

# Mundo Siglo XXI

Revista del Centro de Investigaciones Económicas,  
Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional

**GLOBALIZACIÓN Y  
DESARROLLO DESIGUAL**  
GIOVANNI ARRIGHI

**EVALUACIÓN CRÍTICA DEL ENFOQUE  
DE CAPABILIDADES DE AMARTYA SEN  
(SEGUNDA PARTE)**  
JULIO BOLTVINIK

**CRISIS ALIMENTARIA Y  
EL NUEVO ORDEN MUNDIAL**  
BLANCA RUBIO

**CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN PAISES  
INDUSTRIALIZADOS Y EN DESARROLLO**  
JAIME ABOITES/TOMÁS BELTRAN

**CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN LA  
REGIÓN ORIENTE DEL ESTADO DE MICHOACÁN**  
MARIO SANCHEZ/JOEL BONALES/ROBERTO ESPINOSA

ISSN 1870-2872

www.ipn.mx



No. 13, Verano 2008

"La Técnica al Servicio de la Patria"







INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

DIRECTORIO

**José Enrique Villa Rivera**

Director General

**Efrén Parada Arias**

Secretario General

**Yoloxóchitl Bustamante Díez**

Secretaria Académica

**Luis Antonio Ríos Cárdenas**

Secretario Técnico

**Luis Humberto Fabila Castillo**

Secretario de Investigación y Posgrado

**José Madrid Flores**

Secretario de Extensión e Integración Social

**Héctor Martínez Castuera**

Secretario de Servicios Educativos

**Mario Alberto Rodríguez Casas**

Secretario de Administración

**Luis Eduardo Zedillo Ponce de León**

Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas

**Jesús Ortiz Gutiérrez**

Secretario Ejecutivo del Patronato de Obras e Instalaciones

**Luis Alberto Cortés Ortiz**

Abogado General

**José Leonardo Ramírez Pomar**

Coordinador de Comunicación Social

**Arturo Salcido Beltrán**

Director de Publicaciones

**Mario Sánchez Silva**

Director del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales

SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



# Índice

**Editorial** 1

## Fundamentos y Debate



**Giovanni Arrighi**

*Globalización y desarrollo desigual* 5



**Julio Boltvinik**

*Evaluación crítica del enfoque de capabilities de Amartya Sen (Segunda parte)* 19



**Blanca Rubio**

*La crisis alimentaria y el nuevo orden agroalimentario financiero energético mundial* 43

## Artículos y Miscelánea



**Jaime Aboites/Tomás Beltrán**

*Conocimiento tecnológico en países industrializados y en desarrollo* 53



**Mario Sánchez/Joel Bonales/Roberto Espinosa**

*Contaminación del medio ambiente en la región oriente del estado de Michoacán por desechos electrónicos de equipo de cómputo obsoleto* 61

*Mundo Siglo XXI* es una publicación del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional. Año 2008, número 13, revista trimestral, mayo 2008. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título Número 04-2005-062012204200-102, Certificado de Licitud de Título Número 13222, Certificado de Licitud de Contenido Número 10795, ISSN 1870 - 2872. *Impresión:* Estampa artes gráficas, privada de Dr. Márquez No. 53. Tiraje: 2,000 ejemplares. *Establecimiento de la publicación, suscripción y distribución:* Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, IPN, Lauro Aguirre No. 120, Col. Agricultura, C.P. 11360, México D.F., Tel: 5729-60-00 Ext. 63117; Fax: 5396-95-07. e-mail. [ciecas@ipn.mx](mailto:ciecas@ipn.mx). Precio del ejemplar en la República mexicana: \$40.00. Las ideas expresadas en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores. Se autoriza la reproducción total o parcial de los materiales, siempre y cuando se mencione la fuente. No se responde por textos no solicitados.

# Mundo Siglo XXI



*Mundo Siglo XXI*

**Luis Arizmendi**  
Director

## CONSEJO EDITORIAL


Jaime Aboites, Víctor Antonio Acevedo, Carlos Aguirre, Francisco Almagro (Cuba), Guillermo Almeyra (Argentina), Elmar Altvater (Alemania), Jesús Arroyo, Alicia Bazarte, Sergio Berumen, Julio Boltvinik, Joel Bonales, Atilio Borón (Argentina), Roberto Castañeda, Erika Celestino, Michel Chossudovsky (Canadá), Axel Didriksson, Bolívar Echeverría (Ecuador), Carlos Fazio, Víctor Flores Oléa, Magdalena Galindo, Alejandro Gálvez, Juan González García, Jorge Gasca, Diódoro Guerra, Héctor Guillén (Francia), Michel Husson (Francia), Ramón Jiménez, Argelia Juárez, María del Pilar Longar, Luis Lozano, Irma Manrique, Ramón Martínez, Francis Mestries, Humberto Monteón, Alberto Montoya, David Moreno, Alejandro Mungaray, Abel Ogaz, Javier Muñoz, Enrique Rajchenberg, Federico Reina, Humberto Ríos, Gabriela Riquelme, Luis Arturo Rivas, Blanca Rubio, Américo Saldivar, José Augusto Sánchez, John Saxe-Fernández (Costa Rica), Horacio Sobarzo, José Sobrevilla, Abelino Torres Montes de Oca, Carlos Valdés, Guillermo Velazquez


**David Márquez**  
Diseño Gráfico


**Xóchitl Morales**  
Corrección de Estilo  
y Formación

**Octavio Aguilar**  
Corrección de Estilo


**Alicia Rivera**  
Comercialización

 **Guillermo Velazquez Valadez**  
*¿Las pequeñas y medianas empresas mexicanas requieren aplicar diagnósticos organizacionales?* 73


 **Francisco Almagro/Miguel Flores**  
*Acerca de la reestructuración del sector energético* 91

 **Miguel Adame**  
*Humanismo crítico contra la amenaza de lo poshumano* 101

## Proyección CIECAS

 **Guillermo Velazquez Valadez**  
*Conferencia impartida en Francia* 115

## Galería

 **Renato González**  
*El entrecruce múltiple de experiencia lúdica y sátira* 117

*Mundo Siglo XXI* agradece ampliamente al pintor Renato González, que cuenta con una amplia y reconocida trayectoria estética, por facilitarnos el acceso a su pintura titulada *La Ballena* para ilustrar nuestra portada, así como por proporcionarnos fotografías de su obra para ilustrar los interiores.

