

# ESCENARIOS DE EXPANSIÓN ELÉCTRICA PARA MÉXICO 2005-2015

## CON REDISTRIBUCIÓN DEL INGRESO Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub>



**Germán Alarco Tosoni\***

Fecha de recepción: 17 de mayo de 2005. Fecha de aceptación: 17 de agosto de 2005.

### *Resumen*

*Se estiman y analizan las necesidades de expansión del sector eléctrico mexicano desde diferentes escenarios de crecimiento económico, incluyendo la posibilidad de que mejore la estructura de distribución del ingreso. A partir del desarrollo de un modelo, que en su vertiente macroeconómica se inspira en la tradición de M. Kalecki, se concluye que dicha mejora implicaría mayores retos, al elevar el consumo nacional de energía y, por tanto, las necesidades de expandir la producción de energéticos para evitar grandes desequilibrios en la balanza comercial de esos productos. Asimismo, exige diseñar e implantar un portafolio adicional de políticas que permitan hacer frente a las enormes emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se podrían generar por el elevado nivel de actividad económica y consumo de energía.*

*Palabras clave: emisiones CO<sub>2</sub>, sector eléctrico, modelos de mediano y largo plazo, proyecciones capacidad de generación.*

---

\* Director de Formulación de Balances y Anuarios de la Secretaría de Energía de México (sus comentarios no expresan necesariamente la opinión de la institución a la que pertenece). Profesor de la Escuela de Economía de la Universidad Panamericana. Correo electrónico: galarcot57@hotmail.com. El autor agradece la valiosa colaboración de Patricia del Hierro Carrillo y de Rafael Hernández Parra en la elaboración de este trabajo. Asimismo, reconoce a José A. Garibaldi la sugerencia de vincular la problemática ambiental y el fenómeno distributivo.

*Abstract*

*The expansion needs for the Mexican electricity sector are estimated and analyzed using different scenarios of economic growth, including the possibility that the income distribution structure improves. Based on the development of a model, i.e. a macroeconomic aspect inspired by the tradition of M. Kalecki, it is concluded that this improvement in income distribution would imply greater challenges to raise national energy consumption and therefore the needs for expansion of national energy production, avoiding greater imbalances in the sale of these products. At the same time, it would demand the design and implementation of an additional portfolio of policies making it possible to deal with greater emissions of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) which could be generated due to the increased level of economic activity and greater energy consumption.*

*Keywords: CO<sub>2</sub> emissions, electricity sector, medium- and long-term models, projected generation capacity.*

*Résumé*

*On fait des estimations et on analyse les besoins d'expansion du secteur électrique mexicain sous différents scénarios de croissance économique, ainsi que de la possibilité d'améliorer la structure de distribution du revenu. A partir du développement d'un modèle, qui dans son versant macroéconomique s'inspire de la tradition de M. Kalecki, on arrive à la conclusion que cette amélioration dans la distribution du revenu impliquerait des défis en augmentant la consommation nationale d'énergie et pour autant les besoins d'étendre la production nationale des énergétiques, en évitant de plus grands déséquilibres de la balance commerciale de ces produits. De même, il exige la conception et l'implantation d'un portfolio additionnel de politiques qui permettront de faire face à des émissions de bioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) plus élevées qui pourraient se générer par un plus grand niveau d'activité économique et une plus grande consommation d'énergie.*

*Mots clés: émissions CO<sub>2</sub>, secteur électrique, modèle à moyen et long terme, projections de capacité de génération.*

*Resumo*

*Analizam e calculam-se as necessidades de expansão do setor elétrico mexicano sob diferentes cenários de crescimento econômico, incluindo a possibilidade de melhorar a estrutura de distribuição do ingresso. Partindo do desenvolvimento dum modelo, que na sua vertente macro-econômica inspira-se na tradição de M. Kalecki, se conclui que este melhoramento na distribuição do ingresso implicaria maiores desafios ao elevar o consumo nacional de energia e por tanto as necessidades de expandir a produção nacional de energéticos evitando maiores desequilíbrios na balança comercial destes produtos. Da mesma maneira, exige pensar e implantar um portfólio adicional de políticas que permitam confrontar as maiores emissões de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que podriam-se gerar pelo maior nível de atividade econômica e os consumos de energia mais elevados.*

*Palavras chave: emissões CO<sub>2</sub>, setor elétrico, modelo de médio e longo prazo, projeções capacidade de geração.*

## Introducción



Un elemento fundamental para el crecimiento económico es contar con la infraestructura necesaria que acompañe la ampliación de la capacidad productiva. El sector eléctrico, como parte del energético, permite satisfacer las necesidades de energía del aparato productivo y de las familias. Un crecimiento desbalanceado respecto de las otras actividades económicas y de la población puede ser fuente de distorsiones que afecten los niveles de producción, calidad y precios de la economía, con impactos evidentes en su funcionamiento, comercialización y en las condiciones de vida de toda la población.

En México, la problemática asociada a la ampliación de la capacidad de generación eléctrica es importante no sólo porque el servicio público corresponde al Estado, sino porque, aun en países donde su prestación está a cargo de privados, es un elemento estratégico: la seguridad energética es esencial. Asimismo, implica decisiones y periodos de maduración en la inversión más prolongados, frente a los cuales los gobiernos, en algunos casos, programan, regulan o dan las señales para que la ampliación de la capacidad de la generación se produzca en el rango deseado.

Este trabajo pretende introducir a la problemática energética la económica asociada a los efectos de la distribución del ingreso sobre las necesidades de ampliación de la capacidad de generación eléctrica y de ésta en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Este ejercicio de economía aplicada no sólo permite esclarecer los vínculos entre el campo de la economía, la energía y el medio ambiente, sino que es útil para poner en evidencia cómo una política que positivamente redistribuya ingresos impone mayores retos económicos y energéticos. Además, se abordarán las políticas para mitigar los gases de efecto invernadero (GEI).

El trabajo se divide en cuatro secciones y las reflexiones finales. En la primera parte se analiza la importancia y características del sector eléctrico mexicano. En segundo lugar, se estudia cómo la problemática de la distribución del ingreso afecta las necesidades energéticas y, al mismo tiempo, las emisiones de CO<sub>2</sub>. Posteriormente se presenta el modelo de proyección y los elementos generales para las simulaciones. En la cuarta sección se muestran los escenarios, las necesidades de inversión y los resultados de los ejercicios. Por último, en las reflexiones finales se recapitulan las principales conclusiones del estudio y se plantean las interrogantes e inquietudes que es necesario considerar para mejorar el modelo y los escenarios analizados.

En este trabajo no se discuten los aspectos asociados con la denominada reforma del sector eléctrico y, por tanto, con los aspectos institucionales o de crear mercados de energía eléctrica. Tampoco se comenta acerca de las fuentes de financiamiento del programa de

expansión de la capacidad de generación ni el portafolio óptimo de tecnologías que debería considerarse. Por último, no se plantean las políticas específicas que habría que diseñar e implantar para mejorar la distribución del ingreso y las orientadas a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, como el fomento de las energías renovables, los programas para el ahorro y uso eficiente de la energía, entre otras.

### *Importancia y características principales del sector eléctrico mexicano*

La contribución del sector eléctrico al panorama energético nacional puede evaluarse de diferentes formas: comparando la producción o generación de energía eléctrica respecto de la producción total de energía, en los niveles de la oferta interna bruta<sup>1</sup> primaria, secundaria y total;<sup>2</sup> y en el nivel del consumo final total en relación con el consumo de todos los energéticos en el territorio nacional.

El sector eléctrico, en el nivel de la oferta interna bruta de energía primaria, referida en este caso a la nucleenergía, hidroenergía, geoenergía y energía eólica, representó en 2003 6.5% del total nacional respecto de 7.5% en 2002 (Secretaría de Energía, SENER, 2004a:38). La menor participación en este año se debió a los mayores crecimientos en los hidrocarburos y el carbón. Por ser las principales fuentes, las mayores contribuciones ocurren por parte de la hidroenergía, la nucleenergía y la geonergía.

Si evaluamos la importancia del sector eléctrico en términos de su producción primaria y secundaria, respecto del total de la producción de todas las fuentes energéticas nacionales, representó 7.3% del total en 2003, respecto de 7.8% en el 2002. Sin embargo, la importancia de la energía eléctrica se eleva si la medimos en términos del consumo final total, ya que ésta significó 14.2% del total de los consumos finales energéticos y no energéticos en 2003, respecto de 14.5% en el año anterior.

