

Evaluación y predicción de la tendencia de los precios del

MARCADOR DEL CRUDO ECUATORIANO WEST TEXAS INTERMEDIATE (WTI).

Ignacio Bladimir Cerón Guerra¹,

Bryan Cristian Lemos Yáñez ²,

Greiz Katherine Vallejo Cerón³

Álvaro Vinicio Gallegos Eras⁴

Autor para correspondencia: Ignacio Bladimir Cerón Guerra, Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, Ingeniería en Petróleos, Facultad de Geología y Petróleos, Quito-Ecuador. E-mail: Ignacio.ceron@epn.edu.ec

^{1,2,4} Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, Ingeniería en Petróleos, Facultad de Geología y Petróleos, Quito-Ecuador.

³ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Economía, Quito-Ecuador.

Manuscrito recibido el 6 de abril de 2016 Aprobado tras revisión el 8 de junio 2017

RESUMEN

El objetivo principal de este documento es el análisis histórico del precio del petróleo y proponer un modelo técnico para su proyección. La serie histórica que se utiliza va desde el 1 de enero de 1980 hasta el 2 de febrero del 2016 y en el caso del intervalo de predicción serán desde el 3 de febrero del 2016 hasta el 1 de diciembre del 2029. El tamaño del mercado del petróleo puede oscilar entre \$20-\$150 respecto a los datos de precios históricos, dicho acontecimiento ha ocurrido anteriormente y se espera que los precios futuros oscilen dentro de este rango (tamaño del mercado del petróleo). Los precios del petróleo dependen de tres factores importantes: la demanda mundial, el desarrollo de nuevas energías y las reservas mundiales. Los tres factores interactúan directamente con el precio del petróleo West Texas Intermediate (WTI) en el mercado. La predicción propone una visión del panorama del mercado petrolero desde el punto de vista técnico, analítico y específico hacia el futuro; se proponen conclusiones y recomendaciones en referencia al desarrollo del mercado petrolero en el mundo y en el Ecuador.

Palabras claves: Precios, petróleo, parámetros de afectación, predicción, mercado

ABSTRACT

The main objective of this document is the historical analysis of the oil price and to propose a technical model for its projection. The historical series used goes from January 1, 1980 until February 2, 2016 and in the case of the prediction interval, they go from February 3rd, 2016 to December 1st, 2029. The size of the market oil prices may range from \$ 20- \$ 150 compared to historical price data, such event has occurred previously and future prices are expected to fluctuate within this range (size of the oil market). Oil prices depend on three important factors: global demand, the development of new energy and global

reserves. The three factors directly interact with the West Texas Intermediate (WTI) oil price in the market. The prediction proposes an overview of the oil market from a technical, analytical and specific point of view towards the future; Conclusions and recommendations are proposed in reference to the development of the oil market in the world and in Ecuador.

Keywords: prices, oil, parameters of affectation, Matlab, excel, advanced mathematics.

INTRODUCCIÓN

El propósito de la investigación es la predicción del comportamiento futuro de los precios del petróleo ecuatoriano en base a estudios del crudo West Texas Intermediate, para el efecto se utilizan métodos matemáticos. El motivo primordial que impulsa la investigación es la preocupación de lo que pasará con la economía en nuestro país donde la región amazónica es una de las más afectadas económicamente por la baja del precio del barril del petróleo. El desarrollo socioeconómico regional y la disminución de rubros según la Ley de Compensación Geográfica desaceleran las inversiones y dinamización de la misma economía social.

Hasta el momento no existe una relación de Fourier que ajuste la data histórica mensual del precio del petróleo (WTI) al 100%. Este documento se basa principalmente en un análisis matemático con ayuda de la transformada discreta de Fourier, mediante la cual se trasladarán acontecimientos importantes que han sucedido en el pasado y permite generar las proyecciones con un intervalo de precios específicos en el futuro, que afectarán directamente a factores como el desarrollo de las nuevas energías, la demanda mundial y la disminución de las reservas, influyentes en el precio del petróleo. Los factores mencionados anteriormente incrementarán o disminuirán el precio del barril del petróleo.

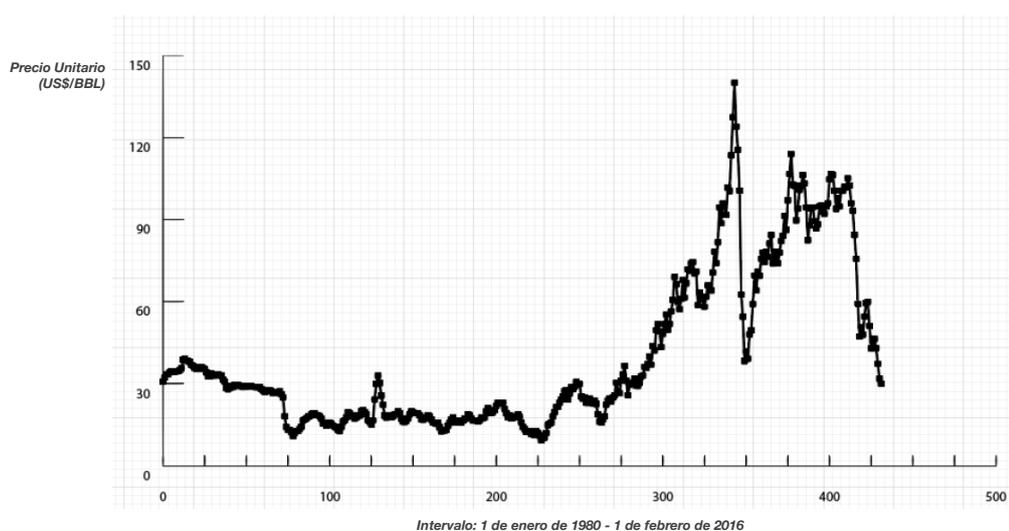


Figura 1:
Curva de precios históricos del barril de petróleo (WTI) con el tiempo.