# *Acercas de la reestructuración del sector eléctrico en México*

FRANCISCO ALMAGRO VÁZQUEZ \*  
MIGUEL FLORES ORTEGA \*\*

**RESUMEN:** En la actualidad un factor de relevante importancia para los diversos actores de la sociedad mexicana es la reestructuración de la producción y la distribución de la electricidad en el sector energético. Destaca la interpretación del impacto económico en la confiabilidad del suministro eléctrico, por lo que se discuten las ventajas del mercado con una estructura de monopolio natural con integración vertical y adecuada regulación del Estado. Ello permitirá contar con elementos acerca de la innovación en los procesos productivos de bienes y servicios, aspectos indispensables para alcanzar altos niveles de productividad y competitividad del país, en lo que debe primar lo más conveniente para México. Se concluye con unas reflexiones sobre el tema.

## **Introducción**

La reestructuración de la producción y la distribución de la electricidad es un componente fundamental del sector energético. En la actualidad deviene en un factor de relevante importancia que los diversos actores de la sociedad mexicana cuenten con suficientes elementos acerca de este tema. La capacidad de adaptación para incorporar nuevas tecnologías y procedimientos de producción con el objetivo de innovar los procesos productivos de bienes y servicios, para lograr altos niveles de productividad y competitividad debe condicionarse a las decisiones que más convengan a México. La manera en que se manejen los medios de producción de la energía eléctrica es un factor esencial para satisfacer la demanda del servicio y se encuentra íntimamente vinculado con el bienestar y el desarrollo social.

\* Doctor en Ciencias Económicas y profesor investigador de la Sección de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Economía del IPN. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores y la Academia Mexicana de Ciencias Económicas.

\*\* Doctor en Ciencias Económicas y profesor investigador de la Sección de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Economía del IPN.

Este trabajo plantea diversos aspectos de una investigación acerca del mercado eléctrico mexicano. Comienza con la exposición de breves antecedentes históricos sobre la introducción de la industria de la electricidad en el país, relacionando el proceso de incorporación en la economía, con su crecimiento y el acceso a servicios básicos que incrementan el nivel y calidad de vida de la población. Consecuentemente se formula la estrecha correlación que existe entre la evolución del producto interno bruto y el consumo de energía eléctrica por las familias y el sector productivo.

Como un antecedente de la reestructuración del sector eléctrico y la referencia a experiencias internacionales se inserta la interpretación del impacto económico en la confiabilidad del suministro eléctrico, para abordar con ello el desempeño de dicha industria y el libre mercado, contraponiendo a las ventajas del monopolio natural con integración. Todo ello permite discutir el diferendo entre regulación y competencia. Se concluye con unas reflexiones finales sobre el tema.

### **Antecedentes históricos de la industria eléctrica en México**

En México al igual que en los principales países industrializados del mundo occidental el uso de la electricidad en el proceso de producción se incorporó a finales del siglo XIX, los fabricantes de Orizaba, Atlixco y Puebla, utilizaron la electricidad para mover husos y telares. A su vez, los propietarios de las minas de Batopilas y Santa Rosalía la aplicaron para iluminar bóvedas, pasillos y antecámaras.

En 1900, quince centrales hidroeléctricas abastecían las industrias: minera, de hilados, tejidos, vidrio, yute, acero y muebles. Con el desarrollo de la industria y el propósito de utilizar al máximo la planta productiva de electricidad, la actividad industrial se combinó con el servicio de alumbrado público y consecuentemente la energía eléctrica se incorporó rápidamente a todas las actividades de la sociedad. Su desarrollo se produce en áreas geográficas de influencia de la industria de producción de electricidad y los consumidores creando la estructura de mercado de pequeños monopolios naturales.

El esplendor económico en la producción y el bienestar de un pequeño grupo de la sociedad Porfirista se sustentó en el auge de la electricidad, industria que creció y se ubicó entre los líderes mundiales de esa época.

La visión diferente entre propietarios de la industria eléctrica y la sociedad mexicana respecto a la inversión y el desarrollo del sistema eléctrico condujo a inquietudes sociales que se manifestaron en la década posterior a la revolución mexicana, situación que obligó la intervención del Estado. El poder legislativo con el fin de conciliar intereses aprobó la ley del servicio público de electricidad y el 14 de agosto de 1937 y se creó la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

La CFE como instrumento del Estado utilizó una intensiva inversión en capital productivo para promover el desarrollo económico con ayuda del flujo eléctrico de los sectores industrial y agrícola. El esfuerzo del Estado fue aprovechado por los inversionistas extranjeros que compraban energía económica en grandes bloques a la CFE y la revendían a los usuarios finales aprovechando su posición de mercado para obtener grandes utilidades por medio del arbitraje.

El Estado para conciliar la manifestación de las contradicciones creadas, integrar el sector y corregir las desigualdades del mercado, promovió la nacionalización de la industria eléctrica en 1960. El objetivo fundamental de esta acción se encaminó a unificar la industria eléctrica para imprimirle un enfoque nacionalista de beneficio social. En esa fecha la capacidad instalada de producción de electricidad era de 3,021 MW dividida en sistemas aislados como se describe en el documento, *Evolución del Sector Eléctrico en México*, 40<sup>a</sup> aniversario, CFE, (1977).

Por su parte, los intereses políticos y sindicales no permitieron la integración de la industria. No obstante, desde el punto de vista técnico se mejoró la operación y control del sistema eléctrico con la interconexión de los sistemas se aprovecharon con mayor eficiencia los medios de generación y consecuentemente aumentó la confiabilidad del suministro eléctrico, se redujo el costo de producción y se beneficio a los consumidores.

A finales de los setenta se unificó la frecuencia a 60 ciclos para integrar la zona central con el resto del país y se continuó con la integración operativa; en menos de 10 años se proporcionó el servicio a los sectores rurales más pobres electrificando a más de 97% de los hogares del país como lo refiere el informe de labores de 2006, CFE.

