

# LAS ECONOMÍAS DE ESCALA EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

## ¿ES LA ELECTRICIDAD UN MONOPOLIO NATURAL?

**Alejandro Molina Vargas\***

27

### **Resumen**

Este trabajo realiza un análisis de la existencia de las economías de escala en el sector eléctrico y su estructura por tipo planta y tecnología. Lo cual implica analizar la estructura vertical de la industria eléctrica, además, se estudia de manera teórica separadamente las economías de escala en los sectores de generación y transmisión, considerando el sector de la transmisión como un monopolio natural y el sector de la generación que presenta escasas o nulas economías de escala dependiendo el tipo de planta y tecnología, y por último se estudia, tomando en cuenta los datos existentes, la demanda, la capacidad instalada y el costo de generar electricidad de la industria eléctrica mexicana.

Palabras clave: economías de escala, monopolio, generación de energía eléctrica.

Clasificación JEL: B21, D42, L43.

### **1. Introducción**

**E**n este siglo XXI, es difícil imaginar a una sociedad sin energía eléctrica, ya que es considerado vital para el crecimiento del producto, por la diversidad de sus aplicaciones, la energía eléctrica resulta esencial para toda economía. El flujo eléctrico ha permitido el desarrollo tecnológico, la autonomía de los procesos productivos, la aparición de nuevos productos, y una mayor esperanza de vida de la población. Sin energía, un país no puede producir todos los bienes y servicios que su población demanda, ni aumentar constantemente su producción. Por lo tanto un abasto eficiente y confiable de tal insumo y servicio no sólo promueven la inversión productiva de los sectores social y privado, sino también contribuyen a elevar la competitividad del aparato productivo nacional, permitiéndole participar más activamente en los mercados mundiales.

\* Licenciado en Economía por la UAM-Azcapotzalco; alumno de la Maestría en Economía, UNAM.

Hoy en día, las nuevas condiciones de competitividad internacional que permean la actividad económica mundial, hacen necesario que todas las empresas (incluyendo las públicas) se vean obligadas, para tener éxito, a incrementar su eficiencia y productividad. El objetivo de este trabajo es analizar la estructura del sector eléctrico mexicano, particularmente las economías de escala en los sectores generación y transmisión, para enfatizar algunos aspectos relevantes de su evolución de la capacidad instalada y efectiva.

## 2. La estructura vertical de la industria eléctrica

28

Desde los inicios de la industria eléctrica se manifestó rápidamente que el factor de escala en el capital físico resultaba ser un factor decisivo para la economía, desarrollo y confiabilidad del suministro de electricidad. Ante esta concepción resultó la conformación de organizaciones muy intensivas en capital físico, de propiedad concentrada y desarrolladas verticalmente.<sup>1</sup> La integración vertical en el sector eléctrico es uno de los temas más debatidos luego de dos décadas de liberalizaciones y privatizaciones eléctricas alrededor del mundo. ¿Por qué se debate tanto sobre integración vertical?, para entenderlo conviene partir por el origen del problema. La industria eléctrica se compone de cuatro etapas: *generación* de energía; *transmisión* en alta tensión; *transmisión* en baja tensión o *distribución*; *venta* de energía o *comercialización*.<sup>2</sup> Vale decir, una sola empresa era dueña y operaba conjuntamente las cuatro etapas en forma integrada.

Hasta hace un tiempo se suponía que existían fuertes economías de escala en cada una de las cuatro etapas, y que su integración vertical permitía aprovechar economías de ámbito significativas. Por eso, la organización industrial eléctrica predominante en el mundo era el monopolio natural verticalmente integrado, de economía externa, y las características de bien público de los servicios eléctricos.<sup>3</sup> La literatura económica reconoce la existencias de de monopolio naturales. “Hay mercados en los que la competencia no es deseable y ni siquiera viable. Si la producción tiene economías de escala, de tal manera que el costo medio a largo plazo siempre disminuye cuando aumenta esta, es mas eficiente que haya un único productor que muchas empresas en la industria, pero esto plantea un claro problema ¿como podemos estar seguros de que los consumidores se beneficiarán de las economías de escala?”<sup>4</sup> Sin embargo, durante la década de los ochenta y noventa varios países han separado funcionalmente las tres primeras etapas estableciendo un mercado independiente de generación y regulando separadamente a la transmisión y la distribución.

<sup>1</sup> Molina V, Alejandro (2004). Tesis. UAM-A.

<sup>2</sup> Georgina Kessel y Chog Sup Kim (1999).

<sup>3</sup> Un monopolio natural es aquél donde una sola empresa puede producir un bien o servicio a un costo total menor que dos o más empresas.

<sup>4</sup> Fischer, S., Dornbusch, R. y Schmalensee, R. (1994). p. 320.

En los inicios de la industria eléctrica en México, la ausencia de un marco normativo e institucional capaz de regular la producción, transmisión y distribución de electricidad, se reflejó en un suministro desigual que prácticamente excluía a las zonas rurales de los beneficios de la energía eléctrica.<sup>5</sup> A principios del siglo pasado, la industria eléctrica estaba constituida por empresas particulares, los principales inversionistas en la industria eléctrica en México fueron empresas privadas de origen extranjero que buscaban satisfacer las necesidades propias de las industrias textil y minera.<sup>6</sup> La electricidad era distribuida de manera regional, por lo tanto se habían constituido un centenar de empresas monopólicas verticalmente integradas que atendían las necesidades de los principales centros de consumo del país.<sup>7</sup> La creciente demanda por electricidad, rápidamente superó la capacidad de las pequeñas plantas generadoras, propiciando la formación de empresas suministradoras de electricidad.

