

EVOLUCIÓN DE LOS MERCADOS ELECTRICOS EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL Y REGIONAL

Ing. ANDRÉS GONZÁLEZ ALVARENGA

FIUNA/VMME

PARAGUAY

1.1 Resumen

Históricamente la evolución mundial de los mercados eléctricos fue muy variada que estuvo acompañada por la industria de la energía eléctrica cuyo esquema básico se ha desarrollado desde hace más de 100 años divididos en cinco componentes: Generación, Transmisión, Distribución, Comercialización y Consumo, conformando un sistema eléctrico denominado en el caso paraguayo como SIN (Sistema Interconectado Nacional) que posiblemente puede ser considerado en un contexto general como el sistema más complejo que el ser humano ha podido desarrollar.

La operación de este sistema eléctrico de manera más económica posible es con el objetivo de lograr un equilibrio instantáneo de generación y carga. Esto se consigue operando el sistema con la mayor confiabilidad y seguridad posible y mejorando los aspectos económicos.

En los años 60 comenzó la aplicación de conceptos económicos a la industria eléctrica, a la vez que aumentó el tamaño mínimo eficiente de las centrales de generación y se completaron las redes de transporte y distribución en los países industrializados. El aumento de las economías de escala hizo que muchas pequeñas empresas eléctricas dejaran de ser rentables. Esto obligó a numerosos gobiernos a unir a las pequeñas compañías en una única compañía nacional con carácter de monopolio o, al menos, a crear varias compañías regionales de carácter monopolístico. Es decir, los gobiernos empezaron a considerar al sector eléctrico como un monopolio natural. Sin embargo en los 80s el objetivo era reducir costos e incrementar la innovación a través de la competencia.

En las últimas tres décadas la Industria Eléctrica a nivel mundial se ha transformado enormemente pasando de una estructura tradicionalmente propiedad del estado a una estructura con ambiente de mercado de libre competencia. El resultado de esta reestructuración hizo que en un mercado eléctrico se logren: Separar verticalmente las empresas (Generación, Transmisión, Distribución, Comercialización, Demanda), Desagregar y liberalizar el servicio de generación, Mantener los servicios de transmisión y distribución como un monopolio regulado, Dar acceso a los generadores sin actos discriminatorios a la red eléctrica, Desagregar y liberalizar el suministro (Venta), comenzando con los grandes clientes hasta el servicio doméstico.

Este trabajo expone la evolución mundial de la estructura organizacional de un Sistema Eléctrico y su relación con el desarrollo de los mercados eléctricos desde sus inicios hasta la actualidad. Se presentan los diferentes modelos de mercados eléctricos, las ventajas y desventajas de cada uno de ellos y los principales actores con sus funciones específicas en cada modelo de mercado. Además, los conceptos de liberalización de la industria eléctrica, sus componentes esenciales, objetivos, procesos para la liberalización, desagregación y desintegración vertical como fundamentos de la

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

reforma. Se evidencia la experiencia internacional de los países en la reestructuración de la industria eléctrica con el objetivo de crear un mercado justo y confiable para la competencia en la generación de electricidad. Los diseños de mercado eléctrico: Mercado de Corto Plazo, Mercado de Largo Plazo, Mercado de Energía, Mercado de Potencia, tipos de contratos. Los efectos de la integración de la Energía Renovable, Generación Distribuida (renovable) en la Calidad, Confiabilidad y Estabilidad del SIN. Microrredes: concepto, integración a los DMS, sus componentes, aplicación y finalmente algunas conclusiones

1.2 Palabras clave

Mercados Eléctricos, Monopolio, Competencia, Regulación, Generación, Comercialización, Confiabilidad, Seguridad, Contratos, Energía Renovable.

1. INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA ELECTRICA

1.1 Componentes de la Industria Eléctrica

La Red Eléctrica es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Está compuesta en primer término por las plantas generadoras que producen electricidad a través de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural) o a través de combustibles no fósiles (solar, eólica, nuclear, hidráulica), siendo transportada esa electricidad a través de líneas de transmisión a los centros de consumo que es reducida la tensión a través de subestaciones transformadoras para que las líneas de distribución pueda entregar la energía al consumidor final. [1]

Ahora bien, la industria eléctrica requiere de la Red Eléctrica que es el medio físico a través de la cual puede realizar las tres siguientes operaciones:

- a) **Generación de Electricidad:** La ubicación de las plantas generadoras presentan características diferentes tal es el caso de las hidroeléctricas que están localizadas cercas de la fuente de agua y alejadas de la población. Las centrales termoeléctricas sin embargo se pueden ubicarse en lugares estratégicos como próximos a vías de comunicación y redes eléctricas. La ubicación de las centrales eólicas está condicionada a los corredores de viento que lo limita a su proximidad a los centros de consumo. Las centrales solares deben ser la fuente de más diversidad en su ubicación a los centros de demanda.
- b) **Transmisión de Electricidad:** La red de transmisión generalmente transporta la energía desde las plantas generadoras a grandes distancias y a alta tensión que luego es distribuida hasta llegar al consumidor final. Estas redes requieren derechos de vía y propiedad que son las franjas de servidumbre.
- c) **Distribución de Electricidad:** La energía eléctrica que sale de las subestaciones lo hacen con menor tensión que de las líneas de transmisión para ingresar a una extensa red de distribución que distribuye esa energía para luego volver a bajar a la tensión de servicio requerido por el cliente en este caso el sector residencial, industrial o comercial.

1.1.1 Historia de la Red Eléctrica

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

Desde un principio la Red Eléctrica vinculada a la Segunda Revolución Industrial se ha convertido en un sistema aislado que servía a una determinada área geográfica para pasar luego a una red expansiva que incorpora múltiples áreas.

En un primer momento la producción de energía se realizaba en pequeños generadores hidráulicos que son las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) que abastecían el mercado próximo. Estas primeras centrales hidroeléctricas se instalaron aprovechando pequeños saltos de agua. Las centrales térmicas por entonces dependían del abastecimiento de carbón, y se situaron por ello inicialmente en áreas urbanas periféricas. [2]

Posteriormente, con la construcción de centrales térmicas más potentes y centrales hidroeléctricas de gran porte gracias a la economía de escala, se pasó de una distribución local a una de escala regional, y con ello la posibilidad de construir líneas de alta tensión de más de 100 kilómetros del punto de generación. Durante algún tiempo coexistieron redes separadas de empresas competidoras, pero durante los años 1920 se comenzaron a producir la integración regional de las distintas redes en algunos países.

Hacia 1930 se habían organizado ya sistemas eléctricos regionales integrados, y era posible pensar en una electrificación de todo el espacio, con la llegada de esta energía a pequeñas comunidades y áreas rurales. Entre los años 1930 a 1950, de acuerdo a cada país, se llegaría a establecer interconexiones regionales y a organizar redes estatales, lo que permitió la realización de intercambios energéticos que compensarían los déficits y excedentes en la demanda en unas y otras regiones. Finalmente, se producen las conexiones eléctricas más amplias, con la integración creciente en redes internacionales y los intercambios entre los sistemas de diferentes países, especialmente en Europa y los Estados Unidos.

2. MERCADOS ELÉCTRICOS

2.1 Definición y orígenes

El mercado es un ambiente donde vendedores y compradores determinan el precio de un producto o productos mediante algún tipo de interacción, tal como la comercialización o el intercambio entre ellos. En un Mercado Eléctrico los compradores son consumidores de electricidad, mientras que los vendedores son generadores y el producto comercializado es la electricidad. [3]

En los años 60 comenzó la aplicación de conceptos económicos a la industria eléctrica, a la vez que aumentó el tamaño mínimo eficiente de las centrales de generación y se completaron las redes de transporte y distribución en los países industrializados. El aumento de las economías de escala hizo que muchas pequeñas empresas eléctricas dejaran de ser rentables. Esto obligó a numerosos gobiernos a unir a las pequeñas compañías en una única compañía nacional con carácter de monopolio o, al menos, a crear varias compañías regionales de carácter monopolístico. Es decir, los gobiernos empezaron a considerar al sector eléctrico como un monopolio natural.