Fuente:
U.S. Energy information administration (2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Análisis de la data

1.1. Precio del crudo WTI

Los datos del precio mensual del precio del petróleo (WTI) se obtuvieron a partir de la página oficial de Energy Information Administration, BCE, escogidos desde enero de 1980 hasta febrero del 2016.

Los precios históricos han sido afectados por diversos factores, entre los más influyentes están:

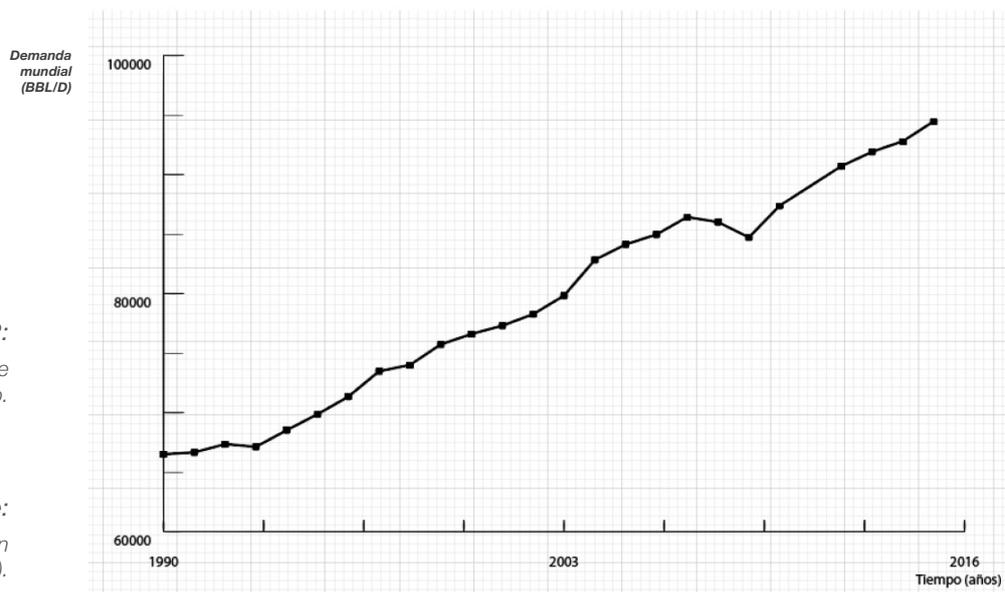


Figura 2:
Demanda mundial de petróleo versus tiempo.

Fuente:
U.S. Energy information administration(2016).

1.1.1. La demanda (incremento de la población)

La demanda es un factor creciente en años posteriores, se espera que crezca en un 0.8% anual en el intervalo analizado a futuro. (The Energy Outlook 2035, 2016).

1.1.2. Reservas (oferta)

El petróleo, como fuente energética no renovable, muestra señales de su agotamiento a nivel de las reservas mundiales y de su ritmo productivo. Se espera tener un punto no retorno dentro de un tiempo determinado.

1.1.2.1 Balance entre la producción y las reservas mundiales

El análisis sobre el “punto no retorno” es cualitativo, cabe recalcar que el único objetivo es dar a entender dicho punto, no un análisis cuantitativo lo cual si fuera el caso se tendría que trabajar con funciones tanto de producción y de reservas en relación al tiempo y así integrarlas para obtener un área bajo la curva exacta. Un punto no retorno se da cuando las reservas remanentes totales a futuro no son suficientes para sostener la producción, esto generará una declinación irreversible en la producción de hidrocarburos para sostener la demanda.

Se espera que el aumento de las reservas mundiales de petróleo se de alrededor de 0.857009%. (The Energy Outlook 2035, 2016).

1.1.3 Nuevas energías (desarrollo de nuevas energías)

Energía alternativa sería equivalente al concepto de energía renovable o energía verde, están incluidas la energía nuclear o incluso la hidroeléctrica. Estudios realizados por The Energy Outlook 2035 (2016) indica que el consumo de los demás combustibles caerá, siendo más acusada la caída del carbón (-54%), seguida por la del petróleo (-23%). El decrecimiento de precio del petróleo por nuevas energías será del -0.04545% anual. (The Energy Outlook 2035, 2016).

2. Principio matemático y aplicación

La transformada discreta de Fourier es una aproximación de la serie de Fourier que aplica el principio de aproximar una integral a una sumatoria para encontrar la función que rige a los datos experimentales.

