

Análisis de la matriz energética de Guatemala, y el comportamiento del precio de los combustibles en función de los precios internacionales.

Víctor Mora Monroy, Diego A. Quan Reyes, Oscar Rheiner Galindo, Oscar Flores Gaitán, Danys del cid¹.

.¹Ingenieros egresados de la Universidad Galileo en Ingeniería en Sistemas Energéticos.

RESUMEN (Ministerio de Energía y Minas)

Desde el inicio del siglo XXI hasta la actualidad, la matriz energética en Guatemala ha variado en precio, capacidad instalada, diversidad de fuentes de generación, tecnología en la transmisión de potencia, y otros factores.

Desde el año 1996 cuando se abrió el mercado energético al capital privado, se amplió la variedad de plantas generadoras en el país.

En esta situación se hizo necesario analizar variables del sistema como crecimiento anual de la demanda de energía eléctrica, variaciones de los precios del petróleo y sus derivados.

Esto con la intención de poder tomar mejores decisiones a la hora de diseñar un plan de expansión del sistema eléctrico para el futuro crecimiento del país.

En base a estos datos se pueden encontrar, por medio de métodos estocásticos, relaciones entre los precios de los derivados del petróleo con el precio del petróleo mismo que permiten entender mejor como impactan en la vida cotidiana de los guatemaltecos y guatemaltecas.

Palabras claves: energía renovable, precio spot, derivados del petróleo, producto interno bruto, sistema eléctrico nacional.

ABSTRACT

Analysis of Guatemala energy matrix and the behavior of fuel prices based on international prices.

Since the beginning of the twenty first century until today, the energy grid in Guatemala has varied in price, installed capacity, generation diversity, power transmission technology, between other factors. Since 1996, when the energy market was open to private capital, the variety of power plants grew.

During this situation, it became necessary to analyze system variables like the annual growth of the electric energy demand, variations in oil prices and its derivatives. This

was made with the intention of taking better decisions when designing an expansion of the electric grid for the future growth of the country.

Using this data and statistical methods, relationships between oil price and its derivatives can be found that will allow a better understanding of how they affect daily Guatemalan life.

Keywords: renewable energy, spot price, petroleum derivate, gross domestic products, national electric system.

INTRODUCCIÓN (Ministerio de energía y Minas)

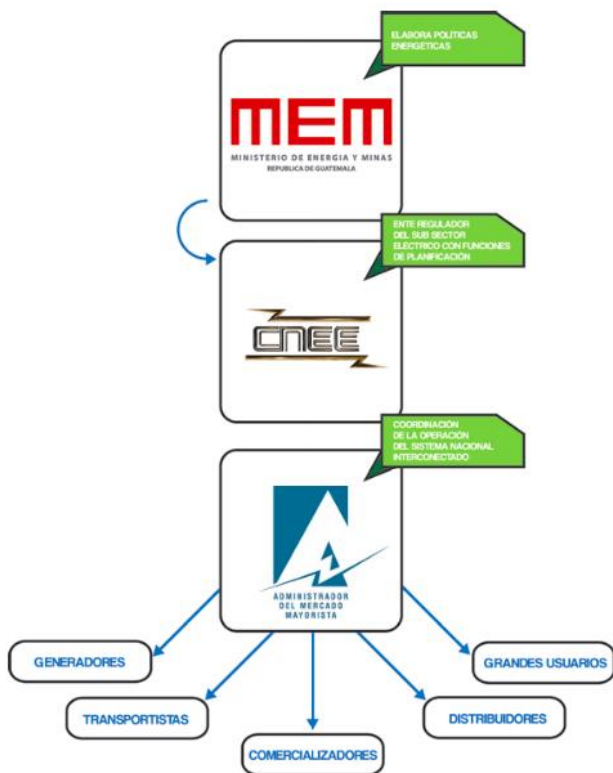
El subsector eléctrico nacional está estructurado por 3 entes, el MEM el cual es el responsable de formular y coordinar las políticas, planes de estado, programas indicativos al subsector eléctrico.

Luego está la CNEE el cual hace cumplir la ley general de electricidad, crea condiciones propicias y apegadas a la ley para que sus actividades de generación, transporte,

distribución y comercialización de energía puedan ser desarrolladas por toda persona individual o jurídica que desee hacerlo, fortaleciendo este proceso con la emisión de normas técnicas, precios justos, medidas disciplinarias y todo el marco de acción.

Y por último tenemos el AMM es el ente encargado de coordinar las transacciones entre participantes del mercado mayorista de electricidad y asegura la competencia de un mercado libre.

MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES (Ministerio de energía y Minas)



Fuente: Planes de Expansión Sistema Eléctrico Guatemalteco una Visión a Largo Plazo.

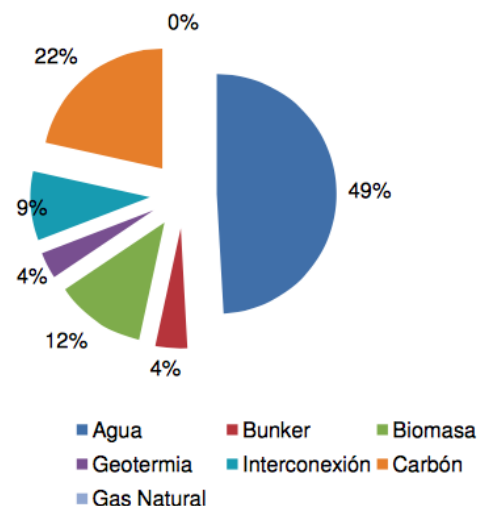
La matriz energética de Guatemala se conforma en un gran porcentaje en las energías renovables tales como

hidroeléctricos, geotérmicos y biomasa. En los meses de invierno la mayor producción se da a

partir de las hidroeléctricas y se complementa en verano con una basta producción a partir de biomasa, en donde los ingenios azucareros aprovechan el bagazo de caña de azúcar para producir electricidad.

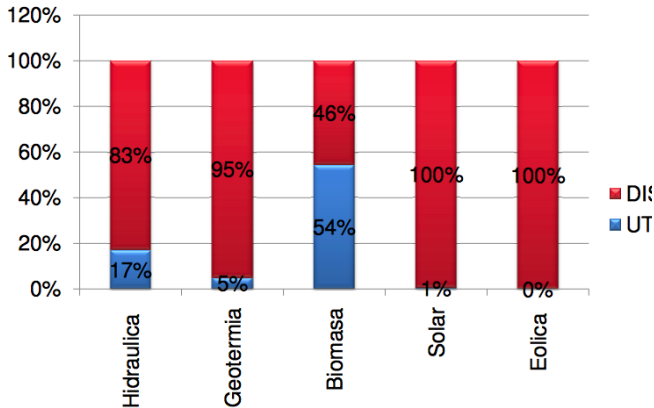
Energía Total = 8,797 GWh

Matriz Energética 2012



Fuente: El Contexto de la Energía Renovable en Guatemala y la Matriz Energética del País. CNEE.

En el 2012 la matriz energética de Guatemala tuvo el 65% producidos por fuentes renovables, en el cual casi el 50% es producido por medio de hidroeléctricas, y cada vez más se quiere seguir aumentando la capacidad con la energía renovable debido a que aún tiene un gran potencial que no se ha podido explotar en su totalidad.



Fuente: El Contexto de la Energía Renovable en Guatemala y la Matriz Energética del País. CNEE.

Todavía se tiene la capacidad de expandir nuestra matriz energética y convertirla en 100% renovable, solo con hidroeléctricas se podría cumplir y aun así hay mucho potencial en el territorio guatemalteco.