**Cuadro 1**  
**Importancia del sector eléctrico respecto del sector energético nacional**  
(%)

<i>Año</i>	<i>Oferta interna bruta primaria electricidad/OIBP total</i>	<i>Producción electricidad/ producción total</i>	<i>Consumo final total electricidad/ consumo final total</i>
2002	7.5	7.8	14.5
2003	6.5	7.3	14.2

**Fuente:** elaboración propia con base a SENER, *Balance nacional de energía 2003*.

<sup>1</sup> Al sumar la producción y las importaciones, restar la exportación, la energía no aprovechada y la maquila-intercambio neto, evaluando lo que ocurra con la variación de inventarios.

<sup>2</sup> Las fuentes de energía primaria son las que se obtienen de la naturaleza, ya sea directamente o después de un proceso de extracción, mientras que las secundarias se obtienen a partir de un proceso de transformación.

La capacidad de generación de energía eléctrica en diciembre de 2003 fue de 49 672 MW. Respecto de este total, corresponde a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) 74.4%; a Luz y Fuerza del Centro (LFC), 1.7%; a productores independientes de energía (PIE), 13.6%; a autoabastecimiento, 6.3%; a cogeneración, 2.9%, y a usos propios continuos, 1.1% (SENER, 2004b:43 y 49). El autoabastecimiento, cogeneración y usos propios son las modalidades totalmente a cargo de empresas privadas y se encuentran normadas por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).



**Cuadro 2**  
**Distribución de la capacidad efectiva total 2003**  
(%)

<i>Empresa</i>	<i>2003</i>
CFE	74.4
LFC	1.7
PIE	13.6
Autoabastecimiento	6.3
Cogeneración	2.9
Otros usos propios	1.1
Total	100.0

**Fuente:** elaboración propia con base en SENER (2004b).

La capacidad de generación eléctrica para atender el servicio público fue de 44 554 MW en 2003. Este servicio lo proporcionan CFE, LFC y los PIE, los cuales tienen que entregar toda la energía eléctrica generada neta (sin autoconsumos) para atender al servicio público. Por tecnología, destacan en 2003 las plantas de generación eléctrica que utilizan

**Cuadro 3**  
**Evolución prevista de la capacidad instalada neta por tecnología 2003-2014**  
MW

<i>Tipo</i>	<i>2003</i>	<i>2014</i>	<i>Cambio absoluto</i>
Hidráulica	9 608	12 793	3 185
Ciclo combinado	10 603	23 360	12 757
Turbogás	2 890	3 722	832
Combustión interna	140	213	73
Eólica	3	408	405
Libre	0	6 446	6 446
Carboeléctrica	2 600	3 550	950
Combustóleo	14 283	10 464	-3 819
Geotérmica	960	960	0
Nucleoeléctrica	1 365	1 365	0
Plantas móviles	3	3	0
Total	44 554	65 383	20 829

**Fuente:** elaboración propia con base en SENER (2004b).

combustóleo, las de ciclo combinado que usan gas natural y la generación hidráulica. Para 2013 el programa oficial de expansión de la capacidad prevé mayor contribución de las plantas generadoras que utilizan gas natural, mientras que se reducen las que utilizan combustóleo.

Como una anotación al margen es interesante apuntar que un país como Canadá, productor y exportador de gas natural, sólo genera 4.6% de su electricidad a partir del citado energético. El promedio de todos los países de la OCDE es de 14.1%. México, importador de gas natural, generó en 2003 poco menos de 29.5% de su electricidad mediante dicho energético (SENER, 2004a:88) y espera equivocadamente que su participación se eleve al menos a 55.7% en 2013 (SENER, 2004b:71).

### *Características de la problemática distributiva en México*

La economía mexicana se caracteriza por elevados niveles de pobreza y una estructura de distribución del ingreso notoriamente desigual; es imprescindible eliminarla y mitigarla tanto por razones de orden social, políticas, morales, como económicas. La eliminación de la pobreza y la reducción de la dispersión en los ingresos es un imperativo de política que tendría impactos sobre los consumos de energía y sobre las emisiones al ambiente.

En primera instancia, las fuentes de la desigualdad se ubican en la inadecuada estructura de la distribución funcional del ingreso, relativa a la función desarrollada en el proceso productivo como perceptor de remuneraciones (trabajador dependiente) o perceptor del excedente bruto de operación: utilidades, rentas e intereses (como propietario de los medios de producción).<sup>3</sup> En segunda instancia, las diferencias anteriores se acentúan o reducen por los factores explicativos asociados a la distribución personal del ingreso, tales como niveles educativos, distribución de activos, adiestramiento, experiencia laboral, ubicación geográfica, actividad económica, pertenencia a determinados grupos sociales, vinculaciones, políticas gubernamentales, entre muchos otros (Morley, 2000:83-100).

La información de las cuentas nacionales mexicanas refleja que sólo un poco más de un tercio del ingreso nacional generado es recibido por los perceptores de remuneraciones,<sup>4</sup> mientras que los dos tercios restantes son recibidos por los propietarios de los medios de producción. Con el tiempo se observa una relación clara, cuando el producto crece (1989-1994 y de 1996-2000), esto se asocia con una mayor participación de las remuneraciones (sueldos y salarios) en el ingreso nacional. En la crisis de 1995 y el estancamiento entre 2001-2003, ésta cae para dar lugar a una mayor participación del excedente bruto de operación en el ingreso nacional.

<sup>3</sup> Anteriormente se distinguían del excedente bruto de operación los ingresos percibidos por los trabajadores independientes del ámbito rural (campesinos) y del urbano (sector servicios informales y formales).

<sup>4</sup> Quienes, a propósito, casi no reciben ingresos por los conceptos de utilidades, intereses y rentas.

Con información del Bureau of Economic Analysis (BEA) de Estados Unidos los perceptores de remuneraciones recibieron 66.6% del ingreso personal, adicionando 12.9% de suplementos a las remuneraciones para diciembre de 2004. Las diferencias respecto de cien se explicarían por el excedente bruto de operación: utilidades de empresas, intereses y rentas, además de los apoyos a los ingresos proporcionados por los sistemas de seguridad social.<sup>5</sup> Las brechas relacionadas con México son de una magnitud considerable.



**Cuadro 4**  
**Distribución funcional del ingreso nacional de México, 1988-2003**  
(%)

Años	Remuneración de asalariados	Excedente bruto de operación
1988	32.54	67.46
1989	32.34	67.66
1990	32.44	67.56
1991	33.96	66.04
1992	36.21	63.79
1993	38.05	61.95
1994	38.64	61.36
1995	34.16	65.84
1996	31.87	68.13
1997	32.88	67.12
1998	33.61	66.39
1999	34.27	65.73
2000	34.69	65.31
2001	36.10	63.90
2002	35.77	64.23
2003	35.19	64.81

**Fuente:** elaboración propia a partir de INEGI, *Sistema de Cuentas Nacionales de México*.

México fue la novena economía de mundo en 2002, la 66 en términos del producto nacional bruto *per capita* y la 80 cuando este ingreso por habitante se corrige por paridad de poder de compra (PPP) (World Bank, 2004). Si ordenamos la información del Banco Mundial sobre desigualdad medida con el coeficiente de Gini, observamos que México se ubica en la posición 112 de la lista de los países más igualitarios a los más desiguales con un coeficiente de 54.6,<sup>6</sup> respecto de 24.7 de Dinamarca, 53.2 de El Salvador, entre otros. En la misma dirección, se ubica en la posición 109 en términos de la proporción del ingreso recibido por 10% de la población más rica de la sociedad respecto de 10% de la población de menores ingresos, con un cociente de 43.1 veces, lo cual refleja las diferencias entre estos dos segmentos de la población. Los países con menores diferencias entre

<sup>5</sup> El BEA determina la distribución del ingreso personal de forma mensual. Los datos proporcionados corresponden al último reporte publicado en 2005, ya que se trata de información mensual anualizada.

<sup>6</sup> Un coeficiente de Gini 0 refleja una estructura perfectamente igualitaria, mientras que un valor de 100 es equivalente a la desigualdad máxima.

10% más rico y 10% más pobre de la sociedad son Japón y la República Checa con 4.5 y 5.2 veces de diferencia, respectivamente. La mayor diferencia registrada es la de Namibia con 64.5 veces. Queda claro que la desigualdad en México se encuentra por encima de los estándares internacionales de los países de nivel de ingreso similares.

