-19.8%
Siderúrgica	53.61	-23.2%
Fertilizantes	30.32	14.3%
Celulosa y Papel	25.97	-11.4%
Minería	22.81	-27.6%
Vidrio	20.09	-41.3%
Aluminio	19.34	-51.2%
Química	10.08	-12.8%
Cerveza y Malta	7.42	-5.2%
Hule	6.57	-9.3%
Aguas envasadas	5.93	39.3%
Automotriz	2.06	-76.8%
Tabaco	1.85	10.2%
Construcción	0.48	137.8%
Otras ramas	6.33	84.6%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, varios años, *Sistema de Cuentas Nacionales*, SE, 1997; *Balance Nacional de Energía 1996*. México, D.F.

La industria Siderúrgica y la Industria del Cemento en México, dos de las más intensivas del sector industrial, incrementaron su consumo de energía primaria a un ritmo promedio anual del 3.4% y 3.9% respectivamente entre 1970 y 1995. Sin embargo, las variaciones en la composición de su producción y en sus procesos así como la introducción de mejoras tecnológicas dieron lugar a una reducción en el CEE_e del 26% para la industria siderúrgica y del 7.5% para la industria del cemento.

La Figura IV.1 muestra la participación en el consumo final de energía de las ramas industriales a partir de 1970 y hasta 1997.

Figura IV.1.- Consumo de combustibles de las ramas industriales reportadas en el Balance Nacional de Energía 1970-1995



En el caso de México, la fuente de información sobre el consumo de energía es el Balance Nacional de Energía (BNE) que año con año publica la Secretaría de Energía.

4.1.2.2 Siderurgia

El acero es un material importante en la vida cotidiana y en el desarrollo de un país, se emplea para fabricar desde latas, envases metálicos, partes de estufas, lavadoras, herramientas, automóviles, motores, postes hasta para la construcción de edificios, puentes, tanques, vagones de ferrocarril, tubos para extraer y transportar gas, etc. Finalmente al término de su vida útil, el acero puede ser reciclado, en forma de chatarra, para fabricar nuevos productos.

El acero es un material que juega un papel sumamente importante dentro de la Ingeniería Civil (específicamente en la construcción), por un lado se construyen estructuras de acero y por el otro lado este material es empleado en la fabricación de estructuras de concreto en donde se usa como acero de refuerzo.

Para la fabricación de este material se requieren grandes cantidades de energía, mineral de hierro y recursos naturales. En México, la Industria Siderúrgica es una de las más intensivas en el uso de la energía, en 1995 consumió el 17.2% del consumo final del sector industrial.

Las emisiones de carbono en la Industria Siderúrgica mexicana han aumentado en un 148% de 1970 a 1995, esto es de 2.1 a 5.2 millones de toneladas de carbono.

Este incremento se debe principalmente al uso de combustibles fósiles y de electricidad para la fabricación del acero. Es evidente que el factor que más influye en el incremento de las emisiones así como en el consumo de energía es el notable crecimiento de la producción de acero en estos años.

La Industria Siderúrgica mexicana representa entre el 4 y 5% del PIB manufacturero, importancia relativa que se ha mantenido constante de 1986 a 1993. Existe una importante disminución en la intensidad energética de la siderurgia. A pesar de que el PIB de esta rama mantuvo su participación en el PIB manufacturero, creciendo a una tasa similar, la energía utilizada por unidad de valor agregado disminuyó cerca del 16%.

Esta importante disminución de la intensidad energética puede ser atribuible a un cambio tecnológico de la Industria Siderúrgica y en general, una modernización tecnológica de las empresas (INEGI, 1994a).

Otro elemento que pudiese explicar la disminución en el consumo de energía por unidad de acero producida es la participación de la chatarra como materia prima, en comparación con el mineral de hierro. Sin embargo, entre 1987 y 1993, ambos crecieron alrededor del 30%.⁴⁵

Se pronostica que el consumo de acero se incremente en un 1.5% por cada punto porcentual de crecimiento del PIB.⁴⁶

4.1.2.3 Eficiencia Energética en el Acero

En particular, los cambios tecnológicos que mejoraron la eficiencia energética en la Industria Siderúrgica mexicana son: la completa sustitución de los hornos de hogar abierto, el rápido crecimiento de la colada continua, un mayor empleo de los gases de salida del alto horno y de los hornos de coque en la cogeneración y la implementación de innovaciones tecnológicas en las plantas de hierro de reducción directa (HRD). En cuanto a los cambios estructurales que favorecieron la reducción del CEE_p, es el incremento del empleo de la chatarra y el aumento en la fabricación de los productos laminados en caliente, principalmente planchas ultra delgadas que anteriormente eran obtenidos en la laminación en frío. Es importante mencionar que la producción de HRD en México ha aumentado considerablemente en los últimos años, por lo que a pesar del incremento de la participación de los hornos eléctricos de arco (tanto en plantas integradas como en semi integradas), el material introducido en estos hornos es principalmente HRD en lugar de la chatarra.

⁴⁵ SE, 1997, Balance Nacional de Energía 1996. México, D.F.

⁴⁶ ILAPA, 1997 "Nuevo Siglo, el futuro de la empresa siderúrgica" en Acero Latinoamérica. Ene - Febrero 440 pag 13-21

De acuerdo a las características de producción, el potencial técnico de mejoramiento de eficiencia energética de la Industria Siderúrgica mexicana en 1995 fue del 35% respecto a las tecnologías de la "mejor práctica". (ver anexo B)

Lo óptimo para la Industria Siderúrgica mexicana sería mejorar la eficiencia tanto energética como del uso de materiales incrementando el empleo de la colada continua y la laminación en caliente de planchones delgados en los procesos de fabricación, y aumentando el uso de la chatarra como materia prima en los hornos eléctricos de arco. Sin embargo, en México no se pronostica que crezca rápidamente el consumo de chatarra debido a la desventaja económica que representa su comercialización ya que gran parte de ésta se importa. Por otro lado, el HRD en México se fabrica ampliamente debido a que cuenta con tecnología propia para producirlo. Es importante mencionar que el mercado requiere de aceros especiales con mayor valor agregado, generalmente este tipo de aceros se producen con aleaciones metalúrgicas con diversos elementos. Una desventaja de esto es que en el término de su vida útil, al tratar de reciclar este tipo de chatarra obsoleta resulta difícil separar las impurezas y aprovechar su contenido de acero.

4.1.2.4 Cemento

La Industria del Cemento es una de las más importantes para el crecimiento económico de un país no sólo porque el cemento es una materia prima clave para el desarrollo de infraestructura, también por su alto consumo de energía, su destacada contribución al valor agregado industrial y una elevada generación de emisiones de bióxido de carbono.

Al igual que el acero el cemento es ampliamente utilizado en el sector de la construcción, en México, esta industria empleó el 7.2% del consumo final de energía del sector industrial en 1995, contribuyó con un 0.8% en el valor agregado industrial y produjo 5.02 millones de toneladas de carbono de las cuáles el 57% se debieron a la calcinación de las materias primas y el 43% al empleo de combustibles fósiles.⁴⁷

De acuerdo al Balance Nacional de Energía, la Industria del Cemento en México es la segunda industria más intensiva en el uso de la energía del sector industrial

Entre 1981 y 1995, estas emisiones se incrementaron de 4 a 5 millones de toneladas de carbono a una tasa anual del 1.5% debido principalmente al crecimiento de la producción sin embargo, las emisiones específicas totales disminuyeron de 224 a 208 kg C/ton de cemento. En este período, las emisiones específicas de carbono debidas a la calcinación aumentaron en 0.5%, mientras que las que se debieron exclusivamente al empleo de combustibles se redujeron en un 16%.

⁴⁷ SE 1997, Balance Nacional de Energía 1995, México D.F. p. 66-72

El principal combustible que se introduce en los sistemas de combustión del horno es el combustóleo y en menor medida, el gas natural. La electricidad se utiliza principalmente en los molinos de cemento y de materias primas, aunque también en los trituradores, los motores del horno, los elevadores y los ventiladores. El diesel se consumió en pequeñas cantidades entre 1980 y 1990, el cuál era empleado en el transporte y para calentar el combustóleo dentro del proceso productivo.

La Industria del Cemento representa menos del 1% del PIB manufacturero, pero alrededor del 9% del consumo final de energía. En México, el proceso que se utiliza desde hace varios años es del tipo seco, lo que hace a la Industria del Cemento Mexicana sea de gran competitividad internacional.

