

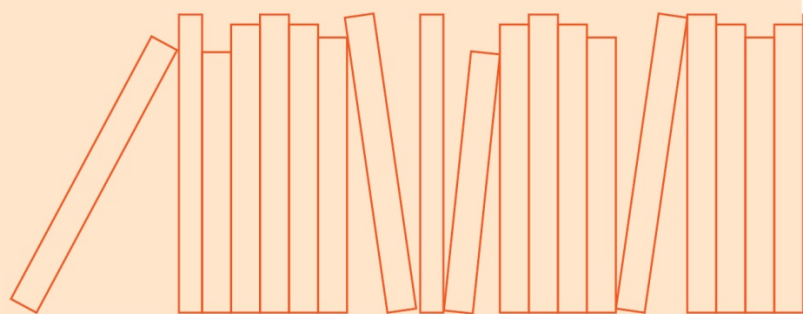
Comisión Económica para América Latina y el Caribe

SEDE SUBREGIONAL EN MÉXICO



Análisis de opciones para incrementar las transacciones de energía eléctrica por la interconexión México-Guatemala-Centroamérica

José Horacio Tovar Hernández
Víctor Hugo Ventura



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Este documento fue elaborado por el señor Víctor Hugo Ventura, Jefe de la Unidad de Energía y Recursos Naturales de la Sede Subregional de la CEPAL en México, y el señor José Horacio Tovar Hernández, consultor de dicha oficina. Colaboraron en su preparación los señores Manuel Eugenio Rojas y Eugenio Torijano. Este informe es parte de los documentos de apoyo presentados durante el trigésimo sexto período de sesiones de la CEPAL (Ciudad de México, México, 25 a 27 de mayo de 2016).

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial formal, son de exclusiva responsabilidad de los autores, y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/MEX/L.1210

Copyright © Naciones Unidas, mayo de 2016. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas

ÍNDICE

Resumen.....	7
Presentación	11
Prólogo	13
I. Interconexión eléctrica México-Guatemala-Centroamérica: antecedentes y situación actual	15
A. Las primeras evaluaciones.....	15
B. La interconexión eléctrica México-Guatemala.....	16
1. La infraestructura física de la interconexión eléctrica México-Guatemala	16
2. El proceso de conexión de los sistemas eléctricos y su operación en el período 2010-2015	18
C. La interconexión eléctrica México-Guatemala como eslabón inicial para un proceso de integración energética regional.....	21
II. Los marcos legales y los aspectos relacionados con las transacciones internacionales de energía eléctrica.....	24
A. Antecedentes	24
B. Los marcos legales.....	25
III. Interconexiones eléctricas	33
A. Aspectos generales	33
1. Interconexiones síncronas	33
B. Interconexiones eléctricas en operación en la subregión	40
1. Las Interconexiones de México con los Estados Unidos	40
2. Las Interconexiones de México con Centroamérica.....	43
3. Interconexiones entre países de Centroamérica.....	48
4. La futura interconexión Panamá-Colombia.....	60
IV. Economías de escala.....	63
V. Precios regionales de la energía.....	67
A. Análisis de precios en el SER y en la interconexión México-Guatemala	67
B. La situación del mercado mayorista de Guatemala	71
VI. Futuros posibles esquemas ante la reforma eléctrica en México	72
VII. Alternativas de interconexiones asíncronas	74
A. Alternativa 1	74
B. Alternativa 2	77
VIII. Perspectivas de generación de energía eléctrica en Centroamérica y México.....	79
A. Perspectivas de generación en Centroamérica.....	79
1. Energéticos primarios.....	80
B. Perspectivas de generación en México	85
1. Desarrollo de capacidad instalada de generación	85
2. Incremento de la capacidad de suministro de gas.....	88

C. Acciones a realizar en el mercado mexicano y en el mercado eléctrico regional.....	91
1. Acciones a realizar en el mercado eléctrico de México	91
2. Acciones a realizar en el mercado eléctrico regional	91
IX. Conclusiones	93
Bibliografía	95