**Cuadro 5**  
**Distribución personal del ingreso en países seleccionados**

<i>País</i>	<i>Coefficiente de Gini</i>	<i>% del ingreso 10% población más pobre</i>	<i>% del ingreso 10% población más rica</i>
México	54.6	1.0	43.1
Alemania	28.3	3.2	22.1
Francia	32.7	2.8	25.1
China	44.7	1.8	33.1
República Checa	25.4	4.3	22.4
India	32.5	3.9	27.4
Japón	24.9	4.8	21.7
Italia	36.0	2.3	26.8
Malasia	49.2	1.7	38.4
Países Bajos	32.6	2.8	25.1
Perú	49.8	0.7	37.2
Rusia	45.6	1.8	36.0
España	32.5	2.8	25.2
Reino Unido	36	2.1	28.5
Estados Unidos	40.8	1.9	29.9

**Fuente:** elaboración propia con base en el World Bank (2004).

Se puede considerar pobre a 26.3% de la población mexicana, al recibir menos de dos dólares diarios,<sup>7</sup> ubicándose en el lugar 31 entre los países que tienen mayor proporción de la población considerada pobre. Sin embargo, a pesar de la apariencia de que México no tiene tanta pobreza, debemos comentar que los países con niveles de ingreso *per capita* equivalentes o ligeramente superiores tienen menor número relativo de pobres en comparación al mexicano. Tenemos así los casos de Chile con 9.6% de su población; Argentina, con 14.3%, y Sudáfrica, con 23.8%. Por otra parte, en cuanto a la proporción relativa de pobres, México es seguido por la República Kyrgyz, Paraguay y Venezuela, los cuales tienen ingresos *per capita* de 1 560 4 590 y 5 220 dólares, respectivamente, menores a los 8 800 dólares anuales corregidos por paridad de poder-compra de México.

México no sólo arrastra un problema de elevada desigualdad por el lado de la distribución personal del ingreso, la cual tiene su origen en la polarización de su distribución funcional (propietarios de los medios de producción *vs.* perceptores de remuneraciones *vs.* trabajadores independientes), sino que enfrenta una marcada desigualdad en el producto, los ingresos y los consumos de energía en el nivel geográfico.

<sup>7</sup> Criterio también utilizado por el Banco Mundial.



La región centro del país tiene el mayor nivel de ingreso *per capita*, seguida de la noreste; mientras que las regiones sur-sureste y centro-occidente tienen entre la mitad y la tercera parte de los anteriores. De la misma forma, el consumo final total de energía *per capita* es marcadamente superior en las regiones noreste y noroeste, mientras que el de la región centro-occidente es la mitad de las anteriores. Los niveles de consumo del sur-sureste son relativamente más elevados debido a que allí se encuentran las principales zonas de producción de hidrocarburos.



**Cuadro 6**  
**Ingresos *per capita* y consumo final total de energía regional, 2003**  
**(dólares corrientes y gigajoule por habitante)**

	Noroeste	Noreste	Centro-Occidente	Centro	Sur-Sureste	Nacional
Ingreso per cápita dólares corrientes	5 986	7 827	3 191	9 723	3 417	5 557
Consumo energía <i>per capita</i> (Gj)	48.90	57.76	24.92	46.11	33.83	38.04

**Fuente:** elaboración propia con base a SENER,(2004a); INEGI, *Sistema de Cuentas Nacionales*, y Banxico.

Al finalizar 2003, 95.4% de la población mexicana contó con electrificación, al igual que 63.16% de las localidades geográficas del país (CFE, 2004b). Los estados con una proporción de la población con una dotación de electricidad menor al promedio nacional corresponden a la región sur-sureste del país (Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz) y a otros estados de la república, como Chihuahua, Durango, Hidalgo y San Luis Potosí.

La superación de la pobreza requiere, entre otras cosas, de sistemas de agua potable, drenaje y servicios de salud, buen sistema educativo y redes de comunicación. La disponibilidad de energía a precios adecuados es indispensable. La electricidad provee el mejor y más eficiente sistema de iluminación y de energía para los aparatos domésticos. El gas licuado de petróleo (GLP) y el kerosene son más eficientes para la cocción de alimentos que la tradicional biomasa (leña). El diesel, combustóleo y gas natural implican, en el nivel internacional, una relación costo/eficiencia menor que otros energéticos para la calefacción de los hogares. El diesel, gasolinas y GLP son los principales energéticos utilizados en el transporte (International Energy Agency [IEA], 2002:365-393).

La presencia de servicios eléctricos modernos mejora las condiciones de vida en las comunidades pobres. La luz eléctrica extiende el día y proporciona más horas para la lectura y el trabajo; las cocinas modernas liberan a las madres y niños de la nociva exposición a las emisiones que genera la combustión de biomasa: la refrigeración permite preservar y contar con medicinas en todo momento. Asimismo, sistemas energéticos más modernos pueden elevar la productividad, extender la calidad y rango de los productos de la comunidad, promoviendo un incremento de sus ingresos (*ibid.*).

Una sociedad muy desigual y pobre se caracteriza por el uso extensivo de biomasa. En México, éste se focaliza en el consumo de leña y de bagazo de caña de azúcar, aunque esta última es básicamente para consumo de la propia industria azucarera. El consumo de leña fue de 256.742 petajoules (PJ), equivalentes a 17 723.5 miles de toneladas en 2003. Actualmente, es el segundo energético de mayor consumo residencial en los hogares, luego del GLP con 290.918 PJ, antes de la energía eléctrica, con 143.5 PJ. El consumo total del sector residencial de es 721.702 PJ (SENER, 2004:59).

Sin embargo, nos olvidamos que normalmente el uso de biomasa, como la leña y el carbón de leña, implica mucho tiempo invertido en su recolección y reduce la disponibilidad para otras actividades como la agricultura, ganadería, educación y ocio; genera daño ecológico, es menos eficiente energéticamente, provoca emisiones de gases tóxicos al interior del hogar, y reduce la productividad agrícola al utilizar menos excrementos de animales como fertilizantes.<sup>8</sup>

La relación energía-economía tiene doble medio. La mejora de las posibilidades energéticas contribuye a la de las condiciones de vida y de la economía en su conjunto. Al mismo tiempo, la mejora de las condiciones de vida y económicas genera mayores consumos energéticos, lo cual implicaría una transición de los patrones de consumo de energía tradicional a otros más modernos. Para estos últimos, en el caso de no existir políticas para promover mayor eficiencia y ahorros de energía o un uso más intenso de fuentes renovables, significarían mayor consumo de combustibles fósiles y, por tanto, mayores emisiones de CO<sub>2</sub>.

El objetivo de incrementar los niveles de ingreso de la población y mejorar la estructura de distribución del ingreso no sólo modifica la estructura de consumo de los energéticos, sino que eleva en forma evidente los niveles de consumo de energía. Cuando se supera la condición de pobreza extrema, se reduce el consumo relativo y absoluto de biomasa, velas y baterías, sustituyéndolo con el uso de kerosene, GLP y diesel. Si continúa el aumento en el ingreso, se utiliza la electricidad y más derivados del petróleo, para luego seguir con mayor uso del gas natural, electricidad, gasolinas y diesel para el transporte.

Se pretende dimensionar la magnitud de los esfuerzos que se requerirían para mitigar las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> a propósito de la impostergable necesidad de reducir la pobreza y la desigualdad en la economía mexicana. Al respecto, hemos estimado un conjunto de regresiones de corte transversal, con toda la información internacional disponible para 2002 sobre emisiones de CO<sub>2</sub> *per capita* por la combustión de energéticos, producto nacional bruto *per capita* corregido por la paridad del poder de compra, el coeficiente de Gini, la dispersión establecida entre 10% más rico y más pobre de la sociedad y el porcentaje de pobres que reciben menos de dos dólares diarios. La información energética proviene de la Agencia Internacional de Energía, mientras que el resto es del Banco Mundial.

<sup>8</sup> La Agencia Internacional de Energía también señala que constituye una discriminación en contra de las mujeres que tradicionalmente se encargan de la recolección de la leña y de su utilización.

