

Mundo Siglo XXI

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

FRANK DEMUESTRA
EL MILAGRO EUROPEO
IMMANUEL WALLERSTEIN

LOS GRANDES TEÓRICOS
DEL CAPITALISMO
HÉCTOR GUILLÉN ROMO

MÉXICO EN LA COYUNTURA
ENERGÉTICA MUNDIAL
**ROLANDO JIMÉNEZ/ELIZABETH JAIMES/
LUCÍA MORALES**

EL SECTOR ELÉCTRICO EN MÉXICO
JOSÉ NAVARRO/ZACARIAS TORRES

ALTERNATIVAS BIOENERGÉTICAS
Y SUSTENTABILIDAD
MA. DEL PILAR LONGAR/ANA MOLINA/JACOBO MORALES

LOS SABERES DEL
ECONOMISTA MEXICANO
GUILLERMO DOMÍNGUEZ

LA ÉTICA PROFESIONAL
Y LA EDUCACIÓN
GREGORIO SÁNCHEZ





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

DIRECTORIO

José Enrique Villa Rivera
Director General

Efrén Parada Arias
Secretario General

José Madrid Flores
Secretario Académico

Luis Antonio Ríos Cárdenas
Secretario Técnico

Luis Humberto Fabila Castillo
Secretario de Investigación y Posgrado

Manuel Quintero Quintero
Secretario de Extensión e Integración Social

Víctor Manuel López López
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
Encargado del Despacho de la Oficina del Abogado General

Fernando Fuentes Muñiz
Coordinador de Comunicación Social

Arturo Salcido Beltrán
Director de Publicaciones

Mario Sánchez Silva
Director del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales

Índice

Editorial 1

Fundamentos y Debate

 **Immanuel Wallerstein**
Frank demuestra el milagro europeo 5

 **Héctor Guillén Romo**
Los grandes teóricos del capitalismo 15

 **Rolando Jiménez/Elizabeth Jaimés/Lucía Morales**
México en la coyuntura energética mundial 25

 **José Navarro/Zacarías Torres**
Eficiencia técnica y asignativa del sector eléctrico en México en su fase de distribución: un análisis a través de los modelos de frontera DEA 35

 **Ma. del Pilar Longar /Ana Molina/Jacobo Morales**
Alternativas bioenergéticas y sustentabilidad 45

Artículos y Miscelánea

 **J. Guillermo Domínguez**
Los saberes del economista mexicano 53

Mundo Siglo XXI es una publicación del Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional. Año 2007, número 7, revista trimestral, octubre 2006. 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. 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, Guillermo Aullet, Alicia Bazarte, Sergio Berumen, Julio Boltvinik, Joel Bonales, Atilio Borón (Argentina), Roberto Castañeda, Filiberto Castillo, Axel Didrikson, Bolívar Echeverría (Ecuador), Carlos Fazio, Magdalena Galindo, Alejandro Gálvez, Juan González García, Jorge Gasca, Diódoro Guerra, Oscar Guerra, Héctor Guillén (Francia), John Holloway (Irlanda), 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, 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 Velázquez

David Márquez
Diseño Gráfico

Xóchitl Morales
Corrección de Estilo
y Formación

Octavio Aguilar
Corrección de Estilo

Raquel Barrón
Secretaria

 **Gregorio Sánchez Oropeza**
La ética profesional: compromiso social y educativo 65

 **Joaquín Mercado Yebra**
Uniones de crédito 73

 **Alberto Balderas/Joas Gómez/Héctor Allier**
Impacto de la Apertura Comercial y la Inversión Extranjera Directa en el Crecimiento de las Pymes 83

 **Javier Pérez Corona**
La Ciudad: pensamiento crítico y teoría 89

Proyección CIECAS

 **Manuel Díaz Mondragón**
La tasa de interés de referencia para el año 2007 93

 **Breve Semblanza del CIECAS** 96

 **Homenaje postumo a la maestra**
María de Lourdes Sánchez Gutiérrez 102

Mundo Siglo XXI agradece ampliamente al profesor Sergio Elisea por facilitarnos el acceso a una de sus más recientes pinturas, *Los laberintos de la globalización*, para elaborar con base en ella nuestra portada.

Eficiencia técnica y asignativa del sector eléctrico en México en su fase de distribución: Un análisis a través de los modelos de frontera DEA

JOSÉ CÉSAR LENIN NAVARRO CHÁVEZ*
ZACARÍAS TORRES HERNÁNDEZ**

RESUMEN: Se evalúan y analizan los niveles de eficiencia técnica y asignativa –ambos elementos de la eficiencia económica– de la industria eléctrica en México durante el periodo 1997 – 2003, por medio de los modelos de frontera DEA, identificando a las divisiones Golfo, Norte y Bajío como las más eficientes, y a la división Sureste como la de más bajo nivel de eficiencia dentro del grupo conformado por las trece gerencias divisionales que integran la fase de distribución de la Comisión Federal de Electricidad.