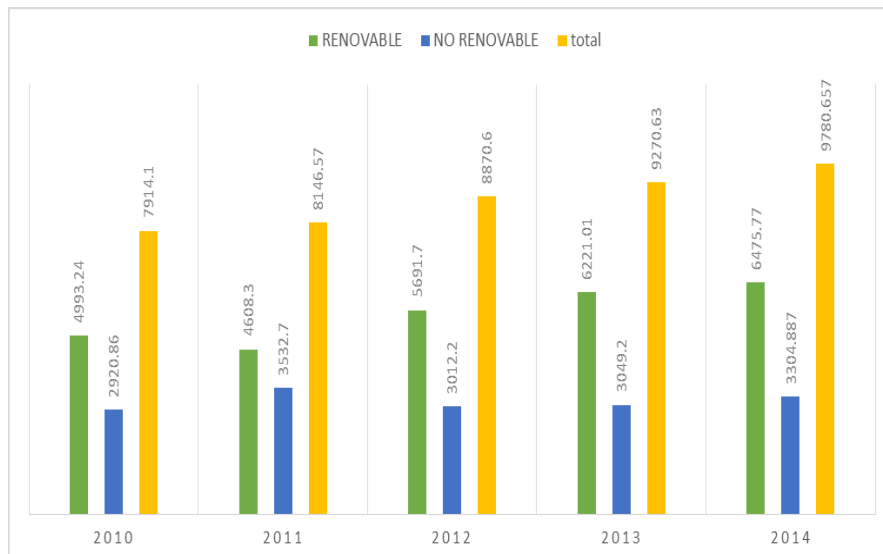
Actualmente ya se está comenzando con otros medios de generación que no se explotaban anteriormente, ya Guatemala tiene plantas de generaciones solares, en las cuales tenemos

mucho potencial debido a que en Guatemala tenemos 5kW/m2 el cual se puede aprovechar y es debido a la ubicación que tenemos y la cantidad de radiación incidida en el país. Por otro lado, la energía eólica también está comenzando, la cual ya se tiene los 16 aerogeneradores que producirán 50MW.

2. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE GUATEMALA

La demanda de energía eléctrica en el mundo ha ido en constante crecimiento desde los siglos pasados, debido que la electricidad es una las vías más importantes para el desarrollo tecnológico de la humanidad. El hombre en su afán de tener una mejor calidad de vida ha tenido que desarrollar nuevas fuentes de generación de energía eléctrica. Guatemala no es la excepción, este bello país fue uno de los pioneros en la producción de energía eléctrica con fuente hidráulica, con la Hidroeléctrica Chixoy y la hidroeléctrica los esclavos. Guatemala posee las condiciones idóneas para que Guatemala pueda ser autosuficiente con energías renovables y no dependa de la compra de energía a otros países o centrales térmicas.

En los últimos 5 años se puede apreciar cómo ha ido en alza la inversión en centrales de energía renovable.



Fuente: Elaboración Propia, información de AMM

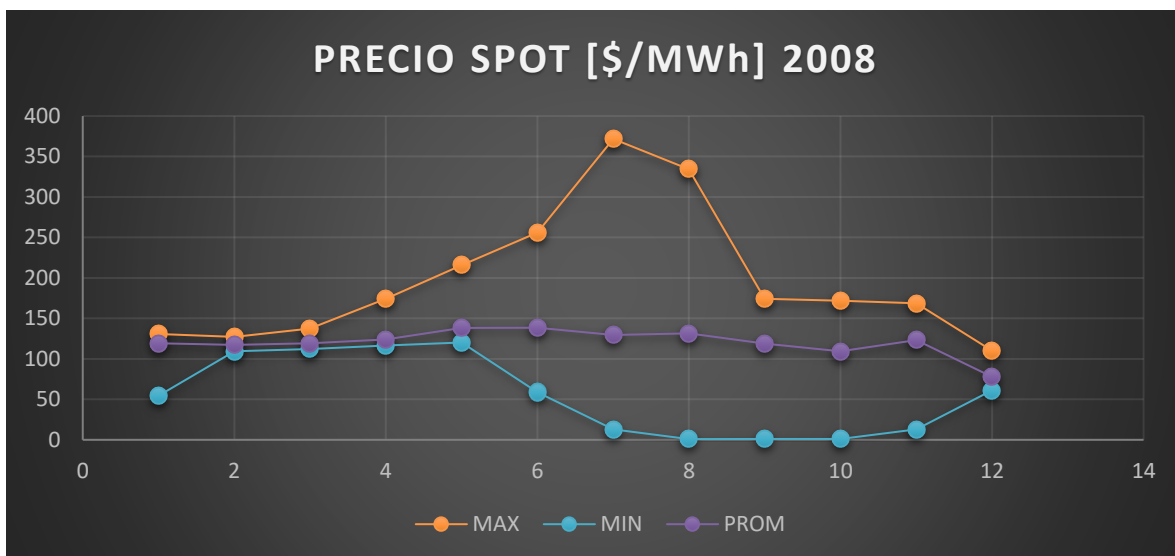
El mayor inconveniente de las centrales renovables a comparación de las centrales térmicas es el costo de inversión inicial; es relativamente alto por el alto precio de perfectibilidad. En el caso de la energía geotérmica, es el estudio de prefactibilidad, como datos de la accesibilidad del acuífero y tamaño de este. En el caso de los paneles solares, es el costo de inversión de la cantidad de paneles. En el caso de energía hidráulica, es el parte socioeconómico y ambientales.

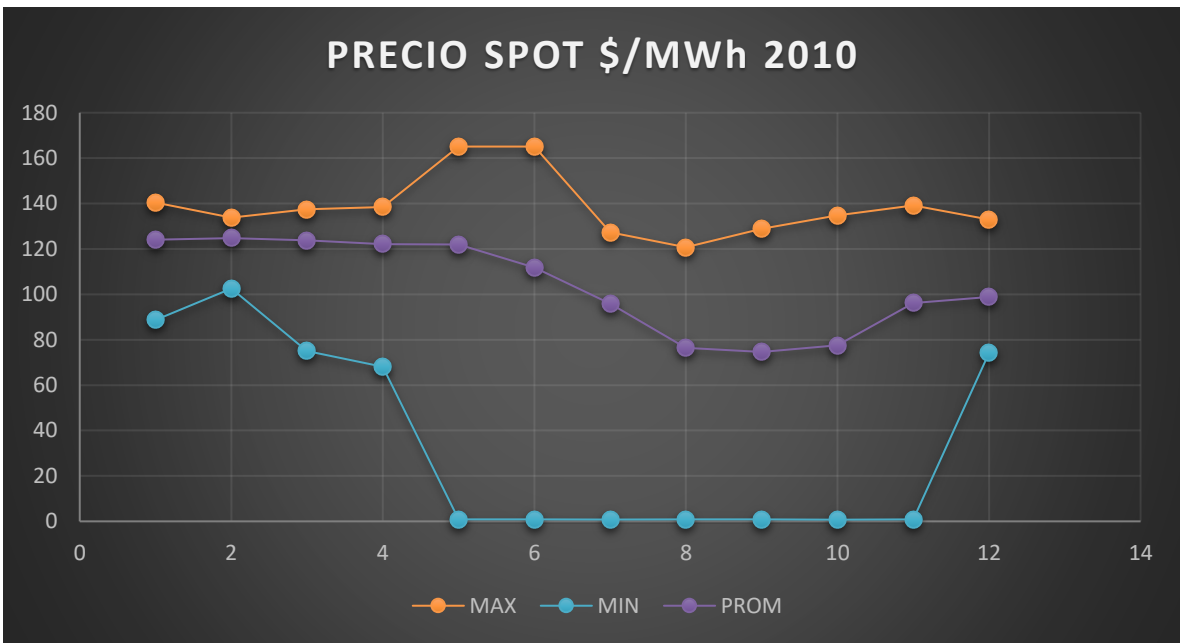
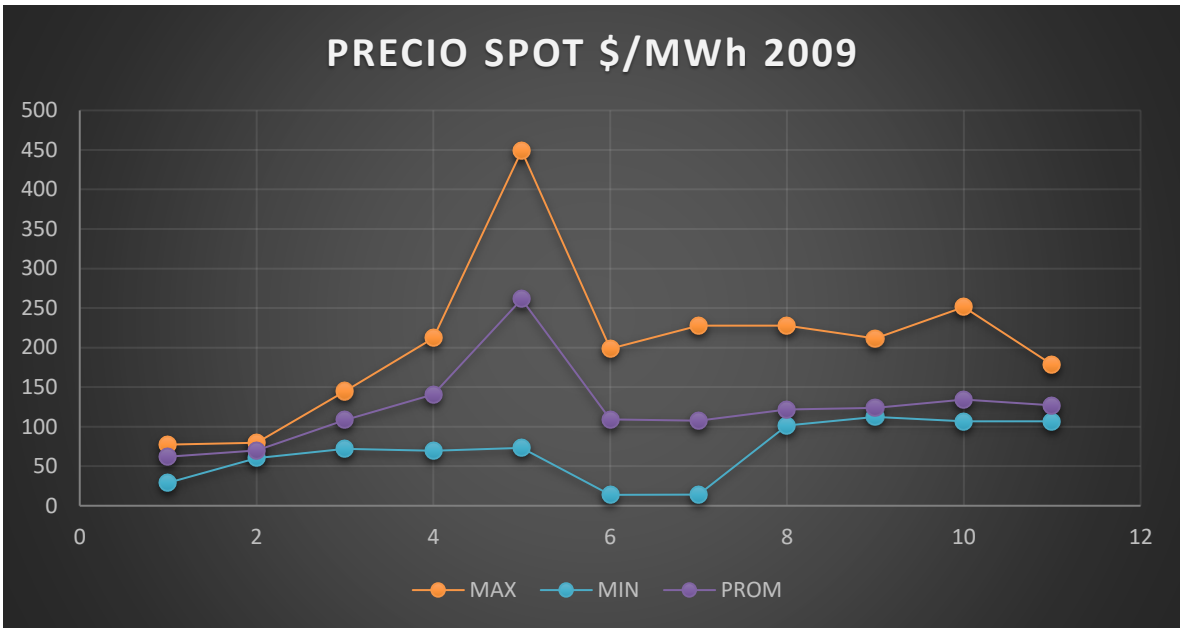
A pesar de los inconvenientes, las fuentes de energía renovable tienen un precio menor de KW/h debido que el precio del recurso es relativamente gratis. Genera muchísimos puestos de trabajo, los que se prevén en un aumento aún mayor de aquí a unos años teniendo en cuenta su demanda e implementación. Son más respetuosas con el medio ambiente, no contaminan y representan la alternativa de energía más limpia hasta el momento. Son fáciles de desmantelar y no requieren custodiar sus residuos durante millones de años, como ocurre por ejemplo con las energías nucleares.

