

74
EDICIÓN

NOVIEMBRE 2017

REVISTA CIER

Sin fronteras para la energía

Edición especial dedicada a la

INTEGRACIÓN ENERGÉTICA



Redacción y Administración en Secretaría Ejecutiva de la CIER:

Blvr Artigas 1040 Montevideo, Uruguay

Tel: (+598) 27090611* / **Fax:** (+598) 27083193

Correo Electrónico: secier@cier.org

Consejo Editor:

Claudio Bulacio, Juan José Carrasco, Jessica Kaufman, Marisol Arias, Dimas Carranza y Alberto Pérez Morón.

Foto de portada: Yacyretá, Entidad Binacional entre Argentina y Paraguay, Gentileza EBY Argentina - CACIER

Web: www.cier.org



***Queda autorizada la reproducción total o parcial haciéndose mención de la fuente.**

Paraguay y su rol en la integración energética

Autores

MSc. Ing. Francisco Escudero Scavone, Jefe de División de Estudios Energéticos de la Dirección de Planificación y Estudios de la Administración Nacional de Electricidad ANDE.

Email: francisco_escudero@ande.gov.py

Ing. Manuel Cárdenas González, Asesor de la Dirección de Telemática de la Administración Nacional de Electricidad ANDE.

Email: manuel_cardenas@ande.gov.py

En ese contexto, el artículo muestra las capacidades actuales del sistema de transmisión del Paraguay, así como los planes y la expansión de su red de transmisión de 500 kV, actualmente en ejecución, para atender principalmente su demanda nacional, y a la vez permitirá la interconexión eléctrica de las centrales hidroeléctricas binacionales de Itaipú y Yacyretá.

Actualmente dichas centrales se encuentran operando en dos subsistemas eléctricamente separados, por lo que la interconexión eléctrica a través de una robusta red de transmisión en 500 kV posibilitará, además de la seguridad, confiabilidad, flexibilidad de la operación y el suministro del sistema eléctrico, el despacho óptimo de las centrales, considerándose también las oportunidades de intercambio de bloques de energía entre los países de la región.

Resumen

Este artículo ha sido elaborado para mostrar de manera resumida los antecedentes de las interconexiones eléctricas del Paraguay con los países vecinos, destacándolo como uno de los pioneros en la integración energética regional, inclusive antes de la concreción de los grandes proyectos de las centrales hidroeléctricas binacionales de Itaipú y Yacyretá, junto con la Central Hidroeléctrica de Acaray, de propiedad de la ANDE, las cuales lo sitúan como uno de los mayores productores de energía eléctrica renovable per cápita en el mundo, así como uno de los mayores países exportadores de su energía excedente en el mundo.

Introducción

La industria eléctrica es un sector transversal respecto a otros segmentos de la economía de una región o un país, por ello es concebido como el motor del desarrollo económico nacional y regional. Como tal, el aumento del consumo de energía eléctrica podría beneficiar al crecimiento y desarrollo económico del país y de la región; sin embargo, este crecimiento debe ser acompañado con una expansión sostenida de la capacidad de los Sistemas de Generación, Transmisión y Distribución.

A nivel mundial la industria eléctrica, con la reestructuración del Sistema de Transmisión de energía eléctrica, se ha convertido en la carretera comercial que posibilita la competencia entre generadores en un mercado competitivo, cumpliendo así, simultáneamente un rol de sustituto y complementario de la generación eléctrica. Sin embargo, las redes de transmisión existentes fueron originalmente diseñadas conforme a un rol distinto, para transportar grandes bloques de energía eléctrica desde los puntos de generación hacia los puntos de demanda final, operando según niveles pre-especificados de calidad y confiabilidad.

A seguir, se presenta un análisis a nivel general de las implicancias que tiene la expansión de las redes de transmisión en el Sistema Eléctrico Paraguayo, para atender el Mercado Eléctrico Nacional, en relación a las posibilidades de integración energética regional.

El enfoque propuesto es ilustrado en el análisis de los planes para la expansión de la red de transmisión de 500 kV del Sistema Interconectado Nacional Paraguayo (SINP), plasmado en el Plan Maestro de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) para el periodo 2016-2025 [1].

