

La industria eléctrica ante la encrucijada

José Luis Aburto

La electricidad es la manifestación más versátil y limpia de la energía; prácticamente cualquier energético se puede transformar en energía eléctrica y ésta a su vez se puede aprovechar en casi cualquier aplicación de la energía. Estas propiedades dan lugar a un fenómeno de "electrificación" continua de los sistemas energéticos en todo el mundo. Es decir, la electricidad tiene una participación creciente en el balance energético mundial.

La electricidad brinda flexibilidad a la política energética ya que, gracias a sus propiedades, es el medio principal para la diversificación de los energéticos primarios en el balance nacional. Con ello, la electricidad contribuye a la seguridad en el suministro de energía.

Actualmente 90% de la energía primaria mundial proviene de los combustibles fósiles, pero su utilización es muy reciente en la historia, hace solamente dos siglos comenzó el uso del carbón, con la revolución industrial. No se puede predecir cuándo los combustibles fósiles serán reemplazados por otras formas de energía primaria pero, desde una perspectiva histórica, se puede asegurar que la era de los combustibles fósiles será breve, debido a su condición de recursos no renovables y a su impacto sobre el clima mundial. Los energéticos primarios con mayor potencialidad para el futuro son: la energía nuclear -en sus modalidades de fisión y fusión-, la energía solar y el hidrógeno.

En todos los escenarios, se espera que la electricidad siga aumentando su participación como el energético secundario preferido. Aun en los países en que la economía avanza a tasas más elevadas que la energía, los requerimientos de capital para inversión en la industria eléctrica generalmente aumentan más rápido que la actividad económica.

Hoy la industria mundial de la energía pasa por un cambio revolucionario, originado en el avance tecnológico manifestado en modificaciones sustanciales en su marco jurídico, su estructura, sus instituciones, sus procedimientos y su régimen de propiedad. Los fundamentos de la industria están sometidos a un debate que aún no termina; no hay muchas respuestas definitivas.

Describiré las características básicas de mi industria predilecta, sus problemas fundamentales y resumir los elementos principales de la encrucijada en que se encuentra esta industria en todo el mundo. Al terminar, propondré algunas

conclusiones y sugerencias.

Desarrollo histórico de la industria eléctrica mundial Las estructuras conocidas hasta ahora son: plantas de autoabastecimiento; empresas eléctricas municipales, regionales y nacionales, y generadores independientes.

A nivel mundial, el desarrollo de la industria eléctrica ha pasado por cuatro etapas y apenas inició la quinta.

Cada una de estas etapas se caracteriza por un tipo de estructura orgánica dominante que es compatible con, y resultado de, el progreso de la tecnología.

Las etapas se traslapan y, en función de la evolución de los marcos jurídicos vigentes en distintos países, al pasar de una etapa a la siguiente, a menudo permanecen estructuras características de la etapa anterior. A continuación una descripción de estas etapas.

1. Las primeras plantas eléctricas se construyen en ríos o al lado de aprovechamientos mineros para dar servicio de autoabastecimiento a fábricas específicas (desde fines del siglo XIX).

2. Algunas ciudades constituyen empresas eléctricas municipales, primero para proporcionar servicio de alumbrado público y de transporte público; gradualmente se despliegan redes de distribución para atender a usuarios comerciales y residenciales (fines del siglo XIX y principios del XX). El desarrollo tecnológico de esta etapa comprende líneas y transformadores para el transporte de energía de voltajes bajos a cortas distancias.

3. Se construyen plantas generadoras de mayor tamaño y se desarrollan los primeros sistemas de transmisión y transformación en altos voltajes, lo que permite transportar grandes volúmenes de energía, a grandes distancias. Estos avances en tecnología dan lugar al establecimiento de empresas eléctricas regionales, integradas verticalmente, que cuentan con exclusividad territorial a cambio de la responsabilidad del suministro (primera mitad del siglo XX).

4. El proceso de electrificación se acelera en todo el mundo debido al aprovechamiento de grandes economías de escala en tecnologías de generación y transmisión.

Se propicia el establecimiento de empresas eléctricas nacionales en muchos países: Francia, 1946; Inglaterra, 1947; México, 1960; Italia, 1962 (esta etapa fue la prevaleciente durante la segunda mitad del siglo XX).

5. Los avances en turbinas a gas y la promoción de las energías renovables dan lugar a los generadores independientes; plantas pequeñas y medianas que venden su energía, primero, a empresas eléctricas y, más adelante, en mercados de energía (fines del siglo XX y principios del XXI).

En cada etapa ha predominado la estructura orgánica que la caracteriza; sin embargo, en diversos países subsisten ejemplos de las cinco estructuras mencionadas. En la inercia de instituciones y marcos jurídicos se apoya la

subsistencia de modelos estructurales tipos 2 y 3, durante etapas posteriores de la industria.

En México tenemos estructuras de los tipos: 1 (Pemex y muchas empresas privadas), 3 (LFC, casi exclusivamente dedicada a la distribución), 4 (CFE) y 5 (los productores independientes).

Alemania y Estados Unidos son ejemplos de países en que sobresalen estructuras de los tipos 2, 3 y 5.

Las primeras cuatro etapas se caracterizaron por una creciente integración vertical y horizontal de la industria. Las sinergias en generación, transmisión, distribución, y las marcadas economías de escala presentes en cada una de ellas, así lo determinaban.

