

# **Universidad Galileo**

## INSTITUTO DE RECURSOS ENERGETICOS



Artículo Científico:  
**Evolución de la matriz de generación de Guatemala y su impacto en las transacciones internacionales de energía eléctrica**

Para obtener el grado de:  
**Maestría en Energía Renovable.**

Elaborado por:

**Ing. Eduardo Javier Mijangos Monterroso**

# **Universidad Galileo**

## INSTITUTO DE RECURSOS ENERGETICOS



Artículo Científico:

### **Evolución de la matriz de generación de Guatemala y su impacto en las transacciones internacionales de energía eléctrica**

Para obtener el grado de:  
**Maestría en Energía Renovable.**

Elaborado por:

**Ing. Eduardo Javier Mijangos Monterroso**

Asesor técnico:

**Ing. Marcello Estrada Vides**

Asesor lingüístico:

**Lic. Edgar Lizardo Porres Velásquez**

Guatemala, 14 de Enero de 2019

## **Evolución de la matriz de generación de Guatemala y su impacto en las transacciones internacionales de energía eléctrica**

**Autor:** Eduardo Javier Mijangos Monterroso

**Asesor técnico:** Marcello Estrada Vides

### **Resumen**

A partir de la formación de un Mercado Mayorista de Electricidad en Guatemala, que promueve la competencia en generación, inicia el crecimiento y la diversificación de la matriz de generación incentivándose su formación a partir de recursos renovables y no renovables de forma eficiente, con el propósito de proveer la suficiente oferta de potencia y energía eléctrica para cubrir la demanda, tanto en época seca como en época lluviosa. Al mismo tiempo que el país evoluciona en su matriz de generación, se crece en la exportación de energía al Mercado Eléctrico Regional y recientemente a México, al propiciar crecimiento económico para Guatemala y los participantes del Mercado Mayorista de Electricidad.

**Palabras clave:** Matriz de generación, energía eléctrica, energía renovable, exportación.

### **I. INTRODUCCIÓN**

El objetivo principal de Guatemala, a través de la creación de un mercado mayorista de electricidad, es poder utilizar los recursos del país de la forma más eficiente, al abastecer su demanda con precios óptimos para promover el desarrollo del país. Al ejecutar un plan de diversificación y desarrollo de la matriz de generación, se crean oportunidades para poder exportar el excedente de energía a los países vecinos.

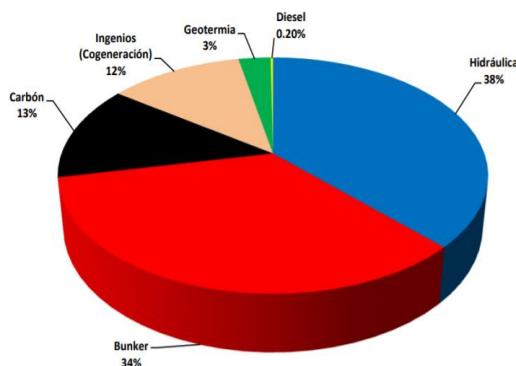
## II. EVOLUCIÓN DE LA MATRIZ DE GENERACIÓN DE GUATEMALA

A partir de 1996 con la entrada en vigencia de la Ley General de Electricidad, en Guatemala se forma un Mercado Mayorista de Electricidad que promueve la competencia en generación. A raíz de lo anterior inicia el crecimiento y la diversificación de la matriz de generación incentivándose su formación a partir de recursos renovables y no renovables, con el propósito de proveer la suficiente oferta de potencia y energía eléctrica para cubrir la demanda tanto en época seca como en época lluviosa.

En el 2007 se reformó el Reglamento de la Ley General de Electricidad al introducir la posibilidad de realizar licitaciones de potencia y energía eléctrica realizadas por las distribuidoras, para atraer inversión nacional y extranjera con el propósito de cumplir los “Planes de Expansión de Generación”.

