

**MINERÍA DE DATOS EN SERIES DE TIEMPO DEL PRECIO DEL PETRÓLEO
DE TRES TIPOS DIFERENTES
TIME SERIES DATA MINING OF OIL PRICE OF THREE DIFFERENT TYPES**

Alejandro García Valle

Ingeniería en Sistemas Inteligentes, Centro Universitario
Nezahualcóyotl-UAEMEX, alejandrogarciavalle22@gmail.com.
ORCID 0009-0002-6536-5070

RESUMEN

En este trabajo se va a presentar el análisis en series de tiempo del precio del petróleo (Por Barril) de 3 tipos diferentes. Este activo es de vital importancia económica a nivel mundial. Se usará el proceso clásico de la minería de datos obteniendo el coeficiente de Hurst (H) con valores entre $0 < H < 1$. Es necesario comprender las fluctuaciones del precio del petróleo para poder identificar su comportamiento a futuro en distintos tipos del mundo, utilizando el filtro de rango escalado del software Benoit y obteniendo resultados generales de cada tipo de petróleo seleccionado que fueron Mezcla Mexicana, con un coeficiente de hurst de $H=0.573$, WTI(West Texas Intermédiate) con $H=0.534$ y Brent con $H=0.570$ lo cual nos da una obtención de ruido Blanco e indica que en estos tres tipos de petróleo su precio siga un comportamiento aleatorio y con volatilidad a futuro.

Palabras clave: Petróleo, Dimensión Fractal, Ruido, Hurst, Desviación Estándar.

ABSTRACT

In this work, the time series analysis of the oil price (Per Barrel) of 3 different types will be presented. This asset is of vital economic importance worldwide. The classic data mining process will be used, obtaining the Hurst coefficient (H) with values between $0 < H < 1$. It is necessary to understand the fluctuations in the price of oil to be able to identify its future behavior in different types of the world, using the scaled range filter of the Benoit software and obtaining general results for each type of selected oil, which were Mexican Mixture, with a hurst coefficient of $H=0.573$, WTI (West Texas Intermediate) with $H=0.534$ and Brent with $H=0.570$ lo which gives us a result of White noise and indicates that in these three types of oil, its price follows a random behavior and volatility in the future.

Keywords: Oil, Fractal Dimension, Noise, Hurst, Standard Deviation.

Fecha de Recibido: 30 de octubre de 2023

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2023

INTRODUCCIÓN

La crisis de los precios del petróleo causada en parte por el brote del COVID-19 tiene efectos drásticos en los flujos de ingresos e inversión de los países de la región ricos en recursos naturales no-renovables y afecta de manera inmediata a los ingresos fiscales provenientes de estos recursos. El precio del barril de petróleo ha caído alrededor de 70%, llegando incluso a mostrar precios negativos en el marcador de crudo del mercado estadounidense, West Texas Intermediate (WTI). Según cifras de la Energy Information Administration, la demanda de petróleo global se ha reducido en al menos 18 millones de barriles diarios (mbd) a causa de la pandemia, una cifra equivalente al 20% de la demanda global. Dé un promedio de aproximadamente 60 dólares por barril (\$/b), el crudo hoy cotiza en aproximadamente ~20\$/b, llevándolo a niveles no vistos desde finales del siglo XX, en un período caracterizado por presentar un mercado completamente saturado (Balza, L. H, 2020). La minería de datos es una técnica asistida por computadora que se utiliza en los análisis para procesar y explorar grandes conjuntos de datos. Las compañías utilizan dicho conocimiento para resolver problemas, analizar las consecuencias en el futuro de decisiones empresariales y aumentar sus márgenes de beneficio (Amazon Web Services). El término KDD (iniciales de Knowledge Discovery in Data bases), se refiere a todo el proceso de extracción de conocimiento a partir de una base de datos y marca un cambio de paradigma en el que lo importante es el conocimiento útil que seamos capaces de descubrir a partir de los datos (Riquelme J, Ruiz R, Gilbert K, 2006).

Los términos MD y KDD son a menudo confundidos como sinónimos. En general se acepta que la MD es un paso particular en el proceso consistiendo en la aplicación de algoritmos específicos para extraer patrones de los datos. Otros pasos en el proceso KDD, son la preparación de los datos, la selección y limpieza de los mismos, la incorporación de conocimiento previo, y la propia interpretación de los resultados de minería. Estos pasos aplicados de una manera iterativa e interactiva aseguran que un conocimiento útil se extraiga de los datos (Riquelme J, Ruiz R, Gilbert K, 2006). Lo anterior la convierte en un área de investigación importante que consta principalmente de cuatro fases: recopilación, limpieza, explotación y transformación y evaluación e interpretación de los datos (Cáceres G & Rodríguez J.E, 2011). En series de tiempo proporciona métodos que integran las técnicas en una herramienta computacional para demostrar por métodos experimentales que dichas técnicas funcionan correctamente (J. M. Rodríguez, 2006). Teniendo en cuenta lo anterior como un sistema donde sus elementos van a interactuar de manera no lineal (Hernández L, 2005) bajo un enfoque fractal que mide el grado de detalle estructural que se va a ir agregando conforma va incrementando su escala, por lo tanto, la dimensión fractal nos va a ayudar como cuantificador de un conjunto de datos complejos (García R, 2006), con esto se espera que se pueda predecir el comportamiento a futuro de estos datos y evitar fallas ingenieriles (Balankin A, *et.al*, 2000). Uno de los métodos para este análisis es el análisis R/S, es una prueba estadística utilizada para cuantificar la dinámica de una serie temporal y determinar la existencia de características fractales en un sistema (Almaza M, López K & Téllez

C, 2010). El valor de esta prueba es su sensibilidad para distinguir correlaciones o dependencia estadísticas de corto o largo alcance, en procesos aleatorios; correlaciones que se presentan como consecuencias de la tendencia que presentan las observaciones a desviarse del valor medio durante un tiempo más o menos prolongado (Almanza M, López K, Téllez C, 2010). Así, el rango reescalado mide el rango de las desviaciones de las sumas parciales de una serie temporal respecto de su media (Hurts, H 1951). Consiste en obtener el coeficiente de escalamiento, también denominado, coeficiente de Hurst que puede tomar cualquier valor entre 0 y 1 (Sotolongo O, 2006).

COEFICIENTE DE HURST Y DIMENSIÓN FRACTAL

El exponente de Hurst es una técnica utilizada para analizar comportamientos de un sistema a lo largo del tiempo. Fue propuesta por el hidrólogo británico Harold Edwin Hurst, quien estudió las fluctuaciones de las alturas del nivel del Río Nilo como herramienta para distinguir la existencia de series fractales y creó una metodología estadística para determinar si las tendencias de la serie de tiempo tienen o no persistencia después de determinar la duración de ciclos de las series de tiempo y establecer si una serie de tiempo es fractal, o si dicha serie de tiempo tiene "memoria de largo plazo", es decir si eventos de un periodo influyen en todos los siguientes (Plazas L, Ávila M, Moncada G, 2014). El significado de los valores del exponente de Hurst se reporta a continuación: $0 < H < 0.5$, corresponde a un comportamiento de anti-persistencia o anti-correlacional en series de tiempo. Un aumento en los eventos del pasado supone un descenso en los eventos futuros y viceversa. Un sistema anti-persistente tiende a regresar constantemente a su lugar de origen y tiene la particularidad de que se trata de señales muy irregulares. Este tipo de comportamiento es conocido también como ruido rosa y se caracteriza porque es abundante en la naturaleza y se relaciona con los procesos de turbulencia. Si $H = 0.5$, entonces la serie es aleatoria y corresponde a ruido blanco, significa que es un movimiento browniano. Implica un proceso totalmente aleatorio e independiente, con la ausencia de correlación entre incrementos de la señal. Si $0.5 < H < 1$, se trata de series de tiempo que presentan persistencia o procesos correlacionados (un período de crecimiento es seguido por otro similar) y tienen una apariencia suave. Una serie de tiempo persistente se caracteriza por efectos de memoria a largo plazo, Teóricamente lo que sucede en el presente afectará el futuro para siempre, todos los cambios actuales están correlacionados con todos los cambios futuros. Las series persistentes son las más comunes en la naturaleza (Ruido negro). $H = 1$, indica un comportamiento determinista. También se atribuye a este comportamiento como ruido negro, está relacionado con procesos cíclicos a largo plazo, como niveles de los ríos, cambios de precios en la bolsa de valores. El concepto de dimensión fractal se introduce respecto al hecho que la mayoría de los objetos de la naturaleza no tiene una dimensión entera, sino que están en una dimensión fraccionada y esta dimensión debe ser mayor que su dimensión topológica. Por esto, la dimensión fractal en sentido genérico es el número que sirve para cuantificar el grado de irregularidad y fragmentación de un conjunto geométrico

o de un objeto natural. El exponente de Hurst está relacionado con la dimensión fractal D (Plazas L, Ávila M, Moncada G, 2014).

METODOLOGÍA

La minería de datos revela información comercial exhaustiva utilizando técnicas avanzadas de análisis y creación de modelos, mediante la minería de datos, puede hacer consultas mucho más complejas de sus datos que utilizando métodos de consulta convencionales. La información que la minería proporciona puede mejorar notablemente la calidad y fiabilidad de la toma de decisiones empresariales (IBM documentation, 2014). En este trabajo fue utilizado el software Benoit para el análisis de todo este conjunto de datos, dicho software nos proporciona el coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (FD) y la Desviación Estándar (SD). Aunque el proceso de la minería de datos es distinto en cada análisis que se vaya a realizar, el proceso a seguir siempre va a ser de 5 etapas, las cuales se muestran en la Figura 1.

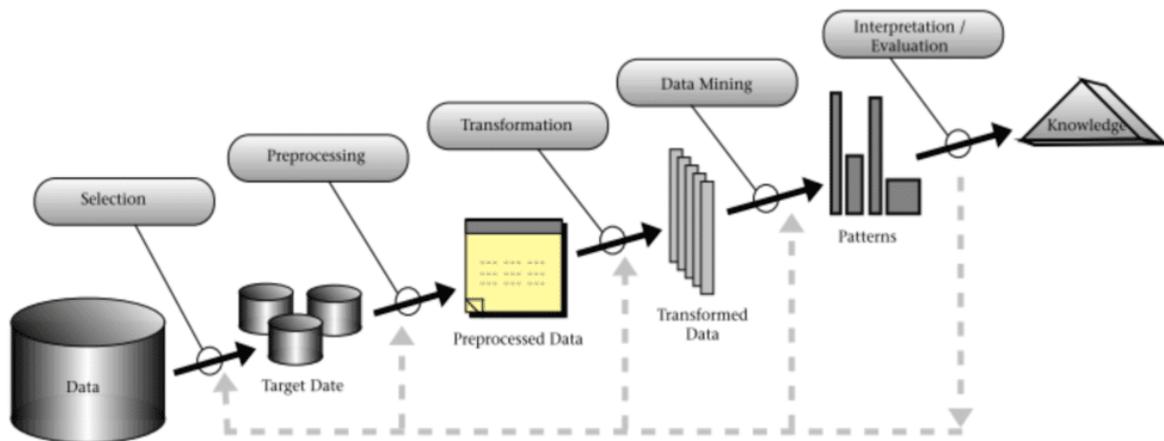


Figura 1: Proceso de la minería de datos

Fuente: <https://saludelectronica.com/descubrimiento-de-conocimiento-en-bases-de-datos-kdd/>