CUADROS

Cuadro 1	Demanda de sistemas eléctricos interconectados	25
Cuadro 2	Permisos administrados de generación eléctrica (al 31 de diciembre de 2012).....	27
Cuadro 3	Importaciones y exportaciones de energía en Guatemala, 2008-2013.....	28
Cuadro 4	Importaciones y exportaciones de energía en El Salvador, 2008-2012	28
Cuadro 5	Importaciones y exportaciones de energía en Honduras, 2008-2013	29
Cuadro 6	Importaciones y exportaciones de energía en Nicaragua, 2008-2013.....	30
Cuadro 7	Importaciones y exportaciones de energía en Costa Rica, 2008-2013.....	30
Cuadro 8	Importaciones y exportaciones de energía en Panamá, 2008-2013	31
Cuadro 9	Proyectos HVDC basados en VSC y en operación.....	38
Cuadro 11	Energía y potencia mensual importada por Guatemala a través de la interconexión con México	44
Cuadro 12	Valores promedio del POE y del CV de la interconexión México-Guatemala, enero a diciembre de 2013.....	45
Cuadro 13	Energía importada anual por Guatemala a través de la interconexión con México	46
Cuadro 14	Valores promedio del POE y del CV de la interconexión México-Guatemala, 2012-2013	47
Cuadro 15	Máximas transferencias norte-sur en el SER, primer semestre de 2011	51
Cuadro 16	Máximas transferencias norte-sur en el SER, primer semestre de 2014.....	52
Cuadro 17	Porteo norte-sur y sur-norte, segundo semestre de 2010	52
Cuadro 18	Porteo norte-sur y sur-norte, segundo semestre de 2012	52
Cuadro 19	Unidades de medición fasorial (PMU) instaladas en el SER.....	59
Cuadro 20	Costo unitario de generación - Tasa de descuento de 12%.....	63
Cuadro 21	Precios promedio en las interconexiones de Centroamérica, 2013	67
Cuadro 22	Precios mínimos en las interconexiones de Centroamérica, 2013	69
Cuadro 23	Precios máximos en las interconexiones de Centroamérica, 2013	69
Cuadro 24	Costos finales de la interconexión México-Guatemala.....	75
Cuadro 25	Precios de transmisión para el proyecto “Alternativa 1” de interconexión asíncrona, con utilización al 100%	75
Cuadro 26	Valor presente anualizado para el proyecto “Alternativa 1” de interconexión asíncrona.....	75
Cuadro 27	Precios de transmisión para el proyecto “Alternativa 2” de interconexión asíncrona, con utilización al 100%	78

Cuadro 28	Valor presente anualizado para el proyecto “Alternativa 2” de interconexión asíncrona.....	78
Cuadro 29	Proyectos de suministro de gas para producción de electricidad en México	89
Cuadro 30	Proyectos nuevos de suministro de gas natural en México para su entrada en operación, 2016-2018	90

GRÁFICOS

Gráfico 1	Guatemala: Importaciones de energía eléctrica provenientes de México	21
Gráfico 2	Diagrama esquemático de un transformador de frecuencia variable	34
Gráfico 3	Corte transversal (izquierda) y fotografía (derecha) de un VFT	35
Gráfico 4	Diagrama unifilar simplificado del VFT de Langlois.....	36
Gráfico 5	Diagrama unifilar de un enlace HVDC <i>back-to-back</i> con convertidores de fuente de voltaje.....	37
Gráfico 6	El concepto de “red de corriente directa segmentada”	39
Gráfico 7	Energía importada mensual por Guatemala a través de la interconexión con México	46
Gráfico 8	Oscilaciones de potencia poco amortiguadas y no amortiguadas en el sistema eléctrico regional con transferencias de potencia de México a Guatemala	58
Gráfico 9	Comportamiento dinámico del flujo en el enlace México-Guatemala ante contingencias de pérdida de generación en el SEM y con transferencia inicial de 120 MW hacia el SER.....	59
Gráfico 10	Estimación de beneficios por la reducción de costos marginales en el MER con la interconexión Panamá-colombia.....	61
Gráfico 11	Precios nodales mensuales promedio en la interconexión México-Guatemala (demanda mínima, media y máxima) y precios marginales promedios mensuales de las interconexiones del SER, 2013).	68
Gráfico 12	POE, CVI y CTCPI de Guatemala y México, 2011-2013	70
Gráfico 13	Precios nodales mensuales promedio en la interconexión México-Guatemala (demanda mínima, media y máxima) y los precios marginales promedio mensuales de las interconexiones del sistema eléctrico regional. “Alternativa 1” con utilización al 100%	76
Gráfico 14	Precios nodales mensuales promedio en la interconexión México-Guatemala (demanda mínima, media y máxima) y los precios marginales promedio mensuales de las interconexiones del sistema eléctrico regional. “Alternativa 1” con utilización al 50%	77
Gráfico 15	Participación de fuentes energéticas primarias en la generación mundial de electricidad, entre 1990 y 2040.	79
Gráfico 16	Evolución de la capacidad instalada de generación en Centroamérica, 1990-2010.....	80
Gráfico 17	Nueva capacidad instalada en Centroamérica, 2014-2025	83
Gráfico 18	Participación de tecnologías en la capacidad total de generación en México, 2012-2027	87
Gráfico 19	Participación de tecnologías en la generación bruta, 2012-2027.....	88
Gráfico 20	Precios del gas natural en el mercado Henry Hub - caso de referencia, 2010-2040.....	88