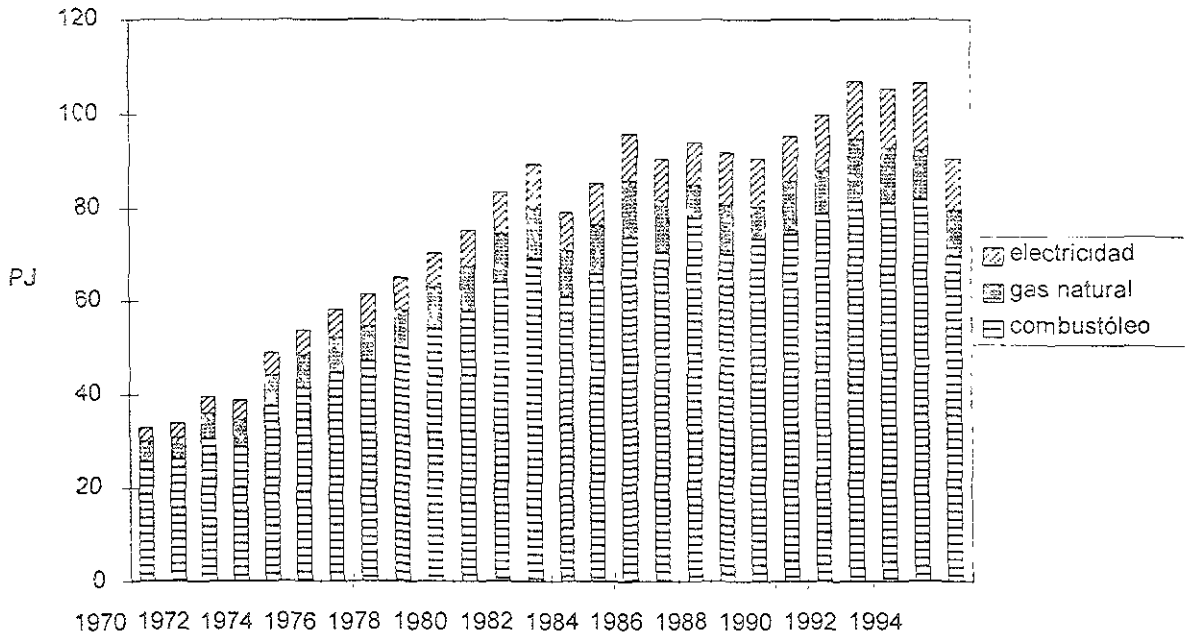
La mayor parte del cemento que se produce en el mundo es del tipo Portland que proviene de la quema de arcilla, piedra caliza y otros materiales similares para producir el llamado "clinker". El proceso de producción del cemento incluye la preparación de la materia prima, la producción de clinker y el molido de cemento. El mayor consumo de energía lo constituye el área de clinkerización del horno, la cual tiene que llegar a temperaturas cercanas a los 1500 °C. La fuente principal de energía para este proceso lo constituye el combustóleo y en menor medida el gas natural

4.1.2.5 Eficiencia Energética en el Cemento

El 90% de la energía térmica consumida es utilizada en la etapa de clinkerización; mientras que el 40% de la electricidad se emplea en la molienda de cemento.

La Figura IV 2 nos muestra cuales son los principales energéticos que se consumen en la Industria Cementera, así como nos determina las proporciones de consumo de estos energéticos.

Figura IV.2.- Mezcla de combustibles en la industria Cementera mexicana



Fuente: SE, 1997, Balance Nacional de Energía 1996, México, D.F , p 66.

La fabricación de cementos puzolánicos permite tener un incremento en la producción de cemento con la misma cantidad de clínker, y con ello se reduce tanto el consumo de energía como las emisiones contaminantes debidas al proceso de combustión en el horno. Entre 1987 y 1990, el porcentaje de la participación de los cementos puzolánicos en la producción nacional aumentó hasta alcanzar un 42%, lo que se vio reflejado en una disminución significativa de la intensidad energética. Es importante mencionar que una medida que ha permitido el incremento de la fabricación de cementos mezclados es la existencia de la norma mexicana NOM-C2⁴⁸ para la producción de cementos puzolánicos.

Por otra parte, la modernización de las plantas existentes y la apertura de nuevas plantas con los sistemas más eficientes en las etapas de calcinación (quemadores de baja emisión de óxidos de nitrógeno, precalentadores, precalcineres), de molienda (optimización de los molinos de bolas, la introducción de molinos de rodillos y la integración de ambos tipos de molinos) en sistemas automatizados para el control de la producción y en el equipo para el control de emisiones contaminantes permitieron aumentar notablemente la producción utilizando la energía de manera más eficiente, y sin un incremento significativo en la emisión de contaminantes

NOM-C2 Norma Mexicana acerca de la producción de cementos puzolánicos

Una estrategia muy importante que se está desarrollando en esta industria para disminuir el consumo de combustibles fósiles es la sustitución parcial de estos combustibles por materiales de desecho. Esto es posible debido a las características operativas del horno que permiten recuperar energía a partir de los desechos de forma segura y controlada sin generar residuos adicionales. En México, los principales residuos utilizados son las llantas de desecho y el llamado combustible alternativo que es una mezcla balanceada de natas de pinturas, solventes, tintas para impresión, resinas desengrasantes y aceites usados. Actualmente existen sólo algunas plantas que queman estos desechos en sus hornos de cemento bajo protocolos de prueba teniendo que obtener diferentes permisos ante las autoridades ecológicas y demostrar la eficiencia y seguridad del proceso.

Bajo la consideración de que el poder calorífico de las llantas es de 30 MJ/kg, si se pudieran utilizar como combustible todas las llantas de desecho generadas en el país, alrededor de 225 000 toneladas, en los hornos de cemento se podrían recuperar cerca de 6750 TJ (1.61 Pcal) de energía lo que significa una reducción de 6.8% en el consumo de combustibles fósiles. Por otra parte, considerando el poder calorífico del combustible alternativo de 21 MJ/kg, si las 475 mil toneladas de residuos pudieran aprovecharse para la fabricación de combustible alternativo y este se utilizara en los hornos de cemento, se recuperarían cerca de 9943 TJ (2.37 Pcal) de energía, equivalentes a un ahorro del 10.1% del consumo de combustibles fósiles. Como dato importante podemos mencionar que la cantidad de llantas de desecho que mensualmente utiliza el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México equivalen a: 869 portadoras y 443 llantas guía, es decir un total de 1312 llantas de desecho al mes.⁴⁹

Las plantas que queman llantas de desecho las introducen troceadas en el extremo final del horno y cuentan con equipo especial como una tolva de recepción, bandas transportadoras, elevadores, un mecanismo que las introduzca en el horno, así como sistemas de monitoreo de contaminantes. De acuerdo a la experiencia en estas plantas, las llantas pueden sustituir hasta un 15% de los combustibles utilizados.⁵⁰

Por otro lado, el llamado combustible alternativo es una mezcla balanceada de natas de pinturas, solventes, tintas para impresión, lubricantes y aceites usados (excepto aceites solubles y dieléctricos que contengan bifenilos policlorados),⁵¹ el cuál se introduce al horno en el quemador primario. Las plantas que utilicen este combustible alternativo deben contar con laboratorios, transporte especializado y una planta formuladora que trate, mezcle y homogenice los residuos industriales. El combustible

⁴⁹ Cantidad proporcionada por el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México

⁵⁰ Cortés, F., 1995. *Sesión de llantas usadas. Taller sobre minimización de residuos y producción más limpia en América Latina y el Caribe*, INE, México

⁵¹ Flores, L., 1994. "Lubricantes usados", en *Curso de Tecnologías Limpias de manejo de residuos peligrosos* realizado en noviembre de 1994 en México. D.F. p. 1-12

ya vimos los casos específicos del cemento y del acero son materiales de gran intensidad energética, que para producirlos requieren grandes cantidades de energía.

4.2 Aplicaciones en Ingeniería de Sistemas

Dentro del papel que tiene la Ingeniería de Sistemas existen una gran diversidad de sistemas que ayudan a eficientizar el consumo energético, por ejemplo: sistemas térmicos solares, sistemas de energía solar, sistemas eólicos, sistemas solares fotovoltaicos, sistemas hidroeléctricos, etc.

Solo se harán mención de algunos de estos sistemas que actualmente están en prueba o incluso en funcionamiento.

4.2.1 Sistemas Solares para Calentamiento de Agua

Existen distintas formas de calentar el agua (calentadores de gas, calderas de combustible, sistemas a base de electricidad), aquí haremos mención a un sistema no muy utilizado en nuestro país pero que su fuente de energía es el sol, los sistemas solares para calentamiento de agua nos permiten poder ser utilizados tanto a nivel residencial como a nivel industrial.

Dentro de los sistemas solares para calentamiento de agua existen 3 clases principalmente: colectores de baja temperatura (hasta 65°C), colectores de temperatura media (entre 100° y 300°C) y colectores de alta temperatura (temperaturas mayores a 500°C)

Anteriormente no se tenía conocimiento de la capacidad ni de las eficiencias de todos los sistemas y una de las principales causas de que los sistemas anteriores tuvieran fallas eran debido a la zona donde se instalaban no se tenían datos de la radiación solar en ese lugar; actualmente existe un programa que además de brindar la información actualizada de la distribución de la radiación solar en nuestro país brinda una serie de parámetros de gran ayuda para el funcionamiento de estos sistemas.