Los resultados de las mejores regresiones se muestran en el Cuadro 7, en el cual debemos resaltar que hemos optado por formas lineales y que las regresiones que incluían la proporción de la población en condiciones de pobreza mostraron parámetros que no son significativamente diferentes de cero.<sup>9</sup> Las mejores regresiones explican la emisiones de bióxido de carbono *per capita* como un parámetro constante, el nivel de ingreso *per capita* y, en un caso, el coeficiente de Gini y, en el otro, la dispersión de los ingresos entre 10% más rico y pobre de la sociedad. En el caso de estas regresiones, los parámetros muestran los signos esperados en relación con todas las variables consideradas, con una bondad de ajuste aceptable para series de corte transversal.<sup>10</sup> Un mayor nivel de ingreso significará mayores emisiones. Un índice de Gini más alto implicaría mayor desigualdad, pero generaría menores emisiones. Una dispersión más elevada y, por tanto, mayor desigualdad, también motivará mayores emisiones de bióxido de carbono.



**Cuadro 7**  
**Mejores ecuaciones seleccionadas para las emisiones de CO<sub>2</sub> *per capita***  
**Variable dependiente**

	Variables independientes (lineal)					
	<i>Constante</i>	<i>PIB per capita</i>	<i>Gini</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>F-statistic</i>	<i>Núm. de obs.</i>
(1) CO <sub>2</sub> pc	2.591 (2.027)	0.000325 (11.491)	-0.039 (-1.340)	0.626	82.791	102
	<i>Constante</i>	<i>PIB per capita</i>	<i>Highest 10%/ Lowest 10%</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>F-statistic</i>	<i>Núm. de obs.</i>
	<i>Constante</i>	<i>PIB per capita</i>	<i>Highest 10%/ Lowest 10%</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>F-statistic</i>	<i>Núm. de obs.</i>
(2) CO <sub>2</sub> pc	1.407 (2.871)	0.000330 (12.236)	-0.019 (-1.457)	0.627	83.222	102

**Fuente:** elaboración propia a partir de información de la International Energy Agency y World Bank.

El nivel de emisiones de bióxido de carbono por combustión de energéticos en México, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, fue de 365.15 millones de toneladas en 2002. La mejora de la estructura en la distribución del ingreso, con una reducción implícita de las condiciones de pobreza, aumentaría el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> *per capita* y globales entre 9.8 y 28.3% de los niveles actuales. En el Cuadro 8 se simula qué ocurriría con el incremento de las emisiones si se suponen coeficientes de Gini y dispersiones (patrones distributivos) similares a los de otros países. Obviamente, las

<sup>9</sup> El valor de la prueba “t” de las ecuaciones seleccionadas se presenta entre paréntesis abajo de los parámetros estimados de las regresiones.

<sup>10</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> *per capita* estimadas para México (3.35 y 3.47 toneladas anuales) fueron en ambas regresiones menores a la observada por la Agencia Internacional de Energía (de 3.64 ton por habitante), en razón de que los países productores de hidrocarburos tienen valores más elevados que los no productores.

**Cuadro 8**  
**Incremento de emisiones de CO<sub>2</sub> por mejora en la distribución del ingreso en México**  
**Miles de toneladas (mton) de CO<sub>2</sub>**

<i>Escenarios</i>	<i>Simulaciones a partir del índice Gini</i>	<i>Simulaciones a partir de la dispersión del ingreso</i>
Patrón distributivo de Estados Unidos	54 258	53 825
Patrón distributivo de Gran Bretaña	73 130	58 085
Patrón distributivo de Alemania	103 404	71 196
Patrón distributivo de España	86 891	67 077
Patrón distributivo de Costa Rica	31 847	35 885

**Fuente:** elaboración propia a partir de la información de la International Energy Agency y World Bank.

emisiones mexicanas de CO<sub>2</sub> serían mayores en la medida en que se logre un patrón más igualitario, como el de Alemania y menores, si se pretende alcanzar el de Costa Rica.

El imperativo de eliminar la pobreza y reducir la desigualdad en México impone mayores y mejores políticas para reducir las emisiones al ambiente y, al mismo tiempo, si estos objetivos distributivos se cumplen, implicarían la necesidad de diseñar e implantar un conjunto de políticas para hacer posible los mayores consumos de energía, compatibles con niveles similares o hasta menores de emisiones al ambiente.<sup>11</sup>

### *Modelo de proyección y elementos generales para las simulaciones*

El modelo de proyección utilizado es una variante denominada MOEEMA-3 desarrollado ex profeso para este estudio a partir de otras versiones previas: MOEEMA-1 (Oficina del Subsecretario de Planeación Estratégica y Desarrollo Tecnológico-SENER, 2002:38) diseñado e implantado durante 2002 y el MOEEMA-2, utilizado en el primer trimestre de 2005. El diseño de esta variante fue necesario en la medida en que las anteriores tenían un desarrollo parcial del sector eléctrico, el cual requirió profundización para este estudio. Asimismo, era demasiado extenso en lo relativo a las actividades de producción, refinación y procesamiento de hidrocarburos, y en la determinación de la balanza comercial por energético, lo cual implicaba un refinamiento excesivo, que agregaba complejidad a los ejercicios de simulación. Tampoco incorporaba la estimación de requerimientos de inversión ni la determinación de los costos por generación eléctrica.

El modelo MOEEMA-3 es del tipo *top-down*, ya que parte de las estimaciones del producto (PIB) para determinar las necesidades de expansión del sector eléctrico y de los otros subsectores energéticos. Es un modelo matemático, partiendo de identidades e incorporando variables, coeficientes y parámetros derivados de la realidad y estimados con métodos econométricos. No se trata de un modelo de optimación; es un modelo recursivo desarrollado en una plataforma Excel, que consta de seis bloques:

<sup>11</sup> Se podría intentar promover nuevos patrones de consumo de energía menos contaminantes.