Antecedentes

Antes de la entrada en operación de las centrales hidroeléctricas binacionales de Itaipú con el Brasil en el año 1984, y de Yacyretá con la Argentina en el año de 1994, el Sistema Eléctrico Paraguayo, ya se encontraba interconectado con ambos países, exportando energía eléctrica excedente de la Central Hidroeléctrica Acaray de la Administración Nacional de Electricidad, regidos en general por contratos de interconexión, cooperación técnica recíproca y suministro de energía.

Con el Brasil se tuvieron dos Contratos con las siguientes empresas:

- Compañía Paranaense de Electricidad COPEL: Contrato de Interconexión y Abastecimiento de Energía Eléctrica suscrito en 1.969.
- Compañía de Energía de Mato Grosso del Sur (ENERSUL): Contrato de Suministro de Energía Eléctrica suscrito en 1.980.

Asimismo, con la Argentina se tiene un Convenio de Cooperación Recíproca e Interconexión de Electricidad entre ANDE y la Secretaría de Energía de la Argentina suscrito en 1.987. Hoy en día, representada por Emprendimientos Binacionales S.A. (EBISA), que regula las interconexiones con Energía de Misiones S.A. (EMSA) y Empresa Distribuidora de Electricidad de Formosa (EDEFOR).

En la **figura 1** se aprecia en el mapa del Paraguay las principales interconexiones regionales pasadas (inactivas) y actuales (activas) con los países limítrofes (Brasil y Argentina) fuera de los Tratados Binacionales así como sus respectivas capacidades en términos de potencia.

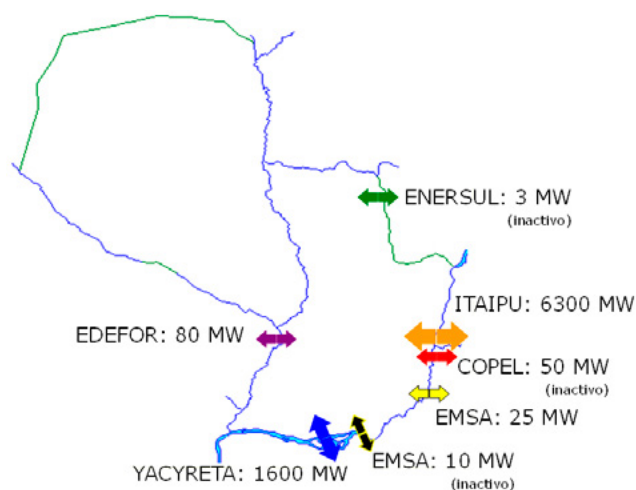


Figura 1. Interconexiones eléctricas activas e inactivas con Brasil y Argentina. Fuente: (ANDE)

En la **figura 2** se aprecia el volumen de la energía eléctrica exportada en los últimos 16 años de la Central Hidroeléctrica Acaray, en las tres principales interconexiones regionales del Paraguay con los países vecinos: COPEL, EMSA y EDEFOR.