### A. *Proyecto Jaguar Energy*

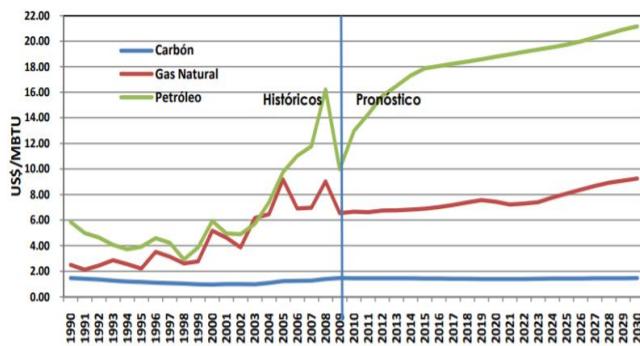
En el 2008 la generación de energía eléctrica a base fuel oil (Bunker) representaba 34% de la matriz de generación, al repercutir esto en alto costo de la energía para la demanda ya que el promedio del precio Spot del año se encontraba en 120 US\$/MWh. (Informe Jaguar, 2009: Pág. 2).



**Fig. 1** Composición de la matriz energética 2008 (Informe Jaguar, 2009; Pág 2.)

Para minimizar la alta dependencia de generación de energía eléctrica con derivados del petróleo que el país tenía en ese momento, se desarrolla el “Plan de Expansión del Sistema de Generación 2008-2022”. El objetivo de este plan fue asegurar el abastecimiento de la demanda de energía con precios eficientes, mediante la generación de energía con los recursos disponibles en el país que básicamente son recursos renovables. También al mismo tiempo minimizar la volatilidad en los precios de la energía producida por las variaciones del precio del petróleo y sus derivados.

Dentro de los combustibles fósiles alternativos a los derivados de petróleo, más utilizados para la generación eléctrica, se encuentran el carbón mineral y gas natural. Históricamente el precio del carbón se ha comportado de forma más estable que el precio del petróleo y sus derivados, situación que se refleja también en las distintas proyecciones disponibles de precios, se aprueba la licitación de una central carbón-eléctrica de 300 MW de potencia, que es adjudicada a la empresa Jaguar Energy (Informe Jaguar, 2009: Pág 4).

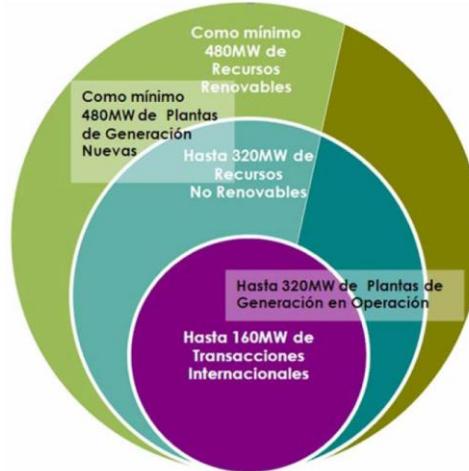


**Fig. 2.** Comportamiento histórico y pronóstico de los combustibles (Informe Jaguar, 2009; Pág. 5)

### **B. Plan de Expansión de Generación 1 (PEG 1-2010)**

Como parte del plan de diversificar la composición de la matriz energética del país al optimizar los recursos naturales, promoviendo las inversiones para el desarrollo de proyectos de generación y reducir los costos del suministro de energía eléctrica, en el año 2011 se realiza el lanzamiento de una licitación abierta para la contratación de hasta 800

MW de potencia para garantizar el abastecimiento para los usuarios de las distribuidoras (Licitación Abierta PEG 1- 2010, 2010; Pag. 4). En esta licitación se promueve que la mayor parte de generación se establezca por medio de recursos renovables y proyectos nuevos para el país.



