

EDITORIAL

En su noveno año de publicación la revista Diotima presenta el Vol. 9 no. 25 correspondiente a los meses de enero-abril del 2024 donde se publican diversos trabajos de investigación. En el primero de estos, titulado “Minería de datos en series de tiempo del precio del petróleo de tres tipos diferentes”, analizan datos de 3 mercados diferentes de petróleo, se indica que en el futuro el precio de este producto tendera a moverse de manera muy aleatoria y con bastante volatilidad, por lo que es difícil que se siga un patrón estable a largo plazo.

Por su parte en el documento “ Avances en la implementación de la electromovilidad en México”, el propósito fue discutir las implementaciones actuales hacia modos de transporte menos contaminantes, una movilidad sustentable, la implementación de nuevas tecnologías como lo son los vehículos eléctricos que mitigan la emisión de gases de efecto invernadero.

En la investigación “Sistema de reconocimiento facial para la localización de personas desaparecidas utilizando cámaras hiperespectrales”, se plantea la implementación de un sistema de reconocimiento facial utilizando las librerías Python MediaPipe Mesh_Face, Face_Recognition y OpenCV, con el fin de obtener vídeo en tiempo real de puntos de interés de seguridad pública.

Asimismo, en el artículo “Revisión de afluencia en el metro de la CDMX con minería de datos”, se describe un análisis de series de tiempo del tráfico del Metro de la Ciudad de México (CDMX), teniendo en cuenta que el metro es una infraestructura de transporte público de gran importancia transportando a más de 2 mil millones de usuarios en 2022.

En el trabajo “La teoría general de sistemas como análisis de datos de incendios forestales ”, se da un estudio de los incendios forestales en los estados mexicanos, a partir de la aplicación de la Teoría General de Sistemas (TGS) para desarrollar modelos predictivos y estrategias de gestión de riesgos. Este enfoque sistémico permitió presentar la distribución geográfica y la frecuencia de los incendios en el territorio mexicano.

En el artículo “Condiciones generales del sector transporte de carga en México”, se describe y analiza el parque vehicular, la infraestructura carretera y los modelos de inversión, bajo una metodología de investigación secundaria, que se basa en datos ya publicados e información oficial para conocer las necesidades de transporte.

Agradecemos la coordinación de este número de la Revista a la Dra. Doricela Gutiérrez Cruz, por su incondicional apoyo para llevar a cabo la publicación de estas investigaciones.

ÍNDICE

MINERÍA DE DATOS EN SERIES DE TIEMPO DEL PRECIO DEL PETRÓLEO DE TRES TIPOS DIFERENTES

Alejandro García Valle 3

AVANCES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD EN MÉXICO

Juan Antonio Jiménez García

Noé Alejandro Pérez Méndez

Noé Gaspar Sánchez..... 34

SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA LOCALIZACIÓN DE PERSONAS DESAPARECIDAS UTILIZANDO CÁMARAS HIPERESPECTRALES

Alejandro Hernández Villanueva 62

REVISIÓN DE AFLUENCIA EN EL METRO DE LA CDMX CON MINERÍA DE DATOS

Daniel Arturo Muñoz Rojas

Irene Margarita Castillo Castillo..... 72

LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS COMO ANÁLISIS DE DATOS DE INCENDIOS FORESTALES

Carmen Liliana Rodríguez Páez

Cristopher Camacho Durán

Doricela Gutiérrez Cruz

Israel Gutiérrez González

Ricardo Rico Molina 88

CONDICIONES GENERALES DEL SECTOR TRANSPORTE DE CARGA EN MÉXICO

José Osvaldo Torres Chávez

Selene Jiménez Bautista

Ma. Teresa Cruz Patiño 103

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.