Diseño y Evaluación Técnico-Financiera de Sistemas Solares para Calentamiento de Agua en el Sector Doméstico

Si hablamos un poco de la historia de las pequeñas centrales hidroeléctricas podemos descubrir que éstas, han sido utilizadas en México desde fines del siglo XIX en varios estados de la República Mexicana; cabe mencionar que estas plantas fueron abandonándose debido a problemas gremiales y de legislación principalmente. La Comisión Federal de Electricidad dejó de instalar plantas desde hace 30 años.

POTENCIAL NACIONAL

El potencial hidroeléctrico total nacional se estima en 53,000 MW, del cuál existen identificados cerca de 541 sitios con un potencial de 19,600 MW.

Según los datos de la CFE el potencial hidroeléctrico aprovechado actualmente para la generación de electricidad asciende a los 9,121 MW en 77 centrales con una generación anual de poco más de 20,000 GWh al año.

El potencial estimado para centrales con capacidades instaladas menores a los 10 MW se sitúa en los 3,250 MW. Actualmente se han instalado 34 centrales dentro de este rango de capacidad, en los que se cuenta con un total de 109 MW, generándose anualmente 479 GWh.

Falta añadir la elaboración de un estudio de factibilidad técnica y económica para poder desarrollar proyectos en los sitios que se tiene identificados para la instalación de las centrales minihidroeléctricas.

Actualmente como parte de los estudios acerca de fuentes de energía renovables se está haciendo un proyecto para calcular el potencial minihidroeléctrico en los estados de Puebla y Veracruz, para centrales con capacidades menores a 5MW (estudios realizados por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía).

Los resultados preliminares que actualmente se tienen arrojan que el potencial es de alrededor 400 MW, así como también la posibilidad de la rehabilitación de una minihidroeléctrica en Ixtaczoquitlán, Ver, la cual tiene actualmente una capacidad de 500 KW y se piensa que puede llegar a 2MW.

4.2.3 Sistemas Eólicos

Las fuentes de energía eólicas tienen su aparición dentro de la impulsión de navíos, molinos de granos y bombeo de agua, sólo fue hasta finales del siglo XIX que se empezó a tomar como una fuente alterna en la generación de energía.

El funcionamiento de estos sistemas consiste en que mediante unas turbinas eólicas convierten éstas la energía cinética del viento en electricidad a través de sus aspas o hélices, las cuales hacen girar un eje central conectado a través de una serie de engranajes a un generador eléctrico.

En México actualmente se cuenta con una central eólica de la Ventosa en Oaxaca, la cual es operada por la CFE, dicha planta fue puesta en operación a mediados de 1994, y cuenta con 1575 KW de capacidad, los cuales están constituidos por 7 aerogeneradores Vestas (procedencia Danesa) de 225 KW cada uno, su localización fue la base de una serie de estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, quien realizó mediciones desde 1984, y ubicó el sitio como uno de los más ventosos en el Sur del Istmo de Tehuantepec, esta central presenta factores de planta anuales del orden de 60%, cuando la media en Dinamarca y California es del orden de 25%; siendo esta pequeña central la primera experiencia por parte de CFE dentro del la interconexión de eoloeléctricas al sistema eléctrico interconectado.

Según el Balance Nacional de Energía de 1997 la producción total de la Ventosa fue de alrededor de 2.4 MW (donde se sumaron las capacidades adicionales de los aerogeneradores y aerobombas)

VENTAJAS DEL SISTEMA

- Reducción del consumo de combustibles fósiles
- Menores niveles de emisión de contaminantes asociados con los combustibles fósiles(reducción proporcional a la generación eólica).
- Existe gran tecnología que lo hace competitiva y costeable.
- El tiempo de construcción es mucho menor a otro tipo de fuentes energéticas

Un sistema conversor de energía eólica es tan bueno como su sistema de control. La fuerza que ejerce el viento sobre la superficie en que incide es función del cuadrado de la velocidad de éste. Rachas de más de 70 km/hora, pueden derribar una barda o un anuncio espectacular, e incluso dañar un aerogenerador si éste no está bien diseñado o su sistema de control esta fallando.

Dentro de lo que son las estructuras de soporte se tienen torres las cuales soportan a los aerogeneradores de su eje horizontal es importante ya que la potencia del viento es función del cubo de su velocidad y el viento sopla más fuerte entre mayor es la distancia del suelo, por ello, el eje del rotor se sitúa por lo menos a 10 metros en aerogeneradores pequeños y hasta 50 o 60 metros del suelo. en las máquinas de 1000 kW.

AVANCES TECNOLÓGICOS

Actualmente debido a los grandes avances tecnológicos en este rubro, se tienen nuevos tipos de generadores, los antiguos conjuntos de aerogeneradores eran de 50KW pero se logró tener en 1995 generadores de hasta 500 KW los más modernos, además están actualmente en proceso de introducción las unidades de 750 y 1000 kW, las que se consideran el tope para este tipo de arquitectura y tecnologías actuales de grandes aerogeneradores. Esta nueva tecnología que abarca nuevos diseños y materiales, haría más costeable y competitivos este tipo de sistemas.

La tecnología de materiales alrededor de los materiales compuestos, que permitan estructuras más esbeltas y ligeras, más resistentes a la oxidación y la corrosión, y más fuertes a la vez, así como de supermagnetos en los generadores, permitirán desarrollar nuevos conceptos más confiables y económicos, desde unidades de decenas de Watts hasta grandes aerogeneradores de potencia, trabajando en régimen de velocidad variable, aprovechando mejor la energía del viento y constituyendo junto con la energía hidroeléctrica, el soporte principal de la generación eléctrica en los sistemas nacionales. En México se tiene previsto que la central de 1,575 kW en la Venta Oaxaca, se pueda ampliar hasta a 54 MW

POTENCIAL EÓLICO DE MÉXICO

Para hablar acerca del Potencial Eólico de México, debemos tener muy claro de cual es la magnitud de este recurso energético en nuestro país, en términos de reservas probadas y probables, como capacidad instalable en MW y generación posible en GWh, para ello es necesario que se realice una metodología semejante a la evaluación del potencial hidroeléctrico de un país. Se requiere de elaborar el inventario de cuencas eólicas y su caracterización, precisando los sitios, su extensión superficial en hectáreas, sus características topográfico eólicas, la rosa de los vientos, vientos energéticos, rumbos dominantes, etc. lo que permitiría configurar la distribución topográfica de los aerogeneradores, y determinar un índice de capacidad instalable por hectárea, que multiplicado por la superficie total, indicaría la capacidad total instalable en el sitio. La velocidad media del viento en el mismo, sería indicativa del factor de planta posible y por tanto de la generación bruta esperada en GWh/año. Este procedimiento cuantificaría reservas probables, la caracterización detallada, a nivel de estudio de factibilidad, demostraría una reserva probada

Dentro de esto que se acaba de mencionar el Instituto de Investigaciones Eléctricas ha realizado el análisis de la información meteorológica de México para con ello poder hacer la determinación de cual es el potencial eólico del país, cabe mencionar que el conocimiento de el potencial de este recurso se podría considerar como exploratorio y en proceso de reconocimiento; sin embargo ya se tienen algunas aproximaciones bastante certeras en sus resultados proporcionados (a nivel de prefactibilidad), y por ello a continuación se hace mención a las principales regiones eoloenergéticas del país

Regiones Eoloenergéticas de México.

Sur del Istmo de Tehuantepec.

Esta región contiene un área del orden de 1000 km² expuesta a vientos muy intensos, dado un fenómeno monzónico entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec, donde aflora una corriente marina anormalmente caliente, originando un gradiente térmico y de presión que da lugar a un intenso viento del norte desde el otoño hasta la primavera. Esta región, considerando la infraestructura eléctrica existente y otros usos del suelo podría asimilar una capacidad instalada del orden de los 2000 a 3000 MW, con un factor de planta medio de 0.45. En las zonas más propicias, con factores de planta del 0.6 anual y de 0.9 o más en el otoño e invierno. En las inmediaciones del poblado de La Venta, Oaxaca, se instaló en 1994 la primera mini central eoloeléctrica en México, con una capacidad de 1,575 kW, constituida por siete aerogeneradores de 225 kW.

Península de Baja California.

Esta península es interesante eoloenergéticamente, por varias razones, su extensión geográfica, su baja densidad poblacional y eléctricamente alimentada por sistemas aislados, cuando eólicamente es una barrera natural perpendicular a los vientos occidentales, que en sus montañas e innumerables pasos puede proporcionar muchos sitios con potencial explotable. El poblado de la Rumorosa y zonas aledañas, así como el paso entre la Sierra de Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir, por donde cruza la carretera y la línea eléctrica de Ensenada a San Felipe en el Golfo de California, son regiones identificadas con alto potencial eólico, que son indicativas de lo que puede encontrarse en muchos otros lugares de la península.

Península de Yucatán.

La franca exposición de la península a los vientos alisios de primavera y verano, incrementados en su costa oriental por la brisa marina, y a los nortes en el invierno, hacen de Cabo Catoche, la costa de Quintana Roo y el oriente de Cozumel, zonas con potencial eólico interesante, para contribuir significativamente a los requerimientos de la península en apoyo de su generación termoeléctrica.