FASE 1: RECOPIACIÓN E INTEGRACIÓN FUENTES DE DATOS- EXTRACCIÓN

Múltiples fuentes de datos pueden combinarse entre sí. La integración de datos es el proceso de combinar datos de múltiples fuentes diferentes en un único sistema o plataforma, con el objetivo de proporcionar una vista unificada y coherente de la información (Cabena P, *et.al*, 1997). Este proceso implica la recopilación, transformación y carga de datos de diversas fuentes para que puedan ser utilizados de manera efectiva para análisis, informes y toma de decisiones. En este caso los datos será la forma abstracta antes de que el usuario les dé un significado y estos se conviertan en información. En este trabajo de minería de datos se presenta en análisis en series de tiempo del precio del petróleo (por barril) de tres tipos distintos. Gran parte de los intereses económicos giran alrededor de este energético y en consecuencia puede notarse como su fluctuación en el precio del barril del crudo es determinante en el poder financiero y político de las grandes potencias y países productores. Imaginar en que pasaría si repentinamente se redujesen las reservas del oro negro, puede llevar a un declive tanto de los encadenamientos productivos, como de un aumento generalizados en los costos de producción, lo que significaría un estancamiento de la economía global a corto plazo y mediano plazo (Admin, 2020). El transporte, la tecnología, la industria, el comercio, la investigación y el desarrollo y muchas otras facetas de las actividades humanas están directa o indirectamente vinculadas al uso del petróleo (Webmasteracp, 2023). En conclusión, se trataría de una crisis debido a la dependencia del transporte aéreo, la demanda de combustible para automóviles y autobuses, ferrocarriles, barcos y centrales térmicas, etc. Se verían afectados muchos renglones económicos con implicaciones en el bienestar social y en general, los países más afectados serían los países productores de petróleo por su dependencia de las rentas petroleras (Admin, 2020). Dicho lo anterior es necesario entender el comportamiento del precio del petróleo utilizando técnicas para realizar dicho análisis, para comprender las aplicaciones de la minería de datos en distintos ámbitos. Los datos del precio por barril del petróleo en estos 3 tipos distintos fueron extraídos de diversas fuentes las cuales fueron El Centro de Estudios de las Finanzas Públicas que vienen desglosados por día del año 2005 al 2021 con los tres mercados ya mencionados (Mezcla Mexicana, WTI y Brent, obteniendo 4097 por cada uno y un total de 12291 datos (CEFP, 2020) .El crudo West Texas Intermédiate (WTI) es una mezcla de varios petróleos crudos locales, se extrae y procesa en Estados Unidos El petróleo WTI se utiliza como referencia principal en el mercado petrolero de Estados Unidos (WTI definición, 2023). El petróleo producido por México a través de Petróleos Mexicanos (PEMEX) se denomina o es conocido en los mercados como la mezcla mexicana de exportación (GasolinaMX, 2022). El Brent es el petróleo de referencia en Europa. Cotiza en dólares americanos en el mercado IPE de Londres (Internacional Petroleum Exchange) a través de futuros y opciones (Brent, 2023). Al hacer falta 2 años para el 2023 y tener los datos más recientes posibles, se obtuvieron datos de otras fuentes de información las cuales fueron Datos Históricos Petróleo Crudo WTI, Datos Históricos Petróleo Brent de la página INVESTING y del Banco de México para la mezcla mexicana, obteniendo 676 datos más por cada uno y en general se obtuvieron 14319 datos del año 2005 al 2023 (Banxico, 2020,

Investing WTI, Investing BRENT), por lo que hizo el uso de Excel para su limpieza y orden de todos estos datos.

FASE 2: LIMPIEZA, SELECCIÓN Y TRANSFORMACIÓN (PRE PROCESAMIENTO)

En la columna donde se encuentra cada mercado exportador de petróleo (Mezcla mexicana, wti, brent) se usará el mismo formato para todos los datos, el precio se manejará en dólares ya que así lo establece cada mercado, el precio viene descrito solo el número por lo tanto se dejará de la misma manera para evitar el ruido que podrían causar (Figura 2). Al obtener los datos de diferentes fuentes de información, todas vienen de forma de corte diaria del precio pero en varias ocasiones algunas fechas no coinciden y algunos tipos no contaban con el precio de dicha fecha, por lo tanto, se tomó la decisión de hacerlo por corte de cada lunes para evitar errores a la hora del análisis y la descoordinación de los datos, de tal forma que se ordenaron en 2 columnas, una para las fechas de cada corte y la otra para la cantidad del precio, regulados de forma ascendente y de forma continua (Figura 3). El éxito de un proceso de MD depende de tener datos íntegros, completos y consistentes para poder eliminar información incorrecta o inconsistente (Berry J. *et. al*, 2000).

- Limpieza de los datos. Se removieron los datos inconsistentes. Selección de datos. Se recuperan los datos relevantes para su análisis posterior.
- Transformación de datos. Los datos son transformados y consolidados en formas apropiadas para las operaciones de resumen y agregación.

Al igual que se realizó una serie de pasos para el cálculo de Hurst por medio del programa Excel utilizando los datos de los cortes por semana de todos los años e integrarlos en una hoja de Excel donde previamente se definió la fórmula de la desviación estándar la cual es $=\text{DESVESTA}(B2(\text{Precio uno}):B3(\text{precio dos}))$ y así sucesivamente hasta llegar a la comparación de todos los datos y se obtuvieron los siguientes resultados por medio de Excel (Figuras 4,5 y 6).

Al realizar la limpieza, selección y transformación de los datos nos ayudan a detectar y solucionar problemas de los mismos no resueltos durante la integración evitando problemas como datos faltantes, valores duplicados y datos incorrectos (Berry J. *et.al*, 2000). Es esta etapa se juntan todos los datos en un solo archivo .txt por cada serie de tiempo, posteriormente se modifica a extensión .ts verificando que no exista alguna inconsistencia o datos faltantes para así poder trabajarlos posteriormente con el Software Benoit®.

| Mes | Semana | 2005 | | | 2006 | | | 2007 | | |
|------------|----------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | | MEZCLA MEXICANA | WTI | BRENT | MEZCLA MEXICANA | WTI | BRENT | MEZCLA MEXICANA | WTI | BRENT |
| Enero | Semana 1 | 31.42 | 42.18 | 40.57 | 50.01 | 61.08 | 58.71 | 46.86 | 56.10 | 51.98 |
| | Semana 2 | 34.35 | 45.33 | 44.72 | 51.40 | 63.58 | 63.02 | 44.56 | 52.98 | 49.01 |
| | Semana 3 | 35.95 | 48.41 | 45.11 | 51.69 | 63.88 | 62.20 | 43.65 | 51.13 | 54.78 |
| | Semana 4 | 35.75 | 48.62 | 45.89 | 54.92 | 68.08 | 63.87 | 43.96 | 54.03 | 55.52 |
| Febrero | Semana 1 | 33.34 | 45.37 | 42.86 | 53.07 | 65.13 | 63.08 | 46.58 | 58.93 | 58.37 |
| | Semana 2 | 35.13 | 47.52 | 44.45 | 49.88 | 61.28 | 58.62 | 46.32 | 57.78 | 55.78 |
| | Semana 3 | 36.27 | 48.47 | 45.60 | 47.99 | 59.78 | 57.92 | 47.64 | 58.50 | 56.80 |
| | Semana 4 | 39.79 | 51.77 | 50.34 | 49.53 | 61.03 | 58.45 | 49.53 | 61.43 | 60.05 |
| Marzo | Semana 1 | 41.42 | 53.92 | 52.18 | 51.82 | 62.48 | 60.52 | 48.47 | 60.07 | 59.79 |
| | Semana 2 | 42.18 | 54.92 | 54.04 | 51.25 | 61.83 | 60.75 | 47.98 | 58.96 | 60.26 |
| | Semana 3 | 43.82 | 56.72 | 56.08 | 51.22 | 60.33 | 62.21 | 47.65 | 56.67 | 61.00 |
| | Semana 4 | 41.03 | 54.08 | 51.01 | 54.26 | 63.90 | 62.30 | 51.73 | 62.07 | 64.89 |
| Abril | Semana 1 | 44.71 | 56.88 | 55.28 | 56.12 | 66.22 | 67.54 | 55.60 | 66.05 | 70.00 |
| | Semana 2 | 43.35 | 53.73 | 50.61 | 58.82 | 68.44 | 68.11 | 54.73 | 61.53 | 69.43 |
| | Semana 3 | 39.53 | 50.54 | 47.79 | 60.90 | 70.32 | 70.45 | 54.17 | 63.65 | 66.96 |
| | Semana 4 | 43.23 | 53.41 | 52.16 | 61.37 | 70.29 | 74.27 | 55.16 | 65.38 | 66.73 |
| Mayo | Semana 1 | 41.90 | 50.96 | 50.00 | 63.60 | 73.77 | 73.93 | 53.90 | 61.50 | 62.06 |
| | Semana 2 | 43.87 | 52.06 | 48.87 | 59.77 | 69.77 | 67.83 | 54.22 | 62.57 | 65.57 |
| | Semana 3 | 40.52 | 48.66 | 45.04 | 58.85 | 69.27 | 68.10 | 57.67 | 66.27 | 70.22 |
| | Semana 4 | 41.06 | 48.80 | 47.33 | 58.88 | 69.25 | 65.88 | 57.50 | 64.69 | 70.45 |
| Junio | Semana 1 | 45.27 | 54.48 | 51.95 | 59.95 | 72.52 | 68.17 | 59.14 | 66.19 | 71.56 |
| | Semana 2 | 45.55 | 55.49 | 51.36 | 58.42 | 70.30 | 68.03 | 58.39 | 65.95 | 69.16 |
| | Semana 3 | 49.23 | 59.21 | 56.98 | 56.78 | 69.23 | 66.26 | 61.85 | 69.08 | 72.84 |
| | Semana 4 | 49.33 | 59.80 | 58.55 | 59.59 | 71.65 | 70.36 | 60.85 | 68.88 | 72.32 |
| Julio | Semana 1 | 48.42 | 58.78 | 56.89 | 62.33 | 73.87 | 74.45 | 61.95 | 71.13 | 73.96 |
| | Semana 2 | 49.18 | 59.25 | 55.87 | 61.93 | 73.52 | 72.35 | 63.55 | 72.16 | 78.15 |
| | Semana 3 | 47.48 | 57.14 | 56.44 | 65.04 | 75.72 | 74.76 | 64.96 | 74.13 | 79.23 |
| | Semana 4 | 48.14 | 58.26 | 57.95 | 63.22 | 74.39 | 71.45 | 65.44 | 74.70 | 79.42 |
| Agosto | Semana 1 | 50.39 | 61.53 | 61.02 | 67.57 | 77.07 | 77.93 | 62.63 | 72.05 | 73.75 |
| | Semana 2 | 48.01 | 63.94 | 62.97 | 64.28 | 73.35 | 73.54 | 61.34 | 71.62 | 72.36 |
| | Semana 3 | 54.77 | 66.23 | 67.49 | 62.70 | 72.47 | 71.88 | 59.56 | 71.14 | 68.88 |
| | Semana 4 | 53.51 | 65.48 | 66.33 | 60.95 | 70.49 | 68.86 | 60.05 | 72.00 | 69.61 |
| Septiembre | Semana 1 | 56.35 | 66.93 | 63.97 | 59.76 | 69.26 | 67.36 | 62.70 | 74.44 | 74.45 |
| | Semana 2 | 52.23 | 63.31 | 60.52 | 55.57 | 65.44 | 61.47 | 64.18 | 77.55 | 76.23 |
| | Semana 3 | 55.23 | 67.23 | 63.75 | 53.88 | 63.86 | 61.03 | 66.48 | 80.57 | 79.25 |
| | Semana 4 | 54.39 | 66.00 | 61.79 | 50.56 | 60.79 | 57.50 | 68.00 | 82.71 | 78.98 |
| Octubre | Semana 1 | 54.01 | 65.38 | 60.80 | 51.10 | 60.98 | 58.21 | 69.89 | 78.99 | 78.05 |
| | Semana 2 | 49.65 | 60.73 | 56.45 | 50.80 | 59.95 | 56.51 | 72.79 | 86.21 | 83.16 |
| | Semana 3 | 51.97 | 64.28 | 60.00 | 51.05 | 59.93 | 57.83 | 72.09 | 87.62 | 82.68 |
| | Semana 4 | 48.99 | 60.68 | 57.87 | 48.58 | 57.16 | 55.77 | 78.89 | 93.47 | 89.43 |
| Noviembre | Semana 1 | 47.32 | 59.42 | 58.70 | 50.46 | 60.13 | 55.98 | 80.07 | 94.08 | 92.31 |
| | Semana 2 | 45.14 | 57.62 | 53.61 | 49.69 | 58.61 | 55.79 | 80.96 | 94.42 | 92.02 |
| | Semana 3 | 44.79 | 57.77 | 52.67 | 48.09 | 56.52 | 57.59 | 81.61 | 95.87 | 92.15 |
| | Semana 4 | 44.73 | 57.38 | 51.92 | 48.88 | 60.32 | 61.53 | 82.33 | 97.68 | 95.44 |
| Diciembre | Semana 1 | 46.87 | 59.93 | 54.86 | 53.59 | 62.41 | 64.71 | 76.55 | 89.31 | 88.46 |
| | Semana 2 | 48.37 | 61.38 | 56.29 | 53.27 | 61.28 | 63.18 | 75.94 | 87.74 | 87.69 |
| | Semana 3 | 45.85 | 57.33 | 56.55 | 52.35 | 62.21 | 63.67 | 82.22 | 90.71 | 90.63 |

FIGURA 2 Base del precio por semana del petróleo (mezcla mexicana, wti y brent).