En contraste con las etapas anteriores, el cambio tecnológico actual propicia la participación de un mayor número de generadores, favoreciendo la desintegración de los monopolios.

Desarrollo histórico de la industria en México En México el desarrollo de la industria eléctrica siguió puntualmente las primeras cuatro etapas relatadas en la sección anterior.

La creación de la CFE, en 1937, tuvo por finalidad llevar el servicio eléctrico a las comunidades que no eran atractivas para las empresas eléctricas privadas: ciudades medianas y pequeñas, y el medio rural; al mismo tiempo, se privilegió el desarrollo de los grandes aprovechamientos hidroeléctricos. Este periodo forma parte de la etapa 3 de la industria.

La cuarta etapa inicia en 1960 con la nacionalización de la industria. Se acelera el proceso de electrificación y se facilita el aprovechamiento de economías de escala en generación, acompañado por el desarrollo de la red nacional de transmisión. Durante los años 60 se llevó a cabo la consolidación de los activos de la industria y comenzó la integración de la red nacional de transmisión.

Gradualmente fueron interconectados los sistemas eléctricos regionales: 1) sistemas occidental y oriental en los años sesenta; 2) los dos anteriores con el sistema central en la primera mitad de los setenta; 3) los sistemas norte y noreste a principios de los setenta; 4) los sistemas norte y sur en 1978, y 5) el sistema sur y la península de Yucatán en los años ochenta.

En la década de los 70 se desarrolló ingeniería estandarizada para las termoeléctricas a vapor, que fueron la base del sistema de generación durante los siguientes veinte años, y se impulsó la diversificación de energéticos, dando lugar a importantes proyectos hidroeléctricos, carboeléctricos, nucleares y geotérmicos.

En 1985 se iniciaron proyectos de generación en la modalidad de arrendamiento, que por más de diez años constituyeron la principal fuente de

financiamiento para la expansión del sistema de generación y posteriormente de la transmisión.

En este periodo, las actividades de ingeniería y construcción fueron gradualmente desplazadas; muchos recursos humanos especializados salieron del organismo, principalmente hacia las empresas privadas de ingeniería y construcción; quienes permanecieron en la CFE han estado subutilizados. Actualmente 95% de la población tiene acceso al servicio eléctrico. La red nacional de transmisión, que cubre 27 estados y el Distrito Federal, está constituida en lo fundamental. Por razones técnicas, el sistema Sonora-Sinaloa opera separado del resto del país y hay dos pequeños sistemas independientes en Baja California. El del norte de Baja California está interconectado a los sistemas occidentales de EU y Canadá y, desde 1986, opera sincronizado con éstos.

Tecnologías para la industria eléctrica Las tecnologías de generación pueden ser de base, de carga intermedia, y de punta La energía eléctrica no se puede almacenar, se produce en el momento que se demanda. Cuando aumenta el nivel de demanda a lo largo del día, distintas plantas entran en operación o aumentan su nivel de carga; asimismo, cuando la demanda se reduce, varias plantas disminuyen su nivel de operación y otras dejan de operar.

Los sistemas eléctricos cuentan con diversas tecnologías de generación.

Algunas están diseñadas para operar con un régimen permanente a plena carga (las nucleares y geotérmicas); otras plantas se diseñan para variar su régimen de carga y se les denomina de carga intermedia (plantas de vapor con combustibles fósiles) y otras más son de arranque y paro rápido, diseñadas para operar en horas punta (turbinas a gas y algunas hidroeléctricas).

En todos los sistemas eléctricos, y bajo cualquier esquema de organización, las diversas tecnologías de generación compiten entre sí, de acuerdo con las proporciones relativas de sus costos de inversión y de operación.

Las plantas de base suelen presentar elevados costos de inversión y bajos de operación; en el extremo opuesto, los costos de las plantas de punta son a menudo bajos en la inversión y elevados en la operación.

La generación es un mercado natural; la competitividad de los distintos medios de generación cambia con frecuencia, con movimientos relativos en los precios de los energéticos primarios. Es, sin embargo, un mercado que opera con controles muy particulares, debido a sus características técnicas. Estos hechos conviene relatarlos pues volveremos a ellos.

El equilibrio entre economía y requerimientos técnicos determina la mezcla óptima de medios de generación en un sistema eléctrico.

Algunas tecnologías de generación, como la nuclear y las grandes hidroeléctricas, se caracterizan por sus muy elevados costos de inversión.

Estas tecnologías son competitivas (o lo fueron en su momento) gracias a sus bajos costos de operación, pero han requerido financiamiento o apoyo de políticas públicas para desarrollarse; por ello su aprovechamiento frecuentemente se acompaña de una participación más activa del gobierno. Durante los años 80 y 90 se presentaron avances sustanciales en la tecnología de las turbinas a gas. Estas pueden operar por sí solas, como unidades de punta o en combinación con módulos de vapor, constituyendo los llamados ciclos combinados, los cuales son adecuados para operar en la base o con cargas intermedias.

Estas plantas presentan costos de inversión, y a menudo también costos de operación, inferiores a los de tecnologías alternas; son de menor tamaño, sus plazos de construcción son más breves y su fabricación es modular.⁴ Mayores eficiencias térmicas y menos emisiones contaminantes, son ventajas adicionales que caracterizan a esta tecnología.