Como resultado de la nacionalización se diversificaron las fuentes primarias de energía al integrar al sistema grandes proyectos hidrológicos y geotérmicos como energía limpia y proyectos nucleares de ciclo combinado y las carboeléctricas para diversificar el portafolio de inversión. En diciembre de 2005, el parque de generación llegó a 46 mil 136 MW de capacidad efectiva, cifra 15 veces mayor comparada con la fecha de la creación de la CFE y las líneas de transmisión y distribución alcanzaron los 759 mil 552 km para proporcionar un mejor servicio y dar flexibilidad a las operaciones de acuerdo al informe de labores 2005, CFE.

### **Electricidad, crecimiento económico y bienestar**

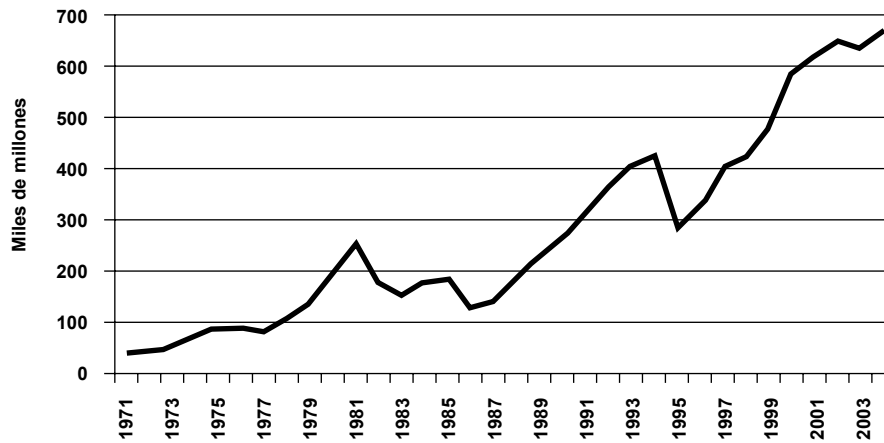
El crecimiento, el desarrollo económico y social de un país está íntimamente relacionado con la electricidad y su consumo. En la medida que la sociedad aumenta su bienestar requiere mayor cantidad de energía eléctrica debido al acceso a los servicios asociados a la misma.

El producto interno bruto (PIB) se identifica con la producción de todos los bienes y servicios de uso final que se crean en la economía en un periodo dado. Independientemente de algunas limitaciones que contiene este indicador, al no informar acerca de la distribución entre los diferentes estratos de la sociedad y de las regiones que componen el país. No obstante, es la fuente que permite el crecimiento cuantitativo de la economía y el aumento del empleo. Puede decirse que el aumento del PIB es una condición necesaria, pero no suficiente para el desarrollo y el bienestar.

A continuación, se establece la relación que existe entre la dinámica del PIB y el consumo de electricidad, por las familias y por el sector productivo. Ese vínculo permitirá mostrar que el consumo de energía eléctrica es un buen estimador del PIB.

A partir de la información de indicadores del desarrollo económico de la base de datos del Banco Mundial para el periodo 1971-2004, se presenta en el cuadro que sigue, la evolución del PIB de México

**Gráfica 1**  
**Evolución del PIB (dólares constantes de 2000)**

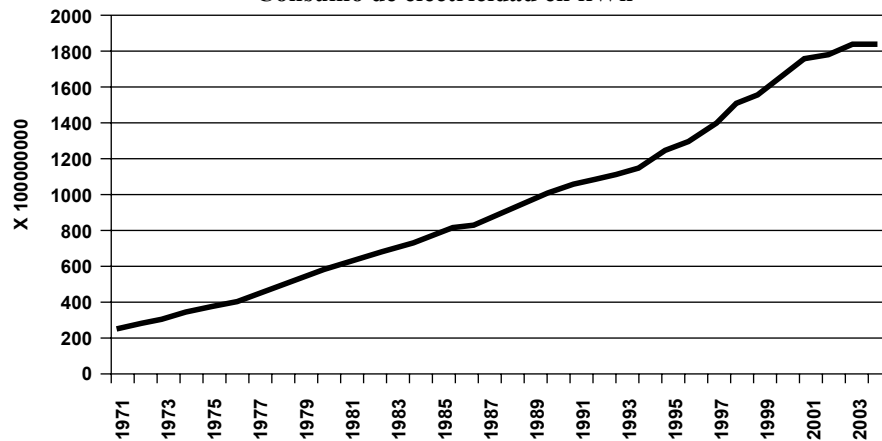


Fuente: Banco Mundial, Indicadores de desarrollo 2006, disponible en: <http://www.worldbank.org/data>

La gráfica 1 muestra dos periodos de notable contracción económica, la etapa que corresponde al sexenio 1982-1988 y los dos años posteriores a la crisis de 1994. No obstante, la línea de tendencia de la producción es positiva a lo largo de la serie temporal presentada.

La evolución del consumo de energía eléctrica en unidades físicas de kWh en el periodo 1971-2004 se ilustra en la gráfica 2.

**Gráfica 2**  
**Consumo de electricidad en kWh**

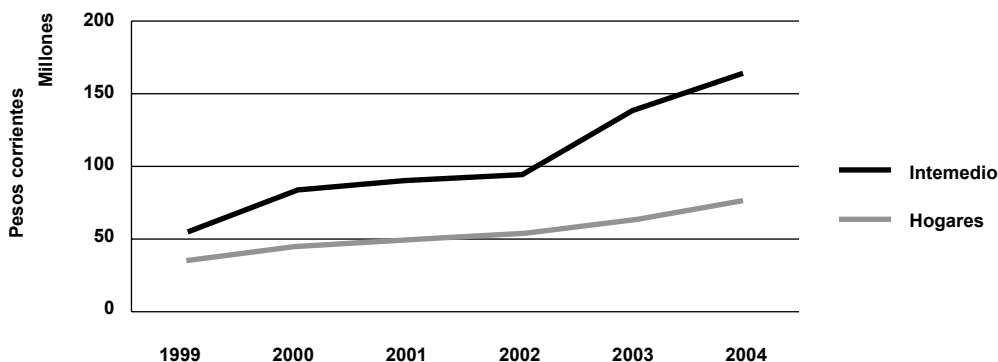


Fuente: Fuente: Banco Mundial, Indicadores de desarrollo 2006, disponible en: <http://www.worldbank.org/data>

El consumo de energía presenta un crecimiento positivo y aunque no es tan evidente la inflexión en los años de contracción de la economía, al aplicar el coeficiente de correlación de Pearson que permite evaluar de forma estadística la relación entre el PIB y el consumo de electricidad para la evolución de estas dos variables, se encontró un valor de 0.9 mil 816, esto se interpreta diciendo que 98.16% del crecimiento del consumo de electricidad corresponde al crecimiento del PIB, lo que corrobora la influencia del consumo de energía eléctrica con respecto al crecimiento económico.