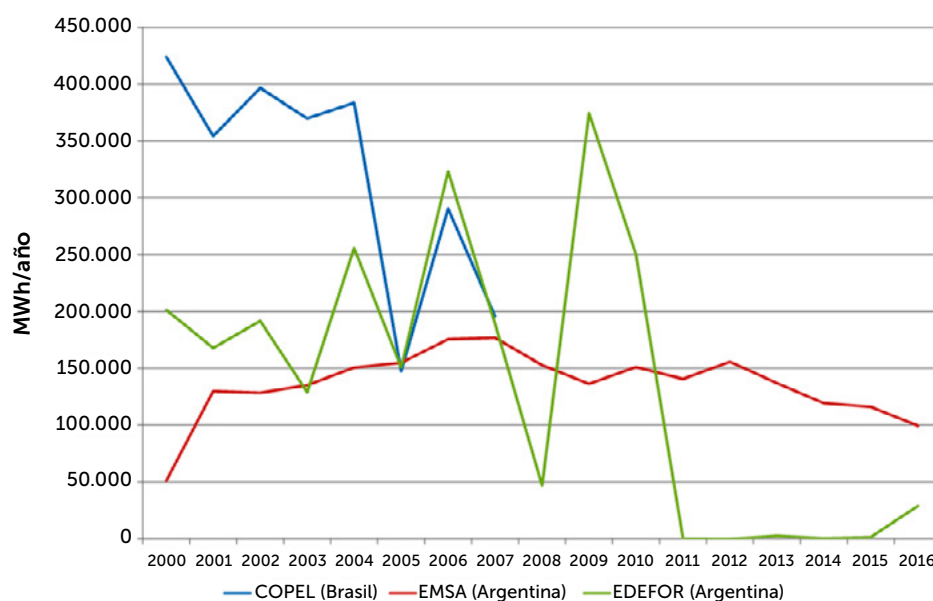


Figura 2. Interconexiones fuera de los Tratados Binacionales- Energía exportada a Brasil y Argentina. Fuente: (ANDE).

Las interconexiones regionales regidas bajo los Tratados Binacionales de Itaipú con el Brasil y Yacyretá con la Argentina respectivamente, ambos firmados en el año 1.973, presentan las siguientes principales características:

- Creación de entidades binacionales;
- Energía producida dividida en partes iguales, siendo reconocido a cada uno el derecho de adquisición de la energía que no sea utilizada para consumo propio por el otro;
- Compromiso de las partes de adquisición total de la producción;
- Adquisición de los servicios de electricidad a través de ANDE y ELETROBRAS, o ANDE y EBISA, o entidades por éstas indicadas;
- Precios fijados por los Tratados Binacionales; y
- En el caso de Itaipú, se ha establecido un Comité de Administración y Operación (CADOP), en cuyo seno se establecen las condiciones de los suministros, coordinando técnica, administrativa y comercialmente.

Las infraestructuras de interconexión existente de las Centrales Hidroeléctricas Binacionales con las respectivas empresas y/o sistemas eléctricos de ambos países, que pueden apreciarse en las figuras 3 y 4 siguientes, son:

- ITAIPU 50 Hz – Sistema Interconectado Nacional Paraguay (SINP): existen cuatro líneas en 500 kV de 2000 MVA cada una desde la Subestación de 500 kV de Itaipú Binacional a la Subestación Margen Derecha 500 kV y de ahí hasta la Subestación Foz de Iguazú de FURNAS, donde se encuentra instalado un convertidor de corriente alterna/continua (HVDC) de 6.300 MW. También se tiene la línea de transmisión de 500 kV Margen Derecha – Villa Hayes (345 km) en el Sistema Metropolitano de la ANDE.
- ITAIPU 60 Hz–Sistema Interconectado Nacional Brasileño (SINB): existen cuatro líneas en 500 kV de 2000 MVA cada una desde la Subestación de 500 kV de Itaipú Binacional a hasta la Subestación Foz de Iguazú 500 kV de FURNAS.
- YACYRETÁ–Sistema Interconectado Nacional Paraguay (SINP): Actualmente en servicio una línea de transmisión en 500 kV (LP1) para inter-

conexión a la Subestación Ayolas 500 kV (16 km). Se encuentra en construcción la segunda línea de transmisión en 500 kV Yacyretá – Ayolas (LP2), y la línea de transmisión en 500 kV Ayolas – Villa Hayes (348 km).

- **YACYRETÁ–Sistema Argentino de Interconexión (SADI):** tres líneas en 500 kV (LA1, LA2 y LA3) para interconexión a la Subestación Rincón Santa María 500 kV.

Como se aprecia, con la puesta en servicio de la segunda línea de transmisión de 500 kV desde la Central Hidroeléctrica de Yacyretá a la Subestación Ayolas 500 kV se completarán los sólidos vínculos del SINP a las centrales hidroeléctricas binacionales, permitiendo así

técnicamente el suministro del 50% de la capacidad de generación de cada una de ellas al SINP para la atención de la demanda local, así como para viabilizar intercambios de importantes bloques de energía regionales.

La capacidad de producción de energía eléctrica actual del país (próxima a 60.000 GWh/ año) se encuentra entre los primeros 50 países del mundo, siendo a su vez una de las mayores del mundo en cuanto a generación eléctrica por habitante (9.000 kWh por habitante) [2], y es utilizada en menos del 16 % por el Mercado Eléctrico Nacional, disponiendo de una capacidad instalada de generación que excede largamente sus necesidades (más de tres veces) como resultado de la construcción de centrales hidroeléctricas binacionales con Brasil y Argentina.