Todas estas ventajas han determinado que, desde hace más de diez años, los ciclos combinados y las turbinas a gas sean las tecnologías más atractivas para la industria eléctrica mundial. Adicionalmente, su éxito ha hecho posible que muchos inversionistas participen en una actividad antes restringida a las grandes empresas eléctricas. Esta innovación tecnológica da sustento a la revolución que se vive en la industria eléctrica mundial.

Futuras tecnologías para generación Varios fabricantes trabajan en el desarrollo de versiones mejoradas de las turbinas a gas y los ciclos combinados.

Una preocupación importante en la industria eléctrica es la dependencia de un solo energético, por ello, otra línea principal de desarrollo tecnológico se refiere a procesos de gasificación que permiten transformar combustibles sólidos o líquidos, generalmente de mala calidad, en gas sintético para su uso en turbinas a gas y ciclos combinados. Las calderas de lecho fluido son una tecnología alterna para el aprovechamiento de combustibles de mala calidad. El carbón, los residuos de la refinación del petróleo y la biomasa son los combustibles más comunes en procesos de gasificación y en calderas de lecho fluido. De particular relevancia para México es el posible aprovechamiento de los residuos de la refinación del petróleo, por alguno de estos métodos, con el doble fin de apoyar la diversificación de energéticos y disponer de dichos residuos.

En Estados Unidos, Europa y Japón, se han desarrollado diseños avanzados de plantas nucleares, los cuales cuentan con la aprobación de los reguladores nucleares correspondientes. Sin embargo, excepto por Francia, Japón y Corea del Sur, hace muchos años que no se construyen estas plantas. Sus problemas principales son: opinión pública adversa, elevados costos de capital,

incertidumbre asociada al manejo de desechos radiactivos y a los costos del desmantelamiento de las plantas al final de su vida útil.

La generación distribuida se refiere a la producción de electricidad para dar servicio a cargas específicas, como se hacía en los orígenes de la industria hace más de cien años. Estos proyectos son rentables cuando sus costos son inferiores a los costos totales de suministro del servicio eléctrico, incluyendo las redes de transmisión y distribución. Las tecnologías aplicables son las turbinas a gas de baja capacidad,⁵ los motores de combustión interna, las celdas de combustible y varias modalidades de energías renovables:⁶ minihidroeléctricas, eólicas, fotovoltaicas.

Las aplicaciones principales de la generación distribuida son la cogeneración, los servicios de respaldo para emergencias, la energía de alta calidad y confiabilidad, la electrificación rural.

Las innovaciones tecnológicas en generación, incluyendo modelos nucleares avanzados tienen un denominador común: son plantas pequeñas y medianas, que buscan competir con la tecnología de vanguardia.

Hay indicios de que la industria eléctrica evoluciona hacia un mayor uso de la generación distribuida. En el año 2000, a nivel mundial, 10% de la capacidad instalada consistió en generación distribuida.

En un plazo mucho más prolongado, el ciclo evolutivo de la industria eléctrica se asemeja al que han seguido otras actividades como la computación y la telefonía: crecimiento, integración de sistemas complejos, consolidación, desintegración en unidades individuales.

El ciclo y el plazo se parecen más a los del transporte terrestre.

Tecnologías de transmisión y distribución La electrónica de potencia constituye el avance tecnológico principal en este segmento de la industria.

Mediante componentes electrónicos se mejora el control de voltaje y frecuencia en las redes, se desarrollan nuevos elementos para la compensación de reactivos y se reducen costos de estaciones de interconexión en corriente directa. Además, en 1998 se inauguró el primer controlador de flujos de potencia,⁸ en Estados Unidos; la eventual comercialización de esta tecnología podría transformar radicalmente la manera de operar las redes de transmisión.

Otros avances tecnológicos interesantes comprenden el uso de conductores aislados en líneas de alto voltaje, las torres de transmisión hechas de compuestos plásticos, y el monitoreo y control remoto de subestaciones.

También se trabaja en el desarrollo de cables superconductores.

Estas innovaciones contribuyen a reducir costos y mejorar la confiabilidad y calidad del servicio.

Modelos de reforma de la industria eléctrica Hay cuatro tipos de modelos, de acuerdo con la estructura de la generación: 1) monopolio de generación (un

solo productor); 2) monopsonio de generación (un solo comprador); 3) mercado de energía al mayoreo, y 4) mercado de energía al menudeo. El cambio tecnológico iniciado a principios de los años noventa facilita el financiamiento, la construcción y la operación de plantas generadoras independientes.

Este cambio tecnológico, a diferencia de los ocurridos en los primeros cien años de la industria eléctrica, propicia la segmentación de las actividades productivas que la integran.

El cambio fundamental se da en la generación de energía eléctrica. La primera experiencia con la separación estructural de la generación dio inicio hace 20 años, en Chile; no obstante, este cambio no tuvo repercusiones en otros países, la tecnología no estaba disponible para apoyarlo.

En marzo de 1990 se pone en marcha la reestructuración de la industria eléctrica en Inglaterra, la cual es impulsada por la innovación tecnológica de los ciclos combinados. En años subsecuentes se reestructura la industria en otros países, que busca diversificar las fuentes de financiamiento de la industria eléctrica y acelerar el aprovechamiento de la nueva tecnología, para capturar las economías que se derivan de ella.