En la gráfica 3 se aprecia la relación entre el consumo final de electricidad en los hogares y el crecimiento del PIB, lo que puede interpretarse como un incremento en el acceso a los servicios derivados de la energía eléctrica. Por el lado del consumo intermedio de electricidad este impacta en un mayor grado al proceso productivo y se relaciona con un desempeño económico de niveles superiores de desarrollo económico. Ambos tipos de consumo siguen un patrón similar al del PIB.

**Gráfica 3**  
**Consumo intermedio de electricidad y el consumo final en los hogares**



Fuente: INEGI SCN 1999-2004, Tomo II, cuadro 111, pág. 229; cuadro 112, Pág. 230.

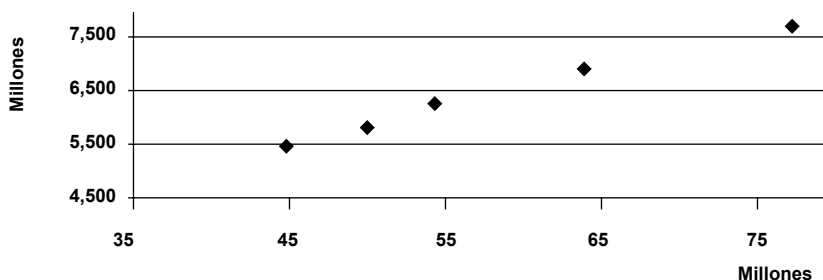
En la gráfica 4 se muestra la estrecha relación que existe entre la tendencia del PIB y la del consumo de electricidad en los hogares. El coeficiente de correlación de Pearson es de 0.9 mil 963, valor superior a la relación para todo el consumo.

El consumo intermedio de electricidad es un indicativo claro del aumento de la producción y la relación con el PIB presenta una correlación de 0.98 equivalente al resultado encontrado para la producción, por tanto se confirma la relación entre el consumo de energía eléctrica, el crecimiento y su aporte al desarrollo económico.

**Impacto económico de la confiabilidad del suministro de energía eléctrica**

Ante la falta del suministro eléctrico se manifiesta una alteración importante en el desempeño de la sociedad. La falta de servicio eléctrico ocasiona pérdidas millonarias en la economía. Un ejemplo que avala lo señalado es el apagón que se presentó en el este y noreste de Estados Unidos y la provincia de Ontario en Canadá, el 14 de agosto de 2003. El informe final del comité de análisis de la secretaria de energía de Estados Unidos y Canadá

**Gráfica 4**  
**Relación entre consumo de electricidad en los hogares y el PIB**



Fuente: INEGI SCN 1999-2004, Tomo II, cuadro 98, pág. 215; cuadro 112, pág. 230.

(US Canadá Power System Outage Task Force, 2004), presenta que éste hecho dañó a 50 millones de personas por un lapso de 3 días y el efecto en la economía de Estados Unidos se estimó en 10 mil millones de dólares y en la economía de Canadá la pérdida alcanzó los 2 mil 300 millones de dólares canadienses.

La falta de confiabilidad del suministro de energía eléctrica afecta el proceso productivo de todos los sectores que componen el sistema económico de los países, como consecuencia el efecto impacta la sociedad desorganizando sus actividades y perjudicando su bienestar. A su vez, impacta el sistema financiero. Por su parte, la continuidad del servicio se caracteriza por la ausencia de apagones y significa una señal de certidumbre para la inversión. Este comportamiento influye en el riesgo país y el costo de la deuda de las empresas.

A escala mundial se reconoce la importancia de la confiabilidad del suministro eléctrico y es un indicador universalmente aceptado para evaluar el comportamiento de los sistemas eléctricos. Las variables, precio de energía y confiabilidad de servicio inciden en el crecimiento económico y el bienestar social, esta relación ha motivado a economistas y políticos a estudiar las complejas relaciones que existen entre los sistemas de producción de energía y los mercados relacionados con la electricidad y los energéticos.

La Agencia Internacional de Energía (IEA) y la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE), reportan un número importante de trabajos que presentan las principales corrientes de pensamiento sobre la economía de los mercados eléctricos, La IEA y OCDE (2003) proponen una metodología para valorar la inversión en generación, para el desarrollo del sistema eléctrico de potencia en un marco de confiabilidad de suministro eléctrico.

La evidencia muestra que los avances no han logrado un consenso internacional y existen muchas preguntas que responder sobre la exposición al riesgo de los agentes del mercado, las condiciones de confiabilidad que debe supervisar el Estado para garantizar el suministro a los sectores desprotegidos de la sociedad y la estructura en la que debe evolucionar el mercado de electricidad.

Para conformar un marco teórico de aceptación universal, se debe reconocer que cada país tiene un sistema eléctrico único con problemas particulares. Con el propósito de establecer una propuesta alternativa de desarrollo y evolución del sistema eléctrico, la estructura del mercado debe ofrecer la mejor alternativa para el crecimiento económico, el nivel y calidad de vida de la población, el primer paso es conocer el origen y desarrollo del sistema eléctrico y su estructura para determinar la situación actual y las alternativas de desarrollo.

### **La reestructuración del sector eléctrico. Referencias a experiencias internacionales**

A partir de la década de los noventa surge a nivel mundial una tendencia para reformar el sector de energía eléctrica con el objetivo de romper con las estructuras de monopolio natural integrado verticalmente y controlado por el Estado, la reforma pretende desarrollar nuevas reglas de operación del mercado para permitir la participación de grandes capitales privados, la justificación del proceso de reforma se sustentó en la teoría de economía de mercados eficientes y la libre competencia, con la hipótesis, que si se permite actuar a las fuerzas del mercado se obtiene un menor precio que redundaría en ahorros para el usuario final.