Aunque los modelos verticalmente integrados de los países desarrollados han funcionado razonablemente bien durante el siglo XX, siendo capaces de atender aumentos constantes y a veces espectaculares de la demanda; también es cierto que la ausencia de competencia ha provocado con

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

carácter general una cierta mentalidad de aversión al riesgo, excesos de inversión en capacidad para obtener mayores beneficios, politización de los procesos de inversión, etc. [4]

3. REESTRUCTURACIÓN DE LA INDUSTRIA ELECTRICA

La reestructuración de los sistemas eléctricos tiene como objetivo principal mantener altos niveles de confiabilidad que se logra a través de mecanismos de Mercado.

3.1 Los Resultados del Proceso de Reestructuración

En las últimas tres décadas la Industria Eléctrica a nivel mundial se ha transformado enormemente pasando de **Una Estructura Tradicionalmente de Propiedad del Estado a Un Ambiente de Mercado de Libre Competencia.**

El resultado de esta reestructuración es el desarrollo y establecimiento de un Mercado Eléctrico, con lo cual se logra:

1. Separar verticalmente las empresas (Generación, Transmisión, Distribución, Suministro)
2. Desagregar y liberalizar el servicio de generación
3. Mantener los servicios de transmisión y distribución como un monopolio regulado
4. Dar acceso a los generadores a la red eléctrica sin actitud discriminatoria
5. Desagregar y liberalizar el suministro, iniciando con los grandes clientes hasta el servicio doméstico.

La clave en la reestructuración del mercado es que los Generadores deben competir entre sí para suministrar electricidad a los consumidores y la transmisión y Distribución no están abiertas a la competencia debido a que son monopolio natural y las empresas que gozan del beneficio de este tipo de monopolio debe ser regulado.

3.2 Liberalización del Mercado Eléctrico

Se entiende por *liberalización* al proceso por el cual se pasa de una economía sujeta al control del Estado a una *economía de mercado*. En un mercado liberalizado, si bien se permite un número arbitrario de ofertas, puede ser regulado para proteger los derechos de los usuarios, especialmente para prevenir los oligopolios, garantizar precios máximos o calidad mínima.

Hay 3 componentes esenciales para la liberalización de la Industria Eléctrica:

1. **La reducción del papel del Estado**, en términos de propiedad, autoridad y control, soluciones prescriptivas y subsidio cruzado directo.
2. **Creación y mejora de la competencia** por la desregulación, desintegración vertical (desagregación), desintegración horizontal (desinversión) y el acceso regulado de terceros.
3. **El aumento de opciones para los consumidores** y la participación en la gestión de la demanda a corto y largo plazo y la responsabilidad de asegurar su energía.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

Finalmente algunos objetivos de la liberalización desde la perspectiva de la industria son:

- Introducir **competencia** en la generación
- Introducir **opciones** al cliente
- **Atraer inversión** privada
- Consolidar las **obligaciones de servicio universal**
- Promover la **integración de la red**
- Reducir la **deuda**

4. **MODELOS DE ORGANIZACIÓN DEL MERCADO ELÉCTRICO [5]**

a) **Modelo 1: Monopolio**

En este modelo no existe competencia ni capacidad de elección por parte del consumidor. Suele estar caracterizado por una única compañía vertical y horizontalmente integrada o por varias compañías verticalmente integradas con zonas de operación definidas. En los primeros tiempos del desarrollo de las infraestructuras eléctricas, era fácil comprender que las actividades de generación, transporte y distribución, íntimamente relacionadas entre sí, podían ser realizadas más eficientemente desde una estructura de monopolio.