Actualmente se pueden caracterizar cuatro modelos de organización de la industria, en relación con las actividades de generación.

Modelo 1. Monopolio de generación. Se trata de la industria tradicional con el monopolio integrado vertical y horizontalmente. En este tipo de modelo no ha habido cambios.⁹ Modelo 2. Monopsonio de generación. Participan muchos generadores, pero se mantiene la unidad del sistema eléctrico en transmisión, distribución y ventas, por medio de un monopolio que es responsable del servicio eléctrico. Los generadores independientes venden su energía íntegramente al monopolio, mediante contratos de largo plazo.

La industria eléctrica de México está organizada de acuerdo con el modelo 2; la base jurídica para ello la proporciona la ley reformada en 1992. El primer productor independiente inició operaciones en 2000; a diciembre de 2001 se habían otorgado permisos para instalar una capacidad agregada de 7 619 mw de producción independiente.¹⁰ Este modelo permite atraer capital privado para apoyar la expansión de la capacidad de generación. Sin embargo, para financiar los proyectos, se requieren contratos de largo plazo en los cuales la CFE garantiza su cumplimiento y absorbe casi todo el riesgo del proyecto durante plazos demasiado largos. En última instancia, los financiamientos son deuda pública; desde la perspectiva financiera este modelo es un paliativo, pero no una solución.

Adicionalmente, hay señales de que el esquema no es sostenible en el largo plazo: en las licitaciones va disminuyendo el número de participantes; el nivel

de endeudamiento de la CFE se incrementa rápidamente; el servicio de deuda asociado se proyecta con montos elevados; la CFE acumula compromisos de compra-venta que disminuyen sus márgenes de maniobra en la operación del sistema eléctrico y en la selección de tecnologías y combustibles.

El modelo 2 es un modelo de transición.

Modelo 3. Mercado de energía al mayoreo. Es el modelo adoptado por la mayoría de los países que han reestructurado su industria eléctrica. Se establece un mercado de compra-venta de energía en el que participan, por el lado de la oferta, cada planta generadora conectada al sistema eléctrico; por el lado de la demanda, las empresas distribuidoras y los usuarios mayores, conectados en niveles de voltaje altos y medios.

Este esquema de organización es compatible con la operación del despacho eléctrico, es decir, con las características técnicas de la generación de energía. Por ello, cuando el avance tecnológico facilita la participación de muchos generadores, hay una evolución natural hacia los mercados eléctricos.

Las condiciones mínimas para la operación de este modelo son: toda la generación, excepto la de autoconsumo, se vende en el mercado eléctrico, el cual opera con precios spot.

Condiciones de competencia efectiva en oferta y demanda, lo cual implica que en cada región eléctrica relevante debe haber un número suficiente de empresas generadoras para evitar actos de poder de mercado, en detrimento de la competencia.

El monopolio dominante es incompatible con el mercado eléctrico. Por el lado de la demanda debe haber un número suficiente de usuarios finales participando en el mercado.

La demanda y la oferta responden a variaciones en el precio spot.

Se imponen limitaciones a la integración vertical.

Prefiero que los límites sean casi absolutos: quien genera no debe transmitir ni distribuir.¹¹ Equidad en el acceso a las instalaciones esenciales.

Se permite la participación de comercializadores.

Las distribuidoras mantienen el monopolio en el suministro de energía a los usuarios medianos y chicos que no participan en el mercado. El regulador aprueba las tarifas de venta al público.

Con el modelo 3 se pueden alcanzar los beneficios de la competencia en generación. Sin embargo, el problema principal ha sido el de los contratos mediante los cuales las distribuidoras compran la energía. Estos contratos son difíciles de supervisar por parte del regulador y susceptibles de corrupción.

Una solución ha consistido en que las distribuidoras compren parte de su energía en el mercado spot y el resto en subastas públicas.

Modelo 4. Mercado de energía al menudeo. Este modelo es una extensión del

anterior, en el cual todos agosto 2003 Este País 9 los usuarios participan en el mercado eléctrico, con lo que se eliminan los problemas de los contratos presentes en el modelo 3.

Este modelo requiere un nivel elevado de inversión en equipos de medición y sistemas de información, y la preparación de millones de usuarios para participar en el mercado. No es un modelo apto para países en desarrollo que se caracterizan por un consumo de baja tensión con bajos niveles de consumo, que difícilmente pueden cubrir los costos de medición Hay poca experiencia con el modelo 4. Actualmente se está implantando gradualmente en varios países en que ya opera el modelo 3: Inglaterra, Nueva Zelanda, Australia, Noruega, Suecia y España.

Sus proponentes esperan que el modelo 4 conduzca a mercados eléctricos más competitivos y a mercados financieros más amplios y con mayor liquidez que faciliten el financiamiento de las inversiones.

Las redes de transmisión y el despacho eléctrico Tres modelos de organización: el monopolio; la red de transmisión y operación del sistema integrados, y la red de transmisión con independencia en la operación del sistema.

Las plantas generadoras son separables; si una planta va a mantenimiento o se descompone, otras pueden generar en su lugar.