2.1 Desarrollo matemático

Transformada discreta de Fourier

$$a_0 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k \tag{1}$$

$$a_i = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N X_k \cos\left(\frac{2\pi k}{N} i\right) \quad i = 1,2,3,4, \dots \dots \frac{N}{2} - 1 \tag{2}$$

$$b_i = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N X_k \sin\left(\frac{2\pi k}{N} i\right) \quad i = 1,2,3,4, \dots \dots \frac{N}{2} - 1 \tag{3}$$

$$X(t) = a_0 + \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} a_i \cos\left(\frac{2\pi i}{T} t\right) + \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}-1} b_i \sin\left(\frac{2\pi i}{T} t\right) \quad \text{Ecuación Final} \tag{4}$$

$$a_{N/2} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k \cos(k\pi) \tag{5}$$

N : número de datos históricos del precio del barril del petróleo (tabla 1).

X_k : Precio histórico del barril de petróleo West Texas Intermediate (tabla 1).

T : Período, igual al número de datos históricos del precio de barril de petróleo.

t : número de mes correspondiente a la fecha a analizar.

$X(t)$: Precio del petróleo en función del tiempo

$b_i, a_i, a_{N/2}$: Parámetros de la ecuación (4)

Series de Fourier

$$a_o' = \frac{1}{p} \int_{-p}^p f(t) dt \quad (1')$$

$$a_n = \frac{1}{p} \int_{-p}^p f(t) \cos\left(\frac{n\pi}{p} t\right) dt \quad (2')$$

$$b_n = \frac{1}{p} \int_{-p}^p f(t) \sin\left(\frac{n\pi}{p} t\right) dt \quad (3')$$

$$f(t) = \frac{a_o'}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{n\pi}{p} t\right) + b_n \sin\left(\frac{n\pi}{p} t\right) \quad (4')$$

$[-p;p]$: intervalo de variación de la función $f(t)$

ANÁLISIS MATEMÁTICO

La transformada discreta de Fourier es un análisis de datos históricos que permite generar una ecuación que se ajuste a dichos datos mediante sumatorias de $N/2-1$ términos de los datos experimentales. ¿Por qué no sumar todos los términos a la ecuación final (4)? dicha pregunta tiene la siguiente respuesta matemática: el conjunto de funciones para el desarrollo de las series de Fourier son ortogonales en el intervalo de $a < t < a+2p$, un caso particular se da cuando $a = -p$, donde obtenemos los límites de integración de (1'), (2') y (3'). Sin embargo para $a=0$ los límites son $0 < t < 2p$. Por lo tanto si la función del precio del petróleo se encuentra definida entre el 1 de enero de 1980 $< t < 2$ de febrero del 2016 ó $0 < t < N$ ($N= 430$ datos, desde 1 de enero de 1980 hasta el 2 de febrero del 2016), se identifica que la variable t debe ser evaluada desde 0 hasta $p=N/2$. Se puede plantear una semejanza entre la ecuación (1') y (1), en la ecuación (1') se define una integral en el intervalo $[-p;p]$, si dicha integral se plantea mediante una sumatoria esta será planteada como lo dicta la ecuación (1). El principio aplicado para la ecuación (1) con su homólogo se aplican a las ecuaciones (2') y (3'), tomando en cuenta la variación de t ($0 < t < N/2$).

El término $a_{N/2}$ es un caso particular de a_i cuando $i = N/2$, el cual es una constante.

Las ecuaciones (4) y (4') son las ecuaciones finales tanto de la transformada discreta de Fourier y la serie de Fourier respectivamente, la transformada discreta de Fourier no necesita una ecuación $f(t)$ definida, al contrario, ayuda a definir dicha ecuación (ecuación de interés), mientras que las series de Fourier tendrán una ecuación $f(t)$ definida para aplicar dicho proceso. Los arreglos matemáticos realizados para llegar de la ecuación (4') a la ecuación (4) son los siguientes:

$$f(t) = \frac{a_o'}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{n\pi}{p} t\right) + b_n \sin\left(\frac{n\pi}{p} t\right)$$

$$f(t) = \frac{a_o'}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{n\pi}{p} t\right) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin\left(\frac{n\pi}{p} t\right)$$

$$X(t) = a_o + \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} a_i \cos\left(\frac{2\pi i}{T} t\right) + \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}-1} b_i \sin\left(\frac{2\pi i}{T} t\right)$$

Los términos se pueden semejar entre sí de la siguiente manera:

$$a_o \equiv \frac{a_o'}{2}$$

$$\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} a_i \cos\left(\frac{2\pi i}{T} t\right) \equiv \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{n\pi}{p} t\right)$$

$$\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}-1} b_i \sin\left(\frac{2\pi i}{T} t\right) \equiv \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin\left(\frac{n\pi}{p} t\right)$$

¿Por qué se plantea las sumatorias desde $i=1$ hasta $N/2$ para a_i y para b_i hasta $N/2-1$? La respuesta para tal cuestión está en el punto donde la función coseno es distinta de cero, para un $T=430$ (período) el elemento $i=215$ (la mitad del número de datos) la función $\cos\left(\frac{2\pi i}{T} t\right)$ es distinta de cero, mientras que $\sin\left(\frac{2\pi i}{T} t\right)$ es igual a cero por ende cabe definir $a_{N/2}$ para $i=215$ y no es necesario definir $b_{N/2}$ debido a que $b_{N/2} * \sin\left(\frac{2\pi i}{T} t\right)$ el término es igual a cero en dicha singularidad.