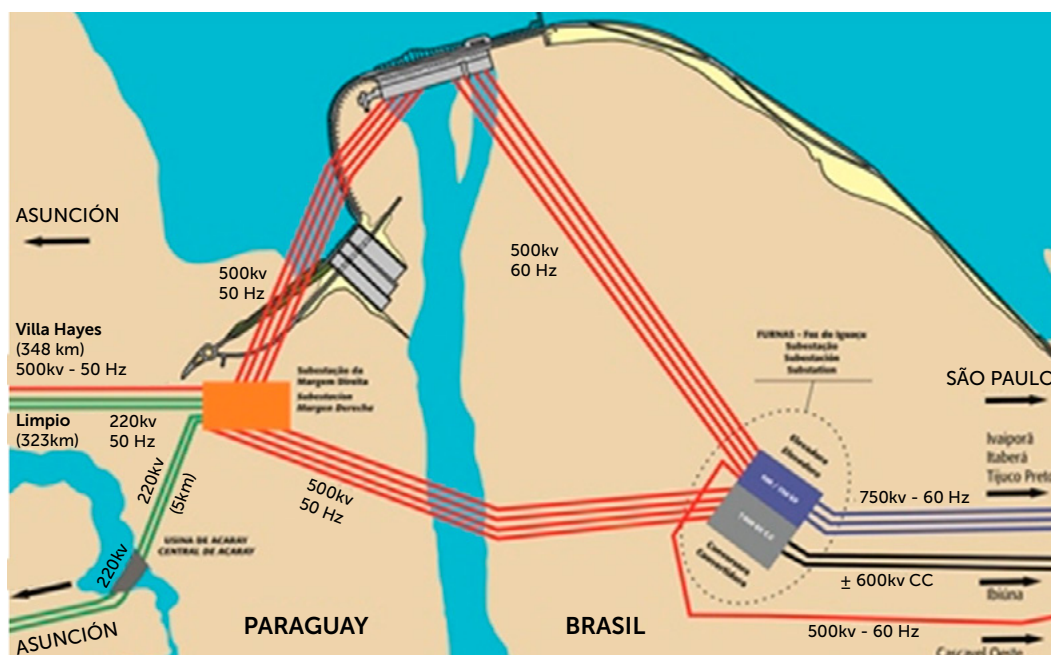


Figura 3. Interconexiones eléctricas de Itaipú Binacional con Paraguay y con Brasil. Fuente: (ITAIPÚ).

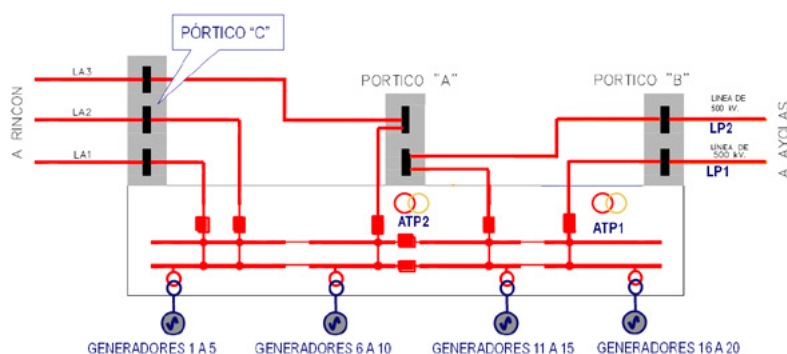


Figura 4. Interconexiones eléctricas de Itaipú Binacional con Paraguay y con Argentina. Fuente: (YACYRETÁ).

Asimismo, desde la puesta en producción de las centrales hidroeléctricas binacionales el Paraguay es uno de los principales países exportadores de energía en el mundo, ocupando el cuarto lugar después de Francia, Alemania y Canadá [3].

En la **figura 5** siguiente se pueden apreciar el volumen de energía exportada en los últimos 30 años a Brasil

y Argentina, en concepto de energía cedida, bajo los Tratados Binacionales en MW-medios.