Así, sólo el Estado podía disponer de los montos de capital para emprender las inversiones necesarias así como la suficiente capacidad empresarial y técnica requerida para viabilizar los emprendimientos. De esta manera, los distintos sistemas se fueron complementando por lo que el Gobierno Federal decidió comprar las acciones de las empresas privadas, y en 1960 nacionalizó la industria eléctrica formando un monopolio vertical, el cual respondía a las realidades tecnológicas de la época, lo que constituía una forma de organización industrial más eficiente para el sector. Esta situación produjo entonces, la consolidación de empresas eléctricas monopólicas, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y Luz y Fuerza del Centro (LFC) cuya propiedad y administración corrían por cuenta del Estado.<sup>8</sup>

Bajo esta forma, el sector eléctrico en México se manejó con criterios monopolísticos y de planeamiento centralizado, con fuerte participación estatal, esta aproximación ha probado ser adecuada en las fases de desarrollo de las infraestructuras, especialmente aquellas intensivas en redes, dadas las altas magnitudes de inversión requeridas. Una vez desarrollados los sistemas de producción, transporte y distribución se presentó una faceta no deseada de este modelo, lo cual fue la captura de las empresas por intereses políticos. Al no disponerse de la presión de la competencia, ni ser el beneficio económico el motor de la industria eléctrica, la lógica económica imperante fue la fijación de los precios por los costos incurridos,

<sup>5</sup> Uno de los propósitos fundamentales que se fijó el gobierno de México al crear la Comisión Federal de Electricidad en 1933, fue extender el servicio eléctrico a las poblaciones del área rural. En un principio, los esfuerzos y recursos económicos se destinaron principalmente a la construcción de plantas generadoras y a la electrificación de comunidades cercanas a éstas.

<sup>6</sup> Congreso de la Unión, IILSEN (2002).

<sup>7</sup> López Mateos, Adolfo (1989).

<sup>8</sup> Eran estas empresas quienes también dictaban las normas de calidad y seguridad de la energía eléctrica y de los equipos, constituyéndose por tanto en juez y parte, en regulador y regulado. Este fue también, el común denominador en América Latina.

que garantizara la recuperación de los mismos, aunque agregando, en mayor o menor medida, factores subjetivos de tipo político para la determinación del precio final del producto y las inversiones de expansión del sector. Como argumento teórico se puede agregar que cuando la propiedad se encuentra en manos del sector público las empresas, en general, no persiguen la maximización del beneficio como objetivo principal. Más aún, en este tipo de empresas los precios pueden no encontrarse disponibles o simplemente no ser confiables.<sup>9</sup>

### 3. La existencia de las economías de escala: una consideración teórica

En esta sección se analizará separadamente las economías de escala en los sectores de generación y transmisión. La industria eléctrica a nivel mundial está atravesando por cambios de etapa en las últimas décadas. El origen ha sido la búsqueda de condiciones más competitivas fundamentadas en la desaparición de la economía de escala en generación. Así se han logrado avances en Chile, Argentina, Inglaterra, etc. Más recientemente, los avances mundiales en la tecnología de carboeléctricas y plantas de ciclo combinado, que ocupan carbón y gas natural, están reduciendo aún más la economía de escala en generación. Además, aunque no aplica al país, los precios del gas natural han estado bien competitivos.

Para el caso mexicano, los aspectos económicos y tecnológicos de la industria eléctrica puede estimular la evolución de su regulación, tipo de propiedad y estructura de mercado. Debido a que la transmisión y la distribución son monopolios naturales, la industria en su conjunto se ha considerado como monopolio natural, lo cual llevó a la conclusión de que el marco regulatorio eficiente sería el de un monopolio legal.<sup>10</sup>

La existencia de las economías de escala ha sido estudiada en este sector debido a la relevancia del costo de la generación en el costo total de la electricidad. Siempre se ha considerado la estructura en generación eléctrica como monopolio natural porque no se han dado las condiciones de competencia, la razón ha sido de tipo ideológico o bien histórico y no tanto económico. En el aspecto económico, en el sector de la generación las economías de escala son moderadas o bien existen economías constantes de escala. Como podemos apreciar en la figura 1 los costos totales de corto y de largo plazo dado los niveles de inversión anualizada ( $K_i$ ), la curva de costos totales de largo plazo se supone lineal en el rango de interés debido a que en el sector de la generación no existen economías de escala fundamentalmente si es de ciclo combinado<sup>11</sup> o carboeléctricas y en el caso de los costos de las centra-

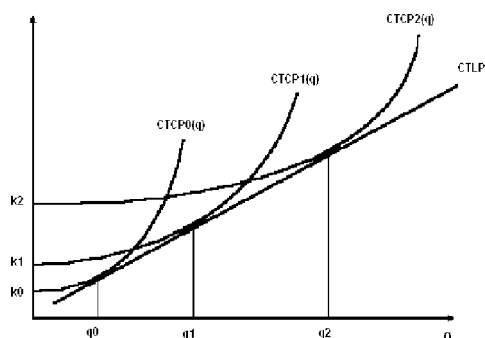
<sup>9</sup> Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978).

<sup>10</sup> Monopolio legal es aquel que se disfruta en virtud de impedimentos legales a la entrada de competidores como son el requerimiento de licencias y autorizaciones. La diferencia entre los dos tipos de monopolios que para excluir competencia, en el caso del monopolio legal se impide la entrada por ley y en el caso del monopolio natural se disuade la entrada de competidores con bajo precio.

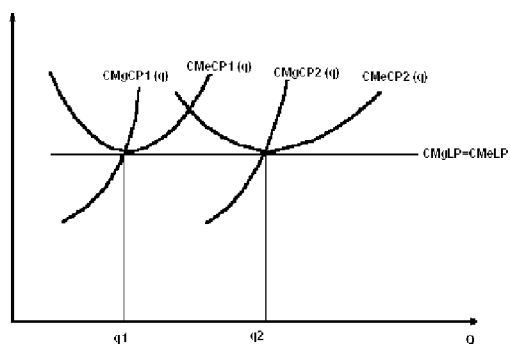
<sup>11</sup> Como ya se mencionó anteriormente, este tipo de centrales tendrán un gran papel en el desarrollo del sector eléctrico, la importancia de este tipo de centrales radica en la alta eficiencia que estas presentan,

les hidráulicas que no se originan economías de escala debido a que los costos de inversiones van a depender principalmente del lugar físico donde sean construidas, pero esto lleva a grandes costos hundidos<sup>12</sup> debido a los grandes costos que se recurre durante la infraestructura. En la figura 2 se aprecian los costos medios y marginales obtenidos de los costos totales de la figura 1 donde se obtienen los costos medios de corto plazo (están asociados a un nivel de inversión anual ( $K_i$ )) y los costos marginales de corto plazo. A su vez se han obtenido los costos medios y marginales de largo plazo.<sup>13</sup> Podemos apreciar que la existencia de economías constantes de escala en el rango de interés hace que en el largo plazo la curva de los costos medios sea igual a la de los costos marginales, y por lo tanto igual a una línea horizontal.