Con ayuda de Matlab y Excel se determinan los parámetros a_i , b_i $a_{N/2}$ y que definen la ecuación final (4).

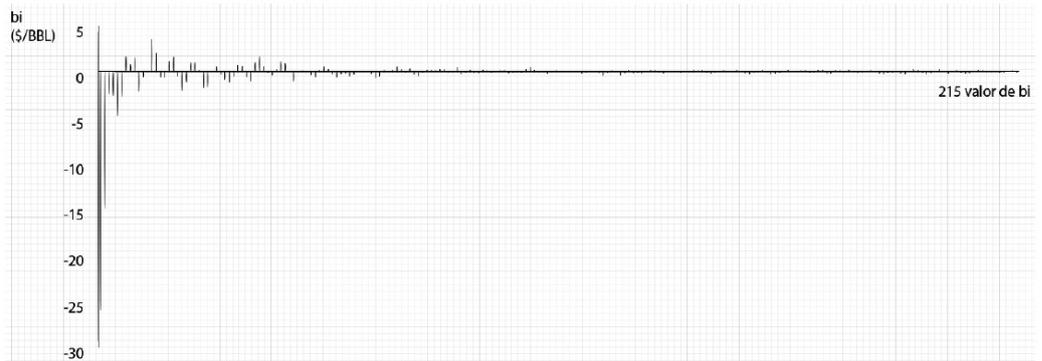


Figura 3:
Parámetro b_i en función del número de muestra que se tiene para generar la ecuación final.

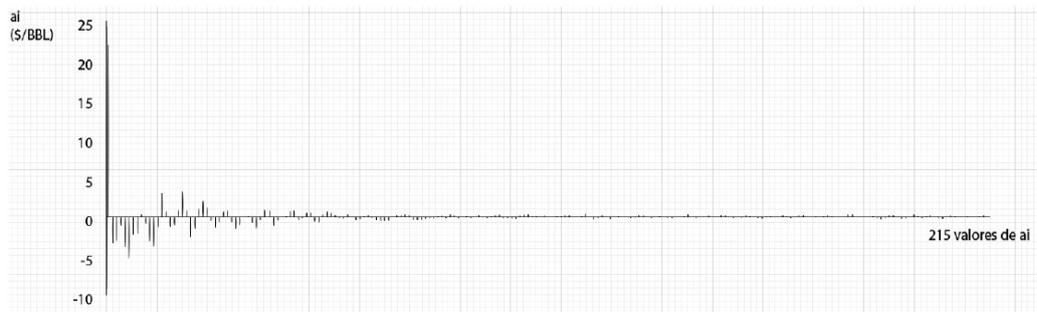


Figura 4:
Parámetro a_i en función del número de muestra que se tiene para generar la ecuación final.

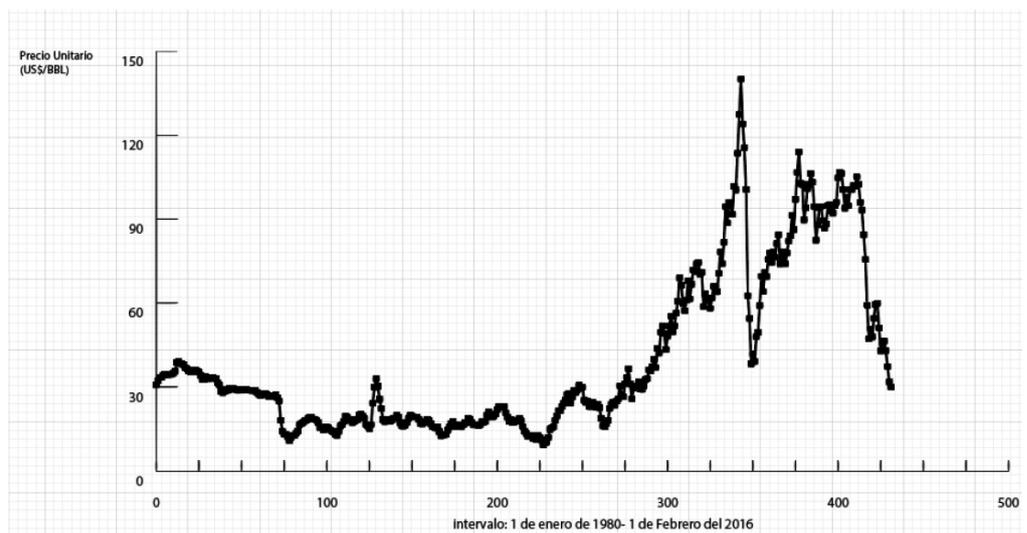


Figura 5:
Datos históricos del precio del petróleo en función del tiempo (generados con la ecuación (4)). Desde 1 de enero de 1980 hasta 1 de febrero del 2016.