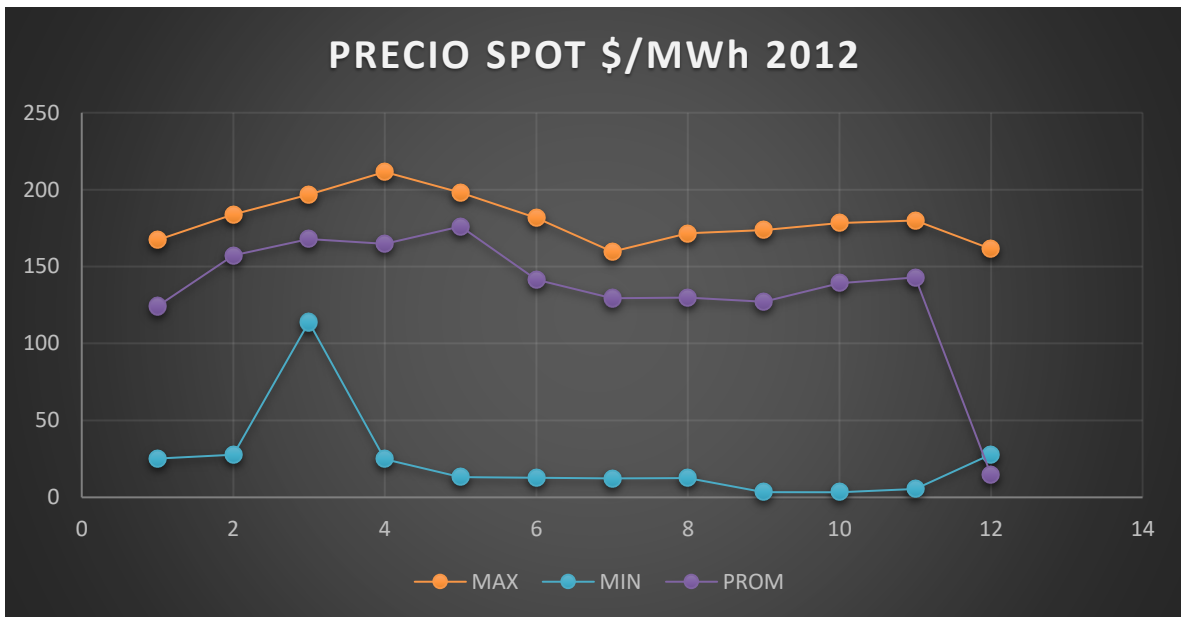
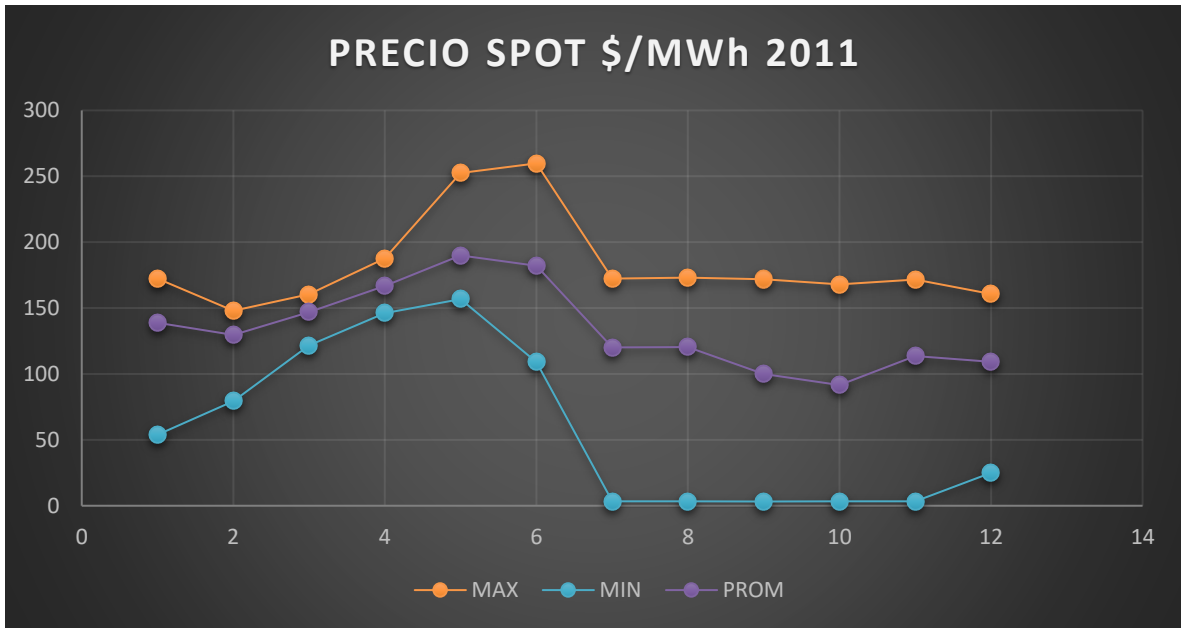
Los costos marginales de la energía eléctrica son sin duda uno de los principales indicadores del mercado eléctrico y de su condición de adaptación entre oferta y demanda. El mercado spot es el mercado físico, donde todos los generadores aportan energías generadas.

En el caso de una hidroeléctrica, no le conviene generar energía en los meses de época seca ya que el recurso es muy escaso y su costo de producción sería demasiado caro, en esta época es donde más generación de plantas térmicas están activas y procesos de cogeneración. El precio Spot en la época seca de verano es muy elevado debido a que en su mayor parte se genera con bunker, carbón o cogeneración; como el precio de los combustibles son elevados, el KWh es caro de producir. En época lluviosa el precio de spot de KWh es barato debido que las centrales hídricas entran en funcionamiento. Y el recurso hídrico se encuentra en abundancia.