| | FECHA | MEZCLA MEXICANA | WTI | BRENT |
|------|------------|-----------------|-------|-------|
| 2005 | 03/01/2005 | 31.42 | 42.18 | 40.57 |
| | 10/01/2005 | 34.35 | 45.33 | 44.72 |
| | 17/01/2005 | 35.95 | 48.41 | 45.11 |
| | 24/01/2005 | 35.75 | 48.62 | 45.89 |
| | 31/01/2005 | 35.39 | 48.27 | 44.67 |
| | 07/02/2005 | 33.34 | 45.37 | 42.86 |
| | 14/02/2005 | 35.13 | 47.52 | 44.45 |
| | 21/02/2005 | 36.27 | 48.47 | 45.60 |
| | 28/02/2005 | 39.79 | 51.77 | 50.34 |
| | 07/03/2005 | 41.42 | 53.92 | 52.18 |
| | 14/03/2005 | 42.18 | 54.92 | 54.04 |
| | 21/03/2005 | 43.82 | 56.72 | 56.08 |
| | 28/03/2005 | 41.03 | 54.08 | 51.01 |
| | 04/04/2005 | 44.71 | 56.88 | 55.28 |
| | 11/04/2005 | 43.35 | 53.73 | 50.61 |
| | 18/04/2005 | 39.53 | 50.54 | 47.79 |
| | 25/04/2005 | 43.23 | 53.41 | 52.16 |
| | 02/05/2005 | 41.90 | 50.96 | 50.00 |
| | 09/05/2005 | 43.87 | 52.06 | 48.87 |
| | 16/05/2005 | 40.52 | 48.66 | 45.04 |
| | 23/05/2005 | 41.06 | 48.80 | 47.33 |
| | 30/05/2005 | 43.05 | 51.67 | 48.91 |
| | 06/06/2005 | 45.27 | 54.48 | 51.95 |
| | 13/06/2005 | 45.55 | 55.49 | 51.36 |
| | 20/06/2005 | 49.23 | 59.21 | 56.98 |
| | 27/06/2005 | 49.33 | 59.80 | 58.55 |
| | 04/07/2005 | 48.42 | 58.78 | 56.89 |
| | 11/07/2005 | 49.18 | 59.25 | 55.87 |
| | 18/07/2005 | 47.48 | 57.14 | 56.44 |
| | 25/07/2005 | 48.14 | 58.26 | 57.95 |
| | 01/08/2005 | 50.39 | 61.53 | 61.02 |
| | 08/08/2005 | 48.01 | 63.94 | 62.97 |
| | 15/08/2005 | 54.77 | 66.23 | 67.49 |
| | 22/08/2005 | 53.51 | 65.48 | 66.33 |
| | 29/08/2005 | 54.86 | 67.43 | 64.88 |
| | 05/09/2005 | 56.35 | 66.93 | 63.97 |
| | 12/09/2005 | 52.23 | 63.31 | 60.52 |
| | 19/09/2005 | 55.23 | 67.23 | 63.75 |
| | 26/09/2005 | 54.39 | 66.00 | 61.79 |
| | 03/10/2005 | 54.01 | 65.38 | 60.80 |
| | 10/10/2005 | 49.65 | 60.73 | 56.45 |
| | 17/10/2005 | 51.97 | 64.28 | 60.00 |
| | 24/10/2005 | 48.99 | 60.68 | 57.87 |
| | 31/10/2005 | 50.42 | 59.82 | 58.78 |
| | 07/11/2005 | 47.32 | 59.42 | 58.70 |
| | 14/11/2005 | 45.14 | 57.62 | 53.61 |
| | 21/11/2005 | 44.79 | 57.77 | 52.67 |
| | 28/11/2005 | 44.73 | 57.38 | 51.92 |

FIGURA 3 Corte de cada lunes

| FECHA | MEZCLA MEXICANA | n=2 | n=3 | n=4 | n=5 | n=6 | n=7 | n=8 | n=9 | n=10 |
|------------|-----------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 03/01/2005 | 31.42 | | | | | | | | | |
| 10/01/2005 | 34.35 | 0 | | | | | | | | |
| 17/01/2005 | 35.95 | 1.13137085 | 2.29731 | | | | | | | |
| 24/01/2005 | 35.75 | 0.14142136 | 0.8717798 | 2.0899502 | | | | | | |
| 31/01/2005 | 35.39 | 0.25455844 | 0.283784 | 0.7120861 | 1.8668208 | | | | | |
| 07/02/2005 | 33.34 | 1.4495689 | 1.3000128 | 1.200899 | 1.0937916 | 1.7438425 | | | | |
| 14/02/2005 | 35.13 | 1.26572114 | 1.1161093 | 1.0722368 | 1.0400577 | 0.9808925 | 1.6178366 | | | |
| 21/02/2005 | 36.27 | 0.80610173 | 1.4769676 | 1.2292647 | 1.1118813 | 1.0434893 | 1.0186663 | 1.6266267 | | |
| 28/02/2005 | 39.79 | 2.48901587 | 2.4291837 | 2.7202497 | 2.3790923 | 2.1300681 | 1.9444781 | 1.8865686 | 2.27900258 | |
| 07/03/2005 | 41.42 | 1.15258405 | 2.6321664 | 2.9460298 | 3.3378661 | 3.0745862 | 2.8395816 | 2.643261 | 2.58671125 | 2.8990475 |
| 14/03/2005 | 42.18 | 0.53740115 | 1.2211061 | 2.6265884 | 3.1230546 | 3.6142906 | 3.446055 | 3.2600676 | 3.0880374 | 3.0521288 |
| 21/03/2005 | 43.82 | 1.15965512 | 1.2265942 | 1.6742436 | 2.867757 | 3.4267502 | 3.9609174 | 3.8657535 | 3.7237966 | 3.5773305 |
| 28/03/2005 | 41.03 | 1.97282792 | 1.4021531 | 1.2344331 | 1.4905268 | 2.5686215 | 3.1643189 | 3.747219 | 3.71946158 | 3.6293366 |
| 04/04/2005 | 44.71 | 2.60215295 | 1.9200087 | 1.6465013 | 1.5786925 | 1.8275603 | 2.7814607 | 3.3788161 | 3.96930095 | 3.9874687 |
| 11/04/2005 | 43.35 | 0.96166522 | 1.8607525 | 1.5698063 | 1.4379395 | 1.4421292 | 1.728057 | 2.67355 | 3.29611177 | 3.9122321 |
| 18/04/2005 | 39.53 | 2.7011479 | 2.6855912 | 2.3174915 | 2.1406821 | 1.9188087 | 1.7932785 | 1.8811124 | 2.59178563 | 3.1357475 |
| 25/04/2005 | 43.23 | 2.61629509 | 2.171666 | 2.220533 | 2.0637829 | 1.9384986 | 1.7771044 | 1.6930905 | 1.80837481 | 2.5152559 |
| 02/05/2005 | 41.90 | 0.94045202 | 1.8742021 | 1.7744741 | 1.9564458 | 1.8558493 | 1.7899255 | 1.6612511 | 1.59279454 | 1.7063424 |
| 09/05/2005 | 43.87 | 1.39300036 | 1.0049378 | 1.9192425 | 1.7490226 | 1.8317178 | 1.7961135 | 1.7254979 | 1.6226376 | 1.5765377 |
| 16/05/2005 | 40.52 | 2.36880772 | 1.6836369 | 1.4868983 | 1.8118085 | 1.7382136 | 1.8750987 | 1.8065812 | 1.76736386 | 1.6683139 |
| 23/05/2005 | 41.06 | 0.38183766 | 1.7986198 | 1.4691579 | 1.4165557 | 1.6492028 | 1.6317446 | 1.8036743 | 1.73717443 | 1.722484 |
| 30/05/2005 | 43.05 | 1.40714249 | 1.3324539 | 1.5927858 | 1.3830582 | 1.3231389 | 1.5914564 | 1.5623786 | 1.70703528 | 1.6632782 |
| 06/06/2005 | 45.27 | 1.56977705 | 2.1060468 | 2.1576917 | 1.9700076 | 1.7961895 | 1.6562608 | 1.8993227 | 1.81055931 | 1.8542651 |
| 13/06/2005 | 45.55 | 0.1979899 | 1.3697202 | 2.1035902 | 2.320097 | 2.0994475 | 1.9803992 | 1.834837 | 2.08024104 | 1.9732154 |
| 20/06/2005 | 49.23 | 2.60215295 | 2.209917 | 2.5604882 | 3.0599542 | 3.2541584 | 2.97205 | 2.8573561 | 2.6797051 | 2.8560869 |
| 27/06/2005 | 49.33 | 0.07071068 | 2.1540969 | 2.2376401 | 2.7284941 | 3.2958545 | 3.5654286 | 3.3193975 | 3.24563168 | 3.0830629 |

FIGURA 4 Hurst mezcla mexicana

| FECHA | WTI | n=2 | n=3 | n=4 | n=5 | n=6 | n=7 | n=8 |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 03/01/2005 | 42.18 | | | | | | | |
| 10/01/2005 | 45.33 | 2.22738636 | | | | | | |
| 17/01/2005 | 48.41 | 2.17788889 | 3.11506554 | | | | | |
| 24/01/2005 | 48.62 | 0.14849242 | 1.84185595 | 3.03539673 | | | | |
| 31/01/2005 | 48.27 | 0.24748737 | 0.1761628 | 1.55831907 | 2.79676063 | | | |
| 07/02/2005 | 45.37 | 2.05060967 | 1.78395628 | 1.53840556 | 1.693458 | 2.54839296 | | |
| 14/02/2005 | 47.52 | 1.52027958 | 1.50526853 | 1.45745211 | 1.33393028 | 1.52029822 | 2.36707575 | |
| 21/02/2005 | 48.47 | 0.67175144 | 1.58823802 | 1.41855267 | 1.34285144 | 1.24051065 | 1.46203869 | 2.29646584 |
| 28/02/2005 | 51.77 | 2.33345238 | 2.2306576 | 2.66219677 | 2.30553681 | 2.06680107 | 1.8869262 | 2.04688614 |
| 07/03/2005 | 53.92 | 1.52027958 | 2.74514723 | 2.96001126 | 3.4163943 | 3.09095455 | 2.83074111 | 2.63323775 |
| 14/03/2005 | 54.92 | 0.70710678 | 1.60960658 | 2.85394464 | 3.25902593 | 3.79439279 | 3.55008384 | 3.3245569 |
| 21/03/2005 | 56.72 | 1.27279221 | 1.41891978 | 2.06412815 | 3.17320816 | 3.65472297 | 4.22303772 | 4.0484565 |
| 28/03/2005 | 54.08 | 1.8667619 | 1.34877722 | 1.28390031 | 1.79115047 | 2.8629472 | 3.4095545 | 4.03652233 |
| 04/04/2005 | 56.88 | 1.97989899 | 1.57242912 | 1.37302586 | 1.41861905 | 1.92133027 | 2.94069558 | 3.51824632 |
| 11/04/2005 | 53.73 | 2.22738636 | 1.726509 | 1.67879669 | 1.46669015 | 1.42228572 | 1.7930036 | 2.72275301 |
| 18/04/2005 | 50.54 | 2.25567063 | 3.17002103 | 2.59467885 | 2.5972678 | 2.33312166 | 2.14026812 | 2.18861339 |
| 25/04/2005 | 53.41 | 2.02939646 | 1.75667299 | 2.59284914 | 2.25407853 | 2.35726678 | 2.1677781 | 2.01209202 |
| 02/05/2005 | 50.96 | 1.73241161 | 1.55004301 | 1.64233574 | 2.5453153 | 2.31120459 | 2.48093396 | 2.33322585 |
| 09/05/2005 | 52.06 | 0.77781746 | 1.22712401 | 1.28318289 | 1.42300738 | 2.31615198 | 2.15856323 | 2.37423522 |
| 16/05/2005 | 48.66 | 2.40416306 | 1.73493516 | 2.00930129 | 1.77067219 | 1.90744856 | 2.65991855 | 2.54000562 |
| 23/05/2005 | 48.80 | 0.09899495 | 1.92385031 | 1.66765304 | 2.06170318 | 1.84660138 | 2.02982641 | 2.75920796 |