Introducción

Bajo la tendencia de globalización de las economías, todos los países se enfrentan al desafío de aumentar su eficiencia, buscando mejorar sus servicios de infraestructura, entre los cuales destaca el servicio eléctrico. Cada vez un mayor número de países, con el objetivo de incrementar la eficiencia en la operación y expansión en todas y cada una de las fases de generación, transmisión y distribución, introduciendo la competencia donde es posible, y la regulación por incentivos donde no lo es. En países como México, el Estado tiene la responsabilidad del suministro de energía eléctrica, procurando que ésta tenga las características requeridas para satisfacer las necesidades e impulsar el desarrollo del país y que el servicio sea adecuado, oportuno y económico. No obstante, hoy en día existe una fuerte discusión en torno a la viabilidad de la reforma del sector eléctrico en nuestro país.

La industria eléctrica en México es un monopolio verticalmente integrado a cargo de dos paraestatales: Luz y Fuerza del Centro (LFC) y Comisión Federal de Electricidad (CFE), esta última tiene a su cargo la mayor parte del territorio nacional en lo referente a las fases de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica como prestación de servicio público.

* Profesor Investigador de la Facultad de Economía “Vasco de Quiroga” y Director del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

** Profesor Investigador de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Comercio y Administración del Instituto Politécnico Nacional.

La distribución es la función mediante la cual se hace llegar al usuario la electricidad producida en las centrales generadoras. Dicha fase se encuentra conformada por ocho regiones tarifarias que son atendidas por trece gerencias divisionales cuyas funciones prioritarias son la distribución y comercialización de energía eléctrica en su área de jurisdicción.

Existe una amplia gama de métodos para la estimación de la eficiencia, entre los cuales destacan los modelos DEA, método de frontera no paramétrico determinístico, cuyas siglas provienen del inglés *Data Envelopment Analysis* o Análisis de la Frontera de Datos. Estos modelos implican el uso de algoritmos de programación lineal, estableciendo la formulación del modelo y su resolución que calcula la frontera como un envolvente a los datos, determinándose para cada uno de ellos si pertenece o no a la frontera.

De esta forma, se determinan y evalúan los niveles de eficiencia en las trece gerencias divisionales de distribución que integran la CFE durante el periodo 1997 - 2003, instrumentándose para ello una metodología basada en los modelos de frontera DEA, esto con la finalidad de presentar una panorámica de la situación que guarda en materia de eficiencia la industria eléctrica en México en su fase de distribución.

1. La industria eléctrica en México: la fase de distribución de electricidad en la Comisión Federal de Electricidad

Con la energía eléctrica, la sociedad ha llegado a su actual desarrollo material, es así que los gobiernos de los distintos países participan de manera importante en la administración de este servicio. Cuando los suministradores son privados, el gobierno ejerce una estrecha vigilancia con la finalidad de garantizar un abastecimiento y política de precios adecuados. Por su parte, cuando el Estado – como es el caso de México– es responsable de la industria eléctrica, se procura que ésta tenga las características requeridas para las necesidades y desarrollo del país.

Tradicionalmente, las empresas eléctricas han seguido el modelo de monopolio. Las compañías se integran verticalmente, de forma que la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad forman parte de un mismo ente. En nuestro país, la industria eléctrica es un monopolio

de integración vertical de las paraestatales CFE y LFC. CFE tiene a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica en todo el territorio nacional, salvo en el D.F. y parte de los estados de México, Morelos, Hidalgo y Puebla, áreas atendidas por LFC (Balart y Rojas, 1999).

El objetivo básico para el cual fue creada CFE es organizar y dirigir el desarrollo nacional de los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, con base en principios técnicos y económicos orientados a servir los intereses públicos como una organización no lucrativa, pero sí autofinanciable.

Los sistemas de distribución de electricidad comprenden la parte del sistema eléctrico más estrechamente ligada al consumidor final, extendiéndose desde las barras de carga de las grandes subestaciones¹ de potencia de entrada hasta la entrada de los servicios en donde se mide el consumo de energía. Además, esta fase incluye el proceso de comercialización que abarca las actividades de medición, facturación y cobro.

En México existen ocho regiones tarifarias² que son atendidas por trece gerencias divisionales de distribución, las cuales forman parte de una división estratégica de CFE implementada desde el año 1974 (ver figura 1).

Las economías de escala se continúan aplicando a las redes de transmisión y distribución, por lo tanto, la transmisión y distribución de electricidad se consideran monopolios naturales.³ Históricamente, se ha dedicado un gran esfuerzo por elevar la eficiencia de los sistemas de generación y transmisión, prestando poca atención a las redes de distribución, lo cual se explica en gran medida a que los costos han superado los beneficios. No obstante, debido a la evolución de la tecnología, se han reducido los costos asociados y por ello en la actualidad las empresas eléctricas se encuentran en proceso de definición e implementación de diversas aplicaciones orientadas a mejorar la eficiencia en esta fase.

2. Aspectos teóricos y conceptuales relativos a eficiencia técnica y eficiencia asignativa

La eficiencia es la relación entre costos y beneficios enfocada hacia la búsqueda de realizar de la mejor manera una determinada función o tarea, con la finalidad de que los recursos se utilicen racionalmente. Farrell (1957) fue el primer autor que introdujo el marco teórico básico para estudiar y medir la eficiencia, proponiendo que ésta se visualice desde una perspectiva real y no ideal, donde cada firma o unidad productiva sea evaluada en relación a otras elegidas de un grupo representativo y homogéneo.