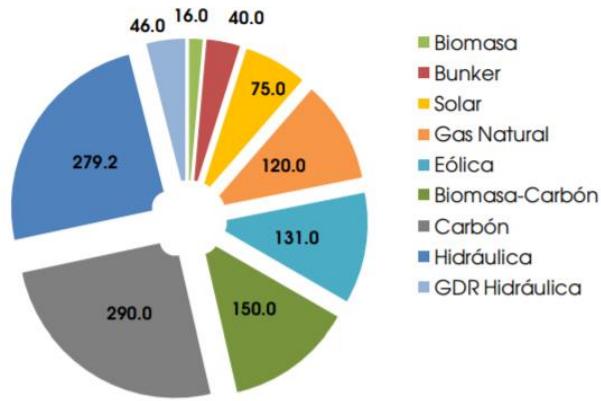
**Fig. 3.** Potencia licitada PEG 1-20 (Comisión Nacional de Energía Electrica, 2010 (Licitación Abierta PEG 1- 2010, 2010; Pág. 15)

Como resultado de la licitación se basó en oferta de 1,554.9 MW de potencia de distintas tecnologías de generación de los que fueron adjudicados únicamente 196.92 MW de proyectos hidroeléctricos.

### **C. Plan de Expansión de Generación 2 (PEG 2-2012)**

Como consecuencia de la planificación de largo plazo del país, crecimiento de la demanda y la necesidad del aprovechamiento de los recursos naturales, se realiza la segunda licitación de proyectos de generación de energía eléctrica, con el fin de la contratación de hasta 600 MW de potencia garantizada, para priorizando las tecnologías de energía renovable, como objetivo de un suministro a menor costo.

Como resultado de dicha licitación se obtienen 1,147.13 MW de potencia ofertada de distintas tecnologías de generación y llegan adjudicarse 623.17 MW de potencia (Licitación Abierta PEG 2-2012, 2012; Pág: 1).



**Fig. 3.** Oferta por tecnología PEG 2-2012 (Licitación Abierta PEG 2-2012, 2012; Pág 1)

De los 623.17 MW se adjudican 202.01 MW de potencia instalada para energía generada por medio de proyectos eólicos, solares y generadores distribuidos renovables hidráulicos (GDR) y 421.16 MW de potencia garantizada con 265.16 MW de hidroeléctricas, 120MW de generación a base de gas natural por medio de una interconexión con México (Generadora Energía del Caribe) y 36 MW de otras tecnologías. (Licitación Abierta PEG 2-2012, 2012; Pág 2)

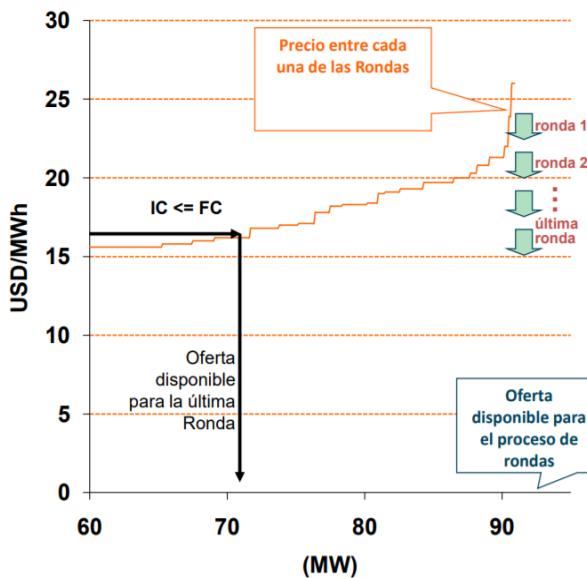


**Fig. 4.** Proyecto Eólico Santo Antonio el Sitio de la licitación PEG 2-2012 (Centrans group, s.f.)

#### D. Plan de Expansión de Generación 3 (PEG 3-2013)

A pesar de las licitaciones anteriores, se visualiza la necesidad de generación eficiente mayormente en el periodo de verano, por lo que se realiza una nueva licitación. En dicha ocasión se efectúa una forma distinta de evaluación de ofertas, con el objetivo de obtener el

mínimo costo de suministro de generación. Para la contratación de las ofertas se crea un proceso de rondas sucesivas lo equivalente a una subasta, que constituye un método muy bueno para la obtención de precios eficientes en la contratación de proyectos de generación. (Licitación PEG-3-2013, 2013; Pag. 13)