FIGURA 5 Hurst WTI

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Valor Maximo | 42.4546911 | 35.7706458 | 30.3453669 | 27.6581787 | 26.6154146 | 25.5755624 | 24.8006561 | 25.3649359 | 25.5733193 | 25.25832 | 24.850362 | 24.6320059 | 24.6967175 | 24.628722 |
| Valor Minimo | 0 | 0.06110101 | 0.2605133 | 0.30232504 | 0.29040821 | 0.33962901 | 0.6013185 | 0.58139458 | 0.5603463 | 0.58488241 | 0.71219707 | 0.72426294 | 0.75263262 | 1.34488355 |
| Desviación Estandar | 2.50626313 | 2.51523002 | 2.53808138 | 2.59890559 | 2.68112473 | 2.77983503 | 2.89481069 | 3.0206926 | 3.15325064 | 3.28580897 | 3.41833541 | 3.55047994 | 3.68327591 | 3.81622162 |
| Diferencia Rango | 42.4546911 | 35.7095448 | 30.0848536 | 27.3558537 | 26.3250064 | 25.2359334 | 24.1993376 | 24.7835414 | 25.012973 | 24.6734376 | 24.1381649 | 23.907743 | 23.9440849 | 23.2838384 |
| Rango Reescalado | 16.9394389 | 14.1973277 | 11.8533842 | 10.5259128 | 9.81864294 | 9.07821259 | 8.35955791 | 8.20458903 | 7.93244049 | 7.5090907 | 7.0613799 | 6.73366513 | 6.50075788 | 6.10128047 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Coefficiente de Hurst | 1.22889902 | 1.15220661 | 1.07384236 | 1.02225977 | 0.99205147 | 0.95800035 | 0.92218331 | 0.91405683 | 0.89940682 | 0.87558735 | 0.84888958 | 0.82825152 | 0.81296399 | 0.78542099 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|

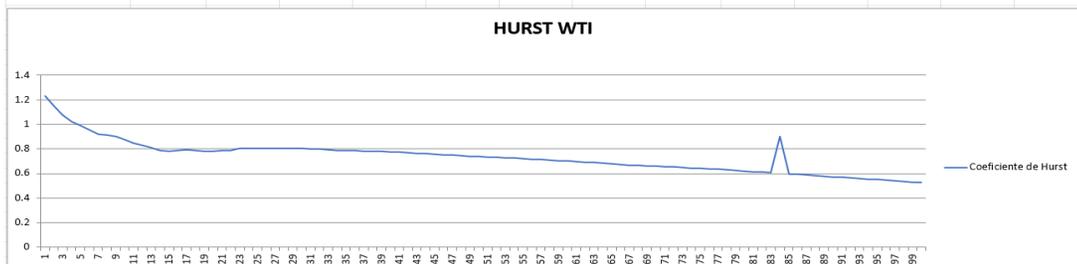
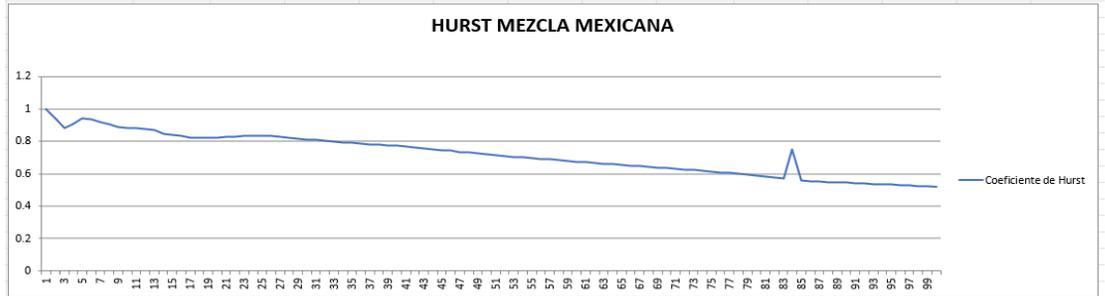


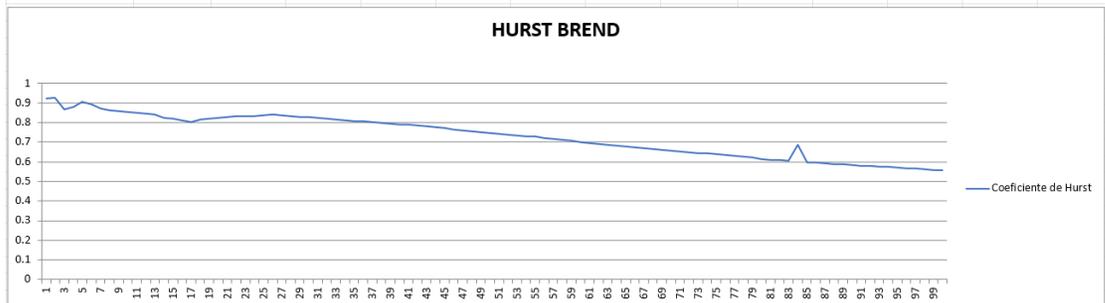
FIGURA 6 Hurts BRENT

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Valor Máximo | 16.8715678 | 14.827196 | 13.78955 | 15.542185 | 18.364336 | 19.543049 | 20.15844 | 20.8893514 | 21.387325 | 22.474921 | 23.733934 | 24.58884 | 25.46557 |
| Valor Mínimo | 0 | 0.0665833 | 0.1631717 | 0.1559487 | 0.4093737 | 0.3973424 | 0.4226448 | 0.42696941 | 0.4503034 | 0.4734132 | 0.4738901 | 0.4743672 | 0.5022017 |
| Desviación Estandar | 1.69585401 | 1.6974336 | 1.7927325 | 1.9213324 | 2.0683101 | 2.2240917 | 2.3854235 | 2.55127332 | 2.7191358 | 2.8848957 | 3.0472785 | 3.2061548 | 3.3621094 |
| Diferencia Rango | 16.8715678 | 14.760612 | 13.626378 | 15.386237 | 17.954962 | 19.145707 | 19.735795 | 20.4623819 | 20.937022 | 22.001508 | 23.260044 | 24.114473 | 24.963368 |
| Rango Reescalado | 10.0077276 | 8.6958406 | 7.600899 | 8.0081078 | 8.6809815 | 8.6083262 | 8.2734976 | 8.02045856 | 7.6998809 | 7.6264484 | 7.6330547 | 7.5213065 | 7.4249126 |
| Coefficiente de Hurst | 1.00033548 | 0.9999116 | 0.880865 | 0.9035299 | 0.9385668 | 0.9349187 | 0.9176891 | 0.9041992 | 0.886484 | 0.8823223 | 0.8826984 | 0.8762933 | 0.8706913 |



| FECHA | BREND | n=2 | n=3 | n=4 | n=5 | n=6 | n=7 | n=8 | n=9 |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 03/01/2005 | 40.57 | | | | | | | | |
| 10/01/2005 | 44.72 | 2.93449314 | | | | | | | |
| 17/01/2005 | 45.11 | 0.27577164 | 2.51615447 | | | | | | |
| 24/01/2005 | 45.89 | 0.55154329 | 0.59573484 | 2.38512578 | | | | | |
| 31/01/2005 | 44.67 | 0.86267027 | 0.61784572 | 0.5637597 | 2.0827914 | | | | |
| 07/02/2005 | 42.86 | 1.27986327 | 1.52454365 | 1.28484435 | 1.11339571 | 1.94064938 | | | |
| 14/02/2005 | 44.45 | 1.12429978 | 0.98764029 | 1.24483935 | 1.11569709 | 0.99919301 | 1.78082779 | | |
| 21/02/2005 | 45.60 | 0.8131728 | 1.37587548 | 1.1382589 | 1.19110453 | 1.07880798 | 0.98494863 | 1.73869358 | |
| 28/02/2005 | 50.34 | 3.35168614 | 3.12202392 | 3.22061459 | 2.83554757 | 2.53926564 | 2.32649952 | 2.17429792 | 2.60539718 |
| 07/03/2005 | 52.18 | 1.30107648 | 3.39483922 | 3.70716761 | 3.98601054 | 3.69911701 | 3.39010324 | 3.18078943 | 3.02682911 |
| 14/03/2005 | 54.04 | 1.31521861 | 1.85000901 | 3.6232214 | 4.1549272 | 4.55744556 | 4.37428797 | 4.10196099 | 3.91911909 |
| 21/03/2005 | 56.08 | 1.44249783 | 1.95069218 | 2.46398052 | 3.99801451 | 4.6284443 | 5.10668143 | 5.01071637 | 4.78490073 |
| 28/03/2005 | 51.01 | 3.58503138 | 2.5510586 | 2.21896936 | 2.3404914 | 3.58540607 | 4.23050205 | 4.7635371 | 4.7458037 |
| 04/04/2005 | 55.28 | 3.01934596 | 2.72573537 | 2.22594362 | 2.1107629 | 2.33796279 | 3.56497713 | 4.26173925 | 4.84536405 |
| 11/04/2005 | 50.61 | 3.30218867 | 2.58849377 | 2.83530716 | 2.48105421 | 2.27468679 | 2.34101423 | 3.34096115 | 3.99015072 |
| 18/04/2005 | 47.79 | 1.99404112 | 3.7828869 | 3.09061348 | 3.46130467 | 3.19019383 | 2.91427358 | 2.79718194 | 3.41127909 |
| 25/04/2005 | 52.16 | 3.09005663 | 2.21554358 | 3.12376909 | 2.71273847 | 3.09588598 | 2.91456605 | 2.69974569 | 2.61652494 |
| 02/05/2005 | 50.00 | 1.52735065 | 2.18504767 | 1.81138989 | 2.78294269 | 2.48997523 | 2.94117728 | 2.83122103 | 2.64843717 |
| 09/05/2005 | 48.87 | 0.79903066 | 1.67165587 | 1.86891234 | 1.66836147 | 2.66006579 | 2.42978541 | 2.91935903 | 2.86152931 |
| 16/05/2005 | 45.04 | 2.70821897 | 2.59959612 | 2.98232991 | 2.64046776 | 2.47804291 | 3.25754947 | 3.03848176 | 3.4725135 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Valor Máximo | 14.7148921 | 14.744729 | 13.3448676 | 14.3746228 | 16.1738072 | 16.5958517 | 16.9787678 | 17.8029674 | 18.6905288 | 19.5977123 | 20.7702632 | 21.5685101 | 22.4613623 |
| Valor Mínimo | 0 | 0 | 0.17454703 | 0.20947589 | 0.22364425 | 0.23957321 | 0.35508313 | 0.36922226 | 0.36433206 | 0.37065552 | 0.49836939 | 0.49934966 | 0.50418039 |
| Desviación Estandar | 1.74907617 | 1.74257223 | 1.78900877 | 1.86942465 | 1.97376582 | 2.09714572 | 2.23111165 | 2.37805331 | 2.53253551 | 2.69098397 | 2.84942838 | 3.00722462 | 3.16338274 |
| Diferencia Rango | 14.7148921 | 14.744729 | 13.1703206 | 14.1651469 | 15.950163 | 16.3562785 | 16.6236847 | 17.4337452 | 18.3261968 | 19.2270567 | 20.2718938 | 21.0691604 | 21.9571819 |
| Rango Reescalado | 8.41295099 | 8.46147366 | 7.36179765 | 7.57727618 | 8.08108176 | 7.79930472 | 7.45085287 | 7.3310994 | 7.23630397 | 7.14499119 | 7.11437211 | 7.00618114 | 6.94104499 |
| Coefficiente de Hurst | 0.92494836 | 0.92744601 | 0.86698388 | 0.87951312 | 0.9074695 | 0.89205589 | 0.87220599 | 0.86516911 | 0.8595168 | 0.8540017 | 0.85213658 | 0.84548136 | 0.84142486 |



FASE 3: EXPLOTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN

Los resultados se obtendrán al analizar las series de tiempo usando el Software Benoit®, este software nos va a permitir medir la dimensión fractal y/o el coeficiente de Hurst de un conjunto de datos usando algunos métodos que tiene disponibles para el análisis de patrones autosimilares o auto fines e incluye el método R/S que es el objeto de estudio para el minado de datos.

- Minería de datos. Proceso de exploración y análisis de grandes conjuntos de datos para descubrir patrones, tendencias y relaciones ocultas que pueden proporcionar información valiosa y conocimientos útiles.

Para tener la mayor fiabilidad de los datos, se trabaja en base a series de tiempo haciendo uso del Software Benoit®, este realiza un proceso más amplio de la serie de tiempo utilizando el método R/S.

- Evaluación de los patrones o modelos.

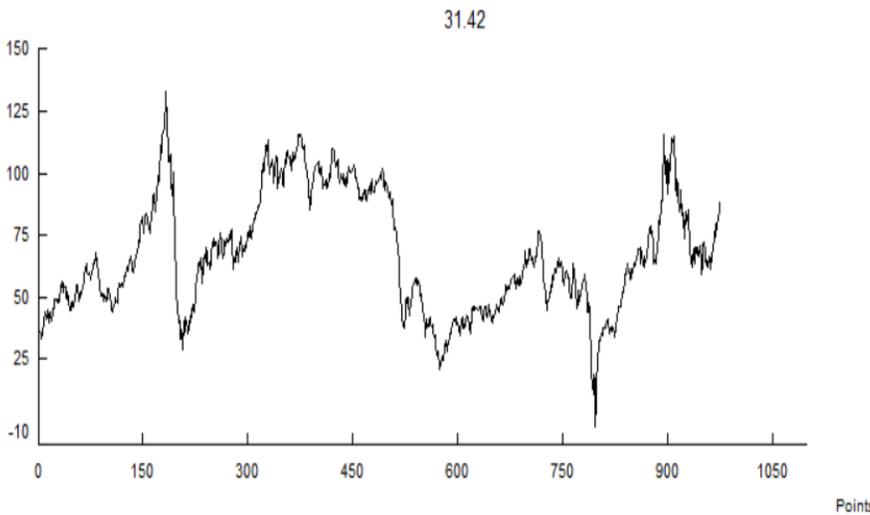
Una vez recopilados los patrones o modelo interesantes que representen conocimiento basados en medidas de interés, se procede a compilar en el Software Benoit. Una vez abierto el Software Benoit®, se introduce la serie de tiempo (Archivo con extensión .ts) y se selecciona el filtro R/S, al ejecutarlo nos mostrara el coeficiente de Hurst (H), la desviación estándar (SD) y la dimensión fractal (DF).