Altiplano norte.

Desde la región central de Zacatecas a la frontera con los Estados Unidos, el norte del país se ve influenciado por la corriente de chorro de octubre a marzo, intensa y persistente, que como viento del poniente al impactar la Sierra Madre Occidental da lugar a innumerables sitios con potencial explotable. En la parte norte del estado de Coahuila existen áreas sumamente ventosas,

Región Central.

En la región central del altiplano prevalecen los vientos alisios de verano, desde Tlaxcala a Guanajuato, que en Pachuca, la bella airosa son más conocidos. Estos vientos complementan estacionalmente, a los del altiplano norte y los del sur del istmo de Tehuantepec. La complejidad orográfica de esta región, debe dar lugar a la

existencia de innumerables pasos y mesetas donde el viento sea energéticamente aprovechable.

Las costas del país.

El extenso litoral mexicano y sus islas, presenta por lo menos condiciones para generación eléctrica en pequeña escala y almacenamiento en baterías, sistemas híbridos diesel-eólicos y en otros generación interconectada. La generación eoloeléctrica en gran escala en las costas para la producción de hidrógeno, constituirá una de las principales aplicaciones a mediados del próximo siglo.

A mediados de este siglo, cuando las termoeléctricas a combustóleo y carbón sean historia, y la población en México se establezca alrededor de los 130 millones de mexicanos, nuestro sistema eléctrico deberá alcanzar del orden de los 125,000 MW instalados, en esas condiciones, la energía eólica podrá contribuir con la generación eléctrica de el orden de 30,000 MW instalados de aerogeneradores, un gran porcentaje de ellos produciendo hidrógeno para centrales turbogas.

Potencial de Aplicación en México.

Las políticas estratégicas para poder mitigar la gran generación y crecimiento de los gases de efecto invernadero; y la energía eólica como es este caso es una gran alternativa con la que contamos para poder aplicar en las distintas regiones eoleoenergéticas ya antes mencionadas.

Según una estimación realizada por la CONAE, si al inicio de próxima década, México arrancara un enérgico programa de desarrollo de centrales eoloeléctricas, podría alcanzarse la cifra de 5000 MW para el 2010, aun así para entonces, más de mitad de la generación eléctrica en México, sería a partir de combustibles fósiles.

Otro punto que es muy importante y que no se ha mencionado es que no nada más debemos de comparar la cantidad de emisiones que se generan a través de las Centrales Termoeléctricas; si no viendo un poco el contexto en donde se desarrolla, las Centrales Termoeléctricas consumen una gran cantidad de agua que es usada para el enfriamiento de sus motores; y es conocido que en México existen grandes zonas de escasez de agua, que es necesaria tanto para uso agrícola como para agua potable, sistemas industriales, etc; y si nosotros esa agua que necesitamos no la podemos disponer de ella por que se necesita generar electricidad entramos ante una gran problemática. por eso ambos sistemas (minihidroeléctricos y eólicos) además de evitar grandes emisiones de los GHG, además ahorrarían una gran cantidad de agua que se necesita para las termoeléctricas.

El consumo actual de agua para el sector termoeléctrico es de la siguiente manera En la actualidad se consumen 4 Millones de metros cúbicos de agua de pozo por año en el Valle de México para el enfriamiento de las termoeléctricas (dotación de agua potable para 10.000 familias aproximadamente). Las termoeléctricas en Salamanca, San Luis Potosí, Lerdo y Gómez Palacio Dgo así como en Monterrey, secuestran el

agua de pozo que es necesaria para el servicio de agua potable. En conjunto consumieron del orden de 21.35 millones de metros cúbicos en 1994, suficiente para 250,000 habitantes, al haber generado 15,217 GWh.

En conjunto, las Regiones Norte, Noreste y Lerma-Balsas consumieron 105 millones de metros cúbicos de agua en 1994, para una generación termoeléctrica combinada de 97,538 GWh. Este consumo muestra claramente el conflicto actual y la perspectiva a futuro en las alternativas para el uso de un recurso escaso como el agua, en el altiplano del país.

La generación termoeléctrica bruta con combustibles fósiles, reportada para 1995, fue de 100,698 GWh, en tanto que la de 1994 fue de 107,633 GWh, lo que resulta en un índice de consumo promedio de 1.402915 lts/kWh. De acuerdo a las expectativas, que se tenían para el año 2000 era el siguiente pronóstico:

Tabla IV.3.- Consumo de agua en Centrales Termoeléctricas para el año 2000, en km³

Región	Generación (GWh/año)	Consumo Subterránea	Agua Superficial	Dulce Total	Índice lts/kWh
Noroeste	23,187	0,005	0.000	0.005	0.215638
Norte	39,668	0.087	0,022	0.109	2.747807
Noreste	29,329	0 013	0.000	0.013	0.443247
Lerma - Balsas	28,880	0.026	0.000	0.026	0.900277
Valle de México	17,936	0 004	0.000	0.004	0 223015*
Sureste	8,496	0 010	0 000	0.010	1.177024
Totales	147,496	0.145	0.022	0.167	1.132234

* No considera el uso de 0 057 km³ de aguas residuales, lo que daría un índice de 3 4 lts/kWh, lo que indica enfriamiento con agua que corre

Fuente: Página de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE)

El sector eléctrico tiene un crecimiento previsto de 14,097.5 MW termoeléctricos, presumiblemente al año 2010, por sobre los 23,140 MW en operación a finales de 1996. Estas previsiones indican una significativa inercia del Sector, al seguir apoyándose en los combustibles fósiles principalmente para responder al crecimiento de la demanda eléctrica. Esto indica también el rezago tecnológico, por cuanto a la utilización de nuevas tecnologías y el atraso en reglamentar adecuadamente y crear las condiciones propicias para la participación extensiva de los sectores paramunicipales, sociales y privados como permisionarios de generación eléctrica para autoabastecimiento y pequeña producción, así como generación independiente, enfatizando el uso de energías renovables

De los proyectos mencionados, al menos 4,635 MW están en zonas con problemas actuales de disponibilidad de agua dulce, que para una generación estimada en 24,360 GWh representaría un consumo de agua de 27.3 Millones de metros cúbicos por año adicionales, en conflicto con las necesidades futuras de agua potable en mismas zonas, y que quizá solo fuera posible si se utilizaran aguas residuales en los sistemas de enfriamiento o sistemas de torres secas.

Escenarios de emisiones evitadas.

Con el fin de establecer un escenario de referencia de contaminantes evitados, consideraremos un factor de planta anual ajustado medio de 0.3, lo cual significa una generación bruta anual de 1,314 GWh por cada 500 MW de capacidad eoloeléctrica instalada. La mitigación resultante se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV.4.-Emisiones de CO₂ evitadas por año y acumuladas al 2010 por Generación Eoloeléctrica masiva.

AÑO	Capacidad final MW	Generación Eólica Anual (GWh)*	CO ₂ evitado Anual (M ton)	Generación Acumulada (TWh)	CO ₂ evitado Acumulado (M ton)
2000	300	657	0.23	0.657	0.23
2001	500	920	0.322	1.577	0.552
2002	1000	1971	0.69	3.548	1.242
2003	1500	3285	1.15	6.833	2.392
2004	2000	4599	1.61	11.432	4.002
2005	2500	5913	2.07	17.345	6.072
2006	3000	7227	2.53	24.572	8.602
2007	3500	8541	2.99	33.113	11.592
2008	4000	9855	3.45	42.968	15.042
2009	4500	11,169	3.91	54.137	18.952
2010	5000	12,483	4.37	66.620	23.322

Se considera un índice de 0.350 Kg /kWh de CO₂, asumiendo desplazamiento de Gas Natural. Aunque se considera una inclusión anual de 500 MW, para fines de generación se cuentan 250 MW únicamente.

Fuente: Página de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE)

Si consideramos que para el año 2010, más del 50% de la capacidad instalada seguirá siendo de Termoeléctricas, las emisiones evitadas de CO₂ por generación Eoloeléctrica, habrán mitigado el orden de un sexto de las emisiones totales por generación termoeléctrica.

Esta cifra es importante en el contexto de la generación eléctrica nacional, máxime si consideramos el efecto acumulativo de las emisiones de gases de efecto invernadero, y por lo tanto el efecto agregado de las emisiones evitadas.

La instalación de 5,000 MW eoloeléctricos al año 2010, instalando a razón de 500 MW por año, implicaría para el 2011 una generación anual de 13,140 GWh de origen eólico, lo que evitaría por año, consumir 17.4 millones de metros cúbicos de agua y lanzar a la atmósfera 4.6 millones de toneladas de CO₂, considerando desplazamiento de gas natural únicamente.

El esfuerzo tecnológico industrial para la instalación de 5000 MW eólicos al año 2010, no terminaría ahí, sino que sentaría las bases para continuar con un mayor énfasis, considerando que el tope de capacidad instalada eoloeléctrica, a mediados del próximo siglo, será del orden de la capacidad total instalada a la fecha en el Sistema Eléctrico Nacional, es decir, alrededor de 30,000 MW.