**Fig. 5.** Ejemplo Subasta de Reloj Descendente (Licitación PEG-3-2013, 2013; Pág. 21)

Como resultado de 16 rondas sucesivas y la participación de 65 oferentes se adjudican 250MW de distintas tecnologías de generación a óptimos precios (Resolución CNEE 230 2014, 2014; Pág. 58)

### III. MERCADOS DE EXPORTACIÓN DE ENERGÍA

En 1996 se firma el Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central, que fue suscrito por parte de las seis naciones del Istmo Centroamericano. Resultado de este marco jurídico se crea el Mercado Eléctrico Regional como un séptimo mercado de energía en el que los Agentes de los países miembros del Tratado Marco pueden transar excedentes de generación y faltantes de demanda de sus respectivos países. Adicionalmente se le da vida al “Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central” (SIEPAC), que consiste en una línea de interconexión eléctrica con capacidad de transmisión de 300 MW

en 230 kV y un recorrido de 1.800 km desde Guatemala hasta Panamá, pasando por todos los países de la región. El Mercado Eléctrico Regional MER, se conforma como un instrumento de desarrollo económico y aprovechamiento eficiente de los recursos a nivel regional. (Echevarría, Jesurun-Clements, Mercado Díaz, & Trujillo, 2017; Integración eléctrica centroamericana; Pág. 12)



**Fig. 6.** Mapa del proyecto SIEPAC

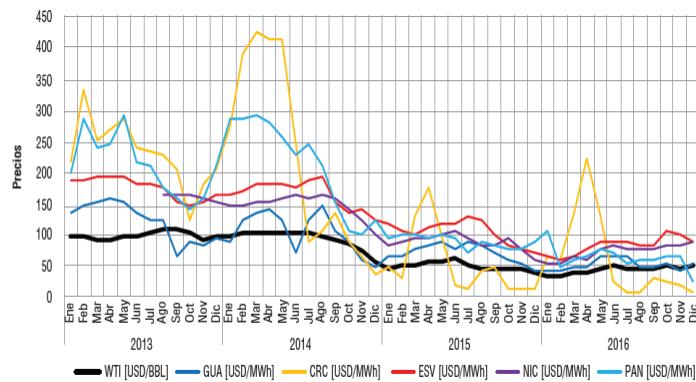
(Echevarría, Jesurun-Clements, Mercado Díaz, & Trujillo, 2017; Integración eléctrica centroamericana;  
Pág. 37)

## A. Competitividad en la Región

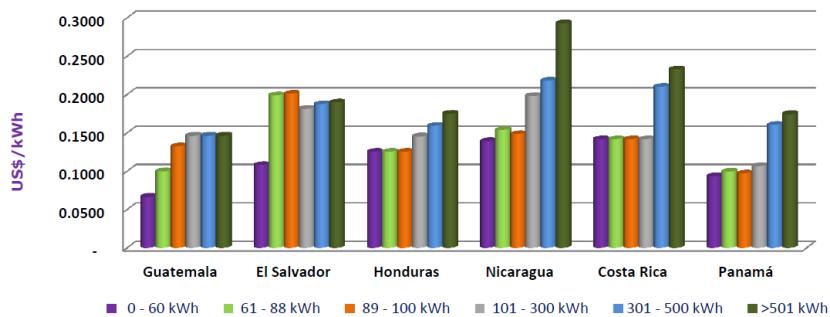
Desde el año 2013 se visualizan los siguientes factores que afectan crucialmente al intercambio de energía eléctrica en el Mercado Eléctrico Regional, siendo éstos: el comportamiento de los precios internaciones de los combustibles fósiles y el incremento de la oferta de generación en Guatemala.