El mismo autor dividió a la eficiencia en dos componentes: eficiencia técnica y eficiencia asignativa. El producto de las mismas provee una medida de la eficiencia económica, lo que

¹ Una subestación de distribución es el conjunto de dispositivos eléctricos que sirven para reducir, regular y distribuir la energía eléctrica a la red primaria de distribución.

² Las regiones tarifarias son: Baja California, Baja California Sur, Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur.

³ Un monopolio natural es aquel donde una sola empresa puede producir un bien o servicio a un costo total menor que dos o más empresas. Por su parte, una economía externa es el efecto que tienen el consumo o la actividad de un agente económico sobre el resto de los consumidores o las empresas.

Figura 1
Divisiones de Distribución de la Electricidad en México



Núm.	División	Estados
1	Baja California	Baja California Norte y Sur.
2	Noroeste	Sonora y Sinaloa.
3	Norte	Durango y Chihuahua.
4	Golfo Norte	Nuevo León y Coahuila.
5	Jalisco	Jalisco y Nayarit.
6	Bajío	Guanajuato, Aguascalientes, Zacatecas, Hidalgo y Querétaro.
7	Centro Occidente	Michoacán, Colima y algunas porciones colindantes de Guanajuato, Jalisco y Guerrero.
8	Centro Sur	Morelos, Guerrero y Estado de México.
9	Centro Oriente	Puebla y Tlaxcala.
10	Oriente	Veracruz.
11	Sureste	Oaxaca, Chiapas y Tabasco.
12	Peninsular	Campeche, Yucatán y Quintana Roo.
13	Golfo Centro	Tamaulipas y San Luis Potosí.

Fuente: CFE, División Centro Occidente (2002), *Documento 2002*, México.

significa básicamente que la sociedad debe maximizar en términos dinámicos sus beneficios a partir de los escasos recursos que posee (Arzubi y Berbel, 2002), de esta forma, la eficiencia económica es considerada como “el logro de la máxima producción al menor costo posible” (Pinzón, 2003: 17).

En relación al concepto de eficiencia técnica, González-Páramo (1995) afirma que la eficiencia productiva o eficiencia técnica de una empresa está dada por su capacidad para transformar unos *inputs* o entradas -trabajo, capital y otros factores- en *outputs* o salidas -bienes o servicios- en el contexto de una tecnología, que puede sintetizarse mediante una función de producción, que marca el valor máximo o “frontera” de *output* alcanzable a partir de diversas combinaciones de *inputs*.

A partir del trabajo inicial de Farrell, otros autores han propuesto conceptos alternativos. Banker, Charnes y Cooper (1984) dividieron la eficiencia técnica (o eficiencia técnica global) en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala. Esta clasificación tiene su base en la incorporación de un modelo con rendimientos variables para la medición de la eficiencia por parte de estos autores. Cabe aclarar que en el modelo propuesto por Farrell se trabaja bajo el supuesto de rendimientos constantes.

La eficiencia técnica pura muestra en qué medida la unidad productiva analizada extrae el máximo rendimiento de los recursos físicos a su disposición. Mientras que la eficiencia de escala es relevante cuando la tecnología de producción presenta rendimientos de escala variables.

Este tipo de eficiencia muestra si la unidad productiva analizada ha logrado alcanzar el punto óptimo de escala. Los rendimientos de escala se obtienen al aumentar proporcionalmente la cantidad de todos los factores que intervienen en la función de producción. Existen tres tipos de rendimientos de escala (Varian, 1998):

- ◆ Rendimientos constantes a escala. Significa que si se incrementa la cantidad de cada uno de los factores, la producción aumenta en la misma proporción.
- ◆ Rendimientos crecientes a escala. Implica que si se incrementa la cantidad de cada uno de los factores, la producción aumenta en una proporción mayor.
- ◆ Rendimientos decrecientes a escala. Se presentan cuando al incrementarse la cantidad de cada uno de los factores, la producción aumenta en menor proporción.

De esta forma, la eficiencia técnica global es el producto de las eficiencias técnica pura y de escala.

Por su parte, la eficiencia asignativa tiene su base en la teoría microeconómica, según la cual existe eficiencia en la asignación cuando no se desperdician recursos, y además se cumple el principio del óptimo de Pareto.⁴

⁴ Según este principio, un sistema es eficiente cuando no existe otro que pueda proveer ganancia en producción o satisfacción en el consumo para algunas firmas o individuos sin simultáneamente imponer pérdida a los otros.

Alé Yarad (1990) menciona que la eficiencia asignativa, de costos o precios se refiere a que el gasto monetario total en los insumos utilizados para producir una cantidad dada de bienes sea el mínimo posible de acuerdo a los precios de los insumos.

En este sentido, Bosch, *et al.* (1999) señala que existe eficiencia asignativa cuando el administrador de una unidad productiva ha alcanzado el conjunto frontera de producción,⁵ eligiendo aquella combinación de factores que le permite minimizar los costos para un nivel de producción dado.