Las redes de distribución operan a niveles de voltaje medios y bajos, y sus flujos son predominantemente unidireccionales, la energía fluye desde las subestaciones que interconectan con la red de transmisión, hacia los usuarios finales. Hay redes de distribución separadas para atender a diversas regiones; cada red de distribución es independiente de las demás.

En contraste, la red de transmisión maneja toda la energía del sistema eléctrico, en niveles altos de tensión y a grandes distancias.

La red de transmisión es elemento fundamental de un sistema eléctrico.

Los problemas de confiabilidad en un sistema eléctrico casi siempre son problemas de transmisión. En generación las insuficiencias a menudo son predecibles y controlables;¹² en cambio, en transmisión las contingencias ocurren de manera inesperada y se pueden propagar rápidamente.

Los flujos de energía en la red siguen reglas físicas por lo cual no se puede decidir a dónde enviar la energía generada por una planta en particular. Como la energía no se puede almacenar, constantemente cambian los flujos en las líneas y subestaciones de la red de transmisión y, a menudo, se invierte su dirección. Todos los componentes de la red se relacionan entre sí; una falla en un elemento del sistema induce cambios que pueden ser importantes en los flujos resultantes. Muchos elementos críticos de una red operan a sus límites de capacidad.

El operador del sistema tiene a su cargo asegurar la estabilidad del sistema eléctrico, suministrando la energía demandada en cada momento con las mejores condiciones de calidad, confiabilidad y economía. Para ello, realiza el despacho económico óptimo de las plantas generadoras, opera las redes de transmisión y coordina los mantenimientos en generación y transmisión. La operación de la red de transmisión requiere de un control central al cual quedan subordinados todos los elementos del sistema eléctrico. El operador del sistema cuenta con módulos de control automático especializados y sus decisiones son inapelables.

Los sistemas eléctricos se benefician de las interconexiones con áreas adyacentes porque gracias a ellas se aprovecha la diversidad de la demanda en las distintas áreas y de la incidencia de fallas en sus equipos; se comparte la reserva de generación; se coordinan los programas de mantenimiento y se optiman los programas de generación. Sin embargo, las interconexiones aumentan la complejidad en el manejo de la red.

La red de transmisión es un monopolio natural.

Importantes problemas se han derivado, con o sin reformas eléctricas, cuando varias empresas son propietarias de segmentos de una red de transmisión. Esto se debe a la dificultad para determinar los impactos de carácter económico que lo ocurrido en una parte de la red tienen sobre otra parte de la misma red.

Asimismo, los operadores de los distintos propietarios deben coordinarse permanentemente; la operación se vuelve más compleja.

En situaciones de emergencia, el operador toma acciones como efectuar cortes de carga controlados, a fin de evitar que una inestabilidad se propague y pueda resultar en una falla de mayor magnitud. Si la red es propiedad de varias empresas, se presentan conflictos entre los objetivos comerciales y los objetivos de confiabilidad de la red.

La expansión de la red es un problema que no se ha resuelto satisfactoriamente en los esquemas de organización que permiten a varias empresas efectuar inversiones en obras nuevas en la red de transmisión. Se presentan situaciones en las que un participante puede beneficiarse, a costa de perjudicar a otros propietarios y, más importante aun, a los usuarios.

En síntesis, la red se debe diseñar, ampliar, operar y mantener como una unidad. Esta es una propiedad vigente en México,¹³ la cual conviene conservar. En la nueva industria eléctrica mundial hay tres modelos de organización de las redes de transmisión.

Modelo 1: monopolio con integración vertical.¹⁴ Una sola empresa genera electricidad y es propietaria de la red de transmisión; es responsable de su diseño, expansión, operación, y mantenimiento.

En rigor, México tiene este modelo de organización.

Aun cuando LFC es propietaria de unas cuantas líneas de transmisión, la operación de las mismas es responsabilidad de CFE, por medio del Cenace, que también coordina los programas de mantenimiento de la red de LFC. La CFE formula los programas de expansión de los tres sistemas de transmisión: Sistema Interconectado Nacional, Sistema Baja California Sur y Sistema Baja California.¹⁵ También se utiliza este modelo en Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Japón y Portugal. Francia maneja la transmisión por medio de una empresa separada, GRT, que es filial de la empresa generadora predominante.

Modelo 2: empresa de transmisión.¹⁶ Se separa la transmisión en una empresa independiente, que no participa en actividades de generación o distribución. Sin embargo, la empresa de transmisión retiene todas las atribuciones relacionadas con la red: planificación, expansión, operación y mantenimiento. Es el modelo de organización elegido por la mayoría de los países que han reestructurado su industria en las últimas décadas. El modelo se aplica en España, Holanda, Inglaterra, Noruega, Nueva Zelanda y Suecia. Cuando la definición relevante de una red de transmisión rebasa las fronteras nacionales, es importante homologar estándares de confiabilidad y regulatorios aplicables a las interconexiones internacionales. Estados Unidos cuenta con cuatro grandes sistemas eléctricos, dos de ellos internacionales: el occidental (que comprende Baja California y las regiones occidentales de Canadá y EU), el oriental (regiones de Canadá y EU), Texas y el sistema interconectado de México.