- Presentación del conocimiento

Usando el método Rango re-escalado en el Software Benoit® para hacer un análisis de la información obtenida en cada mercado de los cuales se hizo este trabajo, los resultados se encuentran en la tabla 1, dicha tabla muestra los valores obtenidos del Coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (FD) y Desviación Estándar (SD) de cada estado y los valores en forma de ilustración tanto de valores generales como de particiones se encuentran desde la **Figura 7 a la Figura 18**.

TODOS LOS AÑOS RECOPIRADOS

FIGURA 7 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), la Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) de la Mezcla Mexicana con todos los años recopilados.



| Report | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Result of calculations | |
| Calculated H: | 0.573 |
| SD: | 0.0105018 |
| Fractal | 1.427 |
| Method: R/S analysis | |
| File name and path: | b:\documents\individual dor\its\mex |
| Data set name: | 31.42 |
| Number of data points: | 976 |
| <input type="button" value="OK"/> | |

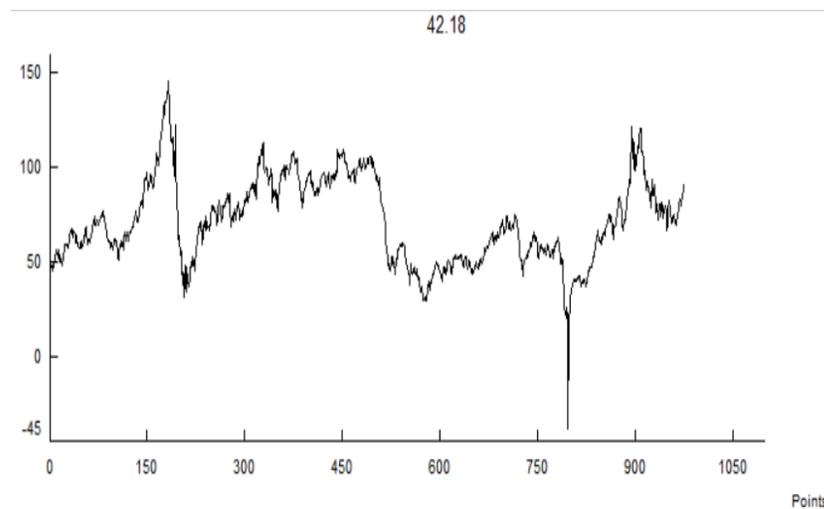
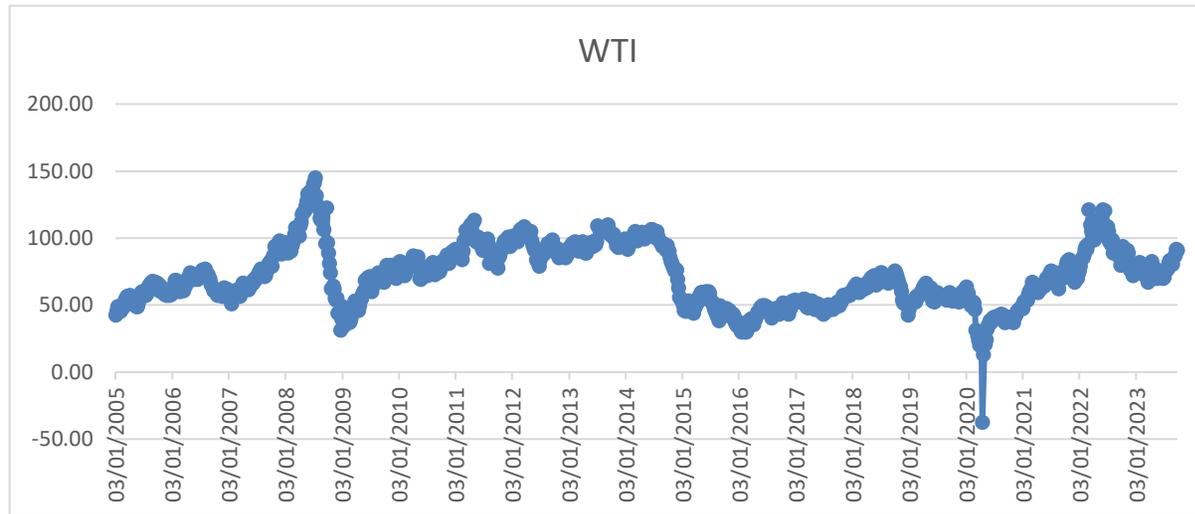
METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.

FIGURA 8 Resultados obtenidos del coeficiente de hurst (H), la Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo WTI con todos los años recopilados.



Report

Result of calculations

Calculated H: SD:

Fractal

Method:

File name and path:

Data set name:

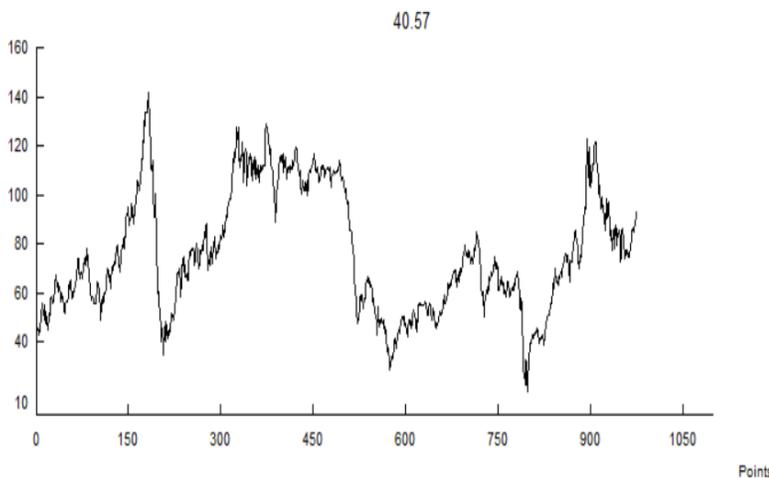
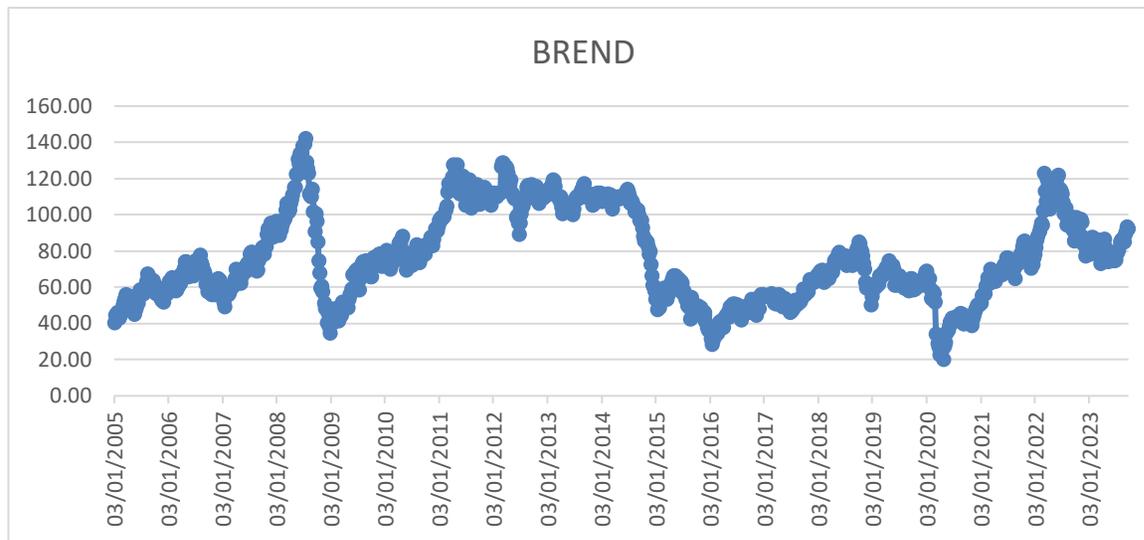
Number of data points:

METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.



| Report | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Result of calculations | |
| Calculated H: | 0.570 |
| SD: | 0.0157749 |
| Fractal | 1.430 |
| Method: R/S analysis | |
| File name and path: | b:\documents\individual dor\ts\bren |
| Data set name: | 40.57 |
| Number of data points: | 976 |
| OK | |

FIGURA 9 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), la Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Brent con todos los años recopilados.

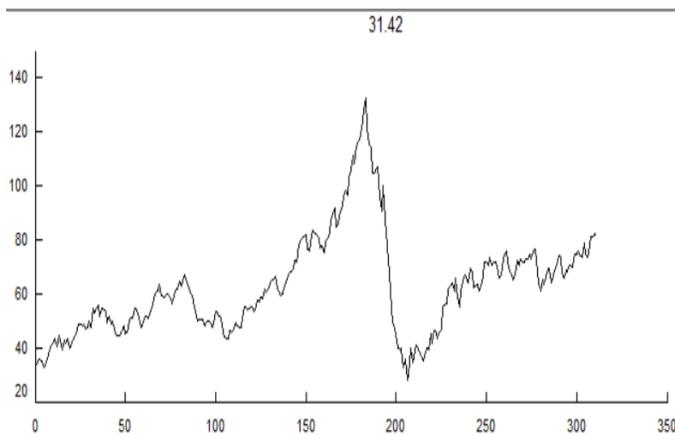
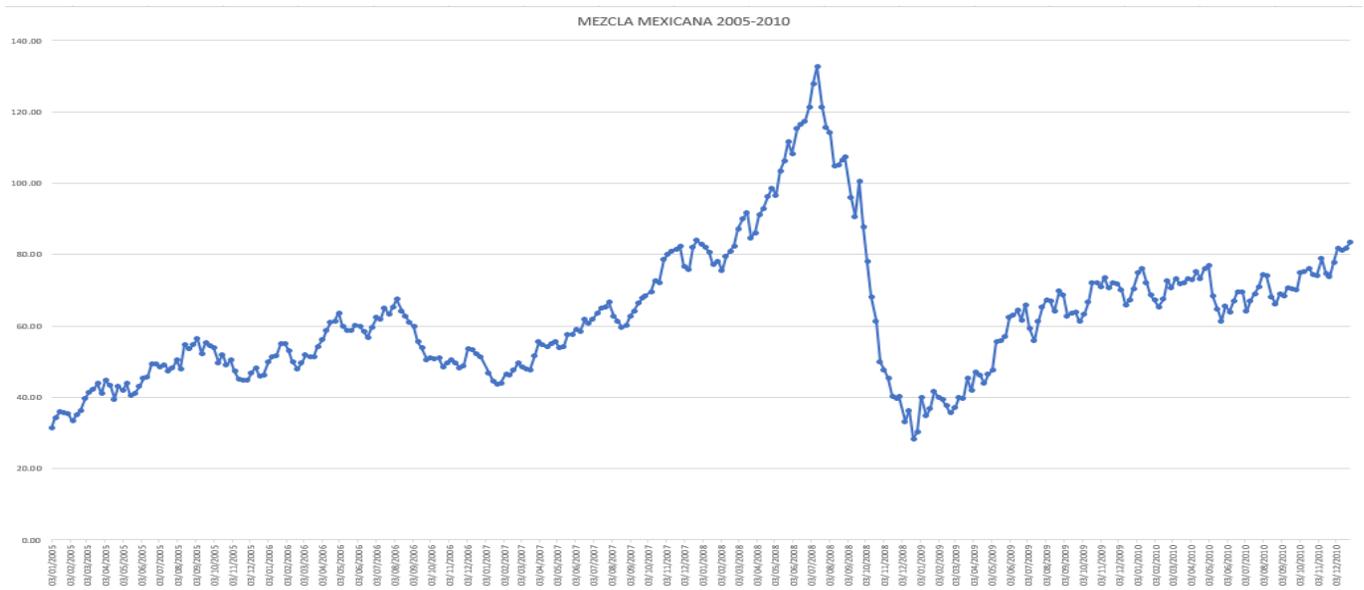
METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.