El logro de la eficiencia asignativa se relaciona con el cumplimiento de los objetivos organizacionales por parte de los altos mandos de las unidades productivas, es decir, con la gestión administrativa en sus funciones de planeación, organización, integración, dirección y control.

3. Metodología DEA en el estudio de la eficiencia

Aun cuando las ideas pioneras del modelo DEA (*Data Envelopment Analysis* o Análisis de la Frontera de Datos) fueron establecidas por Farrell (1957), tratando de dar solución a un problema agrícola, esto no fue posible hasta que Charnes, Cooper y Rhodes (1978), plantearon los fundamentos matemáticos de la teoría moderna del método de frontera DEA, estructurándolo como un modelo de programación lineal basado en el *benchmarking* (Mercado, 1997).

El *benchmarking* se define como la medida de una actuación en comparación con la de las mejores compañías de su clase; determina cómo la mejor de ellas ha logrado estos niveles de actuación y utiliza la información como base para los objetivos, estrategias y aplicación de la propia compañía, de esta forma, *benchmarking* significa adaptar las mejores prácticas, más que copiarlas (Bemowski, 1991).

Por su parte, la programación lineal es una técnica pionera en el análisis de las decisiones internas de una empresa sobre la asignación de recursos, representando uno de los avances más importantes en la teoría de la producción.

La programación lineal es un caso especial de la programación matemática, en donde todas las funciones que hay en el modelo son lineales: siempre existe una función

objetivo lineal por optimizar (maximizar o minimizar), sujeta a restricciones lineales individuales. Las variables del modelo que son continuas,⁶ únicamente pueden tomar valores no negativos. Además se requiere un conocimiento exacto de los parámetros y recursos utilizados en la construcción del modelo (Serra, 2004).⁷

DEA es un modelo de frontera no paramétrico determinístico, ya que no requiere la especificación de la forma funcional, además de que toda desviación con respecto a la frontera es considerada como ineficiencia. Se orienta a la toma de decisiones para la gestión administrativa, siendo un método diseñado para evaluar unidades productivas o DMUs⁸ que producen múltiples *outputs*, en donde para cada una de ellas se construye una frontera de la “mejor práctica” formada por la unidad o unidades ineficientes que sirven como referente para el resto de las unidades ineficientes.

A diferencia de los métodos tradicionales basados en ratios de productividad, en los que la búsqueda de medidas globales de valoración de la actuación obliga generalmente a establecer a priori unas ponderaciones para los *outputs* e *inputs*, los modelos DEA proporcionan esta medida de eficiencia global sin necesidad de establecer las ponderaciones mencionadas a priori, siendo la misma metodología la que los asigna.

Otra ventaja importante de la técnica DEA consiste en que tanto los *inputs* como los *outputs* pueden estar expresados indistintamente en términos monetarios y/o unidades físicas. No obstante, entre las desventajas se encuentra que los resultados son susceptibles de una mala especificación de las variables asociadas de *inputs* y *outputs* utilizados, así como al número de observaciones comparadas. Además, se requiere que las unidades de análisis sean similares entre sí.

El análisis *slacks* de las variables en los modelos DEA proporciona la dirección en la cual habrán de mejorarse los niveles de eficiencia de las llamadas unidades de toma de decisión DMUs. Es así que un valor *output slack* representa el nivel adicional de *outputs* necesarios para convertir una DMU ineficiente en una DMU eficiente. Asimismo, un valor *input slack* representa las reducciones necesarias de los correspondientes *inputs* para convertir una DMU ineficiente en una DMU eficiente (Lo, et al., 2001).

El modelo original de DEA fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) para calcular la eficiencia relativa de una firma. En este modelo se trabaja con rendimientos constantes a escala (CRS). Su modelo presenta básicamente tres características (Canay, 2003):

- ◆ Reducen la situación de múltiples insumos y múltiples productos (para cada empresa) a la de un único insumo “virtual” y un único producto “virtual”.
- ◆ El cociente (producto “virtual”/insumo “virtual”) proporciona una medida de la eficiencia.

⁵ El conjunto frontera de producción está constituido por todas aquellas combinaciones de recursos y actividades que no pueden ser mejoradas con el objeto de ahorrar recursos para un nivel de producción dado, o mejorar el nivel de producción sin consumir una mayor cantidad de insumos.

⁶ Por continuas se entiende que pueden tomar valores fraccionados.

⁷ La programación lineal es la herramienta básica más utilizada dentro de la investigación de operaciones, la cual tiene como base el método científico para investigar y ayudar a tomar decisiones sobre los problemas complejos de las organizaciones de hoy en día.

⁸ Del inglés *Decision Making Unit* (Unidad de Toma de Decisión o Unidad Organizativa). Dentro de los modelos DEA a las unidades productivas analizadas se les denomina DMUs.

♦ En términos de programación lineal matemática, se busca maximizar este cociente (función objetivo) sujeto a la restricción (normalizadora) que los cocientes de todas las empresas sean menores o iguales que uno.