En el modelo 2, cuando hay varios propietarios, es necesario designar un operador principal del sistema, al cual quedan subordinados los operadores de los subsistemas que lo componen. Los protocolos de operación y los estándares de diseño y protecciones son homologados. Se coordinan los mantenimientos y los programas de expansión. En el caso de Estados Unidos desde fines de los años sesenta existen Consejos Regionales de Confiabilidad,¹⁷ responsables de coordinar las acciones de los operadores de los distintos subsistemas eléctricos y la planificación conjunta de las redes.

Modelo 3: red de transmisión con independencia en la operación del sistema.¹⁸ En este modelo hay una o varias empresas propietarias de la red de transmisión y un operador del sistema eléctrico, que es independiente de los propietarios de la red. El operador del sistema se hace cargo de la planificación y de la operación, además de coordinar los mantenimientos. Es un esquema de organización que entraña mayores esfuerzos para coordinar las responsabilidades y acciones del operador del sistema eléctrico y el propietario de la red.

El modelo 3 es una solución cuando, al establecer un mercado eléctrico, se autoriza a la red de transmisión a mantener activos de generación. En estas

condiciones el operador del sistema no puede ser parte interesada, por lo cual se establece el operador independiente. Este modelo de organización se aplica actualmente en Italia y en algunas regiones (subsistemas) de Estados Unidos. Regulación de la industria eléctrica De acuerdo con la evolución histórica de la industria, diversos países fueron desarrollando sistemas de regulación (marco jurídico e instituciones) que iniciaron a nivel municipal. Esto ocurrió durante la segunda etapa de la evolución de la industria. Posteriormente, con el inicio de las redes de transmisión se establecieron sistemas de regulación a nivel estatal. Hoy, ésta es la forma de organización de la regulación que predomina en Estados Unidos, Canadá y Alemania.

La consolidación de las grandes redes de transmisión condujo a la regulación a nivel nacional y, en varios casos, a nivel internacional.

En muchos países subsisten varios niveles de regulación; por ejemplo, en Estados Unidos, convive el sistema de regulación federal con los estatales. El primero se encarga, esencialmente, de las actividades interestatales, mientras que los segundos regulan las actividades intraestatales. Este sistema de organización con regulación en varios niveles ha conducido a muchos problemas debido a las interacciones estrechas e instantáneas en los elementos de un sistema eléctrico.

Por otra parte, los ordenamientos jurídicos de las distintas instancias con frecuencia se traslapan y se contraponen.

Además, en ocasiones hay vacíos regulatorios derivados de la ambigüedad de las circunstancias. Se diluyen las fronteras de responsabilidad entre autoridades; es incierta y controvertible su habilidad para resolver problemas o dirimir controversias. Todo ello ha resultado en ineficiencias y, en el caso particular de California, fue uno de los factores que contribuyeron a la crisis. Actualmente, el Congreso de Estados Unidos examina varias propuestas que transfieren mayor autoridad y responsabilidad al regulador federal con el propósito de evitar, o al menos reducir, estos problemas.

En la Unión Europea y en otros grupos de países cuyos sistemas eléctricos tienen un alto grado de integración ha sido necesario armonizar los sistemas regulatorios y establecer procedimientos internacionales de operación. En algunos casos, se han instituido órganos internacionales que coordinan o conducen la operación de los sistemas eléctricos interconectados.

Los países con regulación unificada a nivel nacional lo han hecho mejor y con menor grado de complejidad.

Financiamiento del sector eléctrico El instrumento fundamental de política para mantener finanzas sanas consiste en disponer de tarifas eléctricas que recuperen los ingresos requeridos por las empresas eléctricas. La eficiencia económica es función de la estructura de las tarifas y aumenta en la medida

que dichas estructuras reflejan los costos de suministro.

Entre 1960 y 1973 no se aumentaron las tarifas; no obstante, hasta 1970 la inflación fue baja, los aumentos en productividad, por economías de escala, compensaron la inflación (aproximadamente 2% anual).

México mantuvo una política errónea en materia de tarifas eléctricas entre los años de 1970 y 1982. En ese periodo se concedieron subsidios indiscriminados y excesivos, prácticamente a la totalidad de los consumidores.

Aún persisten subsidios excesivos, dirigidos a los sectores residencial y agrícola.

Entre 1973 y 1982 se abusó del endeudamiento el cual se utilizó para financiar la inversión, pagar el servicio de la deuda e, incluso, en varios de esos años, para efectuar pagos del gasto corriente. Al final del periodo 90% de la deuda estaba denominada en divisas, por lo cual las devaluaciones de 1982 y 1983 llevaron a la CFE a una situación financiera precaria.

En 1986 el gobierno asumió casi la totalidad de la deuda de CFE. Entonces, para hacer las veces de pagos al capital propio y ajeno, se introdujo el concepto de aprovechamiento. Hubo varios aumentos reales a las tarifas en esos años, los cuales resultaron nugatorios ante la inflación elevada de 1987. A partir de 1983 la inversión propia de la CFE ha sido insuficiente para hacer frente al crecimiento de la demanda. En 1985 reiniciaron las inversiones privadas en la industria eléctrica de México, al incorporar los proyectos en la modalidad de arrendamiento. Esta forma de financiamiento de las inversiones fue la más importante hasta 1997.

Con ello, el país dio un primer paso para cambiar el modelo de estructura de la industria eléctrica monopólica establecido en 1960.