Los gráficos generados en Matlab dan un punto de vista analítico muy importante al momento de analizar los armónicos a_i y b_i , se observa que a medida que i aumenta tanto los valores a_i y b_i tienden a cero. Es por ello que una manera rápida de estimar algún valor del precio del petróleo bastaría en aplicar la ecuación (4) tomando las sumatorias de los valores a_i y b_i más significativos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Asunciones para la predicción:

1. El intervalo de predicción posee la memoria de precios históricos los cuales serán afectados por incremento de la demanda mundial, de nuevas energías y el decrecimiento de las reservas en dicho intervalo a analizar.
2. El precio esperado se encuentra entre las curvas de máximos y mínimos precios establecidos por los parámetros (demanda, reservas y nuevas energías).

La memoria de una función se define como un disco de almacenamiento que guarda los datos históricos y permite recordarlos en un futuro posterior.

La ecuación generada en la sección 2.2 (transformada discreta de Fourier) nos ayuda a obtener los precios del barril del petróleo sin inflación por parte de la demanda, reservas y desarrollo de nuevas energías, los cuales se detallan a continuación:

01/03/2016	30.750	01/08/2017	37.030	01/01/2019	33.090
01/04/2016	32.400	01/09/2017	36.580	01/02/2019	32.850
01/05/2016	33.420	01/10/2017	35.820	01/03/2019	31.400
01/06/2016	33.540	01/11/2017	35.440	01/04/2019	30.760
01/07/2016	34.330	01/12/2017	35.430	01/05/2019	28.430
01/08/2016	34.480	01/01/2018	36.210	01/06/2019	27.950
01/09/2016	34.510	01/02/2018	35.950	01/07/2019	28.530
01/10/2016	34.440	01/03/2018	35.540	01/08/2019	29.230
01/11/2016	34.460	01/04/2018	35.480	01/09/2019	28.760
01/12/2016	34.630	01/05/2018	34.070	01/10/2019	29.500
01/01/2017	35.090	01/06/2018	32.820	01/11/2019	29.540
01/02/2017	35.630	01/07/2018	32.780	01/12/2019	29.670
01/03/2017	38.850	01/08/2018	33.790	01/01/2020	29.090
01/04/2017	39.000	01/09/2018	33.440	01/02/2020	29.300
01/05/2017	38.310	01/10/2018	32.950	01/03/2020	28.800
01/06/2017	38.410	01/11/2018	33.030	01/04/2020	28.910
01/07/2017	37.840	01/12/2018	33.280	01/05/2020	28.950

Tabla 1:
Valores futuros no afectados por demanda, reservas y desarrollo de nuevas energías.

01/06/2020	29.110	01/08/2023	18.710	01/10/2026	24.260
01/07/2020	29.260	01/09/2023	19.260	01/11/2026	29.880
01/08/2020	29.190	01/10/2023	19.320	01/12/2026	32.880
01/09/2020	29.000	01/11/2023	18.570	01/01/2027	30.190
01/10/2020	28.920	01/12/2023	18.530	01/02/2027	25.560
01/11/2020	28.700	01/01/2024	18.140	01/03/2027	22.300
01/12/2020	28.790	01/02/2024	17.200	01/04/2027	18.300
01/01/2021	28.740	01/03/2024	15.450	01/05/2027	17.580
01/02/2021	28.020	01/04/2024	15.430	01/06/2027	18.320
01/03/2021	27.490	01/05/2024	14.730	01/07/2027	18.360
01/04/2021	26.990	01/06/2024	15.620	01/08/2027	17.780
01/05/2021	27.200	01/07/2024	15.930	01/09/2027	18.140
01/06/2021	27.590	01/08/2024	15.500	01/10/2027	18.710
01/07/2021	27.600	01/09/2024	14.810	01/11/2027	19.000
01/08/2021	27.250	01/10/2024	14.320	01/12/2027	19.860
01/09/2021	26.570	01/11/2024	13.840	01/01/2028	19.350
01/10/2021	26.610	01/12/2024	13.050	01/02/2028	17.170
01/11/2021	26.560	01/01/2025	12.660	01/03/2028	16.100
01/12/2021	26.790	01/02/2025	14.110	01/04/2028	16.000
01/01/2022	27.120	01/03/2025	16.040	01/05/2028	16.360
01/02/2022	26.210	01/04/2025	16.610	01/06/2028	17.370
01/03/2022	24.930	01/05/2025	17.770	01/07/2028	18.790
01/04/2022	18.110	01/06/2025	19.590	01/08/2028	19.830
01/05/2022	14.220	01/07/2025	19.050	01/09/2028	19.740
01/06/2022	13.150	01/08/2025	18.270	01/10/2028	19.250
01/07/2022	13.170	01/09/2025	17.990	01/11/2028	19.260
01/08/2022	12.250	01/10/2025	17.230	01/12/2028	19.340
01/09/2022	10.910	01/11/2025	17.620	01/01/2029	18.400
01/10/2022	11.870	01/12/2025	18.290	01/02/2029	16.940
01/11/2022	12.850	01/01/2026	18.320	01/03/2029	16.800
01/12/2022	12.780	01/02/2026	20.050	01/04/2029	17.410
01/01/2023	13.460	01/03/2026	20.510	01/05/2029	17.820
01/02/2023	14.170	01/04/2026	19.780	01/06/2029	18.350
01/03/2023	16.450	01/05/2026	18.940	01/07/2029	17.890
01/04/2023	16.980	01/06/2026	16.660	01/08/2029	16.800
01/05/2023	17.260	01/07/2026	16.070	01/09/2029	15.810
01/06/2023	17.890	01/08/2026	15.150	01/10/2029	15.640
01/07/2023	18.250	01/09/2026	16.540	01/11/2029	15.320
				01/12/2029	15.590

Los valores descritos en la tabla 1 se los conocerá como “precios generados con la ecuación”, esto nos ayudara a seguir nuestro procedimiento analítico.