El comportamiento de los precios derivados del petróleo marca el costo y precio de la electricidad en América Central, ya que la generación térmica representa una porción significativa en la matriz energética de cada uno de los países. Como efecto de lo anterior, el precio del barril de petróleo WTI (West Texas Intermediate) influye de gran manera en los costos marginales de cada país miembro del MER, sobre todo en los países en los que la composición del parque generador tiene un peso importante las centrales generadoras

térmicas. Esto coloca a Guatemala a través de los años como el principal exportador de energía en la región, por la diversidad de su matriz de generación y costos de oportunidad menor. (Informe Estadístico 2016; CNEE; Pág 57)



**Fig. 7.** Comparación de los costos marginales de corto plazo de los países de América Central  
 (Informe Estadístico 2016; CNEE; Pág. 58)



**Fig. 8.** Tarifas de Electricidad promedio de Centroamérica en US\$/kWh Diciembre 2016. (Generación Eléctrica de Centroamérica y Panamá, 2016; Ministerio de Energía y Minas; Pág 4)

## B. Mercado eléctrico Mexicano

En 2010 al aprovechar la ubicación geográfica y para fortalecer el SIN (Sistema Nacional Interconectado), se construye la interconexión Guatemala-México. Por medio de la interconexión se establece en la regulación de las operaciones y transacciones entre Guatemala y México, que se pueden operar transacciones por medio de contratos y transacciones de oportunidad. Al ser México, un país con mayor oferta de generación y demanda de energía que Guatemala, se proyectó que la nación sería mayoritariamente un

importador de energía por medio de los contratos suscritos de 120MW entre el INDE (Instituto Nacional de Energía Eléctrica) de Guatemala y CFE (Comisión Federal de Electricidad) de México y 120MW adjudicados a la empresa Energía del Caribe, S.A. en la licitación abierta PEG-2. (Informe Estadístico 2016; CNEE; Pág. 80)

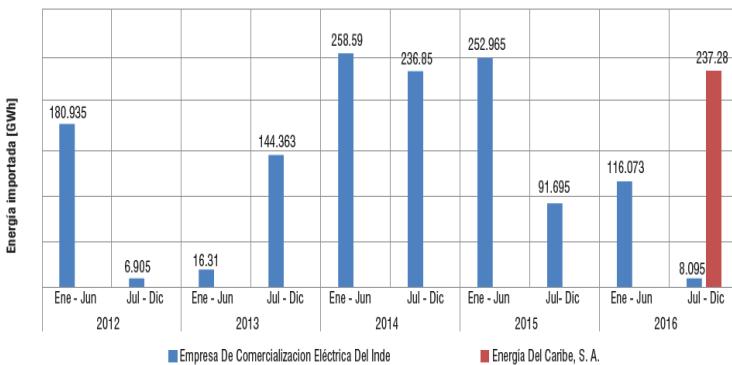


Fig. 9. Importación de Energía por la interconexión Guatemala-México  
 (Informe Estadístico 2016; CNEE; Pág 80.)

En el 2015 se reforma el sector eléctrico mexicano creándose un Mercado Mayorista de Electricidad, este hecho genera la oportunidad para que agentes guatemaltecos efectúen libremente transacciones con agentes mexicanos y con ello la posibilidad de exportar energía a precios eficientes desde Guatemala al país vecino. A partir del año 2016 se realizan las primeras exportaciones de energía eléctrica por medio de comercializadores y generadores de Guatemala hacia México, que representan el comienzo de una nueva oportunidad de desarrollo para el país guatemalteco.