**Figura 1**  
Costos totales de CP y LP



**Figura 2**  
Costos medios y marginales



De esta manera, la baja de los costos medios, no necesariamente se deba a las economías de escala, sino a un cambio en las tecnologías de las distintas centrales, las cuales se han vuelto más eficientes y más baratas, lo que ha producido una baja significativa de los costos de generación. Así, se aprecia que el sector de la generación, tomado como un todo, presenta moderadas economías de escala o bien se encontraría en un nivel en el cual no hay econo-

comparadas con las demás centrales térmicas y que cada vez se están logrando construir centrales de mayor potencia instalada, lo que las hace muy atractivas a las empresas generadoras, particularmente los productores independientes de energía (PIE).

<sup>12</sup> Un costo es "hundido" si no se puede recuperar cuando la empresa abandona la industria. Por ejemplo, si se cierra una central de generación de electricidad, gran parte de la inversión no tiene uso alternativo y su valor de liquidación es cercano a cero.

<sup>13</sup> La *curva de costo medio a largo plazo* (CMeLP) muestra el costo mínimo de un nivel dado de producción, permitiendo que todos los factores de producción varíen óptimamente para minimizar el costo. La *curva de costo marginal a largo plazo* (CMgLP) muestra el aumento del costo provocado por una unidad adicional de producción cuando la empresa tiene la libertad para modificar óptimamente todos los factores con el fin de minimizar los costos. Fischer, S., Dornbusch, R. y Schmalensee, R. (1994). p. 188-189.

mías ni deseconomías de escala.<sup>14</sup> En este caso los costos medios son similares a los costos marginales lo que una tarifa a costo marginal, le permitiría al sector obtener una rentabilidad igual a la tasa de costo del capital.

Las preferencias tecnológicas han influido sobre la propiedad y la estructura del mercado. Ciertas tecnologías de generación, como la hidráulica, a menudo han llevado a la propiedad estatal; los gobiernos suelen tener los derechos de propiedad y los recursos financieros de los proyectos hidroeléctricos o núcleoeléctrica de gran escala, mientras que el desarrollo de la turbina de ciclo combinado elevó las preferencias hacia las plantas de pequeña escala. Las tecnologías de gran escala y costos fijos altos suelen requerir financiamiento público, mientras que las de baja escala dejan margen mayor para la propiedad privada.

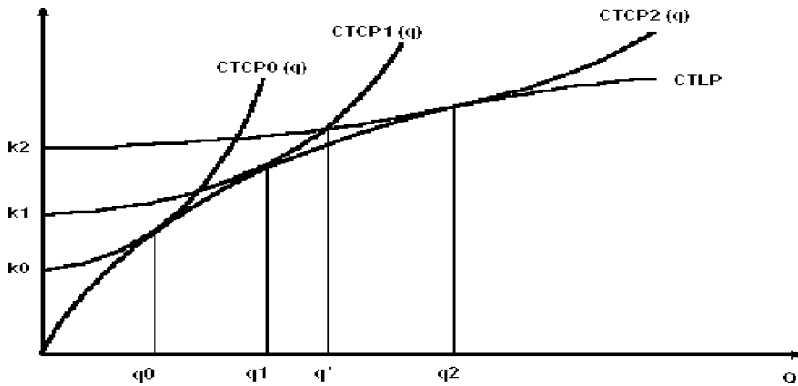
En la literatura relacionada con sistemas eléctricos se plantea la existencia de las economías de escala en el sistema de transmisión, lo que a su vez genera los llamados “Monopolios Naturales”. Esto nos plantea que el costo medio de transmitir un KW extra va disminuyendo a medida que la capacidad de la línea aumenta. Estas economías de escala se ven asociadas con el uso de la alta tensión y múltiples líneas, al nivel de líneas de transmisión de punto a punto.

Las curvas de costos de largo plazo son aquellas que relacionan los costos del sistema de transmisión con las cantidades transmitidas ( $q$ ), suponiendo que para cada  $q$ , un nivel de inversiones fijas en el sistema de transmisión es fijada en el nivel de mínimo costo. Se puede apreciar que los costos totales de corto plazo crecen más que linealmente a medida que aumenta la cantidad de electricidad transmitida, debido a que las pérdidas de transmisión aumentan en forma no lineal. Por otro lado una mayor inversión, esto es una mayor capacidad de la línea de transmisión, está asociada con menores pérdidas,<sup>15</sup> las curvas de costos totales asociadas a la inversión anualizada de  $K_2$  tiene un mayor costo inicial que aquella  $K_1$ , pero tiene un menor costo de pérdida. Luego para una cantidad mayor que  $q^*$  se tiene un costo total menor para la línea de transmisión de mayor capacidad ( $K_2$ ) y viceversa (figura 3). La curva de costos totales de largo plazo de un sistema de transmisión es la envolvente de las curvas de costos totales de corto plazo de distintos niveles de inversión.

<sup>14</sup> Se entiende por *economías de escala* (o *rendimientos crecientes a escala*) cuando el costo medio a largo plazo disminuye al aumentar la producción. *Rendimientos constantes de escala* cuando el costo medio a largo plazo no depende del nivel de producción y se dice que hay *deseconomías de escala* (o *rendimientos decrecientes de escala*) cuando el costo medio a largo plazo aumenta al incrementarse la producción.

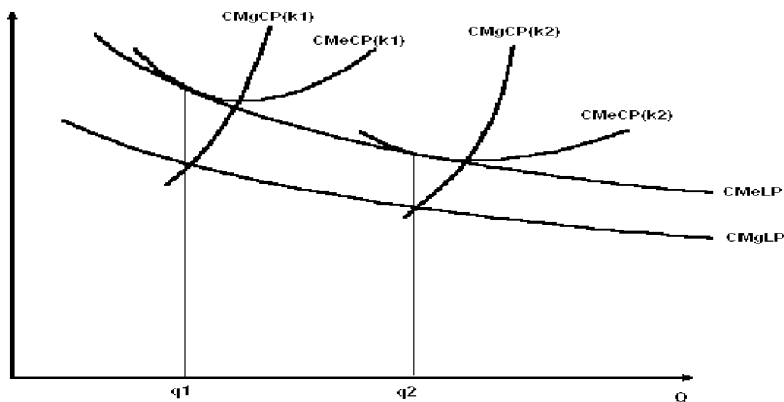
<sup>15</sup> Las pérdidas de energía eléctrica en redes de distribución fluye al 10% durante la década de los noventa. En 1993 la CFE recibía 88,586 GWh con una pérdida de 10.49% comparado 143,185 GWh que se recibió en 2000 con una pérdida de 10.95%. La red de transmisión presenta pérdidas de energía y problemas de capacidad y confiabilidad en algunos tramos. Esto dificulta el aprovechamiento eficiente de la capacidad de generación. Las restricciones de algunos enlaces del sistema interconectado no permiten despachar a su máxima capacidad algunas centrales de generación de menor costo, lo que incrementa el costo global de producción de energía eléctrica. Véase a Molina Vargas, Alejandro (2004). Tesis.