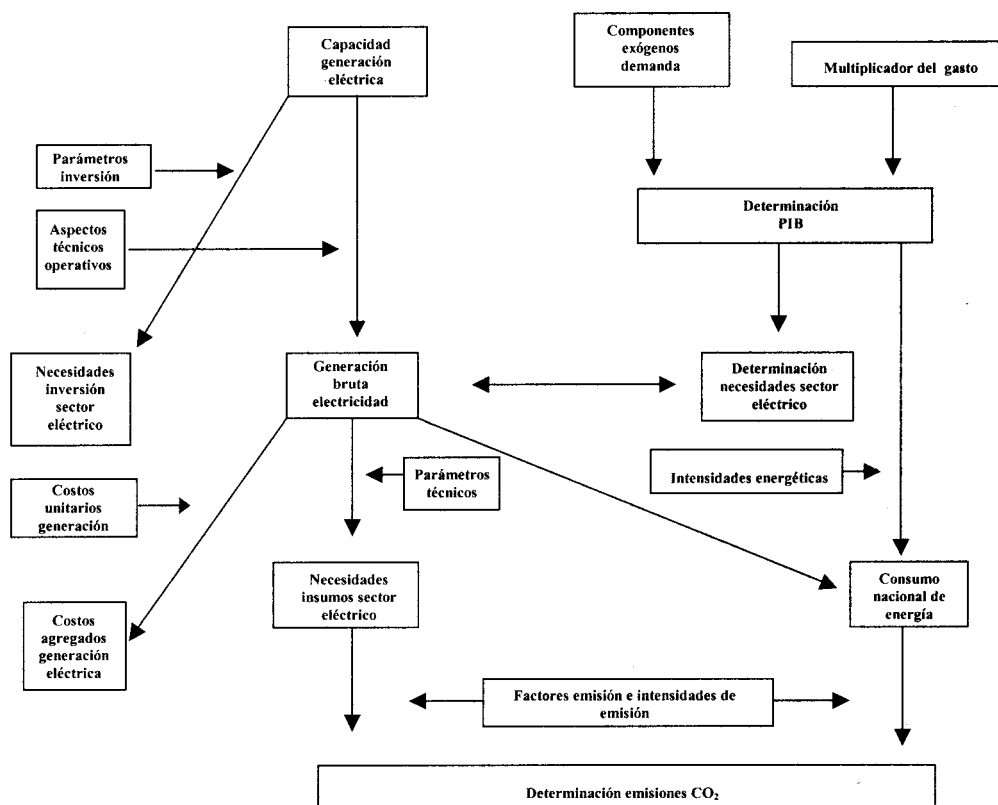


- Macroeconómico, mediante el cual se determina el PIB de conformidad a los componentes exógenos de la demanda agregada y del multiplicador del gasto que considera la propensión a consumir de los propietarios de los bienes de producción, de los asalariados,<sup>12</sup> sus participaciones respectivas en el ingreso-producto nacional y la tendencia a importar. Éste es un bloque inscrito en la corriente poskeynesiana-kaleckiana.
- Capacidad y generación bruta de electricidad, las cuales incluyen el detalle de todas las tecnologías actuales para la generación eléctrica, partiendo de la capacidad instalada y determinando la generación eléctrica con los factores de planta, eficiencias y otras características técnico-operativas actuales.
- Determinación de los insumos energéticos necesarios para la operación del sistema eléctrico de acuerdo con la capacidad instalada de las tecnologías en uso y de la generación bruta por tipo de tecnología y total. Aquí se distingue entre la generación a cargo de CFE, LFC y de los PIE.
- Determinación del consumo nacional de energía en el nivel nacional, distinguiendo entre los sectores energéticos (eléctrico) y el resto de las actividades económicas. En este bloque, el consumo nacional de energía está determinado por la demanda (PIB) y las intensidades energéticas observadas, suponiendo que la oferta se adapta a la demanda.
- Determinación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, siendo muy detallado en lo relativo al consumo de energéticos para la generación del sector eléctrico, mientras que las otras emisiones se establecen a partir del PIB, intensidades energéticas agregadas e intensidades de emisiones observadas en la realidad.
- Inversión y costos de generación del sector eléctrico, mediante los cuales con estándares internacionales y algunos locales, se determina la inversión neta y los costos de generación asociados a cada ejercicio de simulación. También se determina el componente nacional de la inversión en generación eléctrica a partir de los parámetros establecidos en CFE-COPAR 2003.

En la Gráfica 1 se muestra la estructura general del modelo, vinculando los bloques y principales variables consideradas. En términos generales, los ejercicios de simulación se inician a partir de la determinación del producto (PIB). Luego se calculan tanto las necesidades de generación de energía del sector eléctrico, como el consumo nacional de energía de los otros sectores. Con las necesidades de generación se determinan las de ampliación de la capacidad instalada para este fin.

Posteriormente, definida esta capacidad de generación y satisfecha la demanda de energía eléctrica, se dimensionan las necesidades de insumos energéticos del sector eléctrico. Los

<sup>12</sup> Al suponer que los asalariados consumen todo el ingreso recibido (propensión a consumir unitaria), la propensión a consumir de los propietarios de los medios de producción se obtiene residualmente del consumo privado de los no asalariados y del ingreso-producto recibido por éstos.



Gráfica 1. Estructura general del MOEEMA-3.

requerimientos de inversión y los costos de generación se estiman a partir de la ampliación de la capacidad instalada, la generación bruta, los parámetros de inversión y de costos de generación eléctrica. Luego de determinar el consumo nacional de energía de los otros sectores de actividad económica y las necesidades de energéticos del sector eléctrico, con los factores de emisión y de intensidad de ésta se calculan las totales de  $\text{CO}_2$ .

Entre los principales elementos generales para las simulaciones debemos destacar que se evalúa el escenario *oficial* y otros cuatro asociados con el crecimiento económico —bajo y medio—, sin y con redistribución del ingreso. Estos escenarios macroeconómicos principales: bajo y medio son similares a los preparados por Capem-Oxford Economic Forecasting (2005), extendidos hasta 2015, en virtud de que las citadas proyecciones sólo se realizaron hasta 2014. En el escenario bajo, la tasa de crecimiento promedio es de poco más de 2.8% anual, mientras que en el escenario medio es ligeramente superior a 4.3% anual.

Éstos incorporan algo de la dinámica económica-política tradicional de la economía mexicana de menor crecimiento al inicio y final de los periodos sexenales de gobierno, para elevarse en los intermedios. En el caso del escenario bajo, la tasa de crecimiento promedio anual es ligeramente más reducida que el crecimiento histórico tendencial de la

**Cuadro 9**  
**Previsiones macroeconómicas del PIB mexicano 2005-2015**  
(%)

<i>Años</i>	<i>Escenario bajo</i>	<i>Escenario medio</i>
2005	2.3	3.8
2006	2.7	4.2
2007	2.6	4.1
2008	2.6	4.1
2009	2.9	4.4
2010	3.0	4.5
2011	3.0	4.5
2012	3.2	4.7
2013	2.9	4.4
2014	3.2	4.7
2015	3.2	4.7

**Fuente:** elaboración propia con base en Capem-Oxford Economic Forecasting.

economía mexicana 1970-2004: 3.3%,<sup>13</sup> mientras que en el escenario medio, ésta es más elevada, tornándose en un panorama optimista.

Para 2003 y 2004 se toman en cuenta las tasas de crecimiento efectivas observadas en la economía mexicana de 1.4 y 4.0% (SHCP, 2005:33), respectivamente.

Se consideran los factores de emisión establecidos por Intergovernmental Panel on Climate Change de Naciones Unidas (IPCC) y adoptadas por la Agencia Internacional de Energía. En el caso del carbón, se asume el de tipo bituminoso de las principales áreas de producción nacionales. Las fracciones de carbón oxidados son similares a las establecidas por el IPCC y la Agencia Internacional de Energía.<sup>14</sup> No se evalúa la posibilidad de instalar sistemas tecnológicos internos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que este estudio es de carácter general y no estima tal tipo de opciones. Los factores de eficiencia y de planta para la generación de energía eléctrica observados en 2002 y 2003 se mantienen constantes para todo el periodo de simulación (SENER, 2003).

Con excepción de la información relativa al sector eléctrico acerca de los energéticos utilizados para la generación eléctrica y emisiones de CO<sub>2</sub> de ese sector,<sup>15</sup> la concerniente a eficiencias energéticas nacionales, intensidades energéticas y emisiones totales de CO<sub>2</sub> corresponden a la Agencia Internacional de Energía, con el propósito de facilitar las comparaciones internacionales.

En cuanto a la información poblacional, se considera la proporcionada por la OCDE para 2002. En 2003 y 2004 se asume una tasa de crecimiento anual de 1.58%. De 2005 a 2010 la tasa utilizada sería de 1.5% y de 2011 en adelante de 1.4% anual. Estas tasas se

<sup>13</sup> En el periodo 1980-2004 la tasa de crecimiento promedio anual del PIB real fue de 2.5%.

<sup>14</sup> 98% para el carbón, 99% para el petróleo y productos petrolíferos, y 99.5% para el caso del gas natural.

<sup>15</sup> La diferencia entre nuestros estimados y los de la Agencia Internacional de Energía son menores a 0.5%, en virtud de que la Secretaría de Energía mexicana cuenta con información más actualizada.



aproximan a las proyecciones realizadas por el Consejo Nacional de Población en 2002. No se consideran las elaboradas por dicho Consejo, ya que se observan diferencias entre las tasas estimadas para 2002, 2003 y 2004, respecto de las efectivas, las cuales fueron superiores.

Se trabaja en dólares constantes de 2003 y no se consideran cambios en los precios relativos de los diferentes energéticos entre sí, ni con respecto del índice de precios al consumidor ni a los del productor, por lo cual no se evalúan efectos-precios en las cantidades ofertadas y demandadas de energía. Tampoco hay variación real del poder de compra del peso mexicano en relación con las otras monedas. Los parámetros de inversión y de costos de generación eléctrica corresponden a estándares mundiales proporcionados por la Agencia Internacional de Energía (NEA-IEA-OECD, 2005) y sólo en casos excepcionales (plantas térmicas que utilizan combustóleo y generación hidroeléctrica) se utilizan parámetros nacionales determinados por la CFE-COPAR (CFE, 2004a).

En esta versión del MOEEMA-3 no se consideran las posibles mejoras en la eficiencia de las plantas generadoras de electricidad ni de los factores de planta. Se utilizan los coeficientes observados en 2002 y 2003, muchos de los cuales pudieran mejorarse. No se determina cuál es el mejor conjunto de tecnologías que permite minimizar costos sujetos a la restricción ambiental y garantizando seguridad en el abastecimiento. Ésta es una actividad imperiosa pero que, por su importancia y magnitud, debe ser abordada más adelante en otro estudio específico. No se considera los efectos en los consumos de energía de modificaciones en la estructura de producción de la economía mexicana ni de cambios en sus intensidades energéticas. La intensidad energética del resto de sectores productivos (no eléctrico) se mantiene constante en todo el periodo de la simulación.