En las **figuras 6 y 7** siguientes puede observarse el lugar que ocupa el Paraguay en los intercambios de energía entre los países de la región, constituyéndose el mayor exportador de energía de la región con una participación del orden del 93,1% del total de

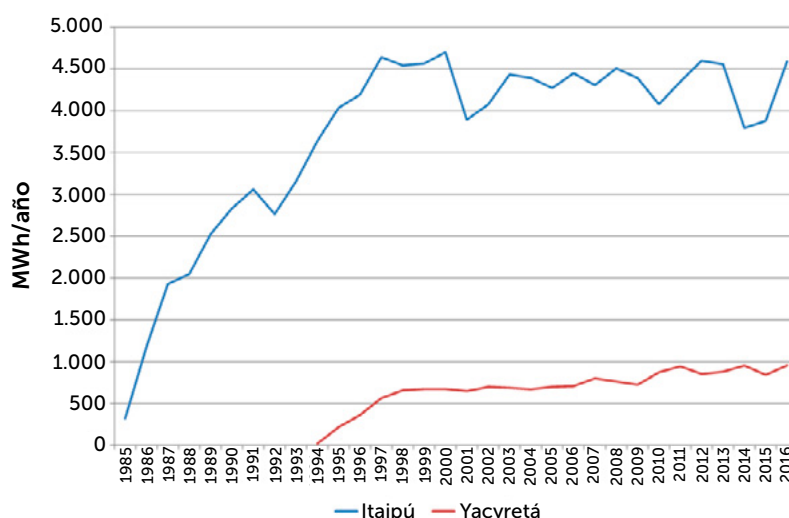


Figura 5. Interconexiones bajo los Tratados Binacionales -Energía cedida a Brasil y Argentina. Fuente: (ANDE).

IMPORTADOR	EXPORTADOR								Total Importaciones (GWh)
	Argentina	Brasil	Colombia	Ecuador	Paraguay	Perú	Uruguay	Venezuela	
Argentina	-	229	-	-	7.479	-	1.313	-	9.021
Brasil	56	-	-	-	33.971	-	7	913	34.947
Colombia	-	-	-	45	-	-	-	-	45
Ecuador	-	-	457	-	-	55	-	-	512
Uruguay	2	-	-	-	-	-	-	-	2
Venezuela	-	-	3	-	-	-	-	-	3
Total Exportaciones (GWh)	58	229	460	45	41.450	55	1.320	913	44.530

Figura 6. Intercambio de Energía entre países – Año 2015. Fuente: (CIER).

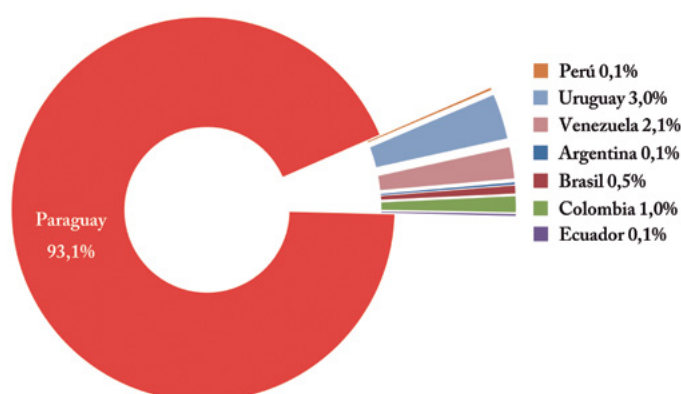


Figura 7. Participación por países en la exportación de energía eléctrica en América del Sur Año 2015. Fuente: (CIER).

la exportación de energía eléctrica en América del Sur [4].