Precio SPOT \$/MWh de 2008 - 2014

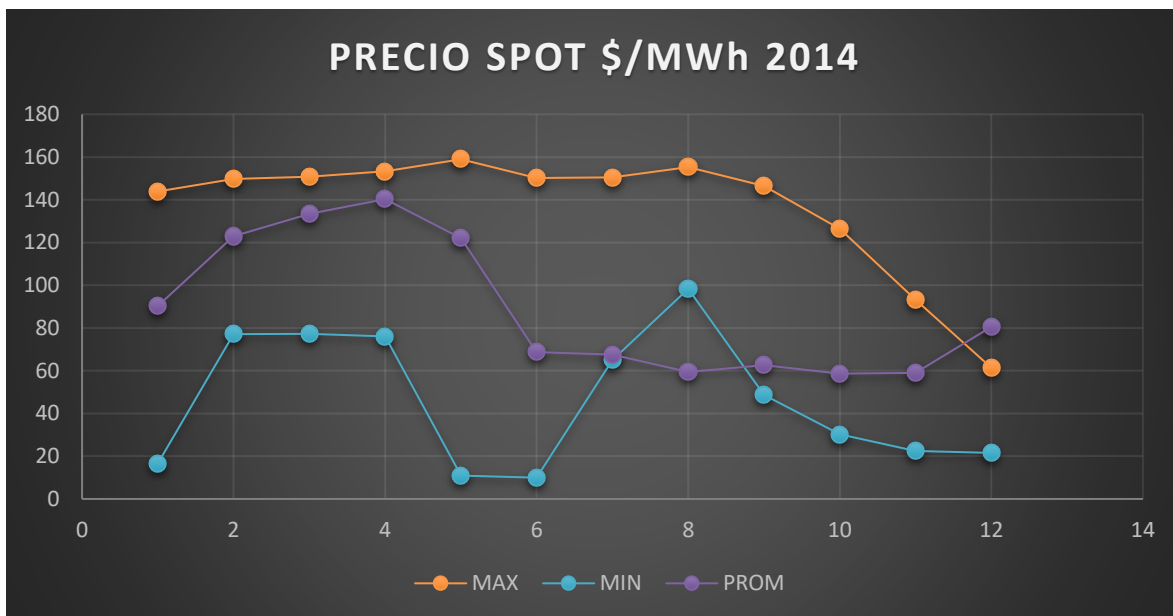
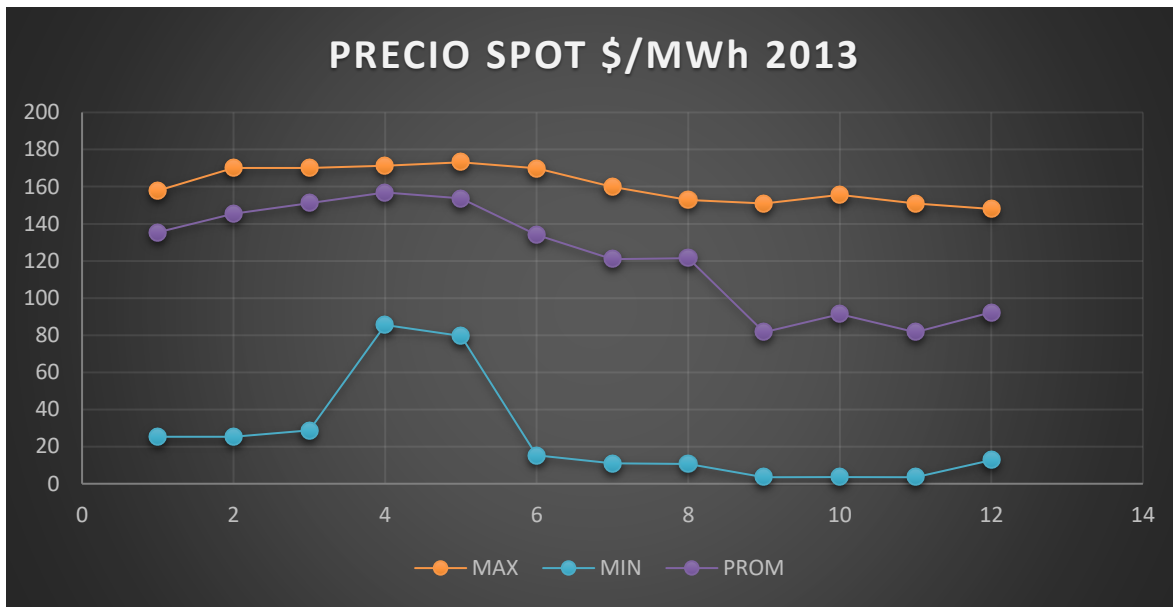






Cuando existe una mayor fuente de centrales de energía renovable el precio Spot de \$/MWh disminuye, este fenómeno ocurre por el precio del combustible a utilizar, en estos casos se refiere a radiación solar, velocidad del viento,

cantidad de recurso hídrico, biomasa etc. Relativamente el precio de combustible es gratuito a comparación al precio del bunker, diésel, carbón o gas natural.



Las energías renovables en el mundo

Representan un 20 % del consumo mundial de electricidad, siendo el 90 % de origen hidráulico. El resto es muy marginal: biomasa 5,5 %, geotérmica 1,5 %, eólica 0,5 % y solar 0,5 %.

Alrededor de un 80 % de las necesidades de energía en las sociedades industriales occidentales giran en torno a la industria, la


calefacción, la climatización de los edificios y el transporte (coches, trenes, aviones). Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones a gran escala de la energía renovable se concentra en la producción de electricidad

3. PLAN DE EXPANSIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO GUATEMALTECO

- La proyección del crecimiento la demanda para el periodo estudiado
- Contrato consultor para el desarrollo de un curso de
- Cálculo de emisiones de CO2 que se producirán para implementar el plan
- Inventario de los proyectos de generación para ser incluidos dentro del procedimiento de optimización y determinación del cronograma
- Simulaciones del despacho de energía de las centrales generadoras con el modelo SDDP con el cual se obtuvo indicadores de déficit probable, costo marginal de la demanda y potencia efectiva disponible.

Debido a cambios de la demanda se ven afectados por diferentes variables como son el comportamiento de la economía de los principales socios comerciales de Guatemala, elevados precios internacionales del petróleo y sus derivados, inversión pública y privada entre otros el Plan de expansión toma en cuenta cuatro diferentes escenarios de demanda de energía: vegetativo, bajo, medio y alto para tener un margen.

Tabla de demanda de potencia y energía desde el 2008 hasta el 2022 basándose en el crecimiento histórico de demanda de energía que en la actualidad es de un 7% anual.

 **Tabla 8. Escenarios de demanda.**

Año	Demanda de Potencia MW				Demanda de Energía GWh			
	Vegetativo	Bajo	Medio	Alto	Vegetativo	Bajo	Medio	Alto
2008	1,505	1,505	1,505	1,505	8,172	8,172	8,172	8,172
2009	1,575	1,575	1,591	1,606	8,568	8,568	8,653	8,735
2010	1,649	1,699	1,732	1,763	8,984	9,422	9,601	9,774
2011	1,726	1,846	1,898	1,949	9,419	10,107	10,390	10,667
2012	1,807	1,958	2,031	2,103	9,876	11,147	11,545	11,937
2013	1,891	2,054	2,150	2,245	10,355	11,777	12,302	12,823
2014	1,969	2,137	2,251	2,363	10,800	12,267	12,891	13,509
2015	2,047	2,215	2,347	2,478	11,244	12,712	13,438	14,157
2016	2,125	2,292	2,444	2,593	11,689	13,157	13,989	14,813
2017	2,206	2,374	2,540	2,709	12,151	13,618	14,560	15,493
2018	2,287	2,454	2,644	2,833	12,630	14,097	15,154	16,199
2019	2,371	2,539	2,751	2,961	13,127	14,594	15,770	16,932
2020	2,461	2,628	2,862	3,094	13,644	15,111	16,411	17,694
2021	2,553	2,721	2,978	3,232	14,182	15,649	17,077	18,488
2022	2,650	2,818	3,099	3,376	14,741	16,209	17,772	19,315