A continuación se genera la curva de máximo valores y curva de mínimos valores. La curva de máximo valores será el promedio aritmético entre el incremento del precio del petróleo por parte de la demanda y la disminución de las reservas mundiales, esta curva es una consideración como si solo existiría factores que ayuden a subir el precio del petróleo en el futuro (optimista). La curva de valores mínimos será los valores del precio afectados por el desarrollo de las nuevas energías, la cual nos da valores donde solo afecta el factor de disminución del precio del petróleo. Los valores de precios futuros serán un promedio aritmético entre los valores máximos y mínimos donde se consideran que el precio es afectado tanto por el incremento de la demanda del mercado mundial, la disminución de las reservas y el desarrollo de las nuevas energías.

Cuando el precio del petróleo incrementa o disminuye un porcentaje mensual en el intervalo de predicción se aplican las siguientes fórmulas para encontrar el precio futuro afectado por los factores ya caracterizados anteriormente (demanda, reservas y nuevas energías).

$$\text{precio}_{\text{futuro al mes } n} = \frac{\text{precio generada con la ecuación}}{(1 - \text{incremento mensual})^n} \quad (6)$$

$$\text{precio}_{\text{futuro al mes } n} = \frac{\text{precio generada con la ecuación}}{(1 + \text{decrecimiento mensual})^n} \quad (7)$$

Para el incremento por demanda y decremento nuevas energías el valor de n inicia en un valor igual a 39 en el intervalo de predicción (1 de abril de 2016 --1 de diciembre del 2029), mientras que para el incremento por reservas n inicia en un valor igual a 74 para para el mismo intervalo de predicción (1 de abril de 2016 --1 de diciembre del 2029).

Los valores de n son debido a diferentes estudios realizados por parte de The Energy Outlook 2035.

01/03/2016	37.518	01/11/2016	43.190	01/07/2017	48.774
01/04/2016	39.661	01/12/2016	43.552	01/08/2017	47.902
01/05/2016	41.046	01/01/2017	44.284	01/09/2017	47.491
01/06/2016	41.331	01/02/2017	45.122	01/10/2017	46.673
01/07/2016	42.446	01/03/2017	49.372	01/11/2017	46.346
01/08/2016	42.775	01/04/2017	49.737	01/12/2017	46.503
01/09/2016	42.958	01/05/2017	49.030	01/01/2018	47.702
01/10/2016	43.017	01/06/2017	49.333	01/02/2018	47.535

Tabla 2:
Precios futuros afectados por incremento de la demanda mundial, la disminución de reservas y el desarrollo de las nuevas energías.

01/03/2018	47.168	01/11/2020	43.325	01/07/2023	31.941
01/04/2018	47.264	01/12/2020	43.649	01/08/2023	32.908
01/05/2018	45.557	01/01/2021	43.763	01/09/2023	34.043
01/06/2018	44.051	01/02/2021	42.854	01/10/2023	34.319
01/07/2018	44.164	01/03/2021	42.228	01/11/2023	33.152
01/08/2018	45.699	01/04/2021	41.643	01/12/2023	33.246
01/09/2018	45.399	01/05/2021	42.154	01/01/2024	32.710
01/10/2018	44.906	01/06/2021	42.949	01/02/2024	31.172
01/11/2018	45.190	01/07/2021	43.156	01/03/2024	28.142
01/12/2018	45.709	01/08/2021	42.801	01/04/2024	28.249
01/01/2019	45.626	01/09/2021	41.921	01/05/2024	27.105
01/02/2019	45.473	01/10/2021	42.174	01/06/2024	28.889
01/03/2019	43.637	01/11/2021	42.286	01/07/2024	29.614
01/04/2019	42.917	01/12/2021	42.847	01/08/2024	28.963
01/05/2019	39.824	01/01/2022	43.574	01/09/2024	27.817
01/06/2019	39.309	01/02/2022	42.306	01/10/2024	27.037
01/07/2019	40.286	01/03/2022	40.426	01/11/2024	26.267
01/08/2019	41.441	01/04/2022	29.503	01/12/2024	24.897
01/09/2019	40.940	01/05/2022	23.274	01/01/2025	24.279
01/10/2019	42.165	01/06/2022	21.623	01/02/2025	27.203
01/11/2019	42.395	01/07/2022	21.758	01/03/2025	31.087
01/12/2019	42.757	01/08/2022	20.334	01/04/2025	32.362
01/01/2020	42.095	01/09/2022	18.195	01/05/2025	34.806
01/02/2020	42.575	01/10/2022	19.890	01/06/2025	38.576
01/03/2020	42.023	01/11/2022	21.635	01/07/2025	37.713
01/04/2020	42.360	01/12/2022	21.620	01/08/2025	36.364
01/05/2020	42.597	01/01/2023	22.880	01/09/2025	35.999
01/06/2020	43.014	01/02/2023	24.204	01/10/2025	34.665
01/07/2020	43.419	01/03/2023	28.234	01/11/2025	35.642
01/08/2020	43.500	01/04/2023	29.286	01/12/2025	37.198
01/09/2020	43.402	01/05/2023	29.914	01/01/2026	37.462
01/10/2020	43.469	01/06/2023	31.158	01/02/2026	41.225