Figura 3



De la curva de costos totales de largo plazo se puede obtener que los costos marginales y costos medios sean decrecientes, lo cual es consistente con la literatura que plantea que los sistemas de transmisión tienen importantes economías de escala. Por otro lado, los costos medios de largo plazo se obtienen luego de trazar la envolvente de las curvas de costos medios de corto plazo, donde para un nivel de transmisión dado, en el cual se tiene que un nivel de inversión de mínimo costo, se cumple que la curva de costos medios de largo plazo es tangente a la curva de costos medios de corto plazo asociada al nivel de inversión de mínimo costo lo que podemos apreciar en la figura 4. A su vez las curvas de costos marginales de largo plazo es igual al costo marginal de corto plazo asociado al nivel de inversión óptimo. Se puede apreciar que la existencia de economías de escala hace que en el largo plazo la curva de los costos medios tenga una pendiente negativa y a su vez los costos marginales sean siempre menores que los costos medios. Es decir, La existencia de econo-

Figura 4



mías de escala implica que los costos medios son superiores a los costos marginales, por lo que una tarifa a costo marginal hace incurrir en pérdidas ya que los precios no alcanzan a cubrir los costos medios.

La razón de las economías de escala se entiende ya que, al analizarse los costos totales de producción del conjunto, se puede ver que están compuestos por la suma de los costos totales de cada sector por separado. Entonces, los costos de generación no tendrán economías de escala, por lo que podrán ser cubiertos si se cobra un precio igual al costo marginal a largo plazo de generación. A la vez, los costos de transmisión tendrán economías de escala, con lo que una tarifa a costo marginal a largo plazo no alcanza a cubrirlos. Por lo tanto, si los precios del sector generación-transmisión corresponden a la suma de los costos marginales de ambos sectores, los costos totales del conjunto no serán cubiertos.

34

En México ciertos especialistas en la materia han reconocido la existencia de no economías de escala en el sector de la generación,<sup>16</sup> sin embargo, no está muy claro en el conjunto generación-transmisión, lo que hace que el sistema generación - transmisión mirado como conjunto tenga economías de escala. Lo anterior, en el mundo, ha llevado a los gobiernos a adoptar uno de dos enfoques en el sector eléctrico: el de un monopolio de propiedad pública integrado, o el de empresas privadas reguladas.<sup>17</sup> Muchos países (como Irlanda, Francia, Grecia e Italia) consolidaron y nacionalizaron su industria eléctrica como monopolios estatales, bajo el supuesto de que la empresa estatal, al no perseguir ganancias máximas, traería mayor bienestar al consumidor.

En la década de los noventa se observa un cambio en el ambiente regulatorio de la industria eléctrica. Algunos países de la OCDE han puesto en operación nuevos reglamentos para estimular la competencia mediante la liberalización de la industria, poniendo el esfuerzo en los segmentos que no tienen las características de monopolio natural. Han emitido legislación para introducir la competencia en la generación de electricidad y en la venta final, separando estas funciones de la parte de la transmisión de la actividad, mediante la creación de mecanismos de acceso de nuevos oferentes a las redes existentes, y creando mercados donde la oferta y la demanda determinen el precio.<sup>18</sup> Aún en el caso de estos reformadores tempranos, la marcha de las reformas ha sido lenta, razón por la cual sólo unos cuantos han logrado avances hacia la competencia.<sup>19</sup>

<sup>16</sup> Ramiro Tovar Landa (2000). Donde se señala que en los últimos años, cambios en la tecnología y en la densidad del mercado eléctrico ocasionaron que esta industria perdiera en gran medida su característica de monopolio natural. Pág. 5.

<sup>17</sup> Faye Steiner (2000).

<sup>18</sup> Faye Steiner (2000).

<sup>19</sup> Las reformas en el sector eléctrico chileno comenzaron el año 1978 con la creación de la Comisión Nacional de Energía y se formalizaron con la aprobación de la Ley Eléctrica en 1982. Las reformas en el sector eléctrico y el modelo regulatorio establecido en 1982, aún vigente, representó en su momento una transformación profunda que cambió de manera fundamental el modo de mirar el sector y su



En el caso de los monopolios privados regulados, el supuesto es que las empresas maximizan ganancias, de modo que la regulación se utiliza para reducir cualquier impacto indeseable sobre el bienestar de los consumidores. Los reguladores de monopolios privados se concentran en el precio, a menudo mediante regulaciones del margen de ganancias. Los Estados Unidos y Japón son ejemplos de monopolios privados regionales sujetos a regulación. Sin embargo, aun en el caso de los Estados Unidos, en algunos segmentos de la industria los gobiernos regionales mantienen gran parte de la propiedad y papel operativo. En la mayoría de los países la desagregación vertical de los servicios es un desarrollo reciente, tanto en empresas públicas como privadas, centralizadas o regionales.<sup>20</sup>

#### **4. Demanda, Inversión y costo por tipo de planta y tecnología en el sector eléctrico mexicano**

Algunos signos de agotamiento del modelo tradicional. Un monopolio no cuenta con los incentivos adecuados para modernizar su planta de generación, situación que aunada a la falta de recursos presupuestales ha resultado en el envejecimiento crónico de los activos de CFE y LFC. En los últimos años, las inversiones se han abocado a responder al crecimiento de la demanda y no a la modernización de activos, por lo que las plantas que fijan el precio, por lo general las más antiguas, seguirán operando y los costos no disminuirán. Entre las deficiencias estructurales (organizativas y regulatorias) se tienen las siguientes: precios que no cubren costos e inducen severas distorsiones. Las tarifas aprobadas por la SHCP sólo alcanzan a cubrir los costos operativos y una parte de los costos de la inversión operativa, por lo que no se generan los recursos requeridos para financiar la totalidad de la expansión del sistema, lo que ocasiona rezagos en el proceso de distribución.<sup>21</sup> De continuar ese esquema se tendrán que canalizar transferencias fiscales a la CFE en un futuro próximo. Ello sin contar que se está enviando una mala señal a los usuarios, propiciando el derroche, mayor contaminación y la necesidad de inversiones adicionales.