Álvaro Cobarrubias y Suzanne Maia (1994) refieren que Inglaterra y Gales fueron los pioneros en practicar las ideas de reforma en los inicios de los años noventa, acción que secundaron la mayoría de los países europeos. En América, Estados Unidos presenta un abanico de reformas debido a que la legislación de cada Estado es independiente y su sistema eléctrico está integrado por un conjunto de empresas en una estructura de mercado regional organizado en grupos de empresas. Por lo que a cada una corresponde una estructura de monopolio natural para su área geográfica de influencia.

Hasta el periodo reciente, la evidencia de la experiencia en los procesos de reforma presenta éxitos parciales como el caso de Inglaterra y fracasos como el caso de Argentina, la transición de mercado ha sido costosa y dolorosa, la evidencia más notable es el caso de la crisis de California y la marcha atrás en Argentina.

Debe tenerse en cuenta que como consecuencia de la desregulación de los mercados de energía eléctrica, se ha incrementado la incertidumbre en dichos mercados, lo que se observa en la variación del costo de producción de la electricidad dependiendo de las expectativas de la demanda, la volatilidad del precio de los combustibles y la disponibilidad de los medios de producción por lo que el aumento en la incertidumbre se debe incorporar al análisis del riesgo de inversión en las nuevas centrales de generación y sobre todo en las medidas que se propongan para producir cambios en la estructura de propiedad de la generación de electricidad y su distribución.

### **La electricidad y el libre mercado**

Hunt (2002) refiere la teoría del libre mercado y asume que el eléctrico opera igual que los mercados convencionales de bienes y servicios, para lo cual se requiere que la interacción entre los agentes del mercado sea eficiente, transparente y permita que sus fuerzas converjan para determinar el precio justo para todos los participantes del mercado.



La condición necesaria para que un mercado sea eficiente es que el número de participantes en la producción y en la distribución y el consumo, sea tal, que ningún participante pueda ejercer su poder en el mercado y controlar el precio, una condición adicional es la liquidez y la ausencia de fricción o costo de las operaciones de mercado para garantizar que el precio lo define el mercado.

La industria eléctrica a nivel mundial se desarrolló por su naturaleza física y su disposición geográfica bajo la figura del monopolio natural, a pesar de tener problemas propios, el desarrollo de las empresas eléctricas fue dominado por la estructura vertical, de la cadena de valor integrada por los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica.

La justificación del argumento político económico de las propuestas de reformas estructurales del sector centra su crítica en la ineficiencia operativa, la falta de competencia y altos costos de la electricidad en el esquema de producción actual, con un enfoque parcial se utiliza la teoría económica de eficiencia del mercado para establecer la hipótesis, que con un mercado abierto de electricidad, el productor y el consumidor se beneficiarían al contar con un precio ideal que reduciría el costo del servicio de energía eléctrica para el usuario final, sin embargo esto considera una condición ideal, que de origen invalida la propuesta de reforma y favorece el argumento de mantener el control del Estado.

### **El mercado de electricidad depende de leyes físicas**

Un elemento sustancial que diferencia la estructura del libre mercado del de la energía eléctrica es la dependencia de éste último de las leyes físicas de la naturaleza, que influyen decisivamente en la relación entre la producción y el consumo de energía. La imposibilidad de almacenar energía eléctrica hace necesario un balance instantáneo entre generación y demanda, consecuentemente el precio obedece a leyes diferentes del mercado de bienes y servicios. Ello se relaciona a su vez, con los medios de producción utilizados y la eficiencia de acuerdo al punto de operación, por simplicidad del mercado eléctrico y las leyes físicas que lo condicionan, consecuentemente se suelen asumir precios promedio en periodos de una hora, que pueden agruparse en bloques de horas. Este fenómeno establece relaciones temporales, para el caso de transporte de energía, los límites de transferencia y las pérdidas de transmisión establecen que el precio de energía sea diferente en cada parte del sistema eléctrico y su ubicación geográfica.

Algunos experimentos tecnológicos como la utilización de baterías no ofrecen una solución económica para el almacenamiento de energía en grandes cantidades, lo que

implica que la electricidad se debe producir en el momento que se demanda, esto requiere un control preciso de la producción para satisfacerla momento a momento de la forma más económica a lo largo del día, el costo de producción depende de los medios de producción disponibles para satisfacer la demanda.

La demanda de energía tiene un comportamiento estacional que determina el patrón de consumo horario a lo largo del año el comportamiento de esta variable es aleatorio y de gran variabilidad cada día. Ello condiciona que el precio de producción varía conforme varía la demanda. Por su parte, al tomar en cuenta la disponibilidad aleatoria de los generadores de energía, se manifiesta una función de costo de electricidad que presenta grandes variaciones y picos de acuerdo a las estaciones de año, las horas críticas de demanda máxima y la disponibilidad de medios de producción.

De acuerdo a la ley de Ohm, el flujo eléctrico se concentra en las trayectorias de mínima resistencia, desde el punto de vista técnico resulta imposible forzar el flujo de potencia por una trayectoria específica diferente a la que determinan las leyes físicas, la energía eléctrica fluye de forma natural por la red para abastecer a los consumidores por el camino de mínima resistencia.

En un sistema eléctrico interconectado lo que suceda en un punto de la red eléctrica tiene efectos aún en puntos distantes, la red interacciona en todas direcciones a cientos de kilómetros de distancia a la velocidad de la luz. Existen causas que afectan y desestabilizan la red eléctrica de transmisión y el balance instantáneo, como consecuencia se presentan grandes incrementos en el costo de producción y en el precio, los problemas más comunes son: modificaciones importantes en la demanda de los consumidores, fallas transitorias, salida de operación de líneas de transmisión y fallas en unidades de generación con pérdida parcial o total de producción.

El sistema eléctrico debe obtener el equilibrio entre producción y consumo en forma instantánea a la velocidad de la luz, la variable física que refleja el equilibrio es la frecuencia eléctrica.

Todo desbalance entre producción y consumo se manifiesta en un cambio en la frecuencia eléctrica en sentido inverso a la variación de la demanda de energía, los equipos electrónicos modernos son sensibles a las variaciones de frecuencia, por normas internacionales las empresas eléctricas están obligadas a proporcionar energía de calidad y controlar la frecuencia a 60 Hz (ciclos por segundo), con un error máximo de 0.05 Hz.