Por otro lado, la inexistencia de competencia permitía ayudas y subsidios cruzados con los que el Estado podía realizar determinadas políticas, como financiar ciertas regiones de menor nivel económico, realizar inversiones que permitieran llevar el producto electricidad a las clases sociales menos favorecidas.

La principal crítica contra este modelo es la falta de incentivos a la mejora del servicio y la disminución de costes. En una estructura monopolística, la empresa, ya sea pública o privada, no corre ningún riesgo de perder clientes y sabe que sus costes, sean cuales sean, serán reconocidos, por lo que no tiene incentivos a disminuirlos.

b) **Modelo 2: Monopsonio**

Este modelo es conocido también como el modelo de comprador único (CU) y puede ser considerado como un primer paso hacia la liberalización. Un único comprador, típicamente la empresa eléctrica local, realiza las compras de energía a las centrales disponibles, de forma que sólo existe competencia en generación. El agente comprador actúa como un monopolio en las actividades de transporte y distribución, permaneciendo cautivos los consumidores finales.

En este modelo la generación se desarrolla en régimen de competencia, siendo posible la entrada de nuevos agentes con capacidad de inversión a la vez que los gobiernos pueden desarrollar las mismas políticas sociales que era posible obtener con el monopolio. Como desventaja puede señalarse las mismas como el del monopolio. En la práctica, cada generador independiente puede firmar contratos a largo plazo con el gobierno que estén indexados a los costes marginales de generación, lo cual no da incentivos a los generadores para reducir sus costes, ya que el riesgo de mercado y tecnológico

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

(posible entrada de una nueva tecnología que desplace a otra ya existente) es trasladado a los consumidores cautivos a través del CU.

c) Modelo 3: Competencia Mayorista y Minorista

Este modelo permite la competencia tanto en generación como en comercialización a consumidores finales, que no obstante, estos permanecen cautivos. Las comercializadoras a consumidores cautivos mantienen el carácter de monopolio local, pero ahora pueden comprar libremente a los generadores. Dicho mercado, gestionado por un nuevo agente llamado Operador del Mercado (OM), es el conocido en la literatura anglosajona como Power Exchange o Wholesale Market.

Dado que con este modelo las decisiones de inversión en generación se dejan al libre mercado, se mejora la eficiencia económica ya que el riesgo se transfiere desde el Estado a los inversores privados. Desaparece la obligación de los generadores de satisfacer ciertas políticas sociales, lo cual, por otra parte, es completamente lógico en un contexto de libre mercado.

d) Modelo 4: Libre Competencia en Todos los Niveles

Este modelo es similar al anterior, sólo que la competencia se ha introducido ya en todos los niveles del sector. Es habitual que la apertura del sector a la competencia sea gradual y que los últimos consumidores en tener capacidad de elección de suministrador sean también los de menor consumo. Un componente básico en este modelo es el libre acceso a las redes de transporte y distribución, bajo unas condiciones reguladas. En este modelo, como en el anterior, aparece la figura del Operador del Sistema y del Operador del Mercado.

5. MERCADOS DE ENERGIA EN: ARGENTINA, CHILE, BRASIL, URUGUAY [6]

- a) Chile:** Chile es conocido como el pionero en la reforma de la Industria Eléctrica. En los años 80's tenía una industria verticalmente integrada que se transformó a economía de mercado privatizada y desregulada. Se desarrolló un **mercado eléctrico mayorista** en el que la generación se abrió a la competencia.
- b) Argentina: Inició su reforma energética** como parte de una reforma económica más amplia, **a partir de 1990**. Se desagregaron y privatizaron las empresas públicas. Las empresas privadas pueden participar en la generación de electricidad, que está abierta a la competencia, mientras que transmisión y distribución todavía se tratan como monopolios regulados.
- c) Brasil:** Inició su reforma del sector eléctrico en 1996. Como resultado de la reestructuración, se desarrolló un mercado de energía mayorista, junto con el establecimiento de un operador de sistema independiente, el Operador Nacional de Sistemas Eléctricos (ONS), para facilitar la competencia.
- d) Uruguay:** En el año 1997 crea el mercado mayorista de electricidad y regula la participación de generadores de electricidad privados. El MIEM se encarga de la política energética. Se crea el enteregulador URSEA y el operador del mercado eléctrico ADME. Por último, la