PARTICIONAMIENTO PARA ANALISIS MAS ESPECIFICO (CADA 6 AÑOS)



Report

Result of calculations

| | | | |
|----------------------|-------|------------|-----------|
| Calculated H: | 0.612 | SD: | 0.0043188 |
| Fractal | 1.388 | | |

Method: R/S analysis

File name and path: b:\documents\individual dorits 6 añ

Data set name: 31.42

Number of data points: 311

FIGURA 10 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Mezcla Mexicana del año 2005-2010.

METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: Presentan persistencia o procesos correlacionados

TIPO DE RUIDO: Ruido Negro, Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: Sugiere que las observaciones tienen cierta dependencia a largo plazo, mostrando una tendencia a mantener su dirección o patrón a lo largo del tiempo, aunque al no ser tan mayor a 0.5 este tiende a similar ruido blanco lo que indica que el comportamiento puede llegar a ser independiente o algo aleatorio.

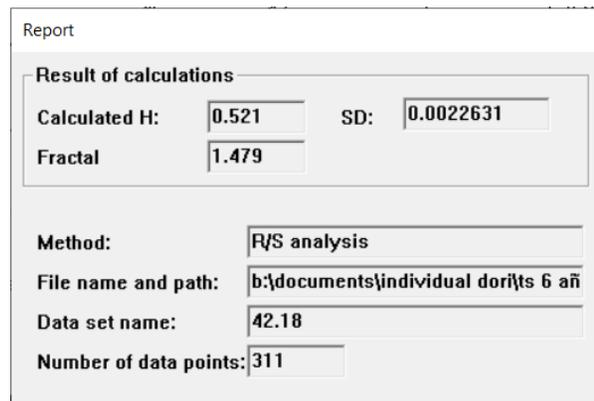
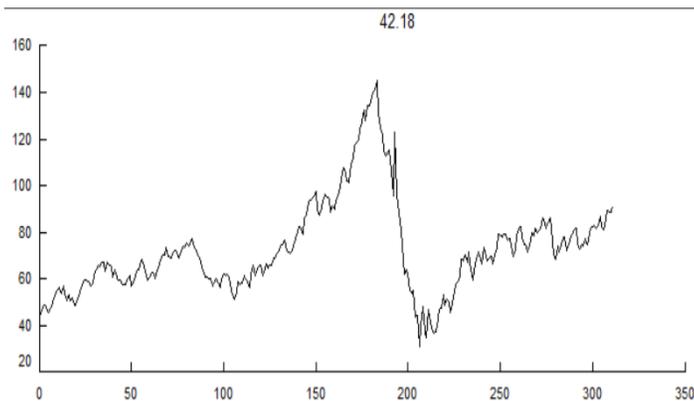


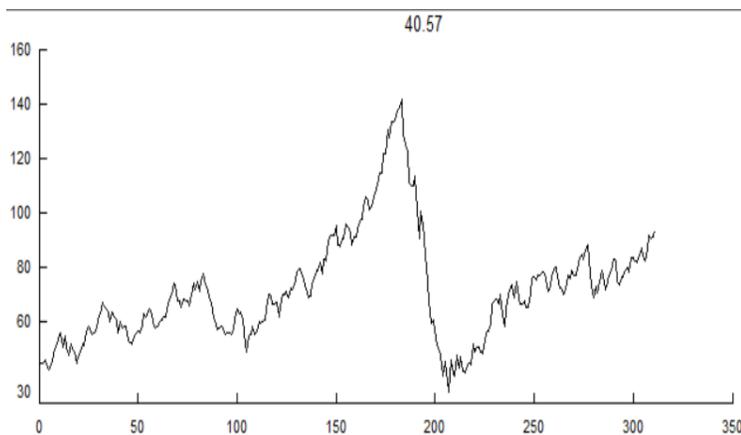
FIGURA 11 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo WTI del año 2005-2010.

METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.



Report

| Result of calculations | |
|------------------------|-------------------------------------|
| Calculated H: | 0.585 |
| SD: | 0.0028965 |
| Fractal | 1.415 |
| Method: | R/S analysis |
| File name and path: | b:\documents\individual dorits 6 añ |
| Data set name: | 40.57 |
| Number of data points: | 311 |

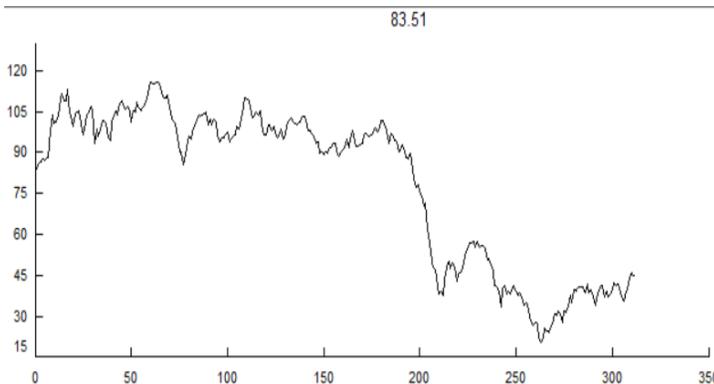
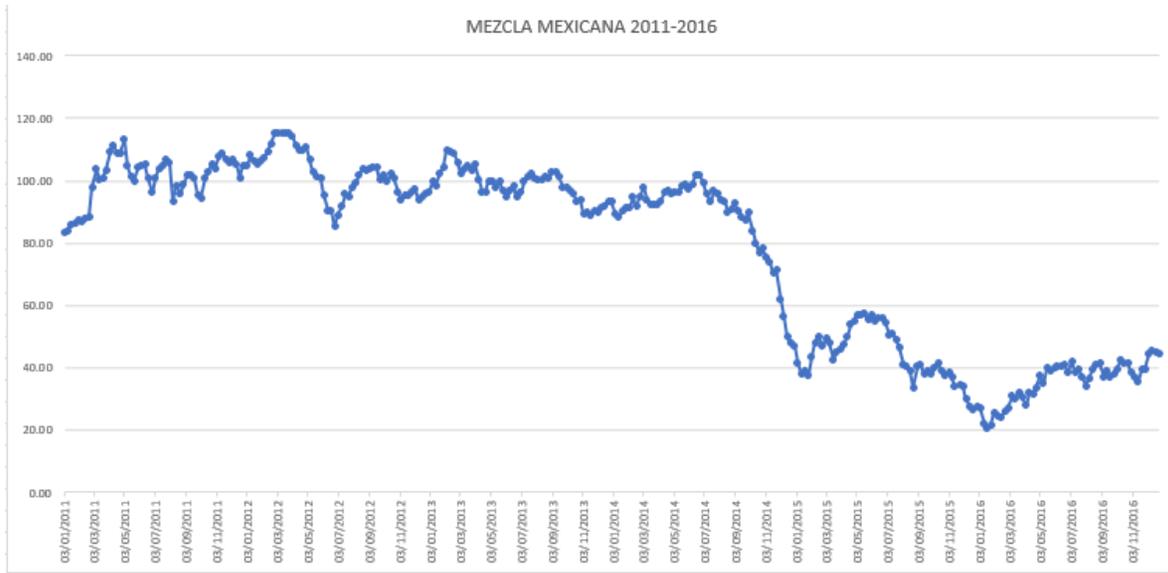
FIGURA 12 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Brent del año 2005-2010.

METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.



Report

| Result of calculations | |
|------------------------|--------------------------------------|
| Calculated H: | 0.511 |
| SD: | 0.0344831 |
| Fractal | 1.489 |
| Method: | R/S analysis |
| File name and path: | b:\documents\individual dori\ts 6 añ |
| Data set name: | 83.51 |
| Number of data points: | 312 |

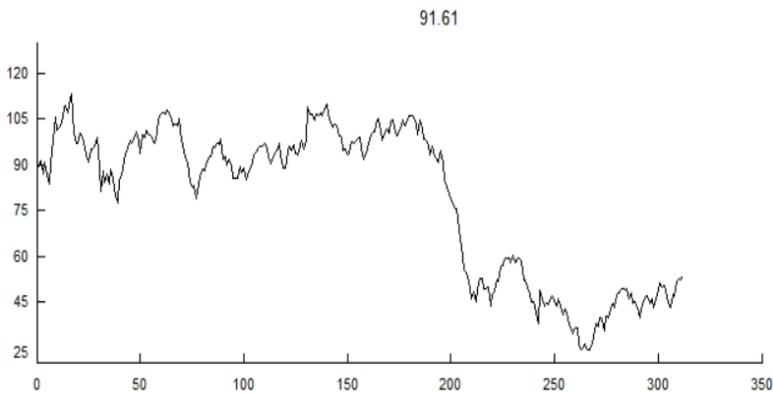
FIGURA 13 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Mezcla Mexicana del año 2011-2016.

METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.



| Report | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Result of calculations | |
| Calculated H: | 0.474 |
| SD: | 0.0302977 |
| Fractal | 1.526 |
| Method: | R/S analysis |
| File name and path: | b:\documents\individual dor\ts 6 añ |
| Data set name: | 91.61 |
| Number of data points: | 312 |

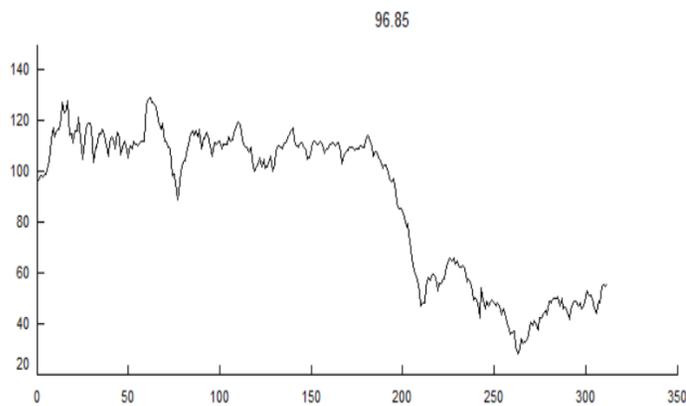
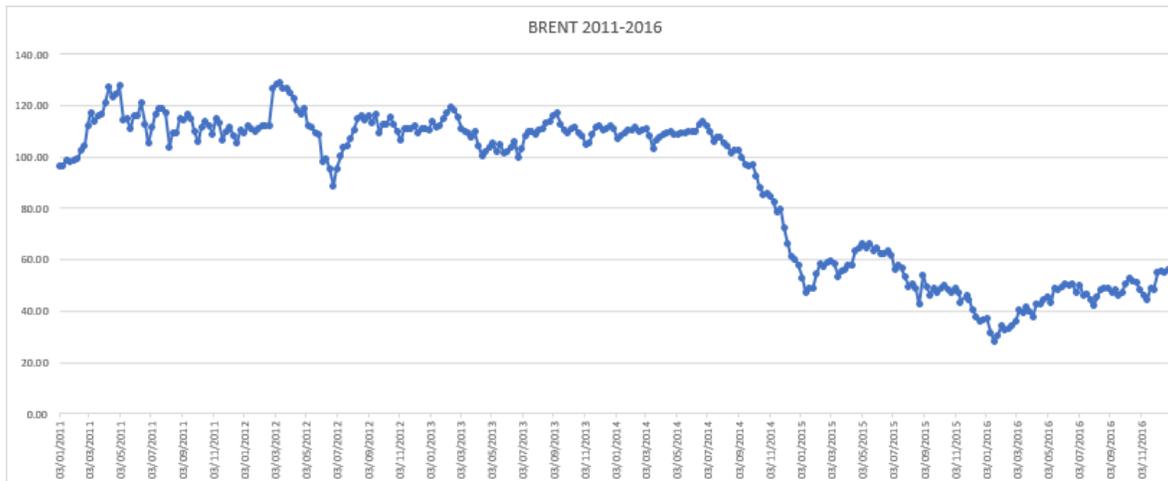
FIGURA 14 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo WTI del año 2011-2016.

METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: Comportamiento de anti-persistencia o anti-correlacional

TIPO DE RUIDO: Ruido Rosa

DIMENSION FRACTAL: Aumento en los eventos del pasado supone un descenso en los eventos futuros y viceversa, implica una reversión a la media o anti persistencia en los datos. Esto significa que, si los valores son altos, es más probable que disminuyan en el futuro y viceversa.



| Report | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Result of calculations | |
| Calculated H: | 0.548 |
| SD: | 0.0200477 |
| Fractal | 1.452 |
| Method: R/S analysis | |
| File name and path: | b:\documents\individual dor\ts 6 añ |
| Data set name: | 96.85 |
| Number of data points: | 312 |

FIGURA 15 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Brent del año 2011-2016.