regulación. De hecho, el modelo chileno sirvió de inspiración para las reformas seguidas en otros países de América Latina, tales como Argentina en 1992, Perú en 1993, Bolivia y Colombia en 1994. Inglaterra y Gales desagregaron su industria eléctrica, privatizaron la generación, introdujeron precios tope a la transmisión, y crearon un mercado *spot* de electricidad, todo bajo la Ley de Suministro Eléctrico de 1990. En algunos países el avance ha sido lento debido al problema de cubrir “costos atrasados”, es decir, costos de inversiones realizadas durante la regulación, que ya no son rentables en un ambiente de competencia.

<sup>20</sup> *Ibid.*, p. 9.

<sup>21</sup> Véase a Molina V., Alejandro (2004). Tesis.

### *a) Demanda de electricidad*

El nivel de precios no favorece una utilización racional de la electricidad, pero sí un uso más intensivo de los recursos naturales incluyendo los ambientales. De mantenerse la actual estructura tarifaria existe el riesgo de que no se module el crecimiento de la demanda de electricidad y, con ello, se incrementen los recursos requeridos para financiar la expansión tanto del sector eléctrico como del sector hidrocarburos, pues la industria eléctrica es el principal demandante de gas natural. Cabe recordar que la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) contempla que las tarifas determinadas por la SHCP deben tender a cubrir las necesidades financieras y de ampliación del servicio público, así como favorecer el consumo racional de energía.

36

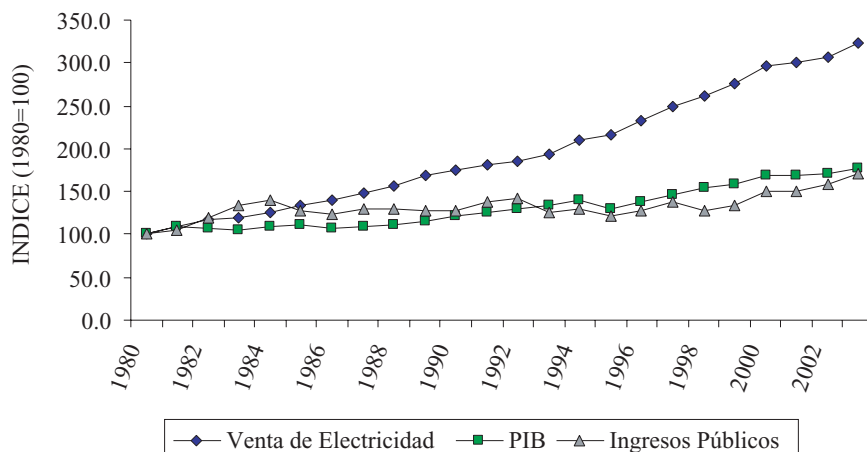
La solución está en modificar la ley para establecer que las tarifas siempre cubrirán integralmente los costos. Considerando los subsidios que sean socialmente indispensables para la población que realmente lo necesite.<sup>22</sup> Es necesario hacer transparente el proceso de fijación de las tarifas, en el que se tenga en cuenta a la dirección de la empresa y se hagan explícitos el cálculo de los subsidios, los aprovechamientos y los compromisos de inversión que tienen que ser pagados por la tarifa. La necesidad de una regulación clara en el Sector Eléctrico, no es desde ningún punto de vista, exclusiva de los subsidios. Sin embargo, la ausencia de una regulación que permita la claridad, eficiencia y equidad de los subsidios es quizás uno de los aspectos que más afecta a los usuarios en todo el territorio nacional. No sólo es necesario evaluar su conveniencia o no, sino determinar la eficiencia en su gasto.

Por otra parte, la demanda de este sector se caracteriza por presentar una alta fluctuación y ser inelástica. Así, la demanda de electricidad responde muy débilmente a las fluctuaciones de precios de la energía eléctrica, debido a que prácticamente no existe posibilidad de sustitución. Sólo en los casos de consumidores industriales, se puede plantear la posibilidad de autogeneración de electricidad, lo cual es una manera de sustituir al “proveedor” de este bien. Sin embargo, por los altos costos involucrados, esto es la excepción y no la regla. Hoy en día la expansión y modernización del sector eléctrico nacional descansa prácticamente en los ingresos públicos disponibles. A su vez, dichos ingresos públicos tienen una relación estrecha con el Producto Interno Bruto (PIB), ya que la disponibilidad de recursos públicos guarda una dependencia significativa con el desempeño económico del país.

<sup>22</sup> Debe vincularse al análisis, que la forma como se determina el precio de la electricidad, involucra tanto factores de oferta y demanda del mercado, como otros aspectos asociados a la distribución del ingreso, la equidad y la capacidad de pago de los usuarios, dado el carácter de bien público que tiene la energía eléctrica. Si las tarifas respondieran únicamente a las señales que emite el mercado, ese bien se podría ofrecer a un precio igual para todos los usuarios, tal que seguramente ciertos sectores de la población no podrían pagar.

Desde hace varios años, la demanda de electricidad ha registrado un crecimiento anual superior al del PIB (Gráfica 1) y al de los ingresos públicos. La experiencia internacional muestra que la participación de la electricidad en el balance de la energía continúa aumentando en cada etapa de desarrollo. Con el crecimiento de la economía y del ingreso de las familias mexicanas, y dada la estructura demográfica de la población, deben esperarse incrementos muy importantes en la demanda de electricidad. Por ello, incluso bajo proyecciones moderadas de crecimiento económico para los siguientes años, la demanda de energía eléctrica aumentará cerca de 5% cada año.<sup>23</sup> Ello obligará a aumentar rápidamente la capacidad de generación, así como a modernizar y ampliar los sistemas de transmisión y distribución.