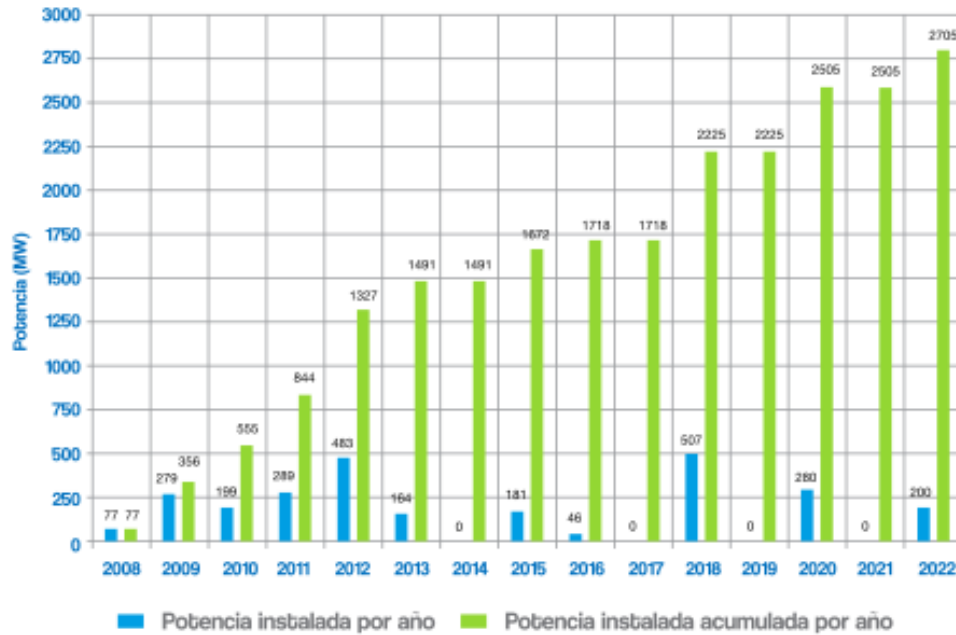
Fuente: Planes de Expansión Sistema Eléctrico Guatemalteco una Visión a Largo Plazo.

Como se puede observar en las tablas desde el año 2008 hasta el año 2022 se espera en un escenario alto se proyecta una demanda de 3,376 MW. Por lo cual en menos de 15 años es necesario duplicar la capacidad de potencia instalada para suplir la demanda que se proyecta para el 2022. En base estas proyecciones se pueden empezar a tomar decisiones de cuantas plantas de generación

de energía eléctrica deberían de entrar anualmente para que en el año 2022 se logre la meta de suplir toda la demanda.

En la siguiente grafica se puede observar en un escenario medio la capacidad instalada anualmente y la acumulada. Es decir, el ingreso de plantas que su plan para el 2022 la demanda estimada.

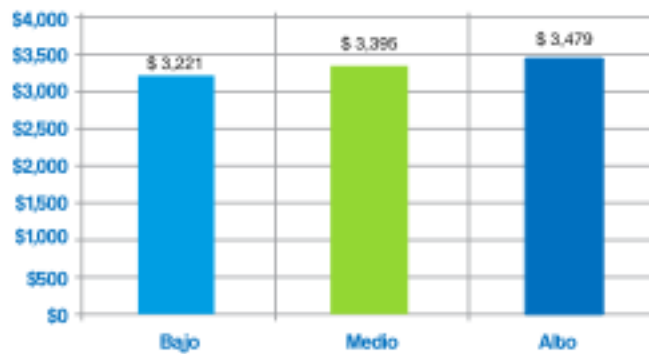
Gráfica 10. Capacidad a instalar anual y acumulada, escenario medio.



Fuente: Planes de Expansión Sistema Eléctrico Guatemalteco una Visión a Largo Plazo.

En base a esto se puede calcular costos de planes totales en los diferentes escenarios.

Gráfica 12. Costos aproximados (en millones de US\$ referido al año 2008) de inversión de planes indicativos bajo, medio y alto.



Fuente: Planes de Expansión Sistema Eléctrico Guatemalteco una Visión a Largo Plazo.

También se puede realizar graficas de las composiciones de la matriz de capacidad instalada según los escenarios. Para todos los escenarios la generación de energía eléctrica mediante recursos renovables sobrepasa el

50% de la capacidad instalada. Esto se debe a que en las licitaciones dadas para cumplir la demanda proyectada 2022 se dio prioridad a las plantas de generación renovable.

4. Análisis del comportamiento de los precios de los combustibles en Guatemala y el mercado internacional en función del precio internacional del petróleo.

Una gran parte de los combustibles que se utilizan en Guatemala se derivan del petróleo, sería de esperarse que existiera una relación estrecha entre el precio de estos y el precio del petróleo, dado que, si el precio de la materia prima de un producto aumenta, el precio del producto debe de aumentar necesariamente o pasar al lado negativo de la rentabilidad. Para ello, se recolectaron datos del ministerio de energía y minas, así como de la Administración de Información de Energía de Estado Unidos.

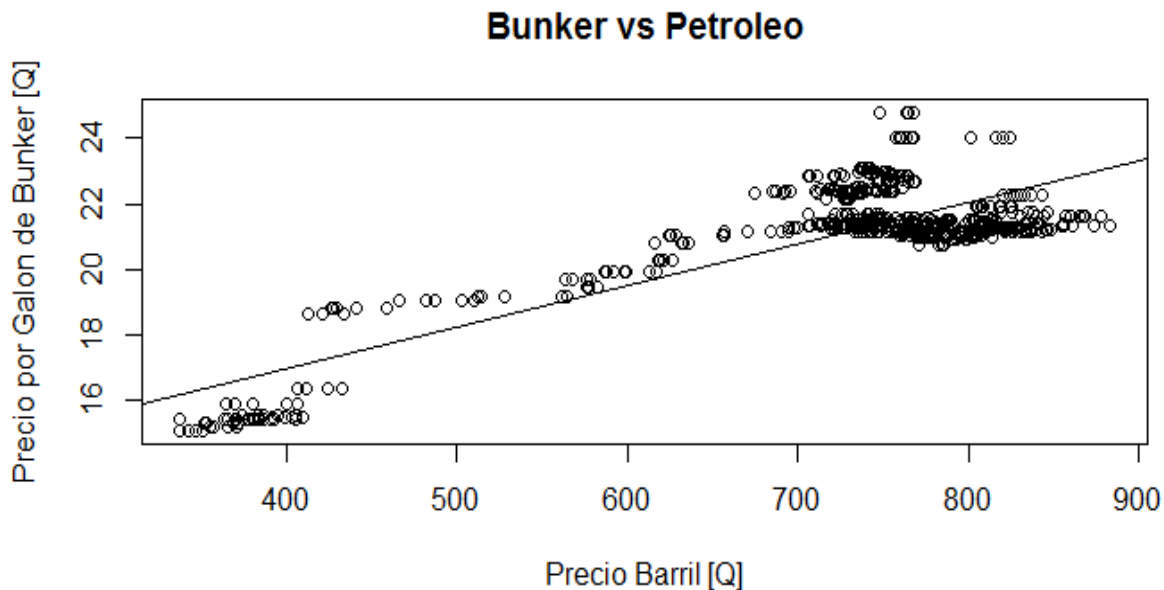
A continuación, se muestran graficas de dispersión de los precios nacionales e internacionales de los combustibles derivados del petróleo y el precio internacional del petróleo; así como los coeficientes de determinación y correlación de Pearson.