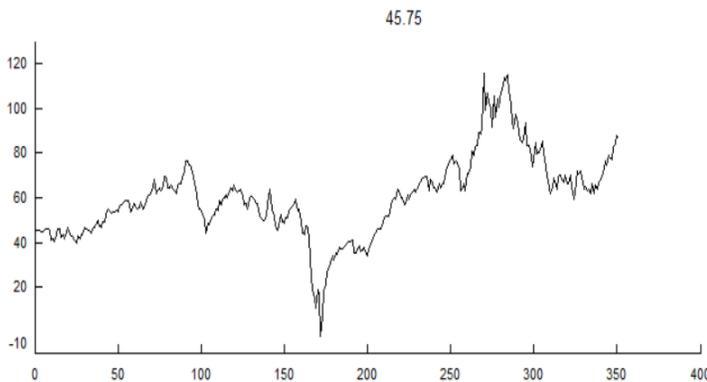
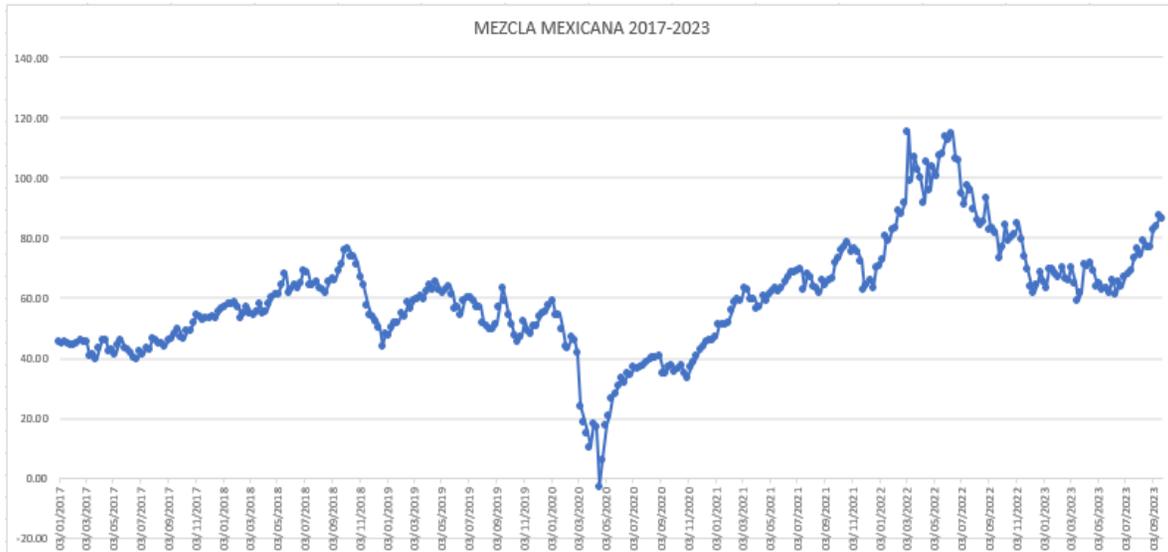
METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.

FIGURA 16 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Mezcla Mexicana del año 2017-2023.



| Report | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Result of calculations | |
| Calculated H: | 0.505 |
| SD: | 0.0048089 |
| Fractal | 1.495 |
| Method: R/S analysis | |
| File name and path: | b:\documents\individual dor\ts 6 añ |
| Data set name: | 45.75 |
| Number of data points: | 351 |

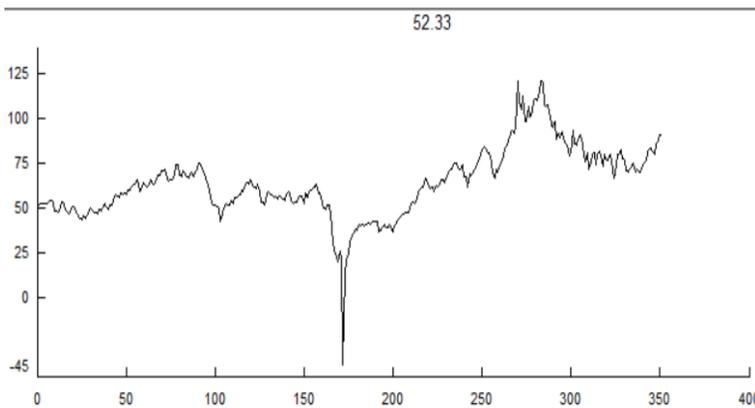
METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables, Serie sin memoria

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables en los datos a largo plazo. Cada punto de datos es independiente e impredecible en relación con los demás.

FIGURA 17 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo WTI del año 2017-2023.



| Report | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Result of calculations | |
| Calculated H: | 0.500 |
| SD: | 0.0045830 |
| Fractal | 1.500 |
| Method: | R/S analysis |
| File name and path: | b:\documents\individual dori\ts 6 añ |
| Data set name: | 52.33 |
| Number of data points: | 351 |

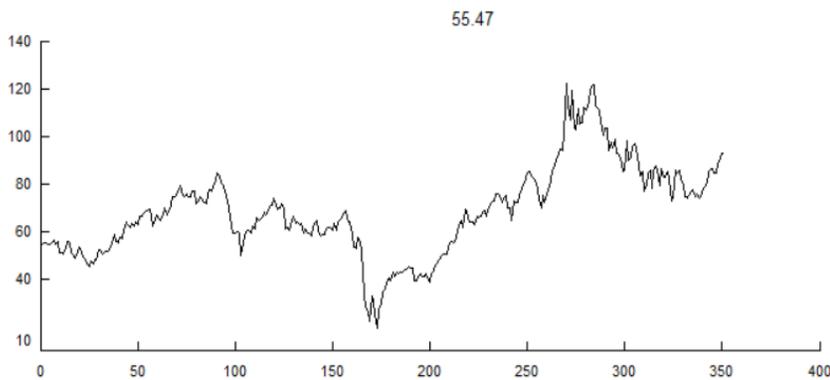
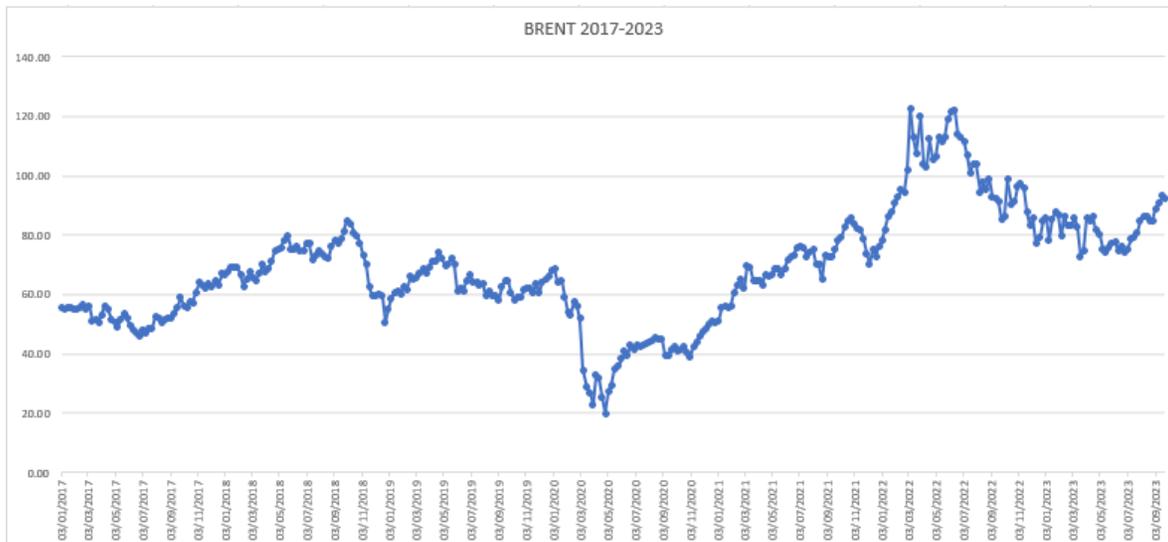
METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables.

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: cada punto de datos es completamente aleatorio e impredecible. No hay patrones, tendencias ni dependencia entre las observaciones.

FIGURA 18 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Brent del año 2017-2023.



Report

Result of calculations

Calculated H: SD:
 Fractal

Method:
 File name and path:
 Data set name:
 Number of data points:

METODO: R/S ANALYSIS

TIPO DE CORRELACION: No hay tendencias, autocorrelación ni estructuras identificables.

TIPO DE RUIDO: Ruido Blanco

DIMENSION FRACTAL: cada punto de datos es completamente aleatorio e impredecible. No hay patrones, tendencias ni dependencia entre las observaciones.

TABLAS DE VALORES OBTENIDOS

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las Figuras 7-18 del coeficiente de Hurts (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) tanto de todos los años como de las particiones, se recopilaron los siguientes resultados:

Tabla 1: Tabla de valores obtenidos con todos los años recopilados

| PETROLEO | HURST | DIMENSION FRACTAL | DESVIACION ESTANDAR | PRECIO INICIAL | PRECIO FINAL |
|-----------------|-------|-------------------|---------------------|----------------|--------------|
| MEZCLA MEXICANA | 0.573 | 1.427 | 0.0105018 | 31.42 | 86.51 |
| WTI | 0.534 | 1.466 | 0.0123559 | 42.18 | 90.55 |
| BRENT | 0.570 | 1.430 | 0.0157749 | 40.57 | 92.39 |

Tabla 2: Tabla de valores obtenidos de las particiones

| PETROLEO | AÑO | HURST | DIMENSION FRACTAL | DESVIACION ESTANDAR | PRECIO INICIAL | PRECIO FINAL |
|-----------------|-----------|-------|-------------------|---------------------|----------------|--------------|
| MEZCLA MEXICANA | 2005-2010 | 0.612 | 1.388 | 0.0043188 | 31.42 | 83.51 |
| | 2011-2016 | 0.511 | 1.489 | 0.0344831 | 83.51 | 44.69 |
| | 2017-2023 | 0.505 | 1.495 | 0.0048089 | 45.75 | 86.51 |
| WTI | 2005-2010 | 0.521 | 1.479 | 0.0022631 | 42.18 | 91.01 |
| | 2011-2016 | 0.474 | 1.526 | 0.0302977 | 91.61 | 53.90 |
| | 2017-2023 | 0.500 | 1.500 | 0.0045830 | 52.33 | 90.55 |
| BRENT | 2005-2010 | 0.585 | 1.415 | 0.0028965 | 40.57 | 94.08 |
| | 2011-2016 | 0.548 | 1.452 | 0.0200477 | 96.85 | 56.09 |
| | 2017-2023 | 0.536 | 1.464 | 0.0048974 | 55.47 | 92.39 |



Diotima, Revista Científica de Estudios Transdisciplinaria Vol. 9 no. 25 Enero-Abril (2024)

FASE 4: EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Teniendo los valores obtenidos del método R/S de cada uno de los mercados, se hace la descripción de los resultados. Cabe recalcar que R/S es un estadístico con media cero, expresado en términos de desviación estándar y cuyo análisis es de tipo no paramétrico, ya que no se requiere una distribución específica. Donde H es el número asociado a una serie temporal (Almanza M, López K, & Téllez C, 2010), FD es el número que refleja la media topológica de un conjunto fractal a escalas distintas (irregularidad en los datos) (Quintero O, & Ruíz J, 2011) y SD es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (Velásquez, M, *et.al*, 2010). Si $0 \leq H < 0,5$ como es el caso del petróleo WTI del año 2011 al año 2016 o bien la Figura 14 con coeficiente de Hurst(H)=0.474 es no correlacionado por lo que la dimensión fractal aumentará, por lo cual la representación gráfica se acercará a una superficie (Rodríguez R, 2012). A esto se le llama ruido rosa. Se dice entonces que es una serie anti persistente, con frecuencia se les denomina con reversión a la media. Es decir, la serie ha estado arriba de un determinado valor que hace las veces de la media de largo plazo en el periodo anterior, entonces es más probable que esté abajo en el periodo siguiente y viceversa.

Mientras mayor es la SD, mayor es la dispersión de los datos. Si $0,5 < H \leq 1$, como es en el caso de Mezcla mexicana del año 2005 al año 2010 o la Figura 10 con un coeficiente de Hurst (H)=0.612, se dice que tiene correlación positiva o que la serie es persistente (fuerza de dependencia). Es decir, si la serie está arriba (o abajo) de su media de largo plazo en el periodo anterior, lo más probable es que continúe arriba (o abajo) en el periodo siguiente (periodos estables). Si $H=0.5$ como es el caso de los 3 Mercados analizados la mayoría suele estar arriba de 0.5 pero muy poco y muy lejos de acercarse a 1 se dice que está asociado con el comportamiento del ruido blanco en una serie temporal. Indica que no hay tendencia ni persistencia a largo plazo en los datos. Cada punto de datos es independiente entre sí y no influye en el siguiente. Es similar a lanzar una moneda imparcial, donde cada lanzamiento es independiente del anterior y no hay un patrón discernible en los resultados.