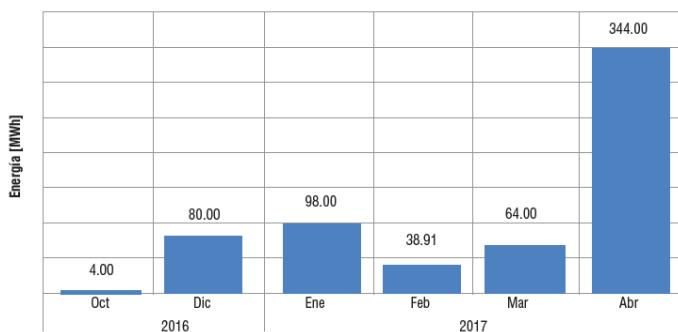


Fig. 10. Exportación de energía eléctrica de Guatemala hacia México  
 (Informe Estadístico 2016; CNEE; Pág. 81)

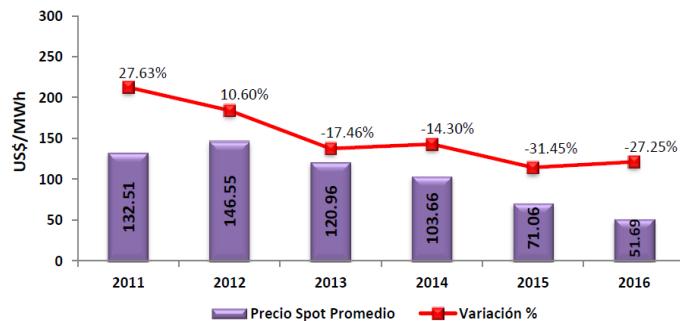
### C. Exportación de Energía Eléctrica

Como resultado del crecimiento del Mercado Eléctrico Regional, la reforma del sector eléctrico mexicano y aumento de la instalación de nuevas centrales de distintas tecnologías de generación, Guatemala se establece como principal exportador de energía eléctrica en la región. Al abastecer al país con los recursos de la forma más eficiente y al mínimo costo, se utiliza el excedente de energía como base para el desarrollo económico de los agentes exportadores e ingresos de divisas al país resultado de la exportación de energía.

Mediante los años se visualiza un impacto positivo en el incremento a las exportaciones de energía eléctrica. En 2011 se exportaron 193.39 GWh con un precio promedio anual del precio de Spot de US\$132.51 por MWh y al año 2016 se alcanzó una exportación de 1,334.80 GWh con un precio promedio anual de US\$51.69 por MWh (Oferta y Consumo de Enregía 2011-2016; Ministerio de Energía y Minas; Pag. 2)

Año	Consumo de energía S.N.I.	Exportación de energía	Pérdidas de energía	Consumo total de energía
<b>2011</b>	8,161.02	193.39	317.73	8,672.14
<b>2012</b>	8,409.39	195.55	324.32	8,929.26
<b>2013</b>	8,634.89	587.85	314.32	9,537.06
<b>2014</b>	8,953.45	1,206.85	330.16	10,490.46
<b>2015</b>	9,466.48	1,087.21	332.98	10,886.67
<b>2016</b>	9,906.83	1,334.80	383.19	11,624.82

**Tabla. 1.** Consumo de Energía Eléctrica en GWh 2011-2016 (Oferta y Consumo de Energía 2011-2016; Ministerio de Energía y Minas; Pag. 2)



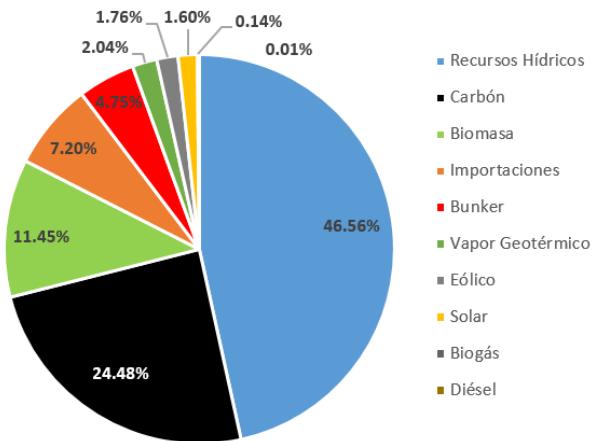
**Fig. 11.** Exportación de energía eléctrica de Guatemala hacia México (Oferta y Consumo de Energía 2011-2016; Ministerio de Energía y Minas; Pág. 4)