En los últimos años se realizaron estudios y negociaciones con importantes avances en lo que respecta a la factibilidad técnica y comercial de intercambio de energía eléctrica a terceros países, es decir países que no tienen fronteras con el Paraguay, entre ellos se citan:

- El Intercambio de Energía con Chile entre los años 2008 y 2010, donde se analizó un posible swap de energía. Se proponía la entrega de hasta 200 MW, proveniente de la Central Hidroeléctrica Acaray, en la Central Hidroeléctrica de Yacyretá para retiro en la Provincia de Salta, a través del Sistema Argentino de Interconexión (SADI), pagándose los costos de transmisión asociados, la que a su vez estaba interconectada al SING (Sistema Interconectado del Norte Grande) en Chile.
- La venta de Energía a Uruguay en el año 2011, ANDE y UTE (Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas) firman una carta de intención, con vistas a un suministro de energía proveniente de la Central Hidroeléctrica Acaray al Uruguay, a través del SADI. A pesar de las dificultades técnicas y de contabilización, el principal condicionante constituía la posibilidad de considerar la energía como “en tránsito”, y no bajo el régimen de exportación e importación de energía eléctrica, por lo que no prosperó.
- Actualmente existe una Comisión Bilateral de Intercambio de Energía Paraguay – Chile, cuyo propósito es el análisis de propuestas y estrategias comunes que permitan lograr las mejores condiciones técnicas, operativas, económicas y comerciales para concretar el intercambio de energía entre dichos países, que vino realizando reuniones bilaterales durante el año 2016.

- Igualmente, se tiene suscrito un Memorandum de Entendimiento que crea una Comité Binacional de Integración Energética entre el Paraguay y el Uruguay.

Asimismo, en el año 2015 se suscribieron un Acuerdo Interinstitucional de Cooperación y Asistencia Recíproca entre la ANDE (Paraguay) y ENDE (Bolivia), y un Acuerdo Específico para la realización de Estudios Conjuntos en materia de interconexión eléctrica ENDE y la ANDE, que elaboraron conjuntamente los Términos de Referencia para la contratación de una consultoría que realice los estudios, y que actualmente se encuentra en tramitación.

Interconexión eléctrica ANDE – ITAIPU – YACYRETA en 500 kV

En relación a las perspectivas de interconexión de las centrales hidroeléctricas binacionales de Itaipú y Yacyretá así como del refuerzo de la red de transmisión de 500 kV del SINP, se tiene que la disponibilidad de una adecuada infraestructura de transmisión resulta fundamental para la ANDE, tanto para asegurar el suministro interno, con un despacho óptimo, así como para posibilitar mayores intercambios de energía eléctrica en la región, especialmente con los países vecinos.

La puesta en servicio de la línea de transmisión de 500 kV Margen Derecha – Villa Hayes constituyó un importante refuerzo al sistema, otorgándole cierta holgura en el corto plazo. La ANDE se encuentra impulsando la concreción de un ambicioso plan de obras de transmisión en 500 kV, en donde resalta la actual construcción de la línea de transmisión 500 kV Yacyretá–Ayolas–Villa Hayes como principal obra en los próximos años. El plan de expansión del sistema de transmisión contempla además una paulatina construcción de una fuerte red en 500 kV, como se aprecia en la **figura 8** [1].