### *Principales resultados de los ejercicios de simulación*

Se consideran cinco escenarios. El *oficial*, la cual toma en cuenta la información de la Secretaría de Energía incorporada en la última *prospectiva del sector eléctrico 2004-2013* y extrapola lo que ocurriría entre el 2012-2013 para 2014 y 2015. Los otros cuatro escenarios corresponden a los de crecimiento económico bajo y medio comentados anteriormente, con las variantes de sin y con modificación en la distribución del ingreso.

Los escenarios de mejora en la distribución del ingreso parten de considerar que los perceptores de remuneraciones incrementarían anualmente su participación en el ingreso-producto nacional en un punto porcentual de 35.2% del PIB en 2005 a 46.2% del PIB en 2015.<sup>16</sup> No se plantean ejercicios en los cuales se reconcentre el ingreso a favor de los perceptores del excedente bruto de operación.

<sup>16</sup> Por el contrario se reduce la participación de los perceptores del excedente neto de operación. Asimismo, se supone que tanto las propensiones a consumir como a importar se mantienen en los valores observados para el año 2003.



El primer conjunto de resultados se refieren al escenario *oficial*, resaltando que en el caso de la ampliación de la capacidad de generación —se tomó la incorporada en la prospectiva hasta 2013 y en 2014 y 2015— se supone el mismo incremento anual que el de 2013 (3 819 MW). Asimismo, se asumió que toda la ampliación en 2014-2015 se daría mediante ciclos combinados que utilizan gas natural, al igual que todas las tecnologías no definidas y que todavía son libres.

A partir de las ampliaciones previstas en la capacidad instalada por tecnología se determina, de acuerdo con los factores de planta y eficiencia, la generación bruta de energía eléctrica en gigawatts hora (GWh). Luego, se obtienen las necesidades de insumos energéticos que, por los factores emisión, nos determinaría el total de emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector eléctrico. Por otra parte, las previsiones del escenario económico medio sirven para obtener el consumo nacional de energía en miles de toneladas de petróleo equivalente (mtoe) y el total de las emisiones de CO<sub>2</sub>, que suma las relativas al sector eléctrico con las emisiones por la combustión de energéticos de los otros sectores económicos (mton CO<sub>2</sub>). En todos los casos, se muestra la tasa de crecimiento promedio anual (tcpa) para todas las variables analizadas.

En el Cuadro 10 se observa que el crecimiento previsto en la capacidad instalada de generación eléctrica sería ligeramente superior al PIB (4.5%), y la generación bruta de

**Cuadro 10**  
**Principales resultados escenario *oficial***  
**(MW GWh mton CO<sub>2</sub>)**

Años	Total de capacidad instalada (MW)	Generación bruta total (GWh)	Total de emisiones sector eléctrico (mton CO <sub>2</sub> )	Consumo nacional de energía PIB agregado TPES (mtoe)	Total emisiones agregado PIB (mton CO <sub>2</sub> )	Total emisiones agregado con programas de ahorro energía (mton CO <sub>2</sub> )
2002	41 178	201 252	115 449	157 310	365 150	365 150
2003	44 555	221 411	122 472	159 514	375 672	363 099
2004	46 319	227 293	124 259	165 895	387 587	373 391
2005	47 712	234 955	126 923	172 199	400 257	384 701
2006	49 748	248 153	131 470	179 431	416 284	399 349
2007	51 328	255 652	133 286	186 788	429 777	411 429
2008	51 848	259 590	134 124	194 446	442 771	422 952
2009	53 213	274 029	143 585	203 002	465 813	444 457
2010	55 373	286 376	147 787	212 137	484 515	461 558
2011	58 916	305 686	153 436	221 683	505 317	480 722
2012	61 564	308 831	153 525	232 102	521 945	495 676
2013	65 383	324 669	159 722	242 314	544 352	516 238
2014	69 202	348 647	169 298	253 703	572 006	541 893
2015	73 021	372 625	178 874	265 627	600 509	568 224
tcpa 2002-2015 (%)	4.5	4.9	3.4	4.1	3.9	3.5

**Fuente:** elaboración propia con base en SENER (2004b) y en el MOEEMA-3.



electricidad aun mayor (4.9%) como resultado de mayor demanda y de factores de planta-utilización superiores a los considerados en el modelo de acuerdo con la evidencia de 2002-2003. Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a este escenario mostrarían un crecimiento de 3.5% anual, debido al menor aumento de las emisiones del sector eléctrico (3.4% anual) y como resultado de la implantación del programa actual de mayor ahorro y uso eficiente de la energía.

Es interesante anotar que las menores emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector eléctrico se producirían esencialmente por la reducción de la capacidad instalada de generación de las plantas térmicas, que utilizan combustóleo, y del gran crecimiento que se observaría en las plantas de ciclo combinado, que utilizan gas natural y tienen factores de emisión menores a los del combustóleo.<sup>17</sup>

La valuación del programa de inversión, utilizando los estándares de inversión por MW instalado, es menor al establecido de manera oficial. Debe destacarse que la inversión focalizada en plantas de ciclo combinado tiene un elevado componente importado equivalente a 72.9% del total de la inversión realizada, superior al de otras tecnologías, generando que el componente nacional de la inversión sea equivalente a 25.9% de toda la inversión neta realizada en el periodo 2005-2015.

La mayor eficiencia de las plantas de ciclo combinado respecto de las térmicas que utilizan combustóleo motiva una reducción en los costos de generación eléctrica<sup>18</sup> por MWh. Frente a las ventajas de que la inversión en plantas de ciclo combinado es menor al de las otras tecnologías y mayor la eficiencia energética,<sup>19</sup> los costos operativos explicados fundamentalmente por los precios del gas natural son volátiles, con tendencia creciente y en relación inversa con la tecnología nuclear.<sup>20</sup> Asimismo, no olvidemos las importaciones crecientes de gas natural, debido a la brecha entre la demanda y producción nacional en un mercado, en el cual el principal ofertante neto es Canadá. Los altos precios y la dependencia respecto de otros países eleva nuestra vulnerabilidad-riesgos y la inseguridad energética.

En el caso de los otros escenarios, hemos procedido a determinar la demanda de energía eléctrica necesaria para satisfacer los requerimientos de expansión del PIB y establecer, de conformidad con los parámetros observados en 2002-2003, el incremento en la capacidad de generación eléctrica. En el Cuadro 12 se presentan los resultados oficiales respecto de los cuatro escenarios. Es obvio que el que requeriría menor ampliación de la capacidad instalada

<sup>17</sup> Los factores de emisión por el uso de combustóleo y gas natural son respectivamente 21.1 y 15.3 tonCO<sub>2</sub>/TJ respectivamente. Asimismo, la eficiencia de las plantas de ciclo combinado es de 50% respecto de 35% en las cuales utilizan combustóleo.

<sup>18</sup> Los costos nivelados son el valor presente de los costos variables (con previsiones promedio de los precios de los diferentes energéticos), fijos y de capital con una tasa de descuento de 10%.

<sup>19</sup> Mayor energía producida respecto de la ingresada en el proceso de transformación.

<sup>20</sup> La tendencia de los precios nominales y reales del uranio enriquecido es decreciente de acuerdo con la información proporcionada por la Agencia Internacional de Energía.

**Cuadro 11**  
**Principales resultados escenario oficial**  
**(miles dólares y dólares/MWh)**

Años	<i>Inversión anual en generación (miles dólares)</i>	<i>Inversión programada generación (miles dólares)</i>	<i>Componente nacional inversión neta (miles dólares)</i>	<i>Costos de generación (miles dólares)</i>	<i>Costos de generación (dólares/MWh)</i>
2002	—	—	—	11 922 790	59.2
2003	2 084 709	—	573 241	12 953 484	58.5
2004	1 921 599	1 854 852	774 641	13 313 184	58.6
2005	1 066 366	2 533 321	462 266	13 730 339	58.4
2006	1 128 676	2 048 846	192 320	14 393 305	58.0
2007	1 440 602	2 332 932	753 531	14 826 003	58.0
2008	104 602	1 973 214	-137 192	15 004 201	57.8
2009	890 060	2 267 865	376 994	15 671 339	57.2
2010	1 397 384	3 186 579	179 888	16 292 542	56.9
2011	2 691 766	3 222 820	1 051 590	17 329 398	56.7
2012	3 326 708	2 912 967	538 905	17 537 743	56.8
2013	3 363 170	2 154 973	194 827	18 315 886	56.4
2014	2 291 400	—	620 969	19 550 747	56.1
2015	2 291 400	—	620 969	20 785 608	55.8
Total y promedio simple					
	23 998 441	24 488 369	6 202 950	15 830 469	57.5

**Fuente:** elaboración propia con base en SENER, *Prospectiva del sector eléctrico 2004-2013* y en el MOEEMA-3.

**Cuadro 12**  
**Capacidad de generación eléctrica 2004-2015**  
**(MW)**

Escenarios / años	2004	2015	Variación acumulada
<i>Oficial</i>	46 319	73 021	26 702
Crecimiento económico bajo	46 319	63 249	16 930
Bajo con redistribución del ingreso	46 319	68 256	21 937
Crecimiento económico medio	46 319	74 166	27 847
Medio con redistribución del ingreso	46 319	80 058	33 739

**Fuente:** elaboración propia con base en el MOEEMA-3.

es el de crecimiento económico bajo (2.9% anual), seguido por el de crecimiento bajo con redistribución del ingreso (3.6% anual). Le seguirían el de crecimiento económico medio (4.4% anual) y el de crecimiento económico medio con redistribución del ingreso (5.1% anual).