### **Ventajas del monopolio natural con integración vertical**

Los sistemas de suministro eléctrico a nivel mundial surgieron a finales del siglo XIX. En América un ejemplo es

la compañía que fundó Edison para iluminar Nueva York, por más de cien años los sistemas eléctricos se desarrollaron con el modelo de monopolio natural, en cada región una empresa produce, transporta, distribuye la electricidad y opera el sistema, al existir un solo proveedor de servicio el precio se determina por una tarifa que regula el Estado.

La experiencia de más de cien años de operación de los sistemas eléctricos confirma que la integración vertical en forma eficiente ofreció ventajas por las siguientes razones:

- En un monopolio natural solo es factible contar con un medio físico para la distribución del servicio que es la red eléctrica, porque los factores relacionados con el derecho de vía, el espacio requerido, la apariencia visual, la economía de escala y la integración de componentes para lograr la confiabilidad del suministro, restringen la posibilidad técnica y económica de contar con redes paralelas, el monopolio natural es la solución más sencilla y económica en la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

- Para lograr la confiabilidad del suministro eléctrico es necesario coordinar la operación de cada uno de los componentes del sistema y sacrificar economías locales para buscar la economía global y para preservar la seguridad operativa, la mejor solución es contar con una red integrada operativamente para servir una región eléctrica, condición que refuerza el argumento de integración vertical que facilita la cadena de mando, la supervisión y operación del sistema.

- La minimización global de los costos de inversión sólo se logra cuando el análisis se realiza en forma integral para el sistema eléctrico, esta actividad se facilita bajo la figura de monopolio natural.

Las razones que han permitido que la figura de integración vertical prevalezca son de carácter técnico y económico:

- Los aspectos técnicos necesarios para la coordinación de la generación y transmisión para suministrar la demanda que se consideraban imposible de separar. Además los altos costos operativos en las negociaciones, la necesidad de mantener la jerarquía entre los operadores del sistema y los superintendentes de centrales generadoras que deben asumir las instrucciones de despacho, mostraron ventajas al integrarse en la misma compañía.

- Las actividades de planeación de largo plazo se simplifican y benefician con la integración vertical.

- Las posibilidades tecnológicas permitieron seleccionar unidades generadoras con capacidad cada día mayor y menores costos de producción, favorecieron el crecimiento y la conservación de la estructura vertical.

### **Características económicas del monopolio regulado**

La necesidad de controlar un monopolio regulado es para proteger a los consumidores de precios desmedidos, el mecanismo de regulación del mercado tiene el objetivo de establecer un precio justo en el mercado. Teóricamente puede establecerse un precio idéntico al de competencia perfecta que se calcula con ayuda de un modelo de oferta y demanda, En México y Francia, el Estado es dueño de la industria eléctrica y cuenta con un ente regulador que determina el precio y lo controla por medio de tarifas que amortiguan las variaciones del precio.

En el caso que el monopolio es de propiedad privada, como ocurre en Estados Unidos y Chile, el modelo de tarifas evita que el productor ejerza su poder de mercado y manipule el precio, la función del regulador es controlar el precio y el margen de ganancia para conservar el sistema eléctrico permitirle crecer y cuidar que no se degrade la calidad del servicio y una regulación adecuada ofrecer incentivos para fomentar la eficiencia del sector y un beneficio armónico para todos los agentes del mercado.

La determinación de precios en la estructura vertical se hace en forma consolidada, dentro de los componentes del precio de energía se encuentran inmersos los servicios conexos, para contar con una reestructuración efectiva es necesario desglosar costos de producción de energía, los servicios auxiliares y conexos, a su vez de garantizar las condiciones de equidad entre los procesos en todas las fases de la cadena productiva.

La desintegración del monopolio natural que propone el proceso de reestructuración cuenta con dos modelos que se han aplicado, a nivel mundial uno es el modelo de Gran Bretaña y otro, el modelo en California, el proceso de cambio implica mucho esfuerzo por un periodo largo, los resultados presentan que el riesgo para el negocio y los agentes del mercado crece, no hay evidencia suficiente que demuestre ventajas sustantivas, en Estados Unidos después de la amarga experiencia de los apagones noroeste del país, el congreso trabaja en una legislación para obligar a las empresas privadas a invertir en reservas operativas controlar el margen de seguridad operativa para garantizar un margen de confiabilidad adecuado para los consumidores y en consecuencia el bienestar del Estado.

### **El debate en México. Regulación o competencia**

El análisis de los sistemas eléctricos de Estados Unidos de Hunt (2002) presenta que cada nación debe hacer un juicioso análisis de la situación del mercado eléctrico antes de proponer cambio alguno, en su análisis encuentra que

las grandes decisiones de inversión han sido politizadas y la regulación ha sesgado la inversión hacia el proceso de generación.

Hunt (2002) identificó que para el caso particular de Estados Unidos un área de oportunidad para promover la competencia es el proceso de generación, su juicio se sustenta en que los activos de producción presentan una mezcla tecnológica adecuada y considera factible la operación del mercado en condiciones de competencia.

En el análisis de Hunt (*op. cit.*, p. 28) destaca que “el diagnóstico de situación de un sistema eléctrico no se debe extrapolar a otras naciones, simplemente porque la situación es distinta, se debe identificar en cada sistema las actividades y requisitos que deben cumplirse para poder iniciar una propuesta que tenga posibilidades de éxito”.

De acuerdo a Hunt (*op. cit.*) la experiencia mundial presenta que para desarrollar un mercado competitivo, cada país debe hacer esfuerzos importantes para reconstruir indicadores sistemas de información y procesos para hacer efectiva la operación del mercado, las áreas que se deben cuidar son: la estructura contable, la operación de la medición, promover el cobro del servicio, remover subsidios para hacer las tarifas rentables.

Hunt (*op. cit.*) identificó que para eliminar fricciones y cuellos de botella cuando es necesario se debe expandir la red de transmisión y dar eficiencia al proceso de distribución, como medidas previas y necesarias para poder pensar en una reestructura que lleve a promover la competencia en el mercado.