REPUBLICA DEL PARAGUAY - MAPA ELECTRICO AÑO 2025

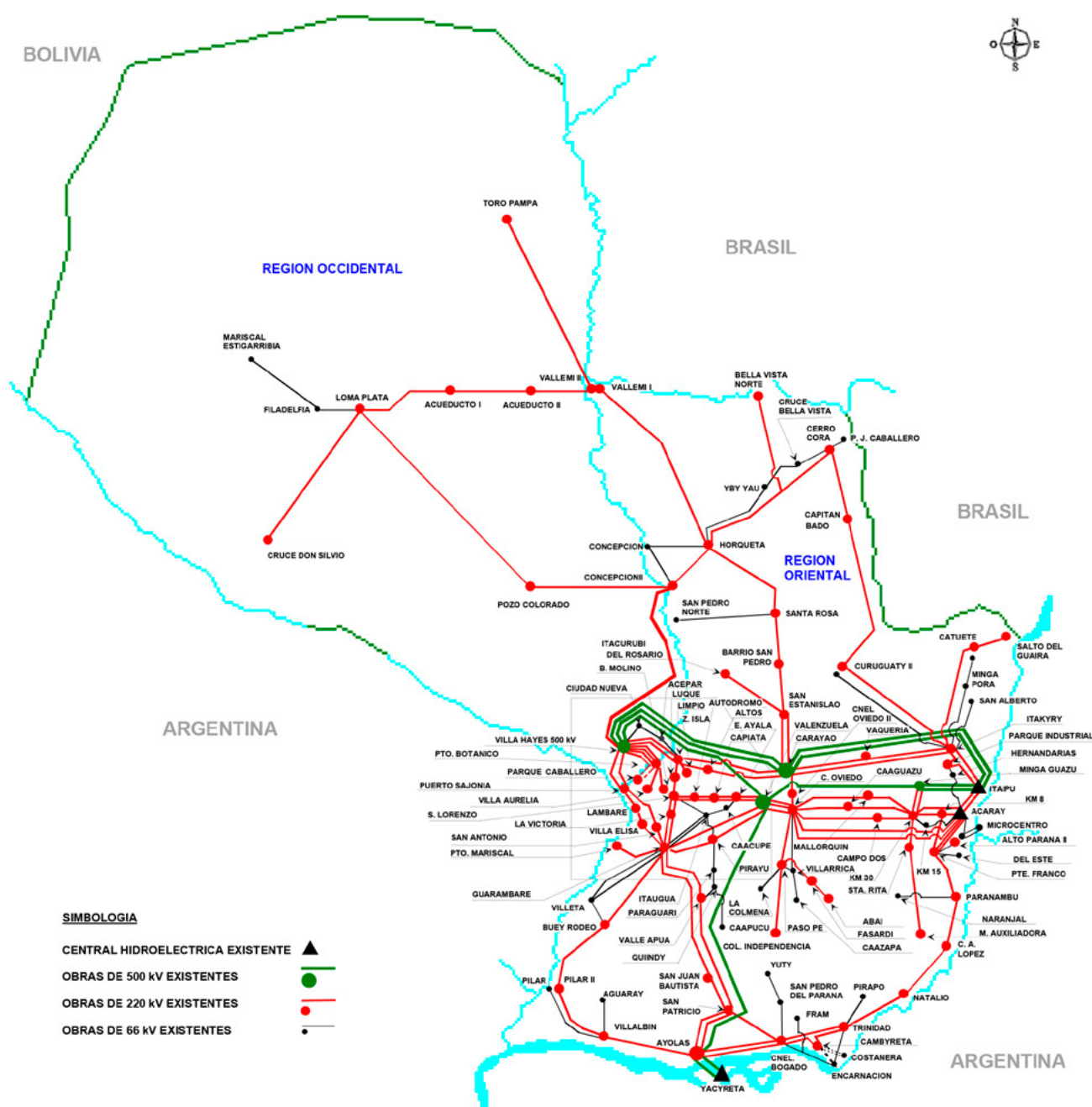


Figura 8. Mapa eléctrico del Paraguay para el Año 2025. Fuente: (ANDE).

En los actuales estudios eléctricos de interconexión llevados a cabo por la ANDE en colaboración con las Centrales Hidroeléctricas Binacionales de Itaipu e Yacyretá, se han realizado simulaciones en régimen permanente que muestran que ante la presencia de una fuerte interconexión en 500 kV existiría la posibilidad de un intercambio de bloques de potencia que podrían oscilar desde los 100 MW hasta los 1.500 MW, utilizando la holgura del sistema de

transmisión de 500 kV de la ANDE, e inclusive aumentando esos niveles, cuando se tenga completada la expansión de la red de transmisión de 500 kV. El mencionado estudio eléctrico en andamio, toma como premisa una operación Interconectada de los sistemas eléctricos de Paraguay, Brasil y Argentina, detallando y actualizando los valores de las proyecciones de demanda de dichos países, el cual supone diferentes escenarios de generación.

De esta manera, con esta interconexión se estarían optimizando los recursos energéticos, mejorando la confiabilidad del sistema y facilitando además futuras nuevas interconexiones con otros países que pudieran surgir más adelante.

Por último, con la interconexión eléctrica en 500 kV se estaría obteniendo beneficios importantes como serían los ahorros en inversión a consecuencia del diferimiento en la construcción de futuras obras de transmisión y generación, mejor aprovechamiento en las diferencias hidrológicas y demandas de los países resultando en un mejor requerimiento de reserva, reducción de los costos operativos de los sistemas por tener la posibilidad de intercambiar energía económica, y una mejora significativa en la confiabilidad del servicio por la posibilidad de apoyos mutuos ante emergencias.