Luego de determinar las necesidades de generación eléctrica, las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector eléctrico se proyectan suponiendo la estructura y niveles de emisión ton CO<sub>2</sub>/GWh observados en 2003 por los GWh generados anualmente. De la misma forma, se mantienen constantes, para todo el periodo de simulación, la intensidad energética (toe/millones de dólares PIB) y la intensidad de emisiones (ton CO<sub>2</sub>/toe), para poder determinar las



emisiones de los otros sectores productivos y, de esta forma, calcular las emisiones de toda la economía.

En el escenario de bajo crecimiento económico, manteniendo la situación observada en 2002-2003, sin políticas adicionales para reducir las emisiones, las del sector eléctrico crecerían a 2.7% anual frente a las totales, que crecerían a 2.8% anual. Es importante destacar que en el periodo 1990-2002 las emisiones totales por la combustión de energéticos crecieron en el nivel mundial a 1.3% como promedio anual, 1.1% anual en el caso de los países integrantes de la OCDE y 0.05% en el caso de los naciones europeas de la OCDE (IEA, 2004). En 1971-2002 las tasas de crecimiento fueron de 1.7, 1 y 0.3%, respectivamente. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, en el periodo 1990-2002, México tuvo una tasa de crecimiento en sus emisiones por combustión de energéticos de 1.9% anual, mientras que en el periodo 1971-2002 la tasa fue de 4.4%. Esta información es relevante, ya que nos permite establecer metas para el crecimiento de las emisiones en nuestro país.

**Cuadro 13**  
**Proyecciones básicas escenario crecimiento económico bajo**  
**(MW GWh mton CO<sub>2</sub>)**

<i>Años</i>	<i>Generación eléctrica (GWh)</i>	<i>Consumo nacional de energía (mtoe)</i>	<i>Emisiones CO<sub>2</sub> del sector eléctrico (mton CO<sub>2</sub>)</i>	<i>Emisiones totales CO<sub>2</sub> (mton CO<sub>2</sub>)</i>
2005	216 758	169 710	124 344	393 728
2006	222 610	174 292	127 701	404 359
2007	228 398	178 824	131 021	414 872
2008	234 336	183 473	134 428	425 659
2009	241 132	188 794	138 326	438 003
2010	248 366	194 458	142 476	451 143
2011	255 817	200 292	146 750	464 677
2012	264 003	206 701	151 446	479 547
2013	271 659	212 695	155 838	493 454
2014	280 352	219 502	160 825	509 244
2015	289 324	226 526	165 972	525 540

**Fuente:** elaboración propia con base en el MOEEMA-3.

En el caso del escenario de crecimiento económico bajo, cuando se aplica una política de redistribución del ingreso, se observan mayores niveles en el consumo nacional de energía y mayores necesidades de energía eléctrica a propósito de los mayores niveles de ingreso-producto de la sociedad. Al respecto, para 2015 implicarían mayores consumos de energía por 17.9 millones de toneladas de petróleo crudo, equivalente al escenario bajo sin redistribución del ingreso. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, este escenario implicaría 41.6 millones de toneladas adicionales en relación con el anterior, con una tasa de crecimiento promedio anual de 3.5%.

**Cuadro 14**  
**Proyecciones básicas bajo con redistribución del ingreso**  
(MW GWh mtoe mton CO<sub>2</sub>)

Años	Generación eléctrica (GWh)	Consumo nacional de energía (mtoe)	Emisiones CO <sub>2</sub> del sector eléctrico (mton CO <sub>2</sub> )	Emisiones totales CO <sub>2</sub> (mton CO <sub>2</sub> )
2005	218 213	170 849	125 179	396 371
2006	225 619	176 648	129 427	409 824
2007	233 060	182 474	133 696	423 341
2008	240 758	188 501	138 112	437 323
2009	249 449	195 306	143 097	453 109
2010	258 717	202 562	148 414	469 944
2011	268 342	210 098	153 936	487 428
2012	278 880	218 349	159 980	506 569
2013	289 003	226 275	165 788	524 957
2014	300 382	235 184	172 315	545 627
2015	312 225	244 456	179 109	567 138

**Fuente:** elaboración propia con base en el MOEEMA-3.

Los mayores niveles de producción del escenario económico medio implicarían mayores necesidades de generación de energía eléctrica y de consumo nacional de energía; a la par las emisiones del sector eléctrico y de toda la economía serían superiores a las de los escenarios anteriores. En 2015 las emisiones *ceteris paribus* serían 49.1 millones de toneladas adicionales respecto del escenario anterior.

Sólo como un asunto ilustrativo, si sustituyéramos algunas de las plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural por seis plantas nucleares (2 x 953 MW cada una) que no consumen hidrocarburo alguno y que se pondrían en operación anualmente entre 2010-

**Cuadro 15**  
**Proyecciones básicas escenario crecimiento económico medio**  
(MW GWh mtoe mton CO<sub>2</sub>)

Años	Generación eléctrica (GWh)	Consumo nacional de energía (mtoe)	Emisiones CO <sub>2</sub> del sector eléctrico (mton CO <sub>2</sub> )	Emisiones totales CO <sub>2</sub> (mton CO <sub>2</sub> )
2005	219 936	172 199	126 167	399 501
2006	229 173	179 431	131 466	416 280
2007	238 569	186 788	136 856	433 348
2008	248 351	194 446	142 467	451 115
2009	259 278	203 002	148 736	470 964
2010	270 946	212 137	155 429	492 157
2011	283 138	221 683	162 423	514 304
2012	296 446	232 102	170 057	538 477
2013	309 489	242 314	177 540	562 170
2014	324 035	253 703	185 884	588 592
2015	339 265	265 627	194 621	616 255

**Fuente:** elaboración propia con base en el MOEEMA-3.



2015, se reducirían las emisiones en 39.1 millones de toneladas anuales para 2015. La inversión adicional sería de 10 292 millones de dólares, aunque los costos de generación eléctrica en dicho periodo caerían en 2 490 millones y se tendría un mayor componente nacional de la inversión por 7 249 millones (Alarco, 2005:39).

El escenario de crecimiento económico medio con mejora en la distribución del ingreso implicaría mayores emisiones de CO<sub>2</sub> tanto del sector eléctrico, como para toda la economía en su conjunto. Para 2015 éstas serían 48.9 millones de toneladas superiores a las del escenario anterior.