**Gráfica 1**  
**Consumo nacional de electricidad, ingresos públicos y PIB, 1980-2004**



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de INEGI, SENER y Cuenta de la Hacienda Pública Federal, SHCP.

La demanda de energía eléctrica se ha incrementado a pesar de la poca dinámica de la economía mexicana y las expectativas a mediano plazo plantean que seguirá en aumento. Así, no obstante que se llevaron a cabo dichos cambios para la apertura de participación privada y social a través de los productores independientes de energía, PIEs, CFE sigue siendo la única entidad autorizada para comprar energía eléctrica, por lo que se pasó de un esquema de monopolio verticalmente integrado a un modelo de “comprador único”, es decir, donde sólo el Estado puede adquirir energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público, sin estar sujeto a formar parte de la sociedad de las empresas dueñas de las plantas construidas para el suministro de energía. Las necesidades en materia de electricidad

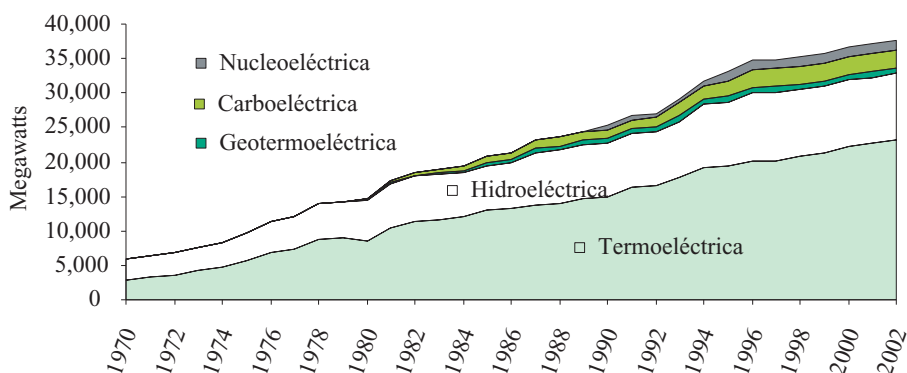
<sup>23</sup> Datos de CFE (2003).

de una economía globalizada como la mexicana exigen una constante expansión y modernización para mantener la competitividad de la industria nacional. Por lo tanto, es necesario plantear una reforma estructural del sector y de su marco normativo para que los capitales de los sectores público, social y privado puedan participar en el desarrollo de la industria sin necesidad de contar con garantías gubernamentales.

### b) Composición de la inversión por tipo de planta y tecnología

Para validar lo expuesto en la parte teórica se analiza la estructura de generación por tipos de planta y tecnología. El Gráfico No. 2 muestra que la serie de la potencia eléctrica instalada en sector paraestatal<sup>24</sup> construida es una variable *proxy* de la evolución de la inversión eléctrica en los últimos años, la variable muestra un crecimiento, una tasa de crecimiento promedio anual de 5.9%. Este crecimiento responde solamente a la demanda, más no la modernización y el mantenimiento de las plantas ya existentes. De acuerdo a la capacidad instalada, un aspecto relevante es la actual composición del parque generador del sistema en relación con lo que se necesita para satisfacer la demanda. En la actualidad la capacidad efectiva tiene un predominio de centrales termoeléctricas las cuales representan cerca del 62%. La hidroeléctrica con el 17.3%.<sup>25</sup>

**Gráfica 2**  
**Potencia instalada por tipo de planta y tecnología 1970-2002**  
**(Sector Paraestatal)**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Secretaría de Energía. Compendio Estadístico del Sector Energía.

<sup>24</sup> Se refiere a la capacidad efectiva, es decir, la capacidad máxima posible de salida de cada planta durante varias horas continuas de operación.

Sector paraestatal es el SEN: Sistema Eléctrico nacional, constituido por CFE y LFC.

<sup>25</sup> En los últimos años se ha diversificado la forma de generar energía eléctrica, particularmente la carboeléctrica, la de Ciclo Combinado (esta última que se incluye dentro de las termoeléctrica) debido a las ventajas económicas que representan.

Debe señalarse que, no obstante la evolución de la potencia instalada, las tendencias en las tasas de crecimiento, si bien presentan una importante varianza de capital, la cual es consistente con la entrada secuencial de proyectos para la generación de energía eléctrica en la década de los setenta y ochenta. Esto fue posible debido a la industrialización de México en los años setentas condujo a un crecimiento exponencial de la demanda de energía eléctrica, además el aumento de aparatos para el uso domésticos en esas décadas, obligó al gobierno a destinar crecientes recursos al sector eléctrico, provocando fuertes presiones para las finanzas públicas. Si se concentra el análisis en la evolución de la inversión en generación eléctrica a través del indicador de capacidad efectiva se aprecia que la Inversión en el período considerado, el *stock* de inversión creció en algunos años al igual que la potencia instalada.<sup>26</sup>

De igual forma el parque generador de energía eléctrica producida es en su mayoría por termoeléctrica, que es la más relevante como fuente de energía convencional actualmente.<sup>27</sup> La energía hidroeléctrica es la que ocupa el segundo lugar en generación bruta de electricidad con el 17% del total de generación, seguida de las centrales carboeléctricas, la nucleoelectrica y geotérmicas que generan el 12.2%, el 4.9% y 3.2%, respectivamente. La energía eólica, tiene una participación poco significativa en comparación con las ya mencionadas, actualmente este tipo de energía genera únicamente 0.003% (6.1 Gwh).

Hasta finales de los ochenta la inversión estatal habría sido significativa. Sin embargo en la última década esto ha bajado debido a las restricciones presupuestales del Estado. En las últimas dos década destaca la inversión en las tecnologías de Ciclo Combinado y la carboeléctrica, debido a sus características y bajos costos de producción eléctrica, pero no lo suficiente para ampliar más la capacidad instalada de acuerdo al crecimiento de la demanda de 5.4%, si lo vemos tan solo en última década la capacidad instalada apenas creció en 3.7% contra 5.3% que creció la generación bruta. El menor incremento de la capacidad instalada con respecto a la generación ejerce cierta presión en la oferta y manifiesta los rezagos en la inversión. Y sobre todo se necesitan más recursos para renovar y modernizar las plantas ya existentes.

De lo anteriormente expuesto se deduce que en sectores con características de monopolio natural no tiene sentido, desde el punto de vista de la eficiencia económica. Al mismo

<sup>26</sup> Vease: Doms, M. y T. Dunne (1993). Estos valores son consistentes, donde se señala que la inversión tiende a concentrarse en algunos periodos.