CONCLUSIONES CAPÍTULO IV

Este capítulo tiene como finalidad el poder dar a conocer algunas alternativas que existen actualmente, que nos ayudan a la mitigación de los Gases de Efecto Invernadero, y lo más importante es que estas alternativas pueden ser aplicadas por el Ingeniero Civil, generando una importante ayuda a la disminución de los efectos provocados por el Cambio Climático.

A continuación se mencionarán estas distintas alternativas:

La Arquitectura Bioclimática es de gran importancia en cuestión de evitar el consumo energético innecesario tanto en residencias, como en cualquier tipo de edificación, esto se debe a que haciendo un uso racional de los recursos naturales (clima y condiciones del entorno), se pueden lograr enormes beneficios que conllevan a una disminución importante en el consumo de energía en los inmuebles.

Dos de los materiales de construcción más usados son el Acero y el Cemento, pero éstas dos grandes industrias son de alta intensidad energética necesaria para producir estos dos materiales. Aquí se mencionaron algunas alternativas que ayudarían a disminuir el consumo energético en la fabricación de estos materiales.

Para el caso concreto del Cemento se mencionaron diferentes medidas de ahorro de energía y/o de combustibles alternos como son el caso de las llantas de desecho y algunos aceites.

Queda claro que éstas dos industrias son de gran importancia, puesto que en gran medida contribuyen al desarrollo económico de un país, puesto que al haber un crecimiento económico se genera una gran demanda en la construcción de edificaciones, y que para su construcción se necesitan éstos dos materiales, entonces tenemos que adoptar medidas que permitan a estas dos industrias poder soportar grandes crecimientos pero a la vez que sean muy eficientes y que sus emisiones de GHG sean lo más bajas posibles.

Respecto a la Ingeniería de Sistemas se mencionaron 3 casos: sistemas para calentamiento de agua, sistemas minihidroeléctricos y sistemas eólicos.

Para el caso de los sistemas para calentamiento de agua, este sistema es muy favorable en cuestión de emisiones de GHG, debido a que no se producen GHG, puesto que aprovechamos la energía proporcionada por el sol, y si se cuenta con un sistema como el ConaeFV2.0 con el cual podemos lograr saber más a detalle según nuestras necesidades y conveniencias, cuales son nuestros propios requerimientos en cuestión de equipos así como también nos determina las capacidades de los equipos.

Los sistemas minihidroeléctricos representan al igual que los sistemas para calentamiento de agua cero emisiones a la atmósfera de GHG, si observamos el gran potencial que se tiene en este tipo de sistemas podemos pensar que no

necesariamente requerimos de enormes cantidades de dinero o megaproyectos hidroeléctricos para poder dar abasto a la creciente demanda de la energía eléctrica que se necesita ofrecer. Este tipo de sistemas tienen gran influencia pero de manera conjunta por que si pensamos de manera aislada podemos decir que un sistema minihidroeléctricos no genera gran cantidad de energía, pero al hacerlo de manera conjunta podemos obtener muy buenos resultados.

Los sistemas eólicos son sin duda una fuente de generación de energía que no genera emisiones de GHG. Estos sistemas también tienen gran potencial de aplicación según las distintas regiones eoloenergéticas aquí mencionadas que existen en nuestro país: Sur del Istmo de Tehuantepec, Península de Baja California, Península de Yucatán, Altiplano Norte, Región Central y Costas del País.

Las principales ventajas que ofrecen éstos sistemas son: cero emisiones de GHG, existencia de tecnología que hacen de este sistema un sistema de gran competitividad, puesto que a la vez de ser costeables no requieren de mucho tiempo en su construcción comparado con otros tipos de fuentes de energía.

Un punto importante que se necesita recalcar es el del consumo de agua en las centrales termoeléctricas, puesto que se requieren de grandes cantidades para poder enfriar distintos elementos que componen a este tipo de centrales, pero el problema es que en muchas regiones del país ya hay grandes casos de escasez de agua en las poblaciones o en los sistemas de riego, y si le sumamos la gran cantidad de agua que necesitan estos sistemas no se contaría con el agua necesaria para abastecer las demandas de la población. Pero si se implementan cualquiera de los dos sistemas mencionados "minihidroeléctricos o sistemas eólicos" se evitaría en ambos casos ese gran problema de abasto de agua en las centrales termoeléctricas.

CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES

En base a todo lo que se hizo mención en esta tesis podemos concluir que México tiene y debe de tomar un papel muy serio ante el gran problema del Cambio Climático; y para ello se hizo el análisis en esta tesis, de cual pudiera ser el potencial que existe en México para poder enfrentar el problema del Cambio Climático, encontrando que México tiene un gran potencial en dos sectores principalmente "Forestal y Energético", así como también existe un gran potencial de aplicación de sistemas que pueden ser implementados por la Ingeniería Civil, la cual se encarga de realizar proyectos que proporcionen un beneficio a la sociedad.

México ante la Implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio se encuentra en una postura muy favorable, debido a que en general el costo para mejorar la eficiencia de la utilización de la energía, sería inferior en los países en que dicha eficiencia es menor.

Los países que se encuentran en las primeras etapas de la industrialización tienen la posibilidad de instalar tecnologías modernas para el medio ambiente a menor precio que los países cuya planta industrial ya está desarrollada.

Dentro del gran potencial que se tiene es que México debe de mejorar su infraestructura energética para poder dar abasto al gran crecimiento en la demanda que existe actualmente y que se espera dentro de los próximos años, puesto que es conocido que existe actualmente una escasez que hasta ha generado conflictos acerca de que si se debiera o no privatizar a la CFE.

Para que México pueda satisfacer sus necesidades energéticas lo tendría que hacer dentro del marco de las nuevas tecnologías y necesariamente debiera de crear sistemas de gran eficiencia tanto para la producción (para que sea mas costeable), como para el consumo de energía; puesto que si existe una gran demanda y aparte si le sumamos "fugas de energías"(energía que no se supo aprovechar o que fue innecesaria de producir) puede resultar mucho más complicado de resolver.

Para los casos de los sectores Forestal y Energético, los cuales fueron analizados debido a que son los dos sectores con mayores emisiones de los GHG a la atmósfera, se encontraron distintas alternativas de mitigación de estos gases. dentro de las cuales podemos mencionar que serían de gran ayuda en la reducción de emisiones lo cual contribuiría en una mejora sustancial para la problemática del Cambio Climático.

México está actualmente en una etapa de cambio en la cual es muy oportuno tratar de implementar acciones nuevas, que sean costeables y sobretodo que cumplan con los requerimientos internacionales y nacionales en cuestión ambiental, dado que el problema del Cambio Climático es un problema mundial en el cual no debemos nosotros de seguir sin llevar a cabo acciones de prevención o de disminución del problema del Cambio Climático.

Es necesario también el poder hacer una difusión del problema del Cambio Climático y de sus posibles repercusiones, para con ello poder crear en las personas una conciencia ecológica de que es lo que puede pasar al no hacer un uso racional y moderado de la energía que empleados en la vida diaria.

La realización de esta tesis me llevó a decir que los Ingenieros Civiles sí tienen un gran papel ante el problema del Cambio Climático puesto que nosotros podemos realizar muchas de las alternativas expuestas en esta tesis, así como muchas acciones encaminadas a la mitigación de los Gases de Efecto Invernadero.

No podemos seguir pensando que el desarrollo económico solo es "cuanto más grande, mejor", automóviles mayores volúmenes de petróleo, carbón, etc., debemos dejar de considerar que el progreso del hombre reside en imponernos a nuestro medio natural.

El mundo, es decir, el clima y todos los seres vivos, vivimos en un sistema cerrado y todo lo que hacemos tiene repercusiones que en última instancia nos afectarán.

En otras palabras tendrá que cambiar el comportamiento humano, y probablemente cuanto antes mejor, para ello se necesitarán señales e incentivos más fuertes para que cada individuo haga más para preservar el clima mundial.

ABREVIATURAS

AIJ:	Actividades de Implementación Conjunta (por sus siglas en inglés)
BNE:	Balance Nacional de Energía
CE:	Comercio de Emisiones.
CE:	Comunidad Europea.
CFC:	Clorofluorocarbonos.
CFE:	Comisión Federal de Electricidad
CH₄:	Metano.
CO₂:	Dióxido de Carbono
COP:	Conferencia de las Partes.
CONAE:	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
CRE:	Certificados de Reducción de Emisiones.
CUSF:	Cambio de Uso de Suelo Forestal.
GHG:	Gases de Efecto Invernadero (por sus siglas en inglés).
GW:	Giga Watt
GWh:	Giga Watts hora
HRD:	Hierro de Reducción Directa.
IC:	Implementación Conjunta.
INE:	Instituto Nacional de Ecología
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
IPCC:	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
ISIC:	"International Standard Industrial Classification of all Activities" (Estándares Internacionales para las Clasificaciones de todas las Actividades Industriales)
KW:	Kilo Watts
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MW:	Mega Watts.
NOM:	Norma Oficial Mexicana
Nox:	Óxidos de Nitrógeno.
N₂O:	Óxido Nitroso
ONG:	Organizaciones No Gubernamentales.
OCDE:	Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos
PEMEX:	Petróleos Mexicanos.
PFC's:	Perfluorocarbonos
PIB:	Producto Interno Bruto
PICC:	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
PJ:	Petajoules
SF₆:	Hexafluoruro de Azufre
Tg:	Teragramos 10 ¹² gramos
TWh:	Tera Wats por hora
UNAM:	Universidad Nacional Autónoma de México
UNFCCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
USJI:	"United States Initiative on Joint Implementation" (Iniciativa de Estados Unidos sobre Implementación Conjunta)

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Actividades Antropogénicas: Se le denomina así a las actividades que el hombre realiza en su vida para conseguir mayores beneficios o satisfactores tanto personales como para la sociedad en general, es decir en su proceso de desarrollo.