#### IV. RESULTADOS

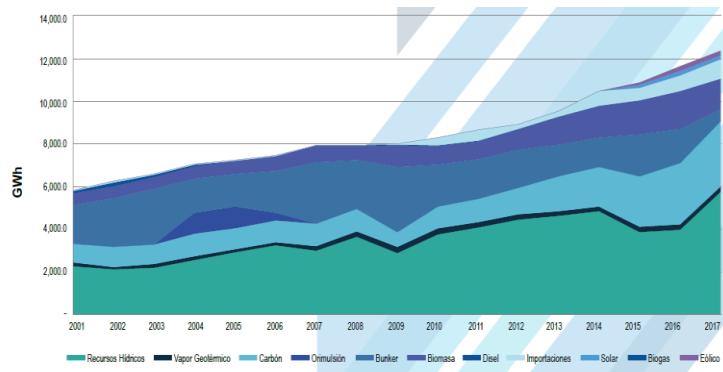
En 2017, como consecuencia de la ejecución del plan de expansión de generación, se llega a producir en Guatemala 63.55% de generación a base energía renovable, 7.20% de importaciones y 29.25% de energía no renovable con un precio promedio anual del SPOT de US\$ 51.48 por MWh. Este resultado es muy positivo, en comparación con la matriz de generación del año 2008 que estaba conformada por 53% de energía renovable y 47% de energía no renovable, a un precio de US\$120 por Mwh. Esta comparación refleja que se está cumpliendo con el objetivo de diversificar la matriz de generación y abastecer la demanda del país de forma eficiente (Informe Estadístico 2017; Administrador del Mercado Mayorista; Pág 8).

	GWh	Porcentaje (%)
<b>Recursos Hídricos</b>	5,765.33	46.56%
<b>Carbón</b>	3,030.54	24.48%
<b>Biomasa</b>	1,418.22	11.45%
<b>Importaciones</b>	891.38	7.20%
<b>Bunker</b>	588.12	4.75%
<b>Vapor Geotérmico</b>	253.05	2.04%
<b>Eólico</b>	218.06	1.76%
<b>Solar</b>	198.2	1.60%
<b>Biogás</b>	17.56	0.14%
<b>Diésel</b>	0.83	0.01%
<b>Total</b>	12,381.28	100.00%

**Tabla. 2.** Generación por Tipo Combustible 2017 (Informe Estadístico 2017; Administrador del Mercado Mayorista; Pág. 8).



**Fig. 12.** Generación por Tipo Combustible 2017 según Tabla 2.

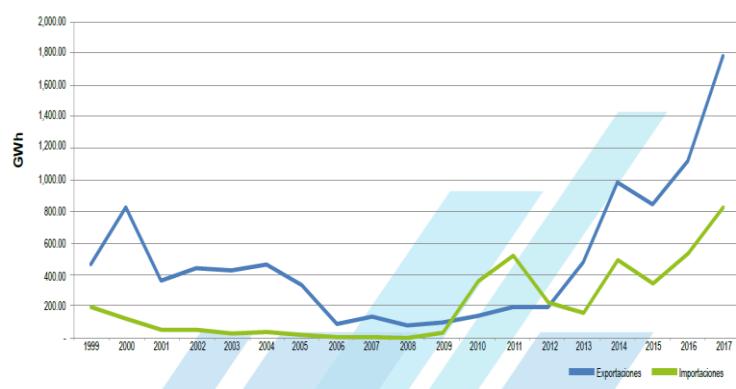


**Fig. 13.** Histórico Generación por tipo de combustible  
 (Informe Estadístico 2017; Administrador del Mercado Mayorista; Pág. 14).