Para calcular la eficiencia relativa de una unidad de toma de decisión (DMU), actualmente resulta más habitual resolver su problema dual, modelo que puede ser descrito de la siguiente manera (especificación teórica del modelo CRS orientado a insumos –o *inputs*-):

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta & (1) \\ \text{Sujeto a:} & & \\ & y_j \leq \lambda Y & \\ & \lambda X \leq \theta x_j & \\ & \lambda Z = z_j & \\ & \lambda \in R^+ & \end{aligned}$$

Donde Y es una matriz $N \times r$ de los productos de las empresas en la muestra (N denota el número de empresas y r el número de productos); X es una matriz $N \times m$ de insumos (m indexa los insumos considerados); Z es una matriz $N \times s$ que contiene toda la información sobre las S variables ambientales de las N firmas; y_j , x_j y z_j son los vectores observados de productos, insumos y variables ambientales, respectivamente, de la empresa bajo análisis; y , finalmente, λ es un vector de parámetros de intensidad ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$) que permite la combinación convexa de los insumos y productos observados (a manera de construir la superficie envolvente). El problema anterior debe resolverse N veces, una vez para cada una de las empresas en la muestra.

El dual permite ilustrar acerca de la naturaleza de la eficiencia relativa dado que se obtienen, en el caso de que existan, las holguras (*slacks*) o reducciones no radiales de *inputs*. Para que una unidad sea considerada eficiente en el sentido de Farrell, θ será igual a 1 y las holguras serán igual a 0.

Si se desea conocer la proporción (θ) en que los productos observados podrían ser expandidos -una orientación a los productos (*outputs*)-, la modelización CRS sería como sigue:

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \phi & (2) \\ \text{Sujeto a:} & & \\ & \phi y_j \leq \lambda Y & \\ & \lambda X \leq x_j & \\ & \lambda Z = z_j & \\ & \lambda \in R^+ & \end{aligned}$$

Más adelante, Banker, Charnes y Cooper (1984) sugirieron una extensión del modelo hacia situaciones de rendimientos variables a escala (VRS), modificando el problema de programación lineal original. Para obtener un modelo VRS de cualquier orientación, basta con agregar una restricción adicional a las especificaciones anteriores:

$$\sum_j j \lambda_j = 1 \quad j = 1, \dots, N. \quad (3)$$

Esta restricción asegura que una unidad ineficiente sólo sea comparada con unidades productivas de similar tamaño. Sin esta restricción, la unidad bajo análisis puede ser comparada con otras sustancialmente mayores o menores. Asimismo, esta modificación permitió descomponer a la eficiencia técnica, o eficiencia técnica global, en dos: eficiencia técnica pura y eficiencia de escala. Para ello deben calcularse los dos modelos, CRS y VRS, con los mismos datos: si existe una diferencia entre las dos mediciones para una DMU en particular, entonces significa que dicha DMU posee ineficiencia de escala, y que el valor de ineficiencia es la diferencia entre la medición CRS y VRS.

La eficiencia técnica pura coincide con la medición VRS. La ineficiencia de escala se origina de producir en un nivel de escala que no es óptimo, considerando como tal al que se obtiene de reescalar la actividad de las firmas eficientes (CRS = 1). La eficiencia técnica global es el producto de las dos eficiencias, técnica pura y de escala, y su medición coincide con el modelo CRS.

Adicionalmente, al calcularse la eficiencia asignativa, el producto de ésta y la eficiencia técnica global da como resultado la eficiencia económica.⁹

4. Eficiencia técnica y asignativa en las trece gerencias divisionales de distribución de energía eléctrica en México

Planteadas las bases teóricas y metodológicas de los modelos DEA así como las principales características de la industria eléctrica en México en su fase de distribución, en esta sección se presentan los resultados obtenidos al aplicar la metodología DEA en esta fase del sector eléctrico en nuestro país durante el periodo 1997 – 2003 en lo relativo a los niveles de eficiencia económica y sus componentes.

⁹ En el siguiente apartado se explicará la manera de calcular la eficiencia asignativa, debido a las especificidades que ello implica.

4.1 Método empleado

Se utilizó la metodología DEA para proporcionar las estimaciones necesarias sobre eficiencia. En este sentido, la definición de eficiencia utilizada en el modelo está dada por Mercado (1997):

$$\text{Eficiencia} = \text{Total de salidas} / \text{Total de entradas}$$

De manera más general la eficiencia puede definirse como:

$$E = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} = \frac{\text{Salidas ponderadas}}{\text{Entradas ponderadas}}$$

o formalmente:

$$E = \frac{\sum_{i=0}^N v_i y_i}{\sum_{i=0}^N u_i x_i} \quad (4)$$

Donde E representa la eficiencia, x_i y y_i son las entradas y salidas respectivamente, mientras que los parámetros u_i y v_i muestran las importancias relativas de cada uno de los parámetros.

4.2 Selección de Variables

De acuerdo al programa utilizado para el cálculo de la eficiencia,¹⁰ el número de DMUs debe ser al menos dos veces el número total de *inputs* y *outputs* considerados. En este caso, el número de divisiones de distribución de CFE (13) debe representar al menos el doble de los *inputs* y *outputs* contemplados de manera conjunta. Además, debe considerarse que sólo se obtienen valores entre cero y uno para evaluar la eficiencia.¹¹

Para el cálculo de la eficiencia técnica global, eficiencia técnica pura y eficiencia de escala se eligieron los siguientes *inputs* y *outputs*:

Inputs

- ◆ Líneas de distribución. Longitud de las líneas de distribución de alta, media y baja tensión, expresadas en kilómetros.