Actividades Conjuntas: Son actividades mediante asociaciones entre un inversor de un país desarrollado y una contraparte de un país destinatario del proyecto. El objeto es obtener la participación financiera del sector privado en la transferencia de tecnología y conocimientos técnicos.

Adicionalidad: Requerimiento tanto para los proyectos MDL y de IC. La adicionalidad se refiere a que aparte de que los países desarrollados realicen reducciones de emisiones con certificados de emisiones en otros países, éstos también deben de comprometerse a hacer reducciones de emisiones en su propio país.

Anexo A: Gases señalados por el Protocolo de Kyoto para ser reducidos (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆)

Anexo B: Conjunto de 40 países desarrollados comprometidos a reducir sus emisiones de GHG dentro del Protocolo de Kyoto

Cambio Climático: Se denomina así al calentamiento que sufre la Tierra, provocado por la emisión de los Gases de Efecto Invernadero que impiden que salga de la atmósfera la radiación emitida por el sol.

Comercio de Emisiones: El Protocolo de Kyoto establece el mecanismo en virtud del cual las Partes que han asumido compromisos en materia de emisiones puedan vender a otras Partes sus derechos a emisiones. El objetivo es mejorar la flexibilidad global y eficiencia económica de la reducción de emisiones.

Conferencia de las Partes (COP): La COP es el órgano supremo de la Convención. Actualmente se reúne una vez por año para examinar los progresos en la aplicación de la Convención.

Dióxido de Carbono: Es el principal gas de efecto invernadero en la atmósfera.

Efecto Invernadero: El vapor de agua, el bióxido de carbono y los otros " gases de efecto invernadero" que existen en forma natural en la atmósfera, absorben gran parte de la radiación infrarroja ascendente que emite la Tierra, impidiendo que la energía pase directamente de la superficie terrestre al espacio. Al aumentar la capacidad de la atmósfera para absorber la radiación infrarroja nuestras emisiones de gases de efecto invernadero alteran la forma en que el clima mantiene el equilibrio entre la energía incidente y la irradiada.

E: Estudio de País México: Estudio realizado en México, para determinar las áreas vulnerables a los efectos del Cambio Climático en diferentes zonas de nuestro país.

Gases de Efecto Invernadero: Los principales gases de efecto invernadero responsables del cambio climático son el bióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). El Protocolo de Kyoto también hace referencia a los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

Implementación Conjunta: El Protocolo de Kyoto establece un mecanismo en virtud del cual un país desarrollado puede recibir "unidades de reducción de emisiones" cuando contribuya a financiar proyectos que contribuyan a reducir las emisiones netas en otro país desarrollado (incluidos los países con economías en transición).

Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Documento que cuantifica las emisiones de los GHG en México y estos son determinados según al sector de donde provengan.

Mecanismos de Desarrollo Limpio: Mecanismos creados para reducir los costos de cumplimiento de objetivos impuestos en el Protocolo de Kyoto, que permite a los países industrializados financiar proyectos de prevención de emisiones en los países en desarrollo y recibir créditos por hacerlo, promoviendo el desarrollo económico y sustentable en los países en vías de desarrollo

Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE): La OCDE está compuesta por Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, República de Corea, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza y Turquía.

Países con Economía en Transición: Países de Europa Central y Oriental y ex repúblicas de la Unión Soviética que han emprendido la transición a una economía de mercado

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC): Este grupo fue establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Lleva a cabo estudios rigurosos sobre las obras científicas y técnicas mundiales y publica informes de evaluación considerados en general como las fuentes de información más fiables sobre el Cambio Climático en la actualidad

Parte de la Convención Estado (u organización regional de integración económica, como la CE) que acepta quedar jurídicamente vinculado por un tratado y respecto de quien el tratado entra en vigor.

Partes del Anexo I: Los países industrializados enunciados en este Anexo a la Convención tratan de restablecer el nivel de sus emisiones de gases de efecto invernadero a los de 1990, para el año 2000. "países con la mayor responsabilidad y capacidad de acción ante el Cambio Climático" Incluyen a los 24 miembros originales de la OCDE, la Unión Europea, y los 14 países con economías en transición (Croacia Liechtenstein, Mónaco y Eslovenia se unieron en la COP-3, y la República Checa y Eslovaquia sustituyeron a Checoslovaquia)

Partes del Anexo II: Los países ricos indicados en este Anexo a la Convención han asumido una obligación especial de ayudar a los países en desarrollo con recursos financieros y tecnológicos. Estas Partes incluyen a los 24 miembros originales de la OCDE y los de la Unión Europea.

Países que no son partes de ningún Anexo: México y otros 139 países

Protocolo de Kyoto: Protocolo establecido para comprometer a los países desarrollados (40 países) a reducir sus emisiones globales de los seis gases de efecto invernadero.

Sistemas Minihidroeléctricos: Son sistemas hidroeléctricos relativamente pequeños que brindan la posibilidad de abastecer de energía a poblados pequeños.

Sumidero (de carbono): La vegetación absorbe el bióxido de carbono de la atmósfera, las emisiones netas de un país se calculan al tomar como base las emisiones, y al restarle la de CO₂ procedentes de determinadas actividades en el cambio del uso de la tierra y la silvicultura.

LISTADO DE TABLAS

I.1	Inventario de Emisiones de los GHG directo de México, Resumen de Resultados, 19990	(07)
II.1	Proyectos USIJI relacionados con la Ingeniería Civil	(25)
II.2	Lista de Proyectos AIJ en Costa Rica	(28)
II.3	Encuesta de Mercado para expertos internacionales en el MDL	(30)
II.4	Opinión de expertos	(32)
III.1	Uso y cambio de uso de suelo en México 1990	(37)
III.2	Opiniones de administración forestal y metodología para calcular el secuestro de carbono	(40)
IV.1	Intensidades energéticas primarias en unidades económicas para 1995 de las ramas industriales más intensivas en el uso de la energía y su variación de 1970 a 1995	(60)
IV.2	Clasificación de las hidroeléctricas	(69)
IV.3	Consumo de agua en Centrales Termoeléctricas para el año 2000	(75)
IV.4	Emisiones de CO ₂ , evitadas por año y acumuladas al 2010 para generación Eoloeléctrica masiva	(76)

LISTADO DE FIGURAS

I.1	Concentraciones de CO ₂	(04)
I.2	Emisiones de los GHG directos en México 1990	(07)
I.3	Emisiones de bióxido de carbono en México	(08)
II.1	Esquema operativo del MDL	(21)
III.1	Producción de energía primaria	(46)
III.2	Consumo de combustible para la generación de Electricidad 1990, 1996	(48)
IV.1	Consumo de combustibles de las ramas industriales reportadas en el Balance Nacional de Energía 1970 – 1995	(61)
IV.2	Mezcla de combustibles en la Industria Cementera	(65)