01/03/2026	42.402	01/07/2027	41.529	01/11/2028	47.865
01/04/2026	41.118	01/08/2027	40.450	01/12/2028	48.354
01/05/2026	39.590	01/09/2027	41.508	01/01/2029	46.282
01/06/2026	35.017	01/10/2027	43.061	01/02/2029	42.868
01/07/2026	33.965	01/11/2027	43.983	01/03/2029	42.773
01/08/2026	32.199	01/12/2027	46.243	01/04/2029	44.596
01/09/2026	35.350	01/01/2028	45.319	01/05/2029	45.925
01/10/2026	52.140	01/02/2028	40.450	01/06/2029	47.581
01/11/2026	64.580	01/03/2028	38.153	01/07/2029	46.673
01/12/2026	71.465	01/04/2028	38.140	01/08/2029	44.100
01/01/2027	65.990	01/05/2028	39.229	01/09/2029	41.757
01/02/2027	56.187	01/06/2028	41.898	01/10/2029	41.564
01/03/2027	49.300	01/07/2028	45.594	01/11/2029	40.966
01/04/2027	40.688	01/08/2028	48.405	01/12/2029	41.947
01/05/2027	39.311	01/09/2028	48.473		
01/06/2027	41.201	01/10/2028	47.554		

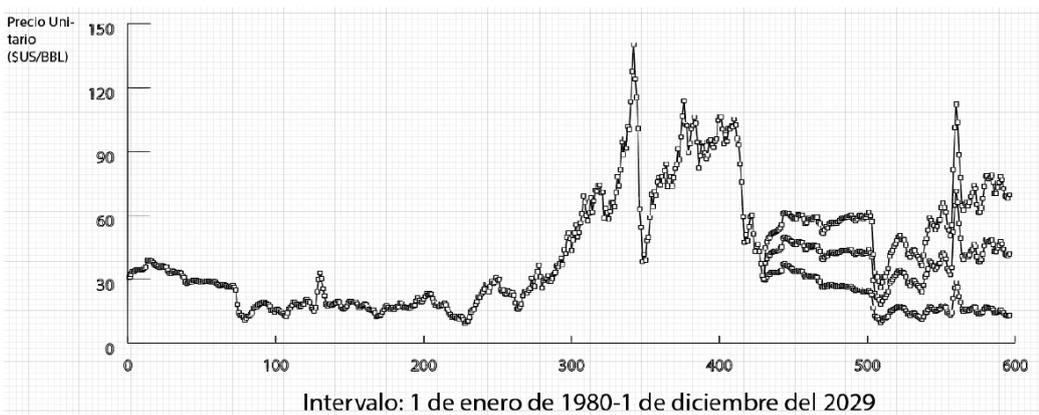


Figura 6:
Gráfico de los 596 datos tanto de precios históricos (430 datos) como de precios futuros (166 datos) del barril del petróleo en función del tiempo. Desde 1 de enero de 1980 hasta el 1 de diciembre del 2029.

En la figura 6 se presenta una escala particular que no específicamente están los datos de las fechas, nuestra escala se refiere al número que entra directamente en la ecuación final donde la fecha inicial correspondiente al punto de coordenada 0 en x es el 1 de enero de 1980 y el punto final de nuestro dominio es el 596 que representa el 1 de diciembre de 2029. Esto quiere decir que habrá que contar los meses a partir del 1 de enero de 1980 para poder utilizar el mes correspondiente en la ecuación generada en nuestro trabajo. Esta transformación es relativamente fácil he aquí un ejemplo sencillo:

Si la fecha que queremos saber el precio del petróleo es el 1 de febrero de 1990, entonces aplicar esta fórmula para ver el número de mes correspondiente:

$$\#mes = (\text{año analizado} - 1980) * 12 + \text{meses correspondientes al año}$$
$$\#mes = (1990-1980)*12+2 \quad ; 2=\text{enero y febrero de 1990}$$

Si el mes a analizar corresponde al rango histórico (Data) dicho precio es el real, pero si el mes analizado corresponde al intervalo de predicción habrá que aplicar la ecuación ya sea (6) ó (7) al precio encontrado por la ecuación final (4), para poder saber el precio del barril del petróleo afectado por los parámetros ya caracterizados (demanda, reservas y nuevas energías).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

El estudio del precio del petróleo del marcador WTI, permitió definir a donde tiende la industria petrolera a nivel mundial y nacional. El precio del crudo ecuatoriano, Oriente y Napo están regidos por el valor de su marcador WTI. El incremento de la demanda mundial se espera que aumente con el tiempo de la misma manera que lo hace la población, un aumento de la población genera un aumento en la demanda de la energía en el periodo de tiempo 2016 al 2030, situación que es favorable al precio del petróleo. Las reservas mundiales irán disminuyendo con el tiempo debido a la producción, consumo y la disminución de los descubrimientos de nuevos yacimientos, cooperando en el aumento de precios del hidrocarburo. Las nuevas energías complementa el esquema de evaluación de los precios finales del barril de petróleo, variable que desfavorece sostener precios altos del barril de petróleo; una depresión sostenida de los precios, podría producir una extinción de la industria del petrolero.