En México existe un intenso debate sobre las propuestas de reestructuración del mercado y es necesario profundizar en el análisis de las posibilidades de competencia del mercado y sus consecuencias, buenas y malas, es importante y necesario establecer las condiciones que debe alcanzar el sistema eléctrico, antes de realizar cambios estructurales al vapor que pueden ser muy costosos cuando se realizan a un sistema que no está preparado para el cambio.

Las condiciones expuestas confirman la creación de nuevos riesgos que se deben integrar en el análisis del sistema eléctrico de potencia y los riesgos de realizar una reforma estructural incompleta, el riesgo crece conforme la propuesta descuida las restricciones de ajuste necesarias para la operación del mercado.

Se considera que la principal diferencia entre competencia y regulación corresponde a la determinación de quien asume la responsabilidad sobre un riesgo particular entonces ¿qué beneficio tiene la competencia?, para responder se deben analizar los factores de riesgo y su repercusión entre ellos:

- El riesgo de la variación en la demanda del mercado y el precio,
- el riesgo de cambios tecnológicos, o riesgo de obsolescencia que se trata de la posibilidad de retirar del mercado centrales generadores,
- el riesgo de las decisiones sobre mantenimiento y reinversión, y
- El riesgo crédito

En un mercado competitivo el riesgo lo debe asumir el propietario de la generación, cuando ocurre un exceso de capacidad se reducen los precios, se asume que el mercado penaliza las malas decisiones de inversión, para reducir el riesgo tecnológico se considera que los inversionistas deben optar por la tecnología más novedosa y de mayor prospectiva.

En un mercado competitivo el productor debe observar constantemente al mercado para ajustar los programas de inversión y mantenimiento. Los proyectos de inversión deben ser flexibles para ajustar los tiempos de construcción, el productor busca operar las unidades generadoras cuando el precio de energía es alto y reaccionar cuando el precio de energía decrece para reducir la oferta y evitar pérdidas.

El problema central se encuentra por el conflicto de intereses, el enfoque del productor es maximizar la utilidad de la empresa y esto puede crear desabasto.

Una ventaja de la regulación es garantizar el abasto de energía y equilibrar el mercado para reducir la utilidad de la empresa y permitir un crecimiento sustentable.

### **Oportunidades de arbitraje en el mercado de electricidad**

El concepto de arbitraje se refiere a obtener una utilidad libre de riesgo en una negociación, se explica como un rendimiento libre de riesgo, el concepto mercantil de arbitraje corresponde a comprar un bien subvalorado y venderlo a precio de mercado, situación que establece una utilidad segura; para que exista arbitraje se debe obtener beneficio de una ineficiencia del mercado que elimina el riesgo.

La reestructuración del sector eléctrico y el ingreso de nuevos participantes presenta la oportunidad de realizar operaciones de mercado y realizar arbitraje, se puede realizar arbitraje con un solo producto: la energía eléctrica, el combustible o los servicios auxiliares necesarios para la operación del sistema eléctrico. Esta posibilidad que aparece en las condiciones de competencia puede perjudicar la confiabilidad del suministro, aspecto esencial relacionado con el bienestar de la sociedad.

El costo unitario de producción se calcula al multiplicar el régimen térmico que es el coeficiente que representa

la energía térmica necesaria para producir una unidad de energía eléctrica, por el costo de combustible requerido, la diferencia entre el costo de producción y el precio de mercado de la energía se conoce como diferencial de producción (Spark spread), que representa la oportunidad de arbitraje que permite el medio de producción y la eficiencia de operación.

Un problema del mercado de electricidad es la volatilidad del precio spot de energía eléctrica que cambia conforme varía el portafolio de producción que se calcula con el modelo despacho de generación, en este mercado se presentan oportunidades únicas de arbitraje, al no poder almacenar la energía el precio depende del costo de producción, el efecto de falla en los equipos, las curvas de costo de producción y la variación de la demanda de electricidad, provocan que el precio de energía presente un comportamiento errático con saltos y volatilidad variable.

En la determinación del precio de electricidad es muy importante considerar la no linealidad de la curva de consumo específico de cada unidad generadora, esta es función del nivel de generación y la tecnología utilizada, característica que produce una familia de curvas de consumo específico que se deberán aplicar correctamente para la determinación del costo de la energía producida, un problema adicional se presenta si se toma en cuenta la posibilidad de fallas en los medios de producción.

Si un productor tiene la oportunidad de realizar contratos bilaterales de suministro de energía eléctrica y puede elegir entre la producción propia o adquirirla en el mercado para cumplir su compromiso se presenta la oportunidad de arbitraje por el diferencial entre el costo y el precio de la energía.

En el caso de un productor independiente de energía que no tiene obligación de suministro puede especular con los acuerdos bilaterales de compra y venta de combustible y realizar arbitraje. Esto ocurre al revender el combustible a un precio mayor al de compra, cuando la utilidad de reventa es mayor a la de producción de energía se promueve el desabasto y se incorporan nuevos riesgos al suministro de electricidad, condición que se presentó en la crisis de California.

Cuando la reestructura del mercado eléctrico permite que un productor selecciona libremente los servicios que le ofrece al mercado, entre los que se encuentran: el suministro de energía, capacidad, regulación de voltaje, control de frecuencia, reserva de capacidad y energía, reventa de combustible. La visión del productor será maximizar la utilidad de la empresa generadora y la función objetivo del portafolio seleccionará los servicios que aporten el mayor beneficio.

La dinámica de precios en el mercado de electricidad permite el arbitraje por la diferencial de costos en el suministro de servicios, con el incentivo de obtener un rendimiento un generador puede reducir la producción

y proporcionar servicios auxiliares, como consecuencia el riesgo de suministro se incrementa y la operación del sistema se complica y el costo del suministro se incrementa al aumentar la demanda de reservas para reducir el riesgo de un apagón.

### Algunas reflexiones finales

La exposición muestra elementos que coadyuvan a informarse sobre aspectos técnicos avalados tanto por experiencias internacionales como por las características y condiciones del momento histórico que vive la sociedad mexicana. Entre los resultados del estudio realizado cabe destacar las siguientes reflexiones sobre el tema:

- Al nacionalizarse la industria eléctrica en México se multiplicó sensiblemente la producción de electricidad y el kilometraje de sus redes.