REFERENCIAS

1. APASCO, 1994, *Informe Anual*, México, D.F.
2. Birch, E., 1990, "Energy savings in Cement Kiln Systems", en *Energy efficiency in the Cement Industry*, J. Sirchis (editor), Elsevier Applied Science. Gran Bretaña, p. 120-122.
3. Black A. Thomas. *National Strategy Study for Implementation of CDM in Colombia National Strategy Studies*, The World Bank and Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. Bogotá, Colombia 2000.
4. Cambio Climático 1995. "La Ciencia del Cambio Climático". Contribución del Grupo de Trabajo I para el Segundo Reporte de Evaluación del PICC Cambridge University, Press 1996.
5. Caracterización del Mecanismo de Desarrollo Limpio Estado actual y tendencias, del Proyecto Elaboración de guías de oportunidades y riesgos del Mecanismo de Desarrollo Limpio en las áreas forestal e industrial. Informe presentado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para el Instituto Nacional de Ecología. Elaborado por: Dra. Claudia Sheinbaum Pardó y el Ing. J. Manuel A. López Pérez.
6. CEMEX, 1994, *Informe Anual*, Anuario, México, D.F., p. 34-38
7. Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo sustentable (CÉSPEDES) y Consejo Empresarial para el Desarrollo Sostenible de América Latina. *Economía, Instituciones y Cambio Climático, contexto y bases para una estrategia mexicana*. México. 2000.
8. Climate Change Information Kit of UNFCCC, sheets 9, 11 y 16.
9. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía CONAE, Potencial de cogeneración en México.
10. Cortés, F., 1995, Sesión de llantas usadas. Taller sobre minimización de residuos y producción más limpia en América Latina y el Caribe, INE, México.
11. Elizalde, A., et al., 1998, "Consumo de energía en la industria siderúrgica mexicana" en *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, vol. 1, no. 1, p. 23-34.
12. Flores, J., 1994, "Lubricantes usados", en Curso de Tecnologías Limpias de manejo de residuos peligrosos, realizado en noviembre de 1994 México, D.F., p 1-12
13. Guía para el sector forestal sobre oportunidades y riesgos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, Informe presentado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para el Instituto Nacional de Ecología. Elaborado por: Dra. Claudia Sheinbaum Pardó y el Ing. J. Manuel A. López Pérez.
14. Implementación Conjunta en México: Carlos Gay y Manuel Estrada, Instituto Nacional de Ecología
15. INEGI, 1997, *La industria siderúrgica en México edición 1996* México, D.F., p. 3-35
16. Instituto Nacional de Ecología. *Estrategia Nacional de Acción Climática*. México 2000
17. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero realizado por el INE para 1990 y actualizado en 1996
18. IPCC, 1997, *Greenhouse Gas Inventory Workbook*, 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, p. 16
19. IPCC 1996 *Second Assessment Report of the Intergovernmental*
20. Dr. O. Masera and A. Ordoñez Instituto de Ecología, UNAM
21. Meza, L., 1995, Estudio de la problemática del manejo de los aceites usados generados por diferentes medios de transporte, en CENAPRED, México, julio p 51
22. Owen, Mark Hagler Bailly México 2000

23. Ozawa, L., 1997, "Demanda de energía en la Industria del Cemento en México y opciones de ahorro: sustitución de combustibles y uso de control difuso para el horno rotatorio de cemento". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., julio, México, D.F., p. 77,81.
24. Panel on Climate Change.
25. Ponencia Proyectos hidroeléctricos privados, perspectivas para el desarrollo, Ingeniero Rodolfo Leyva Hashimoto, Seminario Oportunidades de Inversión en el Sector de la Energía: Cogeneración y Autoabastecimiento.
26. Potencial del Sector Forestal ante el Mecanismo de Desarrollo Limpio, del Proyecto Elaboración de guías de oportunidades y riesgos del Mecanismo de Desarrollo Limpio en las áreas forestal e industrial. Informe presentado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM para el Instituto Nacional de Ecología. Elaborado por: Dra. Claudia Sheinbaum Pardó y el Ing. J. Manuel A. López Pérez.
27. *Primera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. México. 1998.
28. Prototipo de vivienda bioclimática Manuel Martín H., Manuel Martín Monroy, José Manuel Pérez Luzardo, Carlos Guigou Fernández, Miguel Pons, presentado para el concurso internacional de 25 viviendas bioclimáticas en Granadilla, Tenerife (Octubre 1995). España.
29. UNFCCC, 1997 Kyoto Protocol (Final Draft).
30. USIJI "Fourth report to the Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change". 2000. Roger Camous, Donald Watson "El hábitat bioclimático. De la concepción a la construcción". Editorial. Gustavo Gili. Colección Alternativas Barcelona 1986.
31. Secretaría de Energía, 1997, *Balance Nacional de Energía 1996*, México, p 57-58.
32. Summary for Policymakers (SPM), which was approved by IPCC member governments in Shanghai in January 2001, delegations of 99 IPCC member countries participated in the Eight Session of Working Group I.

PÁGINAS DE INTERNET

33. Página de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC). www.unfccc.de
34. Página del Instituto Nacional de Ecología (INE) www.ine.gob.mx
35. Página de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE) www.conae.gob.mx
36. Página respecto a la arquitectura bioclimática www.editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/3-bioclima/1_protovivivenda/index.htm
37. Página "Que es la arquitectura bioclimática" www.geocities.com/Triangle/Facility/8776/PagOSE.htm
38. Página de Internet de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales www.semarnat.gob.mx
39. Página de Internet de la Secretaría de Energía www.energia.gob.mx

ANEXO A

Medidas de eficiencia energética para la industria del cemento

	Descripción	Ahorro
Control y manejo de	los procesos	
o Buen mantenimiento y operación del equipo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de las pérdidas por radiación en el horno, precalentadores, precalcinadores y enfriadores a través de refractarios con buenos aislamientos. 2. Reducción de las entradas de aire falso, manteniendo los sellos en buenas condiciones y cuidando que las compuertas de inspección se encuentren siempre cerradas. 3. Reducción del exceso de aire después del horno o precalcinador, incrementando la cantidad de aire primario para una mejor combustión o mejorando el tamaño y temperatura del combustible introducido en los quemadores 4. El mejoramiento de la eficiencia en los ciclones de los precalentadores, el del ciclón inferior (1ª etapa), ya que las fugas de material parcialmente calcinado a otra etapa ocasionan que exista una mayor carbonización, una mayor liberación de calor y un mayor riesgo de bloqueo del ciclón en la 3ª etapa. 5. El mejoramiento de la eficiencia en los enfriadores. En el enfriador planetario, a través de la instalación de un buen aislamiento. En los enfriadores de parrillas, una capa más gruesa en la primera parrilla mejora el intercambio de calor y la recirculación parcial de calor 	<p>0.04 – 0.08 GJ/ton clinker¹</p> <p>0.04 GJ/ton clinker²</p> <p>0.04 – 0.08 GJ/ton clinker³</p>
o Control automatizado	La automatización se centra en el control del horno rotatorio de cemento. Al operar de manera óptima el horno, se han obtenido incrementos en la producción de clinker, mejoras en la calidad de éste y una mayor estabilidad en su operación, lo que contribuye a una reducción en el consumo térmico del horno, una menor emisión de óxidos de nitrógeno y ahorros en los refractarios ⁴ . Las técnicas empleadas más ampliamente para el diseño de estos controladores se basan en la lógica difusa y en redes neuronales, los cuales permiten	3% ⁷

¹ Birch, E., 1990. "Energy savings in Cement Kiln Systems" en Energy efficiency in the Cement Industry, J. Sirchis (editor), Elsevier Applied Science, Gran Bretaña, p. 120

² Birch, E., 1990. *Op. cit.*, p. 120

³ Birch, E., 1990. *Op. cit.*, p. 122

⁴ Br. true, K., 1994. "Sistemas expertos en la industria del cemento" en World Cement Institute

	<p>formular de manera sencilla y eficiente las estrategias de control a partir de la experiencia práctica de los operadores.⁵</p> <p>Se han desarrollado sistemas como el <i>Linkman</i> de ABB, el sistema <i>Summit</i> de FLS Automation.⁶ Es importante contar con adecuados sistemas de medición y monitoreo en línea de las variables de control.</p>	
Trituración y	Preparación de materia prima	
Mejoramiento del molino de bolas	Este molino es ampliamente empleado debido a su bajo costo de inversión y facilidad de mantenimiento, sin embargo, es el que tiene un mayor consumo específico de electricidad. Las medidas que se recomiendan para disminuir este consumo son: la optimización de la distribución de los medios de molienda; la instalación de diafragmas ajustables para controlar el flujo de la carga; la optimización de la cámara de secado/pulverización en el molino; la introducción de motores de velocidad controlada y la operación en circuito cerrado empleando clasificadores de alta eficiencia.	
Sustitución del molino de bolas por molinos de rodillos	Los molinos de rodillos verticales permiten una mayor flexibilidad de la materia prima, tienen una mayor capacidad de secado y un menor consumo de electricidad. ⁸	5 – 15% (1.5 – 4.5 kWh/ton de cemento) ⁹
Horno		
Conversión del proceso húmedo a seco	El proceso debe ser modificado desde los sistemas de molienda y homogenización donde se les añade agua o bien instalar filtros mecánicos para reducir la humedad de la materia prima o secadores hasta el horno rotatorio. Esta conversión es muy costosa y sólo se justifica donde el mercado de cemento es creciente.	2.1 GJ/ton de clinker (39%) ¹⁰
Modernización del proceso seco con sistemas de precalentadores y precalcineres	En los sistemas con precalentadores y precalcineres al calcinarse parcialmente la harina en ellos, la productividad se incrementa notablemente y el tamaño del horno puede reducirse, con ello las pérdidas de calor por radiación se reducen. Por otro lado, la transferencia de calor de los gases calientes a la harina cruda es mejor, y si se cuenta con ciclones de baja caída de presión y buena eficiencia de separación de polvo se reduce notablemente el consumo de energía y de electricidad. Debido al incremento en la productividad es necesario	1.3 GJ/ton. de clinker (28.7%) ¹¹ 1.5 GJ/ton de clinker (32.8%) ¹²

⁵ Ostergaard, J. 1982, "Control of a cement kiln by Fuzzy Logic" en *FLS-Review* no. 67 p. 3-11

⁶ Guardota, C. et al. 1994 "Summit control system for Cementos de Chihuahua", en *World Cement*, abril, p. 32

⁷ Levine, P. 1990 "Expert systems for kiln control and heat economics" en *World Cement*, abril, p. 135

⁸ Se refiere al ahorro en el consumo de electricidad respecto al molino de bolas. Fuente: Anónimo 1998 *Op. cit.* referencia 2, p. 58.