Las modificaciones a la ley de 1992 dieron paso al desarrollo de proyectos de producción independiente.

Desde 1997, casi toda la capacidad de generación se financia con capital privado, bajo esta modalidad.

Sin embargo, las garantías de gobierno que hacen posible esta forma de financiamiento implican que, en última instancia, constituyen deuda pública y, por lo tanto, merman la capacidad de endeudamiento del gobierno para otros fines.

Las modalidades adoptadas para el financiamiento privado de la inversión: arrendamientos (1985-97) y Pidiregas (desde 1996) difieren el problema financiero de la industria eléctrica pero no lo resuelven y no son sostenibles. Ambas modalidades de financiamiento han tenido un impacto beneficioso de mediano plazo en el flujo de agosto 2003 Este País 12 efectivo, reduciendo de manera importante el monto de las erogaciones anuales que la CFE debe realizar. Sin embargo, tanto los arrendamientos como los contratos con

productores independientes constituyen compromisos de largo plazo que hay que cumplir. Ambas modalidades implican pasivos que se deben pagar.

Algunas tarifas mejoraron a partir de 1988, con la introducción de tarifas horarias. Entre 1989 y 1992 se redujeron o eliminaron varios subsidios y se modernizaron las tarifas de voltajes medios y altos. Pero, entre 1993 y 1996 los subsidios aumentaron nuevamente.

En 2001 los subsidios otorgados por concepto de tarifas alcanzaron un monto superior a los 62 mil millones de pesos. Éste es, por mucho, el programa más amplio de subsidios del gobierno federal. Más de 60% del subsidio se canaliza a los usuarios residenciales, beneficiando a 95% de ellos.

Hoy, el endeudamiento de la CFE aumenta rápidamente a causa de los contratos firmados con los productores independientes y enfrenta servicios de deuda crecientes.

Este hecho no se detecta en los estados financieros debido al registro diferido de los pasivos que impone la normatividad de los proyectos Pidiregas.

El caso de LFC es crítico. La empresa está técnicamente quebrada, tiene adeudos con CFE, su productividad es muy baja, sus pérdidas en redes son sustanciales y sus costos muy elevados. Además del pago de los subsidios, requiere transferencias de recursos fiscales simplemente para sostenerse en la situación actual.

Hay otros problemas financieros en la CFE y LFC. Los fondos de pensiones no se han capitalizado; al cierre de 2001 el pasivo laboral de la CFE alcanzó los 81 mil millones de pesos. Debido a obsolescencia tecnológica y a la capitalización de mantenimientos, los activos están sobrevaluados. En el caso de CFE, el aprovechamiento no representa adecuadamente los costos indirectos del servicio; además, ha sido motivo de confusiones en el Congreso y ante la opinión pública.

Recapitulación Durante muchos años la CFE fue elemento fundamental del desarrollo económico del país, instrumento para la ampliación de la infraestructura básica, promotor y nicho de innovación tecnológica, y formador de recursos humanos especializados. La industria eléctrica caminaba a la vanguardia de la modernización del país.

Hoy la CFE está sometida a una normatividad excesiva que merma su capacidad de gestión; además, padece restricciones presupuestarias que impiden su modernización y crecimiento, congruente con el incremento de la demanda de electricidad.

El balance de la CFE sugiere que se trata de una empresa sana; sin embargo, sus ingresos propios son insuficientes, depende de los subsidios; sus pasivos laborales no están fondeados; su deuda aumenta a un ritmo elevado; sus activos están sobrevaluados. La tendencia no es sostenible.

Las redes de transmisión y distribución tienen un nivel de desarrollo insuficiente, hay obsolescencia tecnológica, líneas y subestaciones sobrecargadas, pérdidas elevadas de energía, interconexiones regionales con capacidad restringida, lo que se traduce en costos de operación elevados y en mayores incidencias de fallas.

Para los jóvenes preparados y talentosos, a diferencia de antaño, es poco atractivo hacer carrera en la CFE. En varios aspectos, la industria eléctrica va a la zaga de otras industrias; en ocasiones, es un obstáculo para el desarrollo del país.

Fueron los errores sostenidos durante muchos años en la política de tarifas y de endeudamiento el factor que más contribuyó a debilitar a la CFE. La corrección cabal de estas políticas es el principal instrumento para fortalecerla. La industria eléctrica es intensiva en capital; la racionalización de los subsidios permitirá sanear a la CFE y prepararla para corregir deficiencias que encierran sus estados financieros y para recuperar rezagos en sus inversiones. Sin embargo, en cualquier lugar del mundo, una industria eléctrica en que la demanda crece a 6% anual y la tecnología cambia sustancialmente, requiere inyecciones importantes de capital adicional,¹⁹ cada año, para crecer y modernizarse.

Conclusiones y recomendaciones La industria eléctrica mundial se encuentra en medio de una encrucijada de cambio tecnológico, regulatorio y estructural. En años recientes se han hecho muchos experimentos con la industria, de los cuales se pueden sacar algunas conclusiones.