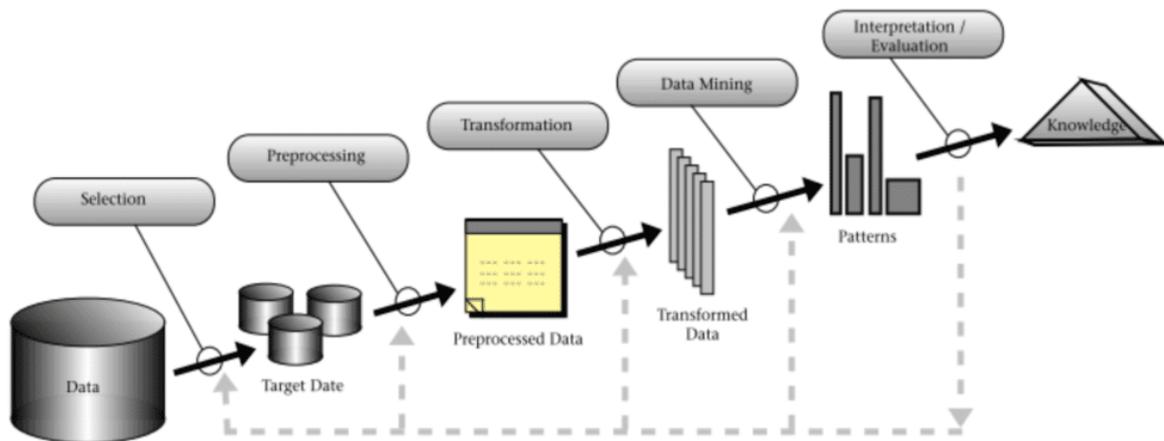


Figura 1: Proceso de la minería de datos

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 $=DESVESTA(B2(\text{Precio uno}):B3(\text{precio dos}))$ 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 |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|

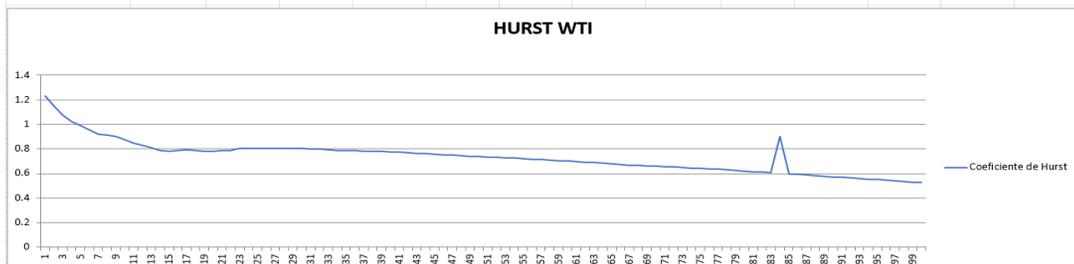
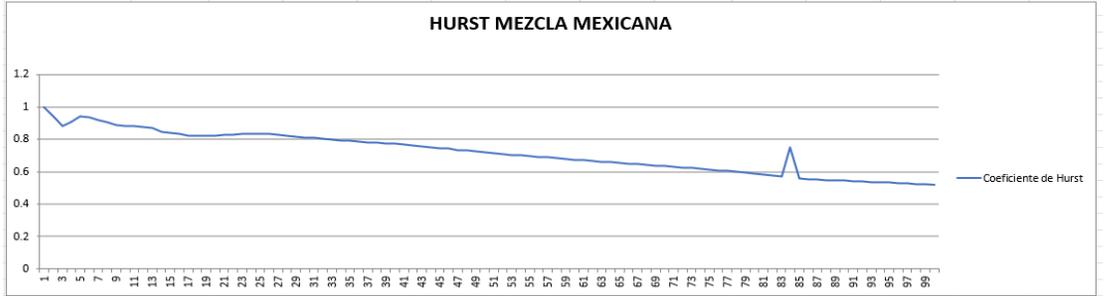


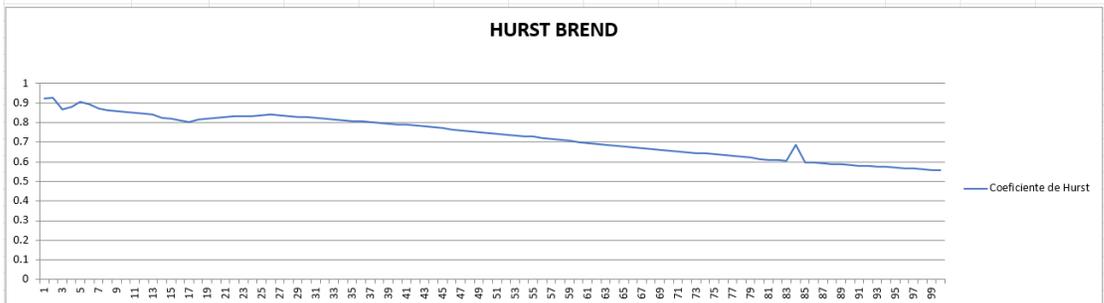
FIGURA 6 Hurts BRENT

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 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 | 0.92494836 | 0.92744601 | 0.86698388 | 0.87951312 | 0.9074695 | 0.89205589 | 0.87220599 | 0.86516911 | 0.8595168 | 0.8540017 | 0.85213658 | 0.84548136 | 0.84142485 |



| 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 | 0.3643206 | 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 | 0.84142485 |



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.