**Cuadro 16**  
**Proyecciones básicas medio con redistribución del ingreso**  
(MW GWh mtoe mton CO<sub>2</sub>)

<i>Años</i>	<i>Generación eléctrica (GWh)</i>	<i>Consumo nacional de energía (mtoe)</i>	<i>Emisiones CO<sub>2</sub> del sector eléctrico (mton CO<sub>2</sub>)</i>	<i>Emisiones totales CO<sub>2</sub> (mton CO<sub>2</sub>)</i>
2005	221 412	173 355	127 014	402 183
2006	232 271	181 856	133 243	421 907
2007	243 439	190 600	139 650	442 193
2008	255 156	199 774	146 371	463 477
2009	268 221	210 003	153 866	487 208
2010	282 238	220 978	161 907	512 668
2011	297 001	232 537	170 376	539 486
2012	313 151	245 181	179 640	568 820
2013	329 248	257 785	188 874	598 061
2014	347 186	271 829	199 164	630 643
2015	366 231	286 740	210 090	665 238

**Fuente:** elaboración propia con base en el MOEEMA-3.

De acuerdo con los estándares internacionales, podemos estimar la inversión asociada a cada uno de estos escenarios. En el cuadro adjunto se presentan, considerando la composición-estructura actual de la inversión, si toda la ampliación se hiciera a los importes de la capacidad de generación nuclear, a los parámetros nacionales de la hidroenergía y al de las plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural. Las conclusiones son obvias, en la medida en que pasamos del escenario de crecimiento económico bajo, al bajo con redistribución del ingreso, al medio y al medio con mejora en la distribución del ingreso, se elevan los requerimientos de inversión. Asimismo, la ampliación de la capacidad de generación mediante ciclos combinados requiere menos inversión con todos los problemas que hemos señalado, seguida de la estructura actual, los parámetros de la hidroenergía y, por último, la nuclear, con las ventajas que ésta implica en términos de menores costos a largo plazo y mayor componente nacional.

No debemos olvidar que a estos requerimientos de inversión habría que adicionar los relativos a la transmisión y distribución de energía. En la prospectiva del sector eléctrico

**Cuadro 16**  
**Necesidades de inversión en generación del sector eléctrico, 2005-2015**  
**(millones dólares)**

<i>Opciones/Escenarios</i>	<i>Crecimiento económico bajo</i>	<i>Bajo con redistribución del ingreso</i>	<i>Crecimiento económico medio</i>	<i>Medio con redistribución del ingreso</i>
Composición actual con estándares internacionales	18 488	23 957	30 412	36 846
Ampliación con costo nuclear	25 394	32 905	41 770	50 608
Ampliación con costo hidráulico	23 803	30 843	39 153	47 437
Ampliación con costo ciclo combinado	10 158	13 162	16 708	20 243

**Fuente:** elaboración propia con base en el MOEEMA-3.

(SENER, 2004b:80-81), se considera una inversión casi equivalente a la de generación para transmisión y distribución, a pesar que los estándares internacionales se encuentran entre un tercio y 40% de la inversión en capacidad instalada de generación.

### *Algunas reflexiones finales*

En esta sección agruparemos nuestros comentarios en dos apartados. En primer lugar, los vinculados a los aspectos de modelización de la problemática económica, energética y de medio ambiente y, en segundo lugar, los relativos a las cuestiones de fondo del presente estudio. En cuanto a los aspectos instrumentales, sería interesante replantear el modelo incorporando una función-objetivo, de forma tal que se puedan evaluar y jerarquizar diferentes opciones de expansión de la capacidad de generación del sector eléctrico.

No se trata de discutir cuáles deben ser los objetivos básicos del sector eléctrico, pero deben atenderse las necesidades del aparato productivo y de las familias con oportunidad, magnitud, calidad, continuidad y seguridad, con eficiencia al menor costo constante posible en perspectivas de mediano y largo plazos. Se trataría también de contribuir con las menores emisiones al ambiente, aprovechar la disponibilidad nacional de insumos energéticos, diversificar las fuentes energéticas, reducir la vulnerabilidad y riesgos del sistema, minimizar las necesidades de inversión y maximizar la contribución de ésta a la economía nacional. Asimismo, con tarifas que no rebasen los estándares internacionales pero que, al mismo tiempo, permitan la reproducción ampliada del subsector eléctrico.

En lo operativo, sería relevante continuar en la línea de evaluar integralmente al subsector eléctrico como parte del energético, incorporar mayor detalle de los costos de generación eléctrica, distinguir entre los fijos y los variables, considerar en este último a los volúmenes y precios de los energéticos, para poder simular cómo la estructura de la capacidad de generación por tecnología puede modificarse a partir de diferentes escenarios en los precios esperados de los energéticos, considerados en la generación de electricidad. También sería interesante revisar los niveles de inversión y costos previstos por tecnología de generación de la CFE y la posibilidad de que éstos se adecuen a los estándares internacionales.



En cuanto a los aspectos de fondo, debemos destacar la necesidad imperiosa de mejorar la distribución del ingreso en México, lo cual generaría mayores necesidades de energía y, de no modificarse la estructura de producción-consumo e importación de energéticos, se tendrían mayores emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente. Esta mejora en la distribución del ingreso se convertiría en un acicate para diseñar e implantar nuevas políticas ambientales para mejorar la calidad de vida de toda la población.

A partir de nuestros resultados, es evidente la clara necesidad de revisar el programa oficial de expansión de la capacidad de generación e inversión del sector eléctrico, tanto en lo relativo a los supuestos considerados, como a los principales resultados en magnitud y estructura de composición de las tecnologías de generación previstas. No es posible, por encima de los parámetros internacionales, que para 2013 se prevé que más de 55% de los energéticos utilizados para la generación eléctrica correspondan al gas natural, cuando somos importadores crecientes de dicho energético, con precios extremadamente volátiles y de tendencia manifiestamente creciente.

Lo anterior nos conduce a discutir los objetivos del sector eléctrico, en especial la necesidad de diversificar sus fuentes energéticas, razón por la cual debe explorarse seriamente el diseño e implantación de un nuevo programa de generación eléctrica a partir de la energía nuclear y de ampliar el programa de energías renovables: hidroeléctrico, geotérmico, eólico y solar, especialmente. Los efectos sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> de la generación hidroeléctrica y nuclear son nulos. Los efectos multiplicadores sobre la economía son numerosos. Asimismo, a pesar de que implican mayores niveles de inversión en el corto plazo,<sup>21</sup> el costo nivelado de la segunda tecnología es ahora la más reducida de entre todas las otras fuentes de generación de energía eléctrica, incluidas obviamente las plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural.

A pesar que en el ambiente existe un fuerte sesgo por discutir la problemática de los aspectos institucionales y de mercado en las denominadas propuestas de reforma del sector eléctrico, es importante que también nos avoquemos a investigar la magnitud y las tecnologías necesarias para la ampliación de la capacidad de generación eléctrica en un futuro cercano. Estas necesidades no sólo están determinadas por distintos factores económicos, como el nivel y estructura de la producción, sino por las políticas para reducir la desigualdad y mejorar la distribución del ingreso, que son una necesidad e imponen mayores retos al sector energético ambiental mexicano. El periodo de maduración de las políticas energéticas, ambientales y distributivas es largo y, por tanto, es indispensable trabajar en ellas.

<sup>21</sup> La inversión por MW instalado de una planta de energía nuclear es de 1.5 millones de dólares, frente a 1.25 millones de una carboeléctrica y de 600 mil dólares por MW en el caso de una planta de ciclo combinado.



## Bibliografía

- Alarco, Germán, *Inversión necesaria para la reducción de emisiones con crecimiento y redistribución del ingreso 2005-2015*, documento para el taller de Modelización Económica y Ambiental México-Estados Unidos, 11-12 de julio de 2005.
- Capem-Oxford Economic Forecasting, *Escenario macroeconómico 2005-2014*, documento 2005.
- Comisión Federal de Electricidad, *Costos y parámetros de referencia para la formulación de proyectos de inversión en el sector eléctrico, generación 2003*, México, CFE, 2004a.
- , *Estadísticas por entidad federativa 2003*, México, 2004b.
- International Energy Agency, *Energy balances of OECD countries, 1997-1998*, OECD, 2000.
- , *Key world Energy Statistics from the IEA*, OECD, 2004a.
- , *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, Highlights 1971-2002*, OECD, 2004b.
- , “Chapter 13, Energy and Poverty”, en *World Energy Outlook 2002*, pp. 365-393.
- Kalecki, Michal, *Teoría de la dinámica económica*, caps. 1,2,3,4,5,8,9 y 15, FCE, 1973.
- NEA-IEA-OECD, *Projected cost of generating electricity 2005, update*, IEA, 2005.
- Oficina del Subsecretario de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico-SENER, *Presentación final del modelo y resultados obtenidos MOEEMA-1*, documento, diciembre de 2002.
- Morley, Samuel, *La distribución del ingreso en América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, FCE-CEPAL, 2000.
- Secretaría de Energía, *Balance nacional de energía 2003*, México, Sener, 2004.
- , *Prospectiva del sector eléctrico 2004-2013*, México, Sener, 2004.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, *Criterios generales de política económica 2005*.
- World Bank, *2004 World Development Indicators database*, abril de 2004.