Nacionales: (periodo del análisis: 2 de enero 2013, 9 de marzo 2015. Cantidad de muestras: 545, obtenidas de: <http://www.mem.gob.gt/viceministerio-de-mineria-e-hidrocarburos-2/direccion-general-de-hidrocarburos/precios/precio-combustible-nacional/>)

Datos obtenidos de: (Histórico Precios Diarios Internacionales, Viceministerio de Minería e Hidrocarburos)

RESULTADOS

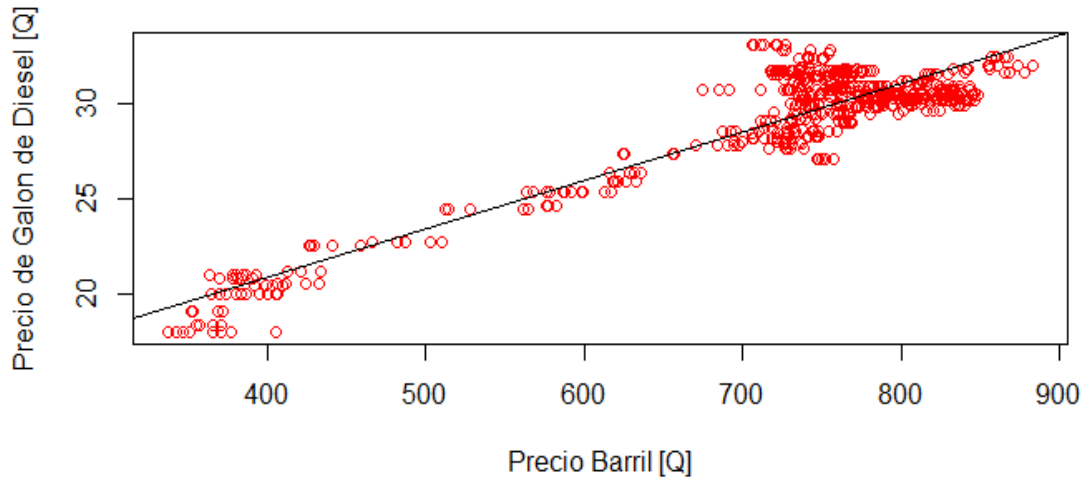
Figura 1.1



R^2	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.712	0.843

Figura 1.2

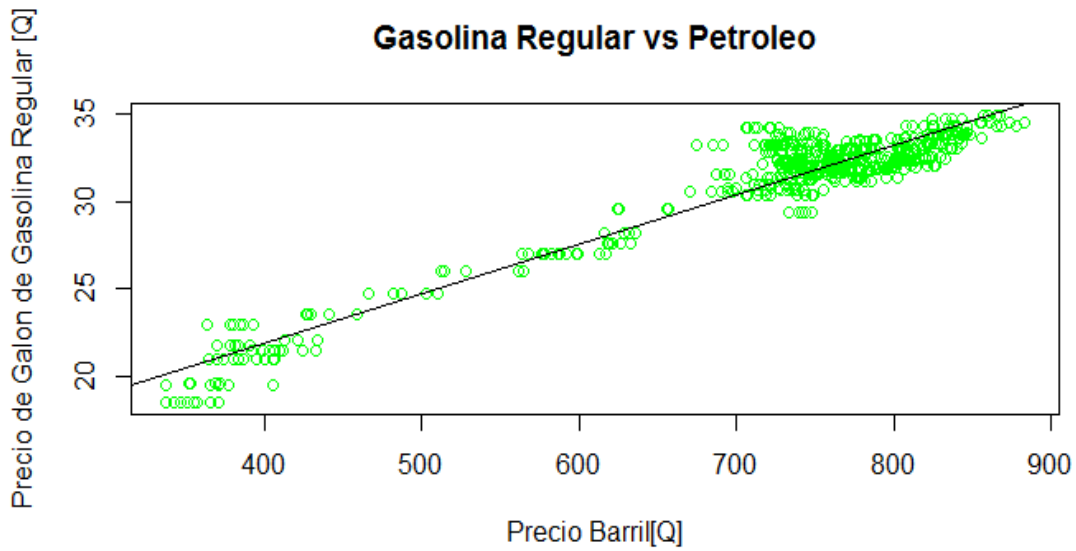
Diesel vs Petroleo



R ²	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.856	0.925

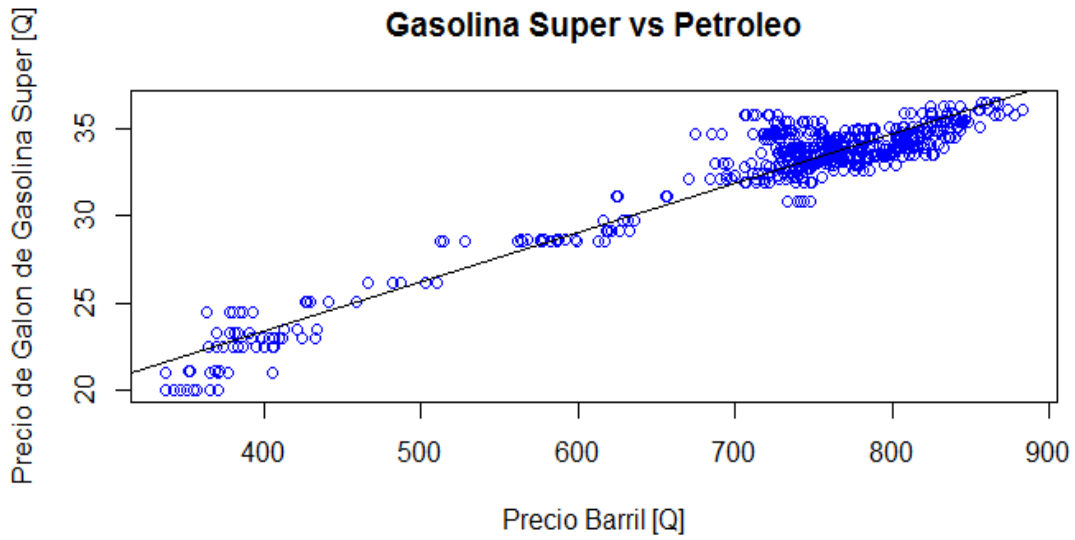
Figura 1.3

Gasolina Regular vs Petroleo



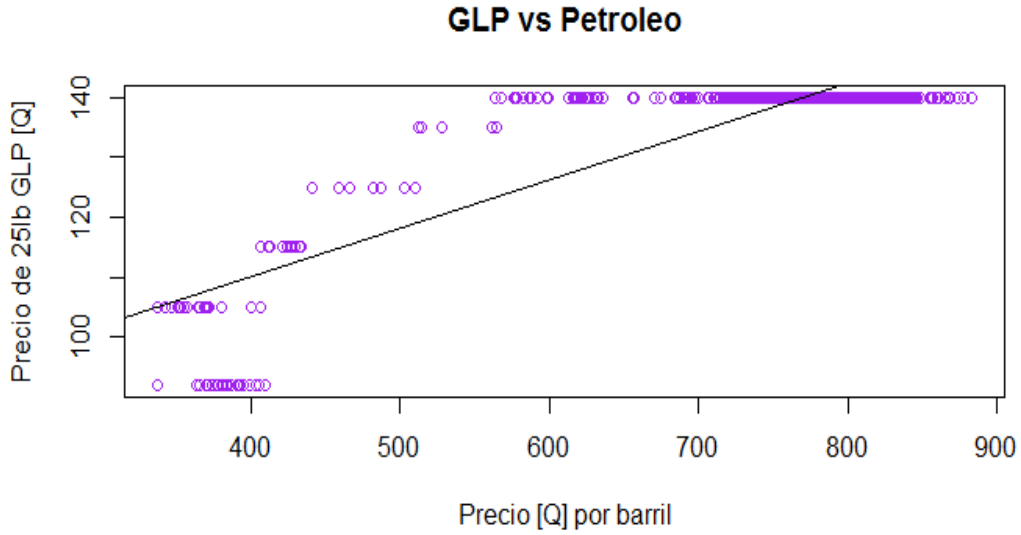
R ²	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.913	0.955