MAPAS

Mapa 1	Guatemala: Sistema de transmisión eléctrica	17
Mapa 2	Interconexión eléctrica México-Guatemala y SIEPAC	18
Mapa 3	Interconexiones internacionales síncronas y asíncronas del sistema eléctrico mexicano, 2012.....	41
Mapa 4	El proyecto de interconexión SIEPAC	50
Mapa 5	Operación en tiempo real del sistema eléctrico regional	51
Mapa 6	Proyectos nuevos de suministro de gas natural en México para su entrada en operación, 2015-2019	90

RECUADROS

Recuadro 1	Principales hitos y avances en el proceso de integración eléctrica centroamericana.....	22
------------	---	----

RESUMEN

En este documento se presenta un análisis de la situación de compraventa de energía eléctrica entre México y Centroamérica. Los aspectos legales, técnicos y económicos considerados permiten hacer las siguientes observaciones:

- a) Los marcos legales —de los seis países que conforman el Mercado Eléctrico Regional de Centroamérica (MER) y el de México— permiten la importación y exportación de energía eléctrica. No existen impedimentos legales para que esas transacciones sean realizadas. En el Reglamento del MER se establece la forma en la que un agente extraterritorial pueda darse de alta como agente de dicho mercado, a fin de poder comprar o vender energía dentro del MER. Sin embargo, se reconoce un vacío regulatorio desde el punto de vista técnico, con respecto a las transacciones extraterritoriales (que es el caso de las actuales transferencias de México a Guatemala) en términos de la coordinación técnica que debe haber entre entes operadores del Sistema Eléctrico Regional (SER) de Centroamérica, del Sistema Eléctrico de México (SEM) y los operadores de los sistemas de cada país.
- b) Se examina el estado actual de las interconexiones de México con los Estados Unidos, Belice y Guatemala (tipo de contratos, capacidad y tecnología) y se presenta una breve descripción de las tecnologías de interconexión asíncronas y algunos desarrollos representativos llevados a la práctica en el mundo. Por sus ventajas y costos, las interconexiones asíncronas constituyen una solución viable, que además permiten operar los sistemas eléctricos asociados de manera prácticamente independiente y segura. Este aspecto es sumamente relevante cuando se interconectan sistemas eléctricos asimétricos, como es el caso del SER y el SEM. Ésta es la tecnología propuesta para el desarrollo del proyecto de interconexión Panamá-Colombia.
- c) Una revisión del estado actual de capacidades de transferencia de las interconexiones en países centroamericanos muestra que estas capacidades se han ido incrementando a través de los años, en especial como resultado de la entrada de la red troncal del “Sistema de la Interconexión Eléctrica de los Países de Centroamérica” (SIEPAC), en operación desde finales de 2014. Sin embargo, el límite de transferencias regionales de 300 MW en todos los tramos del SIEPAC no se ha podido alcanzar debido a rezagos en el desarrollo de los sistemas de transmisión nacionales. Para incrementar las transferencias máximas, se debe desarrollar planes de expansión de los sistemas eléctricos de cada país, considerando con mayor detalle el potencial de intercambio entre países vecinos, a fin de incrementar las transacciones internacionales de electricidad.
- d) Los reportes del Instituto Nacional de Electrificación (INDE) han permitido analizar los precios de la energía de la interconexión México-Guatemala, observando un problema de estacionalidad en el período 2012-2013, el cual incrementa los precios de la energía de México, aunque durante 2011 se observa una uniformidad mayor en el precio de la energía, basada en que las transferencias de energía hacia Guatemala se mantuvieron estables, indicando que en ese año la Comisión Federal de Electricidad (CFE) mantuvo precios de energía menores a los de Guatemala. Ello fue debido a problemas coyunturales en la generación de energía eléctrica (derivados de una sequía prolongada de varios años e insuficiencia de suministro de gas natural), los cuales han sido superados. Los programas de expansión de la industria eléctrica de México (centrales generadoras y redes de transporte) y de la industria de transporte de gas natural y otros factores (la escala del mercado eléctrico de México y los escenarios del gas natural) permiten visualizar oportunidades de exportación de energía eléctrica de México hacia el MER, a precios muy competitivos con respecto a los que se presentan en el MER. De hecho, el soporte de generación con plantas de ciclo combinado con base en gas natural permitiría eliminar la estacionalidad de los precios de la energía