⁹ Heidelberg 1999 *Op. cit.* p. 11

¹⁰ Sustituido por un horno seco con precalentadores. Fuente: Paray, R.E. 1979 *Op. cit.* p. 109-111

	instalar enfriadores capaces de manejar mayores cantidades de clínker.	
Horno		
◦ Mejoras de los sistemas de combustión en el horno	Los quemadores multicircuitos poseen una componente radial y otra axial que ajustan y estabilizan la forma de la flama, lo que favorece el control de la formación de la costra, la carga térmica en los refractarios, la reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno. ¹³	0.04 GJ/ton clínker ¹⁴
◦ Recirculación del material en el precalcinador	Recircula la materia prima hasta que alcance un nivel adecuado de calcinación. Aumenta el tiempo de residencia del material y disminuye la temperatura de calcinación.	0.19 GJ/ton clínker (1.8%) ¹⁵
◦ Mineralizadores	La adición de mineralizadores permite producir clínker a menores temperaturas sin variar sus propiedades. Algunos de los mineralizadores estudiados son: combinaciones de bario, calcio, fluoruros de magnesio, sulfatos y carbonatos.	
◦ Recuperación de calor de desecho	<p>En los enfriadores, el calor de desecho que no se emplea como aire secundario o terciario para la combustión del horno y de los precalcinadores respectivamente; se puede utilizar después del equipo recolector de polvo y empleando intercambiadores de calor para calentamiento de agua, para calefacción de la planta y de sus alrededores o para generar vapor para producir electricidad.¹⁶</p> <p>Los gases de salida del horno pueden ser aprovechados para el secado de materias primas en los secadores o en los molinos. Generalmente las temperaturas de estos gases son para el horno húmedo de 180 a 260°C para el horno largo seco de 550 a 760°C, para un horno con precalentadores de 4 etapas de 330 a 380°C, y para un horno con precalentadores y precalcinador de 300 a 360°C¹⁷</p>	0.28 GJ/ton de cemento ¹⁸

¹¹ Sustitución de un horno largo seco por un horno corto con precalentadores. Fuente: Peray K.E. 1979, *Op. cit.*, p. 109-111

¹² Sustitución de un horno largo seco por un horno corto con precalentadores y precalcinadores. Fuente: Peray K.E. 1979, *Op. cit.*, p. 109-111

¹³ Endres G. "Reducción de emisiones y consumo de energía en hornos rotativos por medio de una tecnología de punta de combustión" en *Cemento y Hormigón*, no. 716, p. 413-421

¹⁴ Rosemann, H. P. Kunne, 1990. "Operating experience with a new type of burner for rotary kilns", en *Zement-Kalk-Gips* no. 11, Alemania p. 247-249

¹⁵ Kresberg A., G. Kapoor. 1990. "Advancements in precalciners and preheaters", en *World Cement*, p. 89-93

¹⁶ Bo A., 1990. "District heating based on waste heat from clinker cooler", en *Energy efficiency in the cement industry* J. Sirchis (editor), Elsevier L.T.D. Gran Bretaña, p. 73-77

¹⁷ Da Silva J. 1993, et al., *Op. cit.* p. 365

¹⁸ Se refiere al empleo de gases de desecho provenientes de los gases de salida de precalentadores o de los enfriadores para el secado de materia prima en molinos de rodillos o de bolas. Fuente: *Industriehilf*, 1992. *Op. cit.* referencia 2, p. 11

Molienda de Cemento		
Clasificadores de alta eficiencia	Es recomendable que los clasificadores o separadores se empleen tanto en la molienda de materias primas como en la de cemento en circuito cerrado, en ellos las partículas gruesas se regresan a los molinos, mientras que las finas continúan el proceso. Los separadores de alta eficiencia clasifican mejor las partículas finas, lo que reduce el reciclaje excesivo en la molienda. Existen varios conceptos de separadores como los de ciclones, los de aire espiral y los de cascada tipo "V" entre otros. ¹⁹	11% (2.6 kWh/ton de cemento = 0.01 GJ/ton de cemento) ²⁰
Consumo eléctrico		
Motores de alta eficiencia	Los motores son utilizados en varios equipos: molinos, horno rotatorio, ventiladores, separadores, válvulas distribuidoras, transportadores y enfriadores de parrillas. Generalmente estos motores están sobredimensionados y se operan en rangos ineficientes lo que ocasiona una disminución del factor de potencia de las plantas. El ahorro de electricidad respecto a los motores convencionales dependerá de su potencia.	10% para motores de baja potencia, 1% para motores de alta potencia (> 250 HP) ²¹
Consumo eléctrico		
Controladores de velocidad variable	Otra medida importante para reducir el consumo eléctrico es disminuir las pérdidas debidas al acoplamiento y al uso de válvulas reguladoras del aire (en los ventiladores) Estos controladores permiten variar la velocidad de acuerdo a la carga. Algunos de los controladores empleados son los convertidores de corriente continua, convertidores trifásicos para motores de jaula de ardilla, el convertidor estático subsíncrono en cascada y los cicloconvertidores	35% ²²
Sustitución de materias primas		
Cementos mezclados	La producción de cementos mezclados permite disminuir el consumo de energía y el empleo de recursos naturales como la caliza y la arcilla al reducir la cantidad de clínker requiendo así como al disminuir las emisiones de carbono debidas tanto a la calcinación de la materia prima como a la combustión en la fabricación del cemento. Además permite utilizar subproductos industriales que tengan propiedades hidráulicas como la ceniza volante de las carboeléctricas y la escoria de alto horno	Cementos puzolanicos ²³ 1.23 GJ/ton de cemento Cemento escoria de AH ²⁴

¹⁹ Conroy G. 1994 et al. op. cit., p. 365

²⁰ Anónimo. 1985, 'Ahorro de energía en la molienda al usar separadores 'Cyclipol' de alto rendimiento', en Cemento y Hormigón, no. 622, septiembre, p. 796

²¹ Respecto a los motores convencionales. Fuente: Hoberbank, 1993. Op. cit., p. 11

²² Abinger, A. "1987". Medidas para la reducción del costo de la energía en fábricas de cemento con accionamientos de velocidad variable. en Cemento y Hormigón. Escoria, p. 208

ANEXO B

Medidas de ahorro de energía por etapas del proceso de fabricación del hierro y del acero

Etapas	Medidas
Sinterización	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Recuperación de calor en calderas para precalentar el aire de combustión (c)
Peletización	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Empleo de calor de desecho en los secadores (c)
Preparación de coque	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Apagado en seco del coque (c) ◦ Control computarizado de la combustión en las baterías (c) ◦ Regulación de velocidad en los colectores de polvo (e)
Alto horno	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Inyección de carbón pulverizado, combustóleo o gas natural (c) ◦ Empleo de los gases de tragante para generar electricidad (c), (e) ◦ Recuperación del calor sensible de la escoria (c)
HRD (Proceso HYL)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Recuperación del calor sensible de la corriente de gas reformado y gases de combustión del reformador para la generación de vapor (c) ◦ Empleo de fuentes alternativas de gases reductores como el gas de coquería, el gas COREX, etc. (c) ◦ Introducción del HRD caliente en el HEA a través de un sistema neumático (HYLTEMP) que emplea gases reductores de desecho (c)
Convertidor básico al oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Empleo de los gases de desecho del CBO (c) ◦ Recuperación del calor sensible de la escoria (c) ◦ Uso de un sistema de almacenamiento de oxígeno (c) ◦ Sistemas de control automatizado para optimizar la recolección del gas de CBO (c) ◦ Controles variables de velocidad para bombas, ventiladores, etc (e)
Horno eléctrico de arco	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Empleo de hornos de ultra alta potencia (UHP) (e) ◦ Precalentamiento de la chatarra empleando gases de desecho de otras etapas (e) ◦ Inyección de carbón pulverizado (c) ◦ Empleo de quemadores de oxígeno y combustible (c) ◦ Separación de la refinación secundaria (e) ◦ Uso de electrodos refrigerados con agua (m) ◦ Empleo de hornos de corriente directa o de plasma (e) ◦ Sistemas automatizados de control (e)
Colada continua	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Colada continua próxima a la forma final (c), (m)
Laminado en caliente	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Laminación directa en caliente (c) ◦ Empleo de gases de desecho en los hornos de recalentamiento (c) ◦ Mayor productividad de los molinos laminación continua con soldadura (palanquillas) (e)
Laminado en frío	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Mayor productividad en los molinos (e)
En todas las etapas	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Buen mantenimiento (c), (e)

Se emplearon las abreviaturas (c) para las medidas de ahorro de combustible, (e) para las medidas de ahorro de electricidad (m) para las medidas de ahorro de material