Figura 1.4



R ²	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.913	0.955

Figura 1.5



R ²	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.750	0.866

Figura 1.6

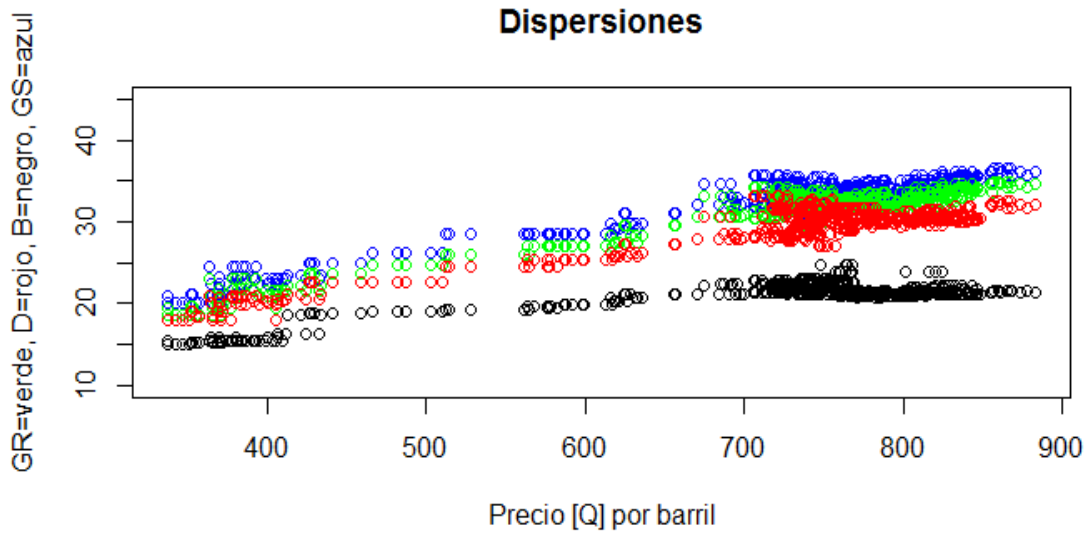
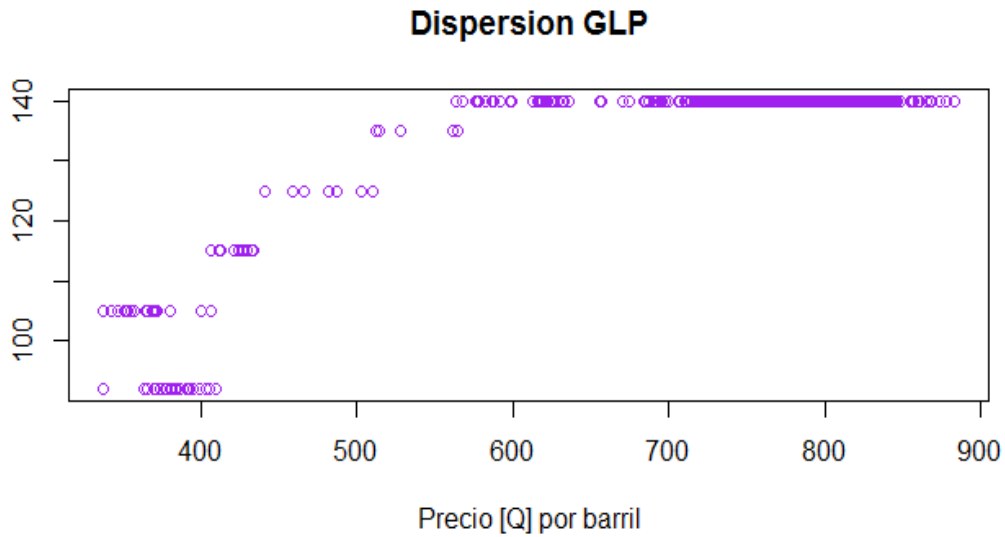


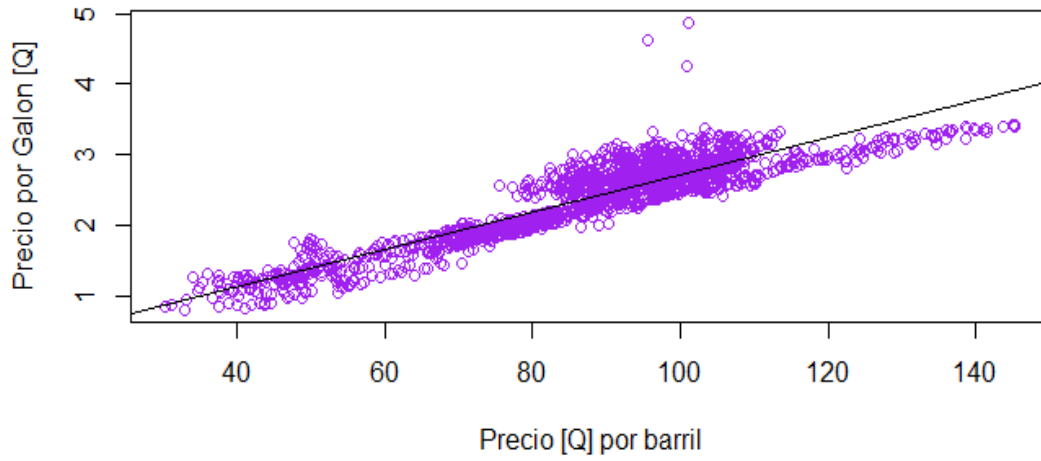
Figura 1.7



Internacionales: (Periodo de Análisis: 2 de enero 2008, 9 de marzo 2015. Cantidad de muestras: 1799, obtenidas de: http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_cons_psup_dc_nus_mbbbl_m.htm)
Fuente: U.S. Energy Information Administration, Petroleum & other liquids.
Figura 2.1