<sup>27</sup> La termoeléctrica cuenta con 5 formas de producción: además del vapor que sigue siendo el más significativo (éste representa el 61.2% de la capacidad para generación en termoeléctrica), también existen algunas inversiones en tecnologías alternativas, en él se encuentra la generación del Ciclo Combinado, que representa el 16.5%, en él se integra, tanto vapor como turbogas, el turbogas que representa un 3%; las termoeléctricas duales que proporcionan alrededor del 10.2%, este tipo de centrales utilizan como fuente primaria el combustóleo o el carbón; y la combustión interna 0.40%.

tiempo, al no tener la presión competitiva, esta empresa no tiene incentivos para hacer innovaciones tecnológicas para reducir costos y/o prestar un servicio de mejor calidad. De esta manera, la sociedad se vería afectada por un déficit de oferta, precios altos, servicio deficiente, todo lo cual redundaría en una pérdida general de bienestar.

Financiar estas inversiones con recursos públicos sería poner en riesgo la modernización y expansión del sector, además, de continuar con los Pidiregas, como se ha hecho hasta ahora, para la ampliación de la infraestructura para generar electricidad, surgirá una presión sobre la capacidad financiera del Estado en momentos en que se enfrenta un importante rezago en la satisfacción de otras necesidades básicas, así como fuertes restricciones de disponibilidad de recursos presupuestales.<sup>28</sup> Esto abre la posibilidad real de complementar los recursos del gobierno federal con la participación de los particulares.<sup>29</sup> Buscando los mecanismos en que puedan participar sin la garantía del Estado y adecuando el marco regulatorio.

40

### *c) Estructura de costos por tipo de tecnología*

La generación de electricidad se trata de una actividad muy intensiva en capital, en la que la recuperación de los recursos invertidos se produce a lo largo de amplios periodos de tiempo. Además, durante el periodo de construcción de las unidades productoras se necesitan plazos muy dilatados, durante los cuales la inversión realizada no genera rendimientos. La generación de electricidad implica unos elevados costos hundidos, es mucha la tardanza en recuperar los capitales invertidos se une a la imposibilidad de dedicar los activos adquiridos a un uso alternativo.

La vida útil de los equipos instalados también es muy larga, con importantes diferencias según el tipo de insumo utilizado como producción de la electricidad. En este sentido, el nivel de inversión depende de la fuente de energía que se va a usar. En un sistema eléctrico eficiente se utilizan distintas fuentes de energía. El costo de cada una de ellas, la variabilidad de la demanda y las necesidades de inversión asociadas a cada tipo de planta determinarán su participación en el parque de generación. La teoría y la evidencia ponen de manifiesto la existencia de rendimientos crecientes para bajos niveles de producción, y rendimientos más o menos constantes a partir de un cierto tamaño de producción.<sup>30</sup>

La generación es la producción de electricidad. Consiste en transformar en electricidad otras formas de energía. En los últimos 40 años, el crecimiento de la capacidad de generación del Sector Eléctrico se ha apoyado principalmente en los hidrocarburos. La mayor

<sup>28</sup> Véase a Molina V, Alejandro (2004). Tesis. Donde se hace un mayor análisis de las formas de participación privada para generar electricidad bajo la modalidad de los Pidiregas.

<sup>29</sup> Gutierrez G, Alejandro (2005), p. 77.

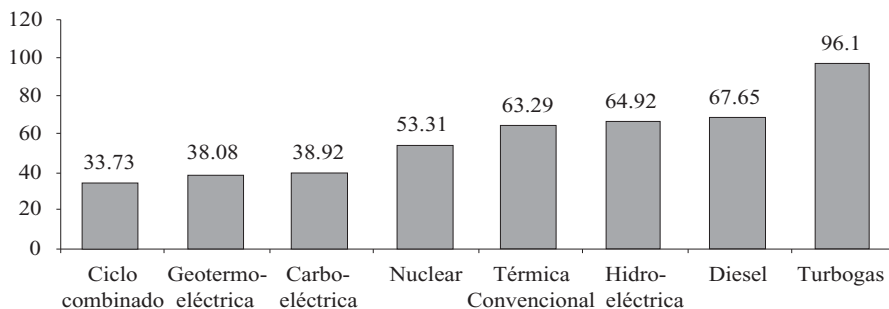
<sup>30</sup> Joskow, Paul L. y Schmalensee, Richard (1983).

parte de las centrales generadoras de este tipo corresponde a térmicas convencionales que utilizan hidrocarburos o combustóleo. En años recientes, las empresas eléctricas y los productores independientes de energía eléctrica en otros países, muestran una creciente preferencia por las centrales de ciclo combinado en virtud de sus características especiales: bajos niveles de contaminación al utilizar gas natural, alta eficiencia térmica y construcción modular, así como menores requerimientos de inversión en comparación con otras tecnologías.<sup>31</sup>

La producción de electricidad puede utilizar combustibles líquidos, gas natural, carbón, energía nuclear, energía hidráulica, combustibles renovables, turbinas de viento y tecnologías fotovoltaicas. Las distintas tecnologías tienen diferentes estructuras de costos de generación dependiendo el tipo de tecnología y combustible que se emplea. Los componentes principales del costo de generación de electricidad son el precio de los combustibles en el lugar de consumo, los costos de capital y los costos de mantenimiento y operación. La de Ciclo Combinado, la Geotermoeléctrica y la Carboeléctrica son considerablemente menos costosos que las demás tecnologías (Gráfica 3). CFE tomó decisiones de inversión correctas en su momento, pero que hoy inciden en la estructura de costos, Hoy en día, 21.15% de la capacidad instalada está basado en hidroeléctrica, lo que implica tener plantas antiguas con costos elevados.

Los costos dependen también del desempeño de la tecnología de generación (factor de capacidad, eficiencia térmica y vida útil). La energía que usa diesel y turbogas, termoeléctrica convencional y la hidroeléctrica tiene costos de capital elevados, en parte como consecuen-

**Gráfica 3**  
**Costos de generación por tipo de tecnología (dólares/MWh)**



Fuente: Elaborado con datos de CFE, 2003.