en México, manteniéndolos más bajos y uniformes en el transcurso de todo el año. Esto incrementaría el interés por importar energía desde Centroamérica.

- e) Una forma simple para identificar la competitividad de los precios de la energía de México en el MER es lo referente a las economías de escala en generación, donde se observa que el costo nivelado de producción es significativamente menor cuando se tiene capacidades instaladas mayores, de modo que económicamente es conveniente prever cierta capacidad de generación en México dedicada a la exportación al MER. Desde el punto de vista centroamericano, contar con una oferta de energía eléctrica firme, confiable y competitiva le permitiría al MER mayor holgura para el desarrollo de la generación eléctrica regional, aun teniendo en cuenta la limitante técnica de mantener reservas operativas sincronizadas a cada área de control del MER (país), las cuales, en principio, deberían cubrir la salida de la unidad de generación con la capacidad más grande conectada al sistema. Esta situación puede ser reforzada por nuevos esquemas que podrían surgir a partir de la reforma energética en México.
- f) Un problema técnico importante y que actualmente ha limitado la transferencia de energía eléctrica entre México y Centroamérica es el relacionado con las oscilaciones de potencia, el cual se ha presentado en varias ocasiones en el Sistema Eléctrico Regional (SER) de la región centroamericana. Este problema tiene varias soluciones, pero una definitiva, aunque complicada desde el punto de vista comercial, es la sustitución de la interconexión síncrona actual entre México y Guatemala por una asíncrona, lo que, además, permitiría una mayor flexibilidad operativa de los sistemas eléctricos de México y Centroamérica. Un análisis financiero preliminar de dos alternativas de proyecto de interconexión asíncrona para conectar la línea del SIEPAC con el SEM, muestra que los costos de transmisión no impactan significativamente a los precios de la electricidad de México, de modo que estos continuarían siendo competitivos.
- g) El nuevo marco regulatorio de México (establecido a partir de la reforma promulgada el 20 de diciembre de 2013, y la Ley de la Industria Eléctrica decretada el 11 de agosto de 2014), manda la creación de un mercado mayorista de electricidad (que inició en 2016) y la conformación de empresas comercializadoras con participación privada. La operación del mercado y de la Red Nacional de Transmisión estará a cargo del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), organismo independiente de la CFE. Además, se ha definido que la CFE se transformará en una empresa productiva con participación en la generación, transmisión y distribución. Bajo este nuevo entorno del sector, la CFE separa a la generación de la transmisión y la distribución y que, en lo que concierne a los dos últimos segmentos, se deberá procurar que la empresa recupere todos sus costos y, adicionalmente, obtenga un margen de utilidad.
- h) Considerando el punto anterior, podría esperarse que los precios de la energía ofertados desde

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5_820