Figura 1.8

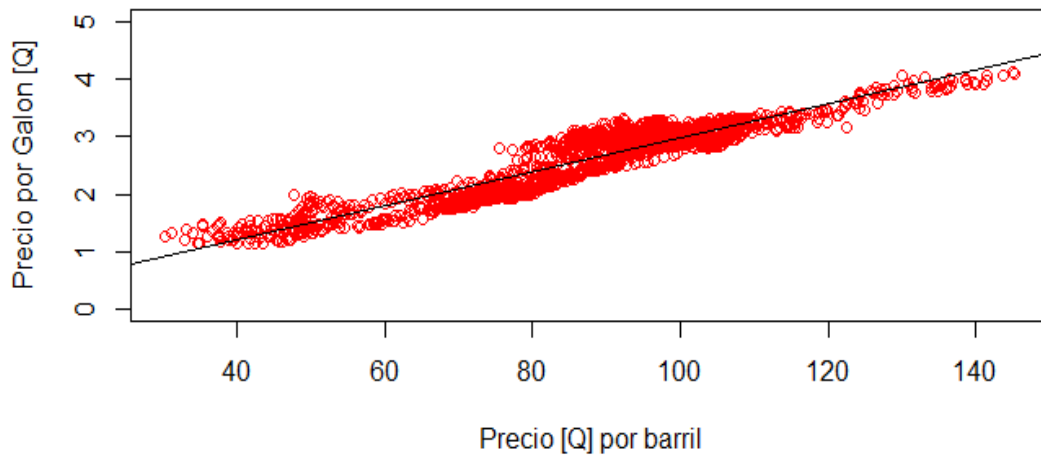
Gasolina Regular vs Petroleo



R^2	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.834	0.913

Figura 1.9

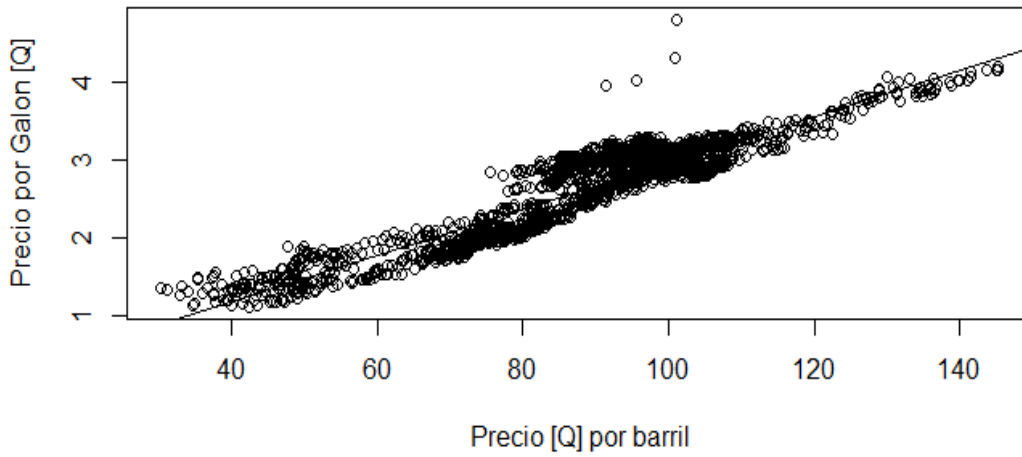
Diesel vs Petroleo



R^2	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.880	0.938

Figura 2.0

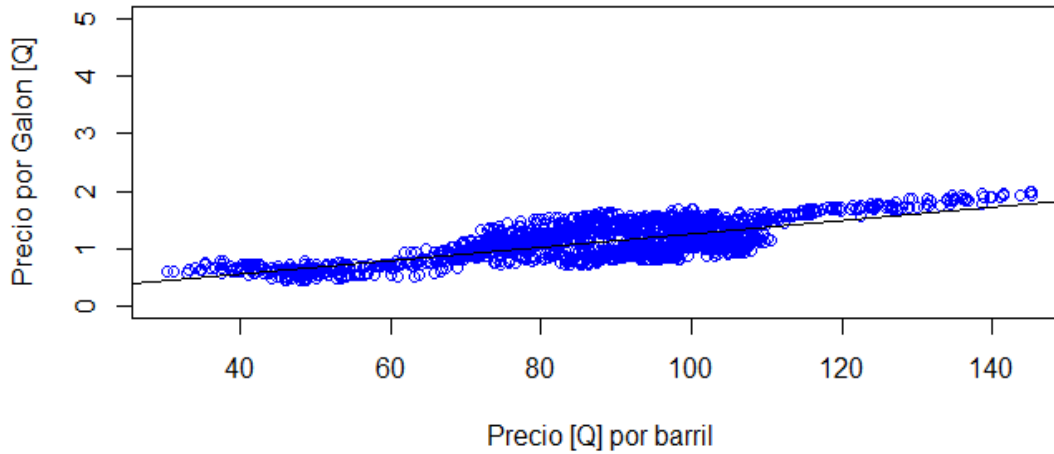
Keroseno vs Petroleo



R^2	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.867	0.931

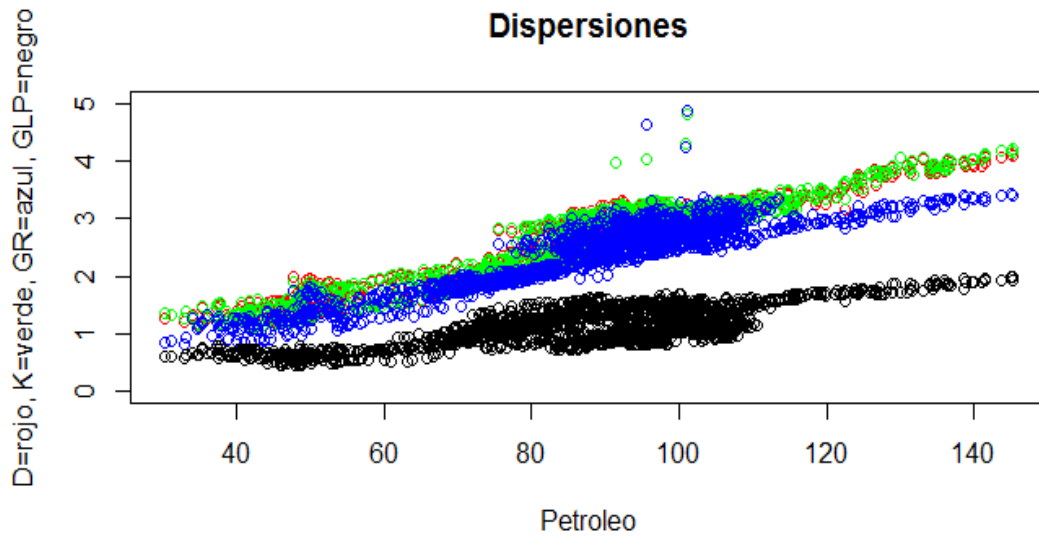
Figura 2.1

GLP vs Petroleo



R^2	Coefficiente de Correlación de Pearson
0.523	0.723

Figura 2.2



Nacionales:

Bunker R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.712	0.843
Diesel R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.856	0.925
Gasolina Regular R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.913	0.955
Gasolina Super R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.913	0.955
GLP R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.750	0.866

Internacionales:

Diesel R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.880	0.938
Gasolina Regular R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.834	0.913
Keroseno R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.867	0.931
GLP R ²	Coeficiente de Correlación de Pearson
0.523	0.723

DISCUSION DE RESULTADOS

1. La similitud en la dispersión de los precios de la gasolina super y regular, bunker y diésel se debe a que todos pasan por un proceso de producción común. Se puede observar en la figura 1.6 que las dispersiones son muy similares, variando en el eje de las ordenadas según su costo de producción, estando el bunker hasta abajo y la gasolina súper en la parte superior.
2. El comportamiento del GLP no es tan fluctuante como el de los demás combustibles como se observa en la figura 1.7. El precio de este permanece estancado durante largos periodos de tiempo en valores determinados sin importar que el precio del petróleo varíe con una mayor frecuencia. Esto puede deberse a la reducida cantidad de proveedores de GLP en el país; es decir, existe una baja competencia que da cabida a que se monopolice su venta y los precios se estanquen.

Según la Revista Hidrocarburos en el tercer informe trimestral 2014, el 92.51% de las importaciones de GLP corresponde a tres empresas, Zeta Gas C.A. con el 63.34%, Tropigas de Guatemala S.A. con el 18.91% y Gas Metropolitano con el 10.15%. Además, no existe una regulación clara para los precios de los hidrocarburos. La ley de hidrocarburos (decreto número 109-83) en su artículo 166, PRECIO DEL GAS LICUADO DE PETROLEO, no especifica cómo, ya que fue derogado

CONCLUSIONES

1. La producción de energía eléctrica por fuentes renovables ayuda que el precio spot de los \$/MWh bajen, esto se debe que el combustible de las fuentes renovables hablese recursos hídricos, radiación solar, flujo de air, manto acuífero, biomasa, etc. Son recursos económicamente viables a comparación de combustibles fósiles; siempre y

por el artículo 75 del Acuerdo gubernativo número 165-2005. En la ley de Comercialización de Hidrocarburos (decreto número 109-97), tampoco existe una clara explicación o regulación de cómo se deben manejar los precios. La única aproximación es el artículo 5 de la misma ley que dice: "Artículo 5. PRECIOS. Las personas individuales o jurídicas que efectúen actividades de refinación, transformación y de la cadena de comercialización de petróleo y productos petroleros, establecerán libre e individualmente los precios de sus servicios y productos, los cuales, deben reflejar las condiciones del mercado internacional y nacional."

3. A pesar de que el coeficiente de determinación del GLP en Guatemala es mayor que el del GLP internacional. Se logra observar que la dispersión del GLP internacional sigue una tendencia más parecida a la de los otros derivados (figura 2.5) aunque se logra observar que es el que está más alejado de los otros tres, mientras que la dispersión del GLP en Guatemala sigue una tendencia completamente diferente a la de los demás hidrocarburos.

Esta parece escalonada mientras que la de los demás es mucho más dispersa. El factor que podría causar este comportamiento y que no está presente en los precios internacionales es: el distribuidor nacional. Los distribuidores de GLP en Guatemala no distribuyen los demás hidrocarburos y los que distribuyen diésel, gasolina y bunker, no distribuyen GLP.

cuando el recurso no sea escaso y este a disposición.

2. El Gobierno de Guatemala debe de motivar a los inversores para crear nuevas centrales de energía renovable ya que esta favorece a que el precio spot de la energía se mantenga bajo y ayuda a disminuir el impacto ambiental.

3. Existen discrepancias entre los precios de los derivados del petróleo y el precio de este último, en especial en el Bunker y GLP a nivel internacional y a nivel nacional el GLP.
4. El precio del derivado de petróleo que sigue con mayor exactitud el comportamiento del precio del petróleo es la Gasolina, tanto Super como Regular, dentro de Guatemala; como se observa en las figuras 1.3 y 1.4.
5. Las leyes que regulan los hidrocarburos en Guatemala dejan algunas ambigüedades que pueden perjudicar a los consumidores.
6. Todos los precios de los hidrocarburos analizados tienen una tendencia cercana al precio del petróleo, algunos con una mayor cercanía que otros.
7. El comportamiento del precio en Guatemala del GLP es irregular en comparación con el de los otros hidrocarburos derivados del petróleo, como se observa en la figura 1.7.

BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de energía y Minas. (s.f.). Ley de comercialización de Hidrocarburos. En *Decreto Ley Número 109-97 y su reglamentación*. (pág. 5). Guatemala.

Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). Ley de Hidrocarburos. En *Decreto Ley Número 109-83 y su reglamentación* (pág. 91). Guatemala.