Es importante resaltar que estos estudios deberán ser complementados con estudios de estabilidad transitoria y a pequeñas perturbaciones, de forma a verificar el desempeño dinámico del sistema interconectado, localmente y regionalmente.

Conclusiones

Los estudios basados en análisis de régimen permanente, muestran la necesidad de contar con una fuerte red de transmisión en 500 kV en el corto y mediano plazo. La implementación de una red de 500 kV permitirá una operación totalmente interconectada del sistema de la ANDE, con disponibilidad, seguridad y flexibilidad operativa suficiente, que garantice el debido suministro de la demanda nacional con un despacho óptimo y que permita realizar intercambios energéticos con los países de la región de sus excedentes.

En el corto plazo para el año 2018 se tiene previsto la puesta en servicio de la segunda línea de transmi-

sión de 500 kV desde la Central Hidroeléctrica de Yacyretá a la Subestación Ayolas y su continuación la línea de transmisión de 500 kV Ayolas – Villa Hayes, que posibilitará la interconexión eléctrica de los dos subsistemas eléctricamente separados del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Posteriormente se requerirá de la construcción de la Subestación Valenzuela 500 kV seccionando la línea de transmisión de 500 kV Ayolas – Villa Hayes, de manera a dar respaldo al Sistema Metropolitano, ante la saturación de la capacidad de la Subestación Villa Hayes en régimen normal de operación y fundamentalmente ante emergencias.

En el mediano plazo, año 2021 será necesaria la construcción de una segunda Línea de Transmisión de 500 kV Margen Derecha – Villa Hayes. De igual forma, ante la saturación de la capacidad de transformación 500/220 kV de la Subestación Margen Derecha, será necesario contar con subestaciones de transformación, con capacidad entre 1200 MVA, en los sistemas Central y Este del Sistema Interconectado Nacional. En los planes de expansión se consideraron las subestaciones de Carayaó en el Sistema Central y Minga Guazú en el Sistema Este.

Con la interconexión indirecta de las centrales hidroeléctricas binacionales a través de líneas de transmisión de 500 kV que conectan al Sistema Metropolitano se obtiene una mayor robustez del SINP para la atención de la demanda de energía eléctrica del Paraguay, evitándose cortes de carga y reubicando el despacho para el SINP entre las centrales binacionales, conforme a las limitaciones del sistema de transmisión y atendiendo a los criterios de despacho óptimos.

Con la interconexión de las centrales hidroeléctricas binacionales existe la posibilidad de comercializar la energía paraguaya excedente de las binacionales, con importantes bloques de energía dependiendo de las

necesidades de los países vecinos, y aprovechando las características estacionales y complementarias de las demandas de países como Brasil y Argentina, así como de la infraestructura de sus redes de 500 kV e instalaciones de interconexión Argentina/Brasil 50/60 Hz en Garabi, y la Subestación Conversor a de 50/60 HZ de Foz de Iguazú.

Continuando el crecimiento económico experimentado y esperado, los excedentes hidroenergéticos se verían reducidos sustancialmente en el medio y largo plazo, mudando la posición del Paraguay como gran exportador de energía eléctrica.

Esta situación conlleva a grandes desafíos, en el corto plazo como ser la estructuración de proyectos de interconexión eléctrica técnica y económicamente factibles, y fundamentalmente la voluntad política de

los países en el contexto de una visión estratégica de integración regional.

Referencias

- [1] Plan Maestro de Generación y Transmisión de Corto y Medio Plazo para el periodo 2016 - 2025 de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE).
- [2] Datos de la página del Viceministerio de Minas y Energía, del Paraguay, http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1216&
- [3] TheWorldFactbook 2014.
- [4] Síntesis Informativa Energética de los Países de la CIER – Año 2015 Comisión de Integración Energética Nacional, pp 13-15.

La energía es una puerta que abre un mundo de posibilidades.

Estamos desarrollando proyectos para seguir desempeñando un papel clave en este mundo cambiante. Hoy, la energía es una puerta que nos abre a un mundo de posibilidades. Muchas de las cuales ni siquiera hemos imaginado todavía.

enel

enel.com