Por tanto, se puede apreciar que las fluctuaciones en cuanto al precio del Petróleo permiten identificar el comportamiento futuro en el mercado ya que el costo del Petróleo se presentara de manera Aleatoria ya que no se suele encontrar un patrón estable que nos indique un precio constante o regular de cada tipo de mercado. Mientras mayor es la SD (Desviación Estándar), mayor es la dispersión de los datos teniendo un incremento de la DF (Dimensión Fractal). Podemos decir que las fluctuaciones en cuanto al precio del Petróleo a través del método R/S permitieron identificar el comportamiento futuro de los mercados de la Mezcla Mexicana, WTI, Brent. Otro resultado arrojado por Benoit® son las gráficas de persistencia que se muestran en las Figuras (28, 29 y 30).

FIGURA 19 GRAFICA PERSISTENCIA
MEZCLA MEXICANA

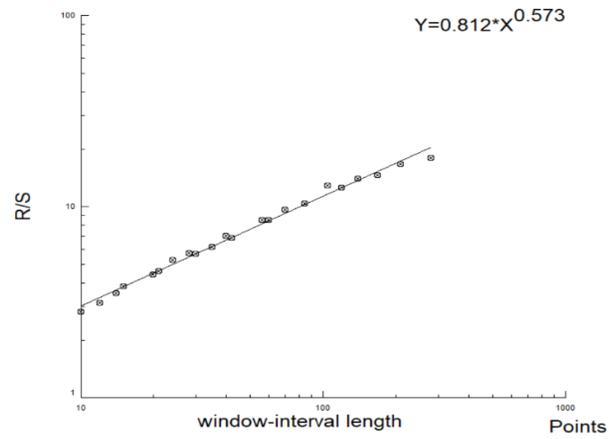


FIGURA 20 GRAFICA PERSISTENCIA
WTI

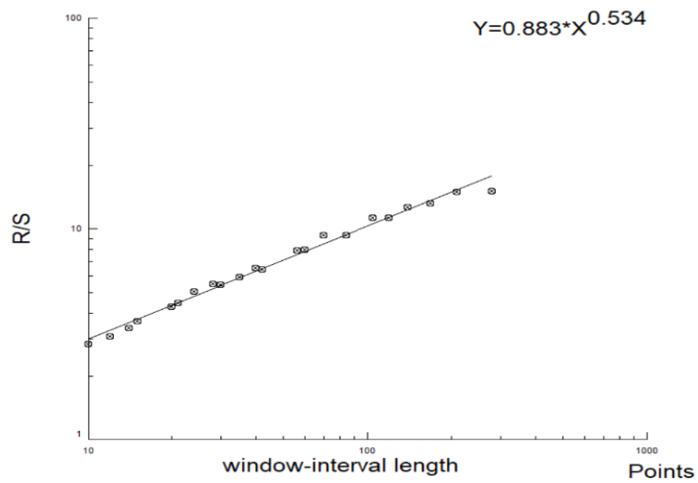
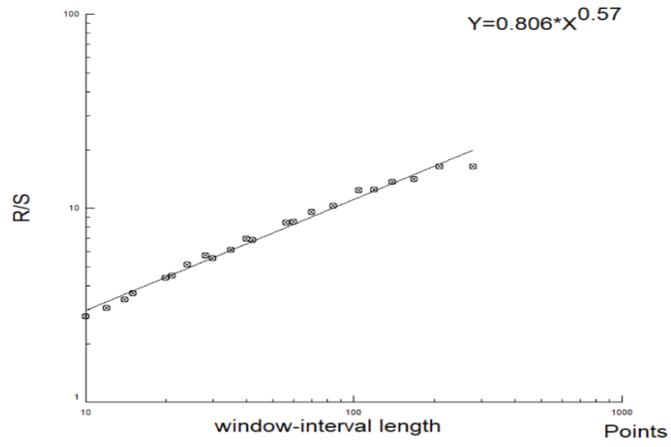


FIGURA 21 GRAFICA PERSISTENCIA
BRENT



CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las interpretaciones de los datos de los 3 mercados diferentes, es muy probable que en el futuro el precio del petróleo siga tendiendo a moverse de manera muy aleatoria y con bastante volatilidad ya que las diferencias de ruido tanto de todos los años como de las particiones eran bastante parecidas entre sí por lo tanto es difícil que se siga un patrón estable a largo plazo, al igual que la forma de las gráficas tanto de Excel como de Benoit® todas mostraban picos de subidas y bajadas del precio lo que dificulta su interpretación, sabiendo que el petróleo es un activo esencial para la economía del mundo es entendible que su precio sea muy variado ya que suele estar ligado a diversos factores como:

Oferta y demanda: Los precios del petróleo se ven fuertemente influenciados por las fuerzas del mercado de oferta y demanda. Si la demanda de petróleo supera la oferta disponible, los precios tienden a subir, y viceversa. Los factores que afectan a la oferta y demanda incluyen la producción de petróleo, el crecimiento económico, las políticas energéticas, la estacionalidad, etc.

Geopolítica: Los eventos geopolíticos en regiones productoras de petróleo pueden tener un impacto significativo en los precios. Los conflictos, sanciones económicas, tensiones en el Medio Oriente y otros factores pueden interrumpir la producción y el suministro de petróleo.

Tipo de crudo: Los diferentes tipos de crudo, como el WTI, el Brent, Mezcla Mexicana y otros, tienen diferentes calidades y características. Los precios varían según la calidad y la ubicación geográfica de los crudos. Los problemas de oferta o demanda específicos para un tipo de crudo pueden afectar su precio.

Cambios en la política energética: Las políticas gubernamentales y las decisiones de los productores de petróleo, como la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo), pueden influir en los precios.

Aunque el precio del petróleo este enlazado con todos estos factores, hay que tener en cuenta que la innovación de nuevas tecnologías también influye en la obtención de este activo, donde cada día se buscan nuevas maneras para su procesamiento y obtención con el fin de ahorrar gastos en maquinaria, la mano del hombre y el objetivo principal Mejorar su precio.

A pesar de estos resultados, nos damos cuenta que el análisis R/S es una herramienta de análisis estadísticos que nos ayuda a evaluar los comportamientos de eventos poco comunes y comprender la complejidad de la minería de datos con el estudio de series de tiempo del precio en diferentes mercados o de algún otro activo o producto que tenga un impacto importante en la economía.

El análisis R/S nos ayudó a evaluar la dependencia a largo plazo y la fractalidad en datos de series temporales sobre el precio del petróleo en 3 tipos diferentes más importantes como fue el WTI, Brent y Mezcla Mexicana. Este análisis R/S nos proporcionó información clave para identificar tendencias y patrones ocultos en los



Diotima, Revista Científica de Estudios Transdisciplinaria Vol. 9 no. 25 Enero-Abril (2024)

datos, lo que es esencial en diversas disciplinas y campos de estudio. Sin embargo, su aplicación requiere un entendimiento sólido de sus fundamentos y limitaciones para obtener resultados significativos y útiles.

REFERENCIAS

- Admin. (2020). Importancia del petróleo en la economía - Federación de Estudiantes de Economía. FENADECO, Disponible en: <https://fenadeco.org/importancia-del-petroleo-en-la-economia/>
- Almaza M, K. López & C. E. Téllez (2010). “Aplicación del análisis de rango reescalado R/S para la predicción de genes en el genoma vegetal”, Acta Agron. vol.59, no 4, Palmira.
- Almanza M Pinzón, López López K, Téllez Villa C.E (2010).” Aplicación del análisis de rango reescalado R/S para la predicción de genes en el genoma vegetal”, Acta Agron. vol.59 no.4 Palmira Oct./Dec.
- AWS, (s/f). ¿Qué es la minería de datos? La minería de datos, Web Services, Inc, Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/data-mining/#:~:text=La%20miner%C3%ADa%20de%20datos%20es,relaciones%20ocultas%20en%20sus%20datos.>
- Balankin A, K. Oleshko, A. Ortega, O. Susarrey, D. Morales, I. Campos, J. Martínez, J. Marquez, A. García, L. Morales & J. García (2000). “Comportamiento fractal de sistemas complejos” Científica.
- Balza, L. H. (2020). La crisis de los precios de petróleo ante el COVID-19: recomendaciones de política para el sector energético. Energía para el Futuro, Disponible en: <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-crisis-de-los-precios-de-petroleo-ante-el-covid-19-recomendaciones-de-politica-para-el-sector-energetico/>
- Banxico. (2020). “Precio de la mezcla mexicana de petróleo” <https://www.banxico.org.mx/apps/gc/precios-spot-del-petroleo-gra.html>
- Berry J.A & L. Gordon, (2000). Mastering Data Ming. John Wiley.
- Brent (2023). (s. f.). Datosmacro.com. <https://datosmacro.expansion.com/diccionario/brent>
- Cabena P, P. Hadjinian, R. Stadler, J. Verhess & A. Zanasi (1997). Discovering Data Ming from Concept to Implementation. Upper Saddle NJ, Prentice Hall.
- Cáceres G & J. E. Rodríguez (2011). “Agrupamiento de datos de series de tiempo. Estado del arte”, Vínculos, vol. 8, no 1.
- CEFP (2020). “Precio de la Mezcla Mexicana de Exportación de Petróleo” disponible en: https://www.cefp.gob.mx/new/graficas_interactivas.php
- Datos históricos de petróleo crudo WTI - Investing.com México. (s. f.). Investing.com México. <https://mx.investing.com/commodities/crude-oil-historical-data>
- Datos históricos de petróleo crudo BRENT - Investing.com México. (s. f.). Investing.com México. <https://acortar.link/tjAohw>
- García R (2006). “Sistemas complejos”, Barcelona: Gedisa, p. 202.
- GasolinaMX. (2022). Mezcla mexicana precio hoy. Precio Gasolina México - GasolinaMX.com, Disponible en: <https://www.gasolinamx.com/mezcla-mexicana>
- Hurts E (1951). “Long-term storage capacity of reservoirs”, Trans. Am. Soc. Civil Engineers, 116, pp. 770-808.
- IBM documentation, (2014). (s. f.).” Objetivos de la minería de datos”, Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/db2/11.1?topic=overview-data-mining-goals>

- Matamoros O; A. Balankin; L. M. Hernández (2005). "Metodología de predicción de precios del petróleo basada en dinámica fractal", Redalyc, vol. 9, no 1, pp. 3-11.
- Plazas Nossa L, Ávila Angulo M.A, Moncada Méndez G. (2014). "Estimación del exponente de Hurst y dimensión fractal para el análisis de series de tiempo de absorbancia UV-VIS", Cienc. Ing. Neogranad. vol.24 no.2 Bogotá July/Dec.
- Vista de estimación del exponente de HURST y dimensión fractal para el análisis de series de tiempo de absorbancia UV-VIS | Ciencia e Ingeniería Neogranadina. (s. f.), Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/397/1812>
- Quintero O Y& J. Ruíz (2011). "Estimación del exponente de Hurst y la dimensión fractal de una superficie topográfica a través de la extracción de perfiles". Revista Geomática, n.º5, pp. 84- 91.
- Riquelme, J, Ruiz R, Gilbert K (2006). "Minería de Datos: Conceptos y Tendencias", Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, vol. 10, núm. 29, primavera, pp. 11-18.
- Rodríguez J.(2006). "Clasificación de series de tiempo por minería de datos". Tesis M. SC., Instituto Politécnico Nacional, México D.F.
- Rodríguez R (2012). "El coeficiente de Hurst y el parámetro α -estable para el análisis de series financieras aplicación al mercado cambiario mexicano", Scielo, vol. 59, n.º 1, 2012.
- Sotolongo O (2006). "Experiencia en la enseñanza de la física de los sistemas complejos en la cátedra Henri Poincaré". Revista Cubana de Física, vol. 23, no 2, pp.127-134.
- Velásquez, M.A J. J. Velásquez, J. A. Muñoz, M. R. Martínez, K. Oleschko, I. Sánchez & B. Figueroa (2010). "Invarianza temporal al escalado de series de tiempo con información pluviométrica diaria". Rev. Méx. Cienc. Agríc., vol. 1, n.º 4.
- Webmasteracp. (2023). ¿Para qué sirve el petróleo? Los 6 usos más comunes. ACP, Disponible en: <https://acp.com.co/web2017/es/sala-de-prensa/en-los-medios/886-para-que-sirve-el-petroleo-los-6-usos-mas-comunes>
- WTI definición (2023). (s. f.). IG, Disponible en: <https://www.ig.com/es/glosario-trading/definicion-de-wti>.