<sup>31</sup> Como ya se menciona anteriormente, este tipo de centrales tendrán un gran papel en el desarrollo del sector eléctrico, la importancia de este tipo de centrales radica en la alta eficiencia que estas presentan, comparadas con las demás centrales térmicas y que cada vez se están logrando construir centrales de mayor potencia instalada, lo que las hace muy atractivas a las empresas generadoras.

cia de los tiempos de construcción (costos de interés financiero) y de desmantelamiento (los costos de retirar una planta al final de su vida útil). Los costos fijos son también causados por la oposición pública a la tecnología y a los desperdicios nucleares. Por otra parte, la tecnología nuclear tiene costos de combustible y operativos (costos variables) muy bajos, que durante la vida útil de la planta son relativamente constantes.

Los costos de generación hidráulica dependen en gran medida de la geografía y del clima. Los costos del carbón, de los combustibles y del gas natural son como los de cualquier insumo, de modo que los costos variables de las plantas de combustibles fósiles son mayores que los de la generación mediante energía nuclear. Sin embargo, la generación mediante combustibles fósiles suele tener costos fijos menores que los de la energía nuclear, en particular en el caso de plantas que operan con gas natural, que tienen tiempos de construcción cortos.

42

La diversidad de tecnologías de generación y de estructuras de costo da lugar a un “orden según el costo”, en el que los distintos tipos de generación se clasifican por sus costos variables: la tecnología nuclear, y a menudo la tecnología hidroeléctrica y de carbón, atienden la carga básica, mientras que las plantas de combustibles fósiles atienden la carga intermedia y las demandas máximas. La diversificación de la tecnología de generación mejora la eficiencia al reducir los requerimientos de reserva y facilitar el balance entre oferta y demanda en tiempo real. El orden de costo y sus ganancias de eficiencia también tiene el efecto de reducir los precios.

## **Conclusión**

En esencia, la estructura de la industria eléctrica del futuro consiste de dos procesos: uno altamente competitivo de producción; y otro de un monopolio natural de la red de transmisión del mismo bien. Esto es, debido a que en el sector de generación presenta escasas economías de escala y en el sector de transmisión presenta economías de escala y por lo tanto de monopolio natural.

Generar energía eléctrica es un medio y no un fin. El fin es el de aumentar la productividad de la producción nacional. En el grado que la energía sea más barata, mayor será la competitividad de la producción local, incluyendo la capacidad de exportar. Cambiar la estructura del mercado es costoso y complejo. Sin embargo, un acercamiento gradual podría arriesgar el establecimiento de un entorno competitivo y permitir a la iniciativa privada participar en el sector eléctrico sin la privatización de Empresas del Estado, manteniendo las redes de transmisión y distribución como instrumento para regular las tarifas al consumidor final y establecer mecanismos regulatorios para evitar el surgimiento de monopolios regionales, a través de un organismo autónomo que puedan regular a la industria eléctrica y vigilar el cumplimiento del marco jurídico.



El crecimiento de la demanda por electricidad es cada vez mayor, por lo tanto, la capacidad del sector público para asignar los recursos que demanda el sector eléctrico, así como su capacidad para garantizar deuda, son cada vez menores. Por ello, el esquema de financiamiento bajo el cual se ha instrumentado el crecimiento del sector se está agotando; de no introducir nuevos esquemas y mecanismos, no se tendrán los recursos necesarios para cubrir la creciente demanda ni la modernización de la infraestructura. Si bien, los recursos públicos son cada vez más escasos, y el gobierno ya no puede asignar más recursos públicos a este sector, puesto que está dejando de realizar otros proyectos que merecen mayor presupuesto, principalmente para abatir la pobreza, salud, educación y otros proyectos sociales.

El Estado debe poseer los instrumentos para promover este importante insumo, la experiencia internacional muestra una serie de alternativas regulatorias que permiten que el Estado se mantenga como rector y garantice el desarrollo de la industria en el largo plazo, sin que éste intervenga con la inyección de recursos.

### ***Bibliografía***

- CFE (2003), Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2003–2012. *Subdirección de Programación; Gerencia de Programación de Sistemas Eléctricos*, México, CFE.
- Charnes, A., Cooper, W. Y Rhodes, E. (1978): Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2 (6).
- Congreso de la Unión, IILSEN (2002), “Situación Actual del Sector Eléctrico en México”, En: Documento de trabajo, *Reforma al Sector Eléctrico*, marzo, México, D.F. Cap 2. págs. 24-82. Senado de la República.
- Doms, M. y T. Dunne (1993). *An investigation into Capital and Labor Adjustment at the Plant Level*. Center for Economic Studies, Census Bureau. Mimeo.
- Faye, Steiner (2000), “Regulation, Industry Structure and Performance in the Electricity Supply Industry”. OCDE. Paris.
- Fischer, S., Dornbusch, R. y Schmalensee, R. (1994). *Economía*, México, McGRAW-HILL, segunda edición.
- Georgina Kessel y Chong Sup Kim, Estructura industrial y opciones de regulación para el Sector Eléctrico Mexicano. En: Pablo T. Spiller y Carlos Sales (1999) (Coordinadores), “*Regulación de los Sectores de Infraestructura y energéticos en México*”. ITAM y Porrúa. México, D.F.
- Gutiérrez G, Alejandro (2005). *¿La luz o la oscuridad? ¿La electricidad es del gobierno o de los mexicanos?*. Editorial Planeta, México, DF. Pág. 77.
- INEGI. En: página electrónica <http://www.inegi.gob.mx/> Sección sector eléctrico <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/BDINE/D10/D1000069.HTM> (22/08/2005)
- Joskow, Paul L. y Schmalensee, Richard (1983). *Markets for power: An analysis of electric utility deregulation*. Cambridge. MIT Press.
- López Mateos, Adolfo (1989). *Un pueblo unido con su esfuerzo*, Fondo cultural Banamex, México. p. 23.
- Molina Vargas, Alejandro (2004). *Estructura y modalidades de financiamiento de la inversión en el sector eléctrico mexicano*, tesis de grado, UAM-Azcapotzalco, México.
- Ramiro Tovar Landa (Compilador) (2000), “*Reforma estructural del sector eléctrico*”. ITAM-Porrúa. México, D.F. Pág. 5.
- SENER (2003), Prospectiva del sector eléctrico 2003-2012, *Dirección General de Formulación de Política Energética*. México, SENER.