- ◆ Capacidad de las subestaciones. Muestra la capacidad de distribución con que cuenta la división, puesto que ésta determina el volumen de energía que la red de distribución suministra en un periodo de tiempo determinado. Se mide en MVA.

- ◆ Capacidad de los transformadores. Muestra la capacidad para cambiar las características de electricidad (voltaje y corriente) con el objeto de facilitar su transmisión y distribución con la finalidad de satisfacer las necesidades de los distintos consumidores: industriales, agrícolas, comerciales, servicios y residenciales. Se expresa en KVA.

- ◆ Fuerza de trabajo. Número de trabajadores de base y confianza ocupados por división.

Outputs

- ◆ Usuarios. Número de usuarios atendidos durante el año.

- ◆ Ventas. Las ventas de energía eléctrica expresadas en Gigawatts - hora (GWh).

En cuanto a la eficiencia asignativa, ésta se calcula sólo cuando la información de precios y costos se conocen exactamente. Sin embargo, cuando los precios no son conocidos, éstos pueden ser sustituidos por los ingresos (Sengupta, 2000).

Farrell menciona algunos inconvenientes del uso de precios para determinar la eficiencia asignativa, entre los que destacan las fluctuaciones de la demanda y los precios de mercado, además de que las DMUs analizadas operan en diferentes ambientes (ibid).

Considerando estos elementos, se realizó el cálculo de la eficiencia asignativa para las trece divisiones de distribución ya que CFE es un monopolio, y estas divisiones operan bajo un esquema de administración de costos e ingresos similar. Cabe aclarar que el cálculo de la eficiencia asignativa se realizó de manera global para cada una de las divisiones considerando los siguientes *inputs* y *outputs*.¹²

Cabe aclarar que las gerencias divisionales que conforman la fase de distribución de CFE tienen como funciones prioritarias la distribución y comercialización de energía eléctrica, formando un grupo homogéneo en este sentido, el cual puede ser evaluado sobre la base de los mismos *inputs* y *outputs*.

5. Eficiencia económica en la fase de distribución de CFE, 1997 – 2003

Los sistemas de distribución de electricidad comprenden la parte del sistema eléctrico que se encuentra más relacionada con el consumidor final ya que la fase de distribución tiene por objeto vincular a la industria eléctrica

¹⁰ El software utilizado es la herramienta *Linear Programming and Integer Linear Programming de WinQSB*.

¹¹ Una DMU es eficiente cuando su coeficiente de eficiencia es igual a la unidad.

¹² El cálculo de la eficiencia asignativa se realizó bajo el modelo CRS.

con la sociedad en general al realizar las funciones que permiten que la energía eléctrica llegue a los usuarios. En este sentido es importante determinar y evaluar los niveles de eficiencia en torno al desempeño en esta etapa de la actividad de la industria eléctrica.

El manejo de los *inputs* y *outputs* corresponde principalmente a un punto de vista económico, más que de carácter ingenieril. De aquí la importancia de una gestión adecuada que controle el consumo excesivo de recursos y permita mantener una operación óptima. En este sentido, se encuentra que los niveles de eficiencia económica en la fase de distribución son bajos, lo cual tiene su origen fundamentalmente en la ineficiencia asignativa imperante durante el periodo de estudio. En contraparte, el comportamiento de la eficiencia técnica global se considera aceptable.

Considerando cifras, durante el periodo 1997 – 2003 se encuentran tasas medias de crecimiento equivalentes a 0.1%, -2.78% y -2.67% para la eficiencia técnica global, eficiencia asignativa y eficiencia económica, respectivamente. Destaca, asimismo, el hecho de no existir alguna división eficiente desde el punto de vista económico. En promedio, se presentan niveles de 0.9844, 0.9554, 0.9411, 0.6443 y 0.6117 para la eficiencia técnica pura, eficiencia de escala, eficiencia técnica global, eficiencia asignativa y eficiencia económica, en ese orden.

Dos divisiones sobresalen al presentar eficiencia técnica global: Golfo Norte y Centro Occidente, no obstante, sólo la primera registra los más altos niveles de eficiencia asignativa y eficiencia económica del grupo analizado, siendo superiores a .99. En contraparte, divisiones como la Centro Sur y Sureste presentan niveles de eficiencia económica ligeramente superiores a .3 (véase cuadro 1).