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

actividad empresarial del Estado se limita a UTE. Además, establece el libre acceso a las redes de transmisión y distribución. Así como, la posibilidad, por parte de los generadores privados de celebrar contratos de suministros directamente con distribuidores y grandes consumidores.[7]

6. DISEÑO DE MERCADOS [8]

En lo general un Mercado Eléctrico puede clasificarse en dos tipos:

- **Mercado de energía:** energía producida en tiempo real
 - Contratos bilaterales (energía)
 - Corto plazo – mercado spot, al contado (Día en adelante, Hora en adelante, Tiempo real)
- **Mercado de capacidad:** disponibilidad de la máxima capacidad
 - Contratos bilaterales (potencia)
 - Mercado de (balance) de potencia

Ambos mercados son complementarios y estrechamente relacionados. Los mercados de capacidad son mejores que los mercados de energía para emitir señales de precio de largo plazo.

En el mercado de energía que es marginalista, el precio se fija por la última oferta más cara para cubrir la demanda. Por otro lado, en el mercado de capacidad se comercializa la potencia de un Generador, por su capacidad de generación, no por la energía que generará.

Las formas más comunes de comercio de electricidad son: Contratos bilaterales, Modelo power pool y Mercado power Exchange.

7. MERCADOS ELECTRICOS: PENETRACIÓN DE LAS ENERGIAS RENOVABLES [9]

El creciente protagonismo en el *mix* de generación de tecnologías de generación renovable de carácter intermitente, como la energía solar fotovoltaica o la energía eólica, ha reabierto el debate acerca de cuál es el diseño óptimo de los mercados de electricidad.

Para solventar los efectos de la generación intermitente se requieren proyectos de una red eléctrica inteligente que estén enfocados a: Flexibilidad de la red eléctrica, Flexibilidad de las Centrales Eléctricas, Control Automático Avanzado de Generación, Suficiencia en Márgenes de Reserva, Factibilidad de aplicación de fuentes de almacenamiento de energía.

La introducción de energías renovables a gran escala también aumenta los requerimientos de servicios complementarios como el control de tensión y frecuencia o la regulación secundaria para mantener la calidad del suministro eléctrico y reducir la probabilidad de desequilibrios de mayor calado entre oferta y demanda.

En general, todos estos efectos sobre el funcionamiento del mercado mayorista de energía eléctrica implican la necesidad de disponer de fuentes de flexibilidad con suficiente capacidad para integrar

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

las energías renovables de manera que no se vea afectada la seguridad y calidad del suministro eléctrico y se asegure un funcionamiento competitivo del mercado.

El requerimiento de flexibilidad en el sistema eléctrico continuará aumentando en el tiempo, al ir incrementándose el peso de las energías renovables de carácter intermitente en todos los sistemas eléctricos del mundo.

8. GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y MICRORREDES [10]

8.1 La **generación distribuida** o descentralizada es una parte fundamental en una Smart Grid/City, y consiste en la generación de energía eléctrica mediante pequeñas fuentes de generación, instaladas cerca del consumo. Típicamente interconectadas a las redes de distribución y de fuentes renovables o limpias.

La generación distribuida es una **opción económicamente viable** para:

- Clientes residenciales de alto consumo
- Pequeños y medianos negocios en baja y media tensión
- Clientes industriales en media y alta tensión
- Empresas de generación distribuida

El “**Net Metering**” o la Medición Neta es una forma de facturación en la que el consumidor genera y consume energía eléctrica en un mismo contrato de suministro.

El **Net Billing** Facturación Neta da derecho a los clientes regulados a instalar sus propios sistemas de autogeneración y vender sus excedentes a la red de distribución a un precio regulado, siempre que éstos sean medios de generación de energías renovables no convencionales o cogeneración eficiente.