- Los cambios de regulación y estructura, súbitos y profundos, entrañan mayores riesgos.
- La regulación, cuando se segmenta en varios niveles de autoridad, conduce a sistemas complejos y difíciles de administrar.
- La industria eléctrica puede ser eficiente y moderna prácticamente bajo cualquier esquema de organización de los aquí reseñados y con cualquier régimen de propiedad (pública o privada). En todos los casos se pueden encontrar ejemplos exitosos. También, en cualquier esquema, es viable encontrar fracasos.

El éxito de la industria eléctrica depende de varios factores clave. Algunos de ellos son: - El marco jurídico, promotor del progreso de la industria, orientado a impulsar, no a obstaculizar, la incorporación de los avances tecnológicos y el desarrollo de las estructuras de organización apropiadas a las nuevas tecnologías.²⁰ - El marco regulatorio, congruente, sencillo, transparente y no discriminatorio.

- Las instituciones reguladoras y empresas, competentes y eficaces.
- Las políticas financieras, sanas, en especial, con tarifas apegadas a costos.

Más allá de cualquier reforma, se recomienda adoptar medidas de política financiera que den salud y transparencia financiera a la CFE y la hagan sustentable. Estas medidas son: a) racionalización de los subsidios a las tarifas; b) fondeo de la reserva para pasivos laborales; c) establecimiento de compromisos de productividad; d) reevaluación de activos; e) adecuación de la estructura de capital, y f) incorporación al régimen del ISR.

Adicionalmente, la CFE requiere de un consejo de administración profesional y competente; formalización de la relación gobierno-empresa por medio de convenios de desempeño, y autonomía de gestión.

Recomiendo mantener las ventajas fundamentales que tiene la industria eléctrica de México: - La red de transmisión unificada en su régimen de propiedad, planificación, operación y mantenimiento.

- La regulación de la industria eléctrica a nivel federal, con líneas de autoridad y responsabilidad claras.

- Las atribuciones que tiene el gobierno federal para dictar medidas de emergencia y controlar variables clave en los sistemas eléctricos, en situaciones que lo ameriten.

- La capacidad de respuesta de la CFE, para hacer frente a situaciones de emergencia en el país.

En cuanto a la reforma de la industria, sugiero: - Definir un marco jurídico congruente, claro, predecible que, preservando el control de la industria en manos del Estado, aliente la inversión pública y privada, esta última sin que se requiera seguir otorgando garantías por parte del gobierno.

- Definir con claridad las atribuciones y obligaciones de cada una de las instituciones encargadas de la política, la regulación y la operación de la industria, y los ámbitos de competencia de cada participante.

- Formular un programa de transición gradual para la adopción de la nueva estructura orgánica, que incorpore avances paralelos en el marco jurídico, la conformación de las nuevas instituciones, el desarrollo de procedimientos y la capacitación del personal requerido ? 1 Carbón, petróleo, gas natural, esquistos bituminosos.

2 En México la demanda de electricidad ha crecido más que el PIB desde que se registran estas dos variables.

3 Cuando se lleva a cabo la unificación de frecuencias en el sistema central.

4 Hecha casi toda en fábricas; dejando solamente algunas tareas, como el ensamble y el montaje, para la obra en sitio.

5 Actualmente se desarrollan microturbinas.

6 Cuando la energía producida no es firme, como suele ocurrir con las fuentes renovables, suplementariamente se pueden instalar baterías para "almacenar" energía.

7 "Distributed Generation in Liberalized Electricity Markets", International Energy Agency, 2002.

8 Este dispositivo controla los tres parámetros básicos de un sistema de transmisión: voltaje, impedancia de línea y ángulo de fase.

9 Se trata de casos en los que la industria permanece estacionada en las etapas 3 y 4 de su evolución.

10 Muy pronto los productores independientes y los autoabastecedores tendrán, en conjunto, 20% de la capacidad instalada.

11 Hay excepciones que se justifican desde el punto de vista de confiabilidad de la operación. En particular, conviene que la red de transmisión, cuando es al mismo tiempo la encargada de la operación del despacho eléctrico y de la administración del mercado, sea propietaria de pequeñas unidades de punta (turbinas a gas) que en general operan muy pocas horas durante el año y que se utilizan solamente en momentos en que el margen de reserva operativo se estrecha demasiado.

12 Se puede reducir el voltaje o interrumpir algunos servicios, de manera controlada.

13 Con excepción de las líneas propiedad de LFC.

14 Este modelo de transmisión es compatible con los modelos 1 y 2 de generación, reseñados en la sección anterior.

15 Este último interconectado a los sistemas occidentales de Estados Unidos y Canadá.

16 Este modelo de transmisión es compatible con los modelos 3 y 4 de generación, reseñados en la sección anterior.

17 Integrados por los operadores de sistemas de las empresas propietarias de las redes.

18 Este modelo de transmisión es compatible con los modelos 3 y 4 de generación, reseñados en la sección anterior.

19 Sener, en la Prospectiva del sector eléctrico, 2001-2010, estima 68 mil millones de pesos de inversión cada año.

20 El mensaje es que hay una corriente establecida de avance tecnológico que definirá el futuro de la industria. Es preferible que vayamos con la corriente, con las precauciones y los controles adecuados, y que no tratemos de remar contra ella.

Ilustraciones: Juan Puga.

* El autor se ha desempeñado como subsecretario de Energía y subdirector de Programación de la CFE. Actualmente es director general de PETRELEC, firma de consultoría, investigación y análisis en energía.