Analizando cada uno de los componentes de la eficiencia económica, en primer lugar en lo referente a eficiencia técnica global se encuentran niveles aceptables, no obstante la principal fuente de ineficiencia en esta categoría, está dada por la ineficiencia de escala, ya que en la mayoría de las divisiones se están aprovechando adecuadamente los recursos disponibles –eficiencia técnica pura-, sin embargo, no se está operando en la escala óptima –eficiencia de escala-. Ambas situaciones se reflejan en los estándares de eficiencia técnica global, que aunque son aceptables no se encuentran en un nivel de eficiencia como tal –igual a 1-, es decir, no se está extrayendo la máxima producción física factible dada la tecnología existente

En lo que toca a la eficiencia asignativa, se presentan niveles bajos de la misma, lo cual implica una asignación ineficiente de recursos así como la inexistencia de una política de reducción de costos, situación originada en la ineficiencia de los altos mandos de las divisiones, responsables de las decisiones inherentes a la asignación de recursos. De esta forma, los bajos niveles de eficiencia asignativa se vieron reflejados en la ineficiencia económica observada durante el periodo, cuya tendencia fue a la baja, con excepción de lo registrado en el año 2003 en relación al 2002, presentándose un incremento de 17.63% (ver gráfica 1).

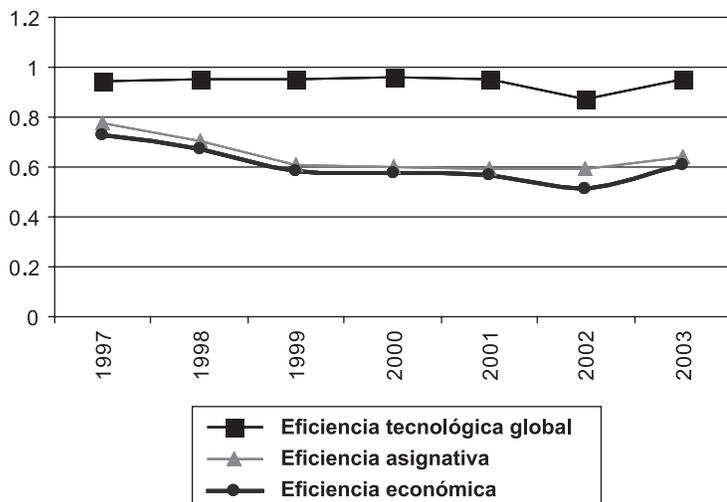
En términos de eficiencia económica, se encuentra que no se ha logrado maximizar los beneficios a partir de los recursos disponibles, lo cual pone de manifiesto la inexistencia de una política de operación y asignación de recursos adecuada en la fase de distribución de CFE. En este sentido, la División Golfo Norte podría marcar la pauta en lo concerniente a un proceso de mejora, no obstante la

Cuadro 1
Eficiencia Económica Promedio y sus Componentes (por divisiones), 1997 -2003

División	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Eficiencia Técnica Global	Eficiencia Asignativa	Eficiencia Económica
Baja California	1.0	0.9906	0.9906	0.7389	0.732
Noroeste	1.0	0.9376	0.9376	0.7691	0.7211
Norte	1.0	0.9998	0.9998	0.6759	0.6758
Golfo Norte	1.0	1.0	1.0	0.9909	0.9909
Golfo Centro	1.0	0.9113	0.9113	0.6817	0.6212
Bajío	1.0	0.9984	0.9984	0.8376	0.8363
Jalisco	0.987	0.9934	0.9805	0.5255	0.5153
Centro Occidente	1.0	1.0	1.0	0.6338	0.6338
Centro Sur	0.8504	0.8966	0.7625	0.43	0.3279
Centro Oriente	1.0	0.9908	0.9908	0.6667	0.6606
Oriente	0.9823	0.9913	0.9738	0.4755	0.463
Sureste	0.9776	0.9576	0.9361	0.3216	0.301
Peninsular	1.0	0.753	0.753	0.6292	0.4738
Promedio	0.9844	0.9554	0.9411	0.6443	0.6117

Fuente: Elaboración propia con base en cálculos realizados con la metodología DEA.

Gráfica 1
Eficiencia Económica Promedio y sus Componentes,
1997 - 2003



Fuente: Elaboración propia con base en cálculos realizados con la metodología DEA.

división referida aún cuenta con aspectos en los cuales debe trabajar para ser eficiente, siendo el panorama menos claro para el resto de las divisiones.

En una empresa pública como lo es CFE se conjugan la responsabilidad social y económica, aunadas a una búsqueda de la eficiencia para competir y mantenerse en este entorno altamente globalizado. Sin embargo, es necesario reflexionar y evaluar la situación actual, ello con la finalidad de detectar los puntos de mejora y elaborar estrategias y líneas de acción que permitan lograr un desempeño óptimo.

Conclusiones

La situación del sector eléctrico en nuestro país ha sido tema de discusión en los últimos años, principalmente en lo relacionado a la apertura del mismo a la inversión privada. No obstante, debido a su naturaleza de empresa pública y a la importancia estratégica que tiene en la economía nacional, aún no existe un consenso en torno al futuro de esta industria.

En México, tradicionalmente los organismos del sector público se han asociado con el término ineficiencia.

Adicionalmente, se debe considerar la evolución que ha sufrido el entorno económico en las últimas décadas y los cambios que este proceso involucra. De tal forma, se consideró necesario evaluar y analizar la situación que en materia de eficiencia guarda CFE en su fase de distribución durante el periodo 1997 – 2003.

Para la medición de la eficiencia se optó por la metodología DEA, por las diversas ventajas que presenta ya que es la técnica que proporciona mayor información a partir de datos mínimos, además de no requerir la especificación de una forma funcional, constituyéndose en una herramienta eficaz para el control y evaluación de las unidades productivas, así como para la fijación de objetivos que conduzcan a una mayor eficiencia.