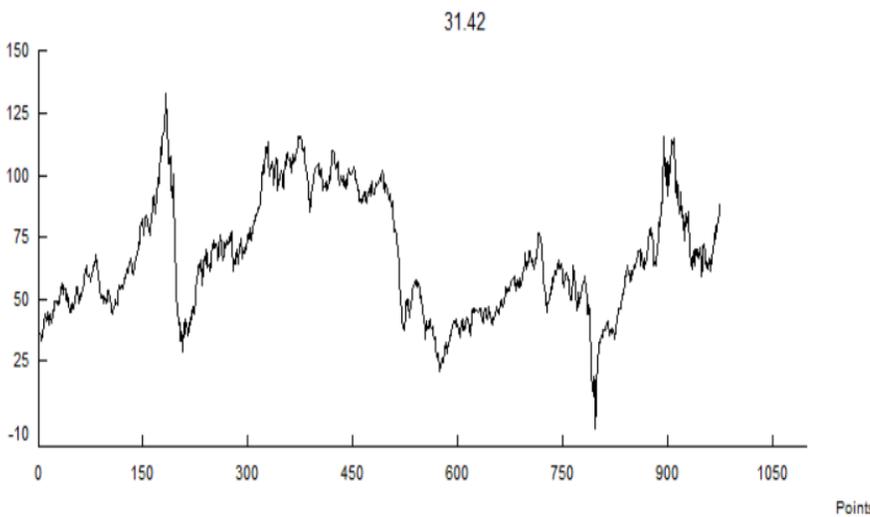
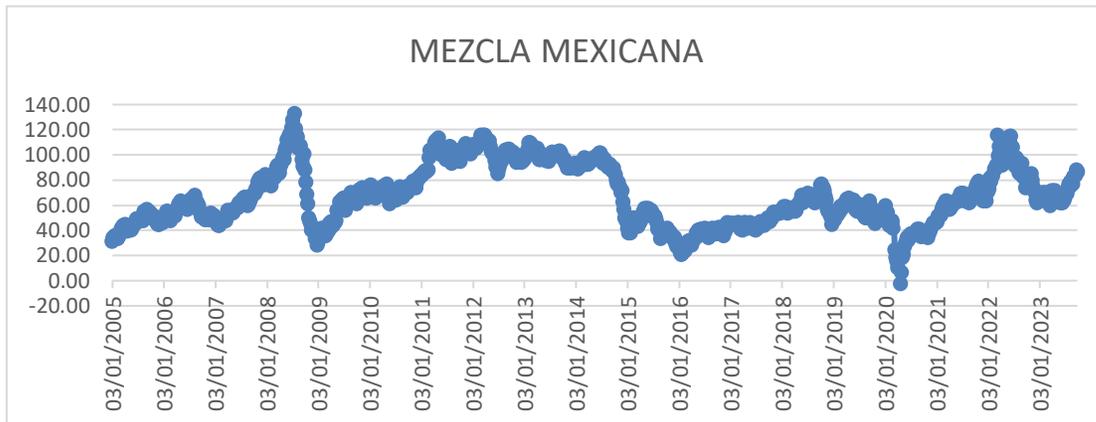
Una vez recopilados los patrones o modelo interesantes que representen conocimiento basados en medidas de interés, se procede a compilar en el Software Benoit. Una vez abierto el Software Benoit®, se introduce la serie de tiempo (Archivo con extensión .ts) y se selecciona el filtro R/S, al ejecutarlo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

Fractal

Method:

File name and path:

Data set name:

Number of data points:

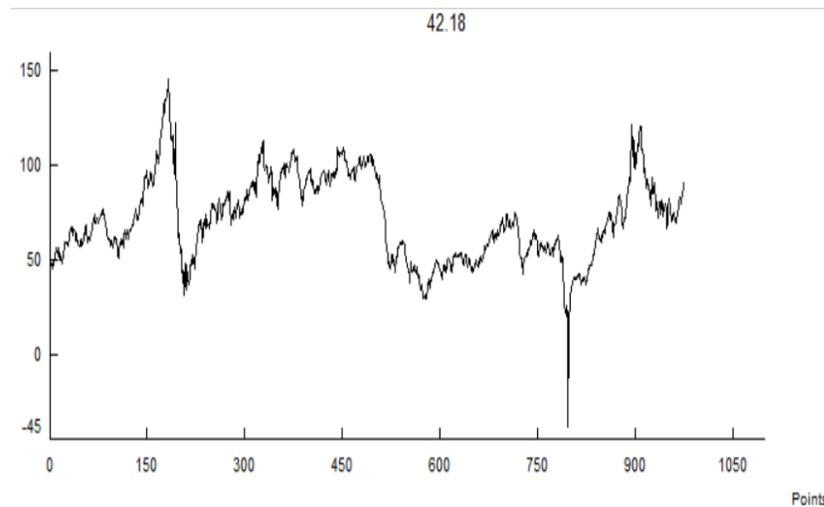