La síntesis de la investigación define tres escenarios claves: a) Predicción Optimista del Precio del petróleo en período de 2016 a 2030 verificó un costo a la alza de 60 USD/BI, b) Predicción Media del precio del Petróleo en el mismo periodo analizado dio un valor de 40 USD/BI y c) Predicción Pesimista del precio del Petróleo en el mismo periodo dio un valor de 18 USD/BI (fig. 6)

La ecuación de Discreta de Fourier (ecuación final) tiene la capacidad de retener la memoria de la data histórica de precios del petróleo y predecir el futuro, ya que el match o ajuste logrado fue del 100%. Esta particularidad nos asegura la veracidad de los escenarios expuestos anteriormente.

BIBLIOGRAFÍA:

- Zill, D., Cullen, M., Wright W. (2012). *Matemáticas avanzadas para ingeniería*. Edificio Punta santa fe. Medium - term oil market report (2016). *Overview*. Recuperado de <http://www.iea.org/Textbase/npsum/MTOMR2016sum.pdf>
- Ámbito.com (2016). *Información histórica*. Recuperado de <http://www.ambito.com/economia/mercados/petroleo/>
- Dolarweb.com (2016). *Precio del barril de petróleo WTI*. Recuperado de <http://dolar.wilkinsonpc.com.co/commodities/petroleo-wti.html>

- Las reservas de petróleo mundiales. (2016). Recuperado de http://www.sindominio.net/singuerra/reserves_petroli.html
- BP Energy Outlook 2035 (2016). *Transición a un futuro bajo en carbono*. Recuperado de http://www.bp.com/es_es/spain/conozca-bp/informes-y-publicaciones/bp-energy-outlook.html
- BP Energy Outlook 2035 (2015). Recuperado de <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-2035-booklet.pdf>
- Future reserves 2020 (2011). *The independent commission to review the United Kingdom's Reserves Forecast*. Recuperado de https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/28394/futurereserves_2020.pdf
- BP Energy Outlook 2030 (2013). Recuperado de http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet_2013.pdf
- U.S. Energy information administration (2016). *Short-term energy outlook*. Recuperado de https://www.eia.gov/forecasts/steo/report/global_oil.cfm
- International energy agency (2016). *Oil Market Report*. Recuperado de <https://www.iea.org/oilmarketreport/omrpublic/>
- Knoema (2016). Crude oil price forecast: Long term 2016 to 2025/ Data and Charts. Recuperado de <http://knoema.es/yxptpab/crude-oil-price-forecast-long-term-2016-to-2025-data-and-charts>
- CME Group How de world advances (2016). *Crude oil futures quotes*. Recuperado de <http://www.cmegroup.com/trading/energy/crude-oil/light-sweet-crude.html>
- Barcart (2016). *Crude oil WTI futures prices*. Recuperado de http://www.barchart.com/commodityfutures/Crude_Oil_WTI_Futures/CL
- OilPrice. BP Energy outlook 2030 (2013). *Nothing more than wishful thinking*. Recuperado de <http://oilprice.com/Energy/General/BP-Energy-Outlook-2030-Nothing-more-than-Wishful-Thinking.html>
- Bloomberg (2015). *These titans of oil are experts at making bold predictions*. Recuperado de <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-29/these-titans-of-oil-are-experts-at-making-bold-predictions>
- U.S. Energy information administration (2016). *Crude oil prices to remain relatively low through 2016 and 2017*. Recuperado de <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=24532>
- The royal society publishing (2014). The future of oil supply. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3866387/>
- Clemente J. (2015). *U.S. Oil reserves, Resources, and Unlimited future supply*. Recuperado de <http://www.forbes.com/sites/judeclemente/2015/04/02/u-s-oil-reserves-resources-and-unlimited-future-supply/#2bf689525dab>
- BP Energy Outlook 2035 (2016). *Energy consumption is expected to increase by 34% between 2014 and 2035, according to BP's energy outlook*. Recuperado de <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035/energy-outlook-to-2035.html>
- BP Statistical review of world energy (2015). Recuperado de <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-oil-section.pdf>

BP Statistical review of world energy (2015). Recuperado de <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf>

BP Energy Outlook 2030 (2013). Recuperado de http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet_2013.pdf

BP Energy Outlook 2035 (2016). Recuperado de <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-2035-booklet.pdf>

International energy agency (2016). Recuperado de <https://www.iea.org/oilmarketreport/omr-public/maps/>