Se encontraron niveles más o menos aceptables de eficiencia técnica global, situación opuesta a la señalada para la eficiencia asignativa y eficiencia económica, por lo tanto, el origen de la ineficiencia radica en la deficiente asignación de recursos en esta fase de la industria eléctrica. Destaca el hecho de contar con una tasa media de crecimiento de la eficiencia económica de -2.67% durante el periodo de análisis, además de no encontrarse una división eficiente desde el punto de vista asignativo y económico. A través de esta evaluación se detectó la problemática que enfrenta CFE, ya que en gran medida el desarrollo económico y social de cada una de las regiones geográficas comprendidas por las divisiones de distribución, las cuales tienen características económicas definidas, se encuentra ligado al desempeño de la industria eléctrica.

El esquema de operación de CFE es complejo, ya que además del ambiente interno, la influencia del ambiente externo es determinante en el funcionamiento de la empresa, dados sobre todo los factores sociales y políticos, principalmente por la responsabilidad social y el desarrollo local y regional que generalmente se atribuye a los organismos públicos.

CFE posee una responsabilidad social de gran magnitud, además de ser un motor importante en el desarrollo económico, sin embargo, aunque su objetivo no es la maximización de utilidades, no debe dejar de lado la búsqueda de la mejora continua, ya que puede eficientar sus procesos a partir de los recursos a su disposición, mediante un esquema de reducción de costos y optimización de recursos que le permitan ser una institución autofinanciable y capaz de contribuir con los objetivos nacionales en materia económica.

Bibliografía

- ◆ ALÉ Yarad, J. (1990), “Un Nuevo Esquema de Regulación de Monopolios Naturales”, *Estudios Públicos*, No. 37, Chile.
- ◆ ARZUBI, A. y J. BERBEL (2002), *Determinación de Índices de Eficiencia Mediante DEA en Explotaciones Lecheras de Buenos Aires*, Argentina, en: <http://www.inia.es/iaspa/2002/vol17/arzubi.PDF>.

- ◆ BALART, C. y R. ROJAS, (1999), *Desregulación del Sector Eléctrico en México*, México, en: www2.ing.puc.cl/power/alumno99/Power%20Sector%20deregulation%20in%20Mexico/tamerc6.htm.
- ◆ BANKER, R., A.CHARNES y W. W. COOPER (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vol. 30, No. 9, pp. 1078-1092.
- ◆ BEMOWSKI, K. (1991), “The Benchmarking Bandwagon”, *Quality Progress*, No. 1, Vol. 30, U.S.A.
- ◆ BOSCH, E. et al. (1999), *Eficiencia Técnica y Asignativa en la Distribución de Energía Eléctrica. El Caso de EPE SF*, Argentina, en: http://www.aep.org.ar/espa/anales/resumen_99/bosch_gimbatti_giovagnoli.htm.
- ◆ CANAY, I. (2003), *Análisis de Eficiencia y Productividad*, Argentina, en: www.sirese.gov.bo/.../SEGUDA%20SEMANA/Ivan%20Canay/An%20E1lisis%20de%20Eficiencia%20y%20Productividad.ppt.
- ◆ ----- (2004), Dirección de Finanzas, *Base de Datos 1997 – 2003*.
- ◆ ----- (2004), Dirección de Operación, *Base de Datos 1990 – 2003*.
- ◆ ----- (2004) Subdirección de Distribución, *Gerencias Divisionales de Distribución*.
- ◆ FARRELL, M. J. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, Part III, pp. 253-290.
- ◆ ----- & FIELDHOUSE, M. (1962), “Estimating Efficient Production Function under Increasing Returns to Scale”, *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 125, Part II, pp. 252-267.
- ◆ GONZÁLEZ-Páramo, J. (1995), “Privatización y Eficiencia: ¿Es Irrelevante la Titularidad?”, *Economistas*, No. 63, Año XIII, España.
- ◆ LO, F., Ch. Chien y J. T. Lin (2001), “A DEA Study to Evaluate the Relative Efficiency and Investigate the District Reorganization of the Taiwan Power Company”, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 16, No. 1, February, pp. 170-178.
- ◆ MERCADO Ramírez, E., E. A. Díaz y M. D. Flores (1997), *Productividad Base de la Competitividad*, México, Editorial Limusa.
- ◆ PINZÓN Martínez, J. (2003), *Medición de Eficiencia Técnica Relativa en Hospitales Públicos de Baja Complejidad Mediante la Metodología Data Envelopment Analysis (DEA)*, Colombia, en: www.dnp.gov.co/03_PROD/PUBLIC/2P_EE.ASP.
- ◆ SERRA de la Figuera, D. (2004), *Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones*, España, Ediciones Gestión 2000.
- ◆ SENGUPTA, J. (2000), *Dynamic and Stochastic Efficiency Analysis. Economics of Data Envelopment Analysis*, World Scientific, Singapore.
- ◆ VARIAN, H. (1998), *Microeconomía Intermedia. Un Enfoque Actual*, España, Antoni Bosch Editor, 4ª edición.