**Fig. 14.** Histórico Precio Spot  
 (Informe Estadístico 2017; Administrador del Mercado Mayorista; Pág. 12).

Finalmente por ventaja competitiva de la evolución de la matriz de generación y el desarrollo del mercado regional y México, en la actualidad el país cuenta con las mejores tarifas de electricidad en la región. Asimismo, con la participación en la exportación de energía eléctrica en el año 2017 de 1,753.94 GWh al MER y 103.82 GWh a México, el país se visualiza con alto crecimiento de exportación para los años futuros.



**Fig. 15.** Histórico Exportaciones e importaciones

(Informe Estadístico 2017; Administrador del Mercado Mayorista; Pág. 13).

## V. REFERENCIAS

- Centrans group.* (n.d.). Retrieved from EÓLICO SAN ANTONIO EL SITIO:  
<http://centransgroup.com.gt/eolico-san-antonio/>
- Echevarría, C., Jesurun-Clements, N., Mercado Díaz, J. E., & Trujillo, C. (2017). *INTEGRACIÓN ELÉCTRICA CENTROAMERICANA: Génesis, beneficios y perspectiva del Proyecto SIEPAC: Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central*. Banco Interamericano de Desarrollo. Banco Interamericano de Desarrollo. Retrieved from <https://publications.iadb.org/handle/11319/8237>
- (2017). *Generación Eléctrica de Centroamérica y Panamá, 2016*. Ministerio de Energía y Minas. Retrieved from <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2018/08/Generaci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-de-CA-y-Panam%C3%A1-2016.pdf>
- (2017). *Informe Estadístico 2016*. Comisión Nacional Enregía Electrica. Retrieved from <http://www.cnee.gob.gt/xhtml/memo/Informe%20estadistico%202016.pdf>
- (2018). *Informe Estadístico 2017*. Administrador de Mercado Mayorista. Retrieved from [http://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2017/INFEST20170101\\_01.pdf](http://www.amm.org.gt/pdfs2/informes/2017/INFEST20170101_01.pdf)
- (2009). *Informe Jaguar*. Guatemala: Comisión Nacional Energía Electrica. Obtenido de <http://www.cnee.gob.gt/>  
<http://www.cnee.gob.gt/PlanesExpansion/Docs/Informe%20Central%20El%C3%A9ctrica%20Jaguar.web.pdf>

- (2013). *Licitación PEG-3-2013*. Comisión Nacional de Energía Electrica. Retrieved from  
<http://www.cnee.gob.gt/PEG/Docs/RondasSucesivas.pdf>
- (2010). *Licitación Abierta PEG 1- 2010*. Comisión Nacional Energía Electrica. Retrieved from CNEE:  
<http://www.cnee.gob.gt/PEG/Docs/Licitacion%20Abierta%20PEG%201-2010,%20Feb-2010.pdf>
- (2012). *Licitación Abierta PEG 2-2012*. Comisión Nacional Energía Electrica. Retrieved from  
<http://www.cnee.gob.gt/PEG/Docs/Resumen%20ofertas%20económicas%20PEG%202-2012.pdf>
- (2017). *Oferta y Consumo de Energía 2011-2016*. Ministerio de Energía y Minas. Retrieved from  
<http://www.mem.gob.gt/energia/estadisticas-energia/estadisticas-energeticas/>
- (2014). *Resolución CNEE 230 2014*. Comisión Nacional Energía Electrica. Retrieved from  
<http://www.cnee.gob.gt/pdf/resoluciones/2014/CNEE%20230%202014.pdf>

Todos los derechos reservados.  
Instituto de Recursos Energéticos.  
7<sup>a</sup>. Avenida. Calle Dr. Eduardo Suger. Zona 10.  
Guatemala.