8.2 Las **microredes** son sistemas tecnológicamente sofisticados, que incluyen **monitoreo y control, optimización de la oferta** entre varias fuentes de generación y **gestión de la demanda**. Soportan todas las cargas conectadas, ya sean domésticas, comerciales o industriales y pueden estar o no conectadas a la red. Además de que gestionan eficientemente los recursos energéticos, aumentan la seguridad y disponibilidad del suministro eléctrico.

9. CONCLUSIONES

En tiempos pasados la mayoría de los países en desarrollo tenían su mercado eléctrico caracterizado por un sector de electricidad manejado por una sola empresa nacional de electricidad que funcionaba como monopolio público. Esa estructura se basa en que la electricidad es un bien estratégico, de propiedad pública, donde la población tiene el derecho de recibir el servicio a precios bajos. Hoy día quedan pocos países que mantienen esa estructura, pues se ha visto que los mercados modernos basados en competencia presentan ventajas de eficiencia económica.

El paso de una estructura de mercado monopolio verticalmente integrada a otro de libre competencia podría pasar por distintos grados de liberalización a través de cuatro modelos de

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

organización que son: monopolio, monoposio, competencia mayorista y minorista y competencia total en todos los niveles.

Con la introducción de la competencia en los mercados eléctricos hace necesaria nuevas instituciones que no existían en el mercado tradicional como el caso de las funciones del Operador del Mercado, el Operador del Sistema y el Regulador.

Generalmente, para el diseño de los mercados eléctricos se clasifican en mercados eléctricos de energía y mercados eléctricos de potencia o capacidad. En el primer caso es la energía la que se comercializa y se basa en el concepto marginalista de precios. Sin embargo el segundo es la potencia del generador la que se negocia.

Se analiza las principales características de diversos modelos nacionales de industria eléctrica de países de la región con el propósito de entender tanto su organización como su mercado eléctrico. Es de destacar que Chile ha iniciado la liberalización de su mercado eléctrico ya en los años 80 seguido luego por Argentina, Brasil y Uruguay en los años 90.

Los avances en las tecnologías de generación renovable y las políticas para combatir los efectos del cambio climático están dando lugar a un crecimiento muy importante en el nivel de penetración de energías renovables no convencionales en el *mix* de generación de energía eléctrica tradicional. Por otro lado, está haciendo más compleja la operación de los sistemas eléctricos, que requieren cada vez con más frecuencia la participación de recursos energéticos flexibles (Centrales Hidroeléctricas y Térmicas) para garantizar la seguridad y fiabilidad del suministro eléctrico.

Por último, se analiza las características de la generación distribuida, su regulación y mecanismos de incentivos para su penetración al sistema eléctrico y también las ventajas de las microrredes.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Faye Steiner-OECD. Regulación, estructura industrial y desempeño en la industria eléctrica
- [2] Horacio Capel. Una Red Internacional para la Historia de la Electrificación y de las Consecuencias Espaciales de la Electricidad
- [3] Oscar Miranda Miranda. Curso Mercados Eléctricos_Sesión 3-CapevLac OLADE
- [4] Juan de la Cruz Ferrer, Prof. Jean Monnet. Bases para el Diseño de los Mercados Eléctricos
- [5] José Carlos Fernández Pérez. Analisis y Evaluación de Mercados Eléctricos Liberalizados a Escala Internacional
- [6] Oscar Miranda Miranda. Curso Mercados Eléctricos_Sesión 5-CapevLac OLADE
- [7] Ing. Rubén Chair. Mercado Eléctrico del Uruguay-Fundamentos y Proyecciones
- [8] Oscar Miranda Miranda. Curso Mercados Eléctricos_Sesión 6-CapevLac OLADE
- [9] Jorge Fernández Gómez. Mecanismo de Capacidad y Mercados de Electricidad
- [10] Oscar Miranda Miranda. Curso Mercados Eléctricos_Sesión 13-CapevLac OLADE



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24de Junio 2022