- Se demostró la existencia de una alta correlación entre la tendencia del crecimiento de la economía en términos del producto interno bruto y el consumo de energía eléctrica por parte de los hogares y del sector productivo. Ello repercute en el nivel y calidad de vida de la población, así como en el crecimiento y desarrollo económico.

- La reestructuración del mercado de electricidad, teniendo en cuenta la producción y la satisfacción de la demanda influye decisivamente en la confiabilidad del suministro. Este es un indicador fundamental que debe primar en dicha reestructuración.

- Algunas referencias internacionales apuntan a experiencias negativas al privatizar la producción de energía eléctrica y su distribución. Resaltan en estas experiencias algunas recomendaciones que deben considerarse de acuerdo a las condiciones de cada país.

- Al tomar en cuenta las tendencias mundiales de desregulación se destaca la identificación de nuevos factores de riesgo que presentan cambios recientes en los mercados de energéticos incrementando la volatilidad del precio de la electricidad.

- Como quiera que la producción y su repercusión en la demanda se encuentra sujetas a leyes físicas. Este mercado no es comparable con el de bienes y servicios por lo que obedece a leyes económicas diferentes. De lo que se desprende que el monopolio natural de integración vertical tiene ventajas sobre el libre mercado.

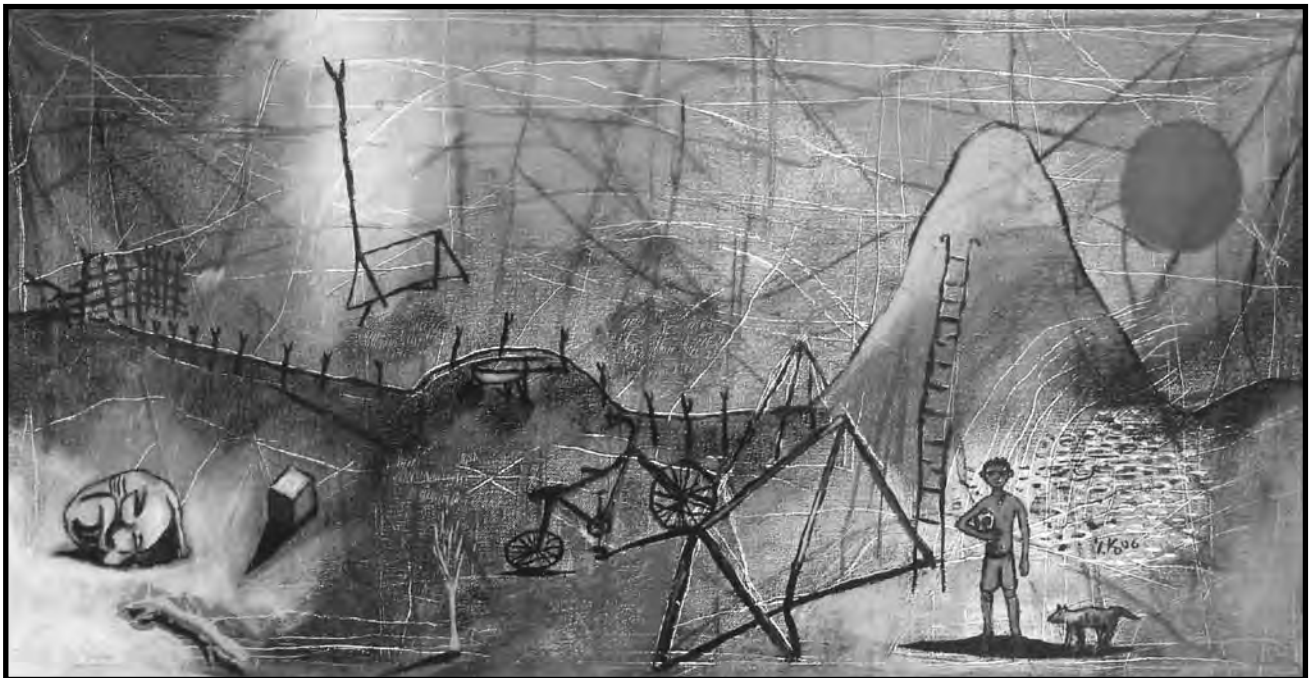
- Una observación importante que destaca la diferencia del mercado de electricidad con otros mercados es su dependencia de las leyes físicas que no permiten la generación de inventarios, consecuentemente las rutas de suministro para el transporte de energía respetan las leyes de circuitos de Ohm y Kirchoff.



• En la evolución del mercado eléctrico destacan condiciones particulares, debido a la distribución geográfica lo que pone de manifiesto la necesidad de un análisis riguroso que debe preceder a la participación del capital privado para no repetir la amarga experiencia de la post revolución.

### Bibliografía

- ♦ Anders, George (1990), *Probability Concepts in Electricity Power Systems*, Ontario Hydro Research Division, John Wiley & Sons Inc, Toronto Canada.
- ♦ Billinton, Roy and Allan Ronald (1988), *Reliability assessment of large Electric Power Systems*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- ♦ Brealey, R., S. Myers y F. Allen (2006), *Principios de Finanzas Corporativas*, 8a Ed., Mcgraw-Hill/Interamericana, Madrid, España.
- ♦ CFE, (1977), Evolución del Sector Eléctrico en México, 40º aniversario, talleres gráficos, México.
- ♦ Covarrubias, A. y B. Maia S. (1994), “Reforms and Private in the Power Sector of Selected Latin American and Caribbean and Industrialized Countries” Report 33, World Bank.
- ♦ Creemoux, Raúl (1995), *Relatos de Luz*, CFE, México.
- ♦ Hunt, Sally (2002), *Making competition work in electricity*, Wiley Finance, John Wiley & Sons Inc. New York, USA.
- ♦ IEA, OECD (2003), *Power generation invest in electricity markets*, OECD/IEA, Paris, Francia.
- ♦ Stiglitz, Joseph (1998), *Macroeconomía*, 2a Ed., Editorial Ariel, Barcelona, España.
- ♦ Stiglitz, Joseph (2000), *La economía del sector público*, 3a Ed., Antoni Bosch, Barcelona, España.
- ♦ Trigeorgis, Lenos (1999), *Real Options Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, MIT Press, Massachusetts, USA.



Vagabundo, óleo y tela, 60 X 30 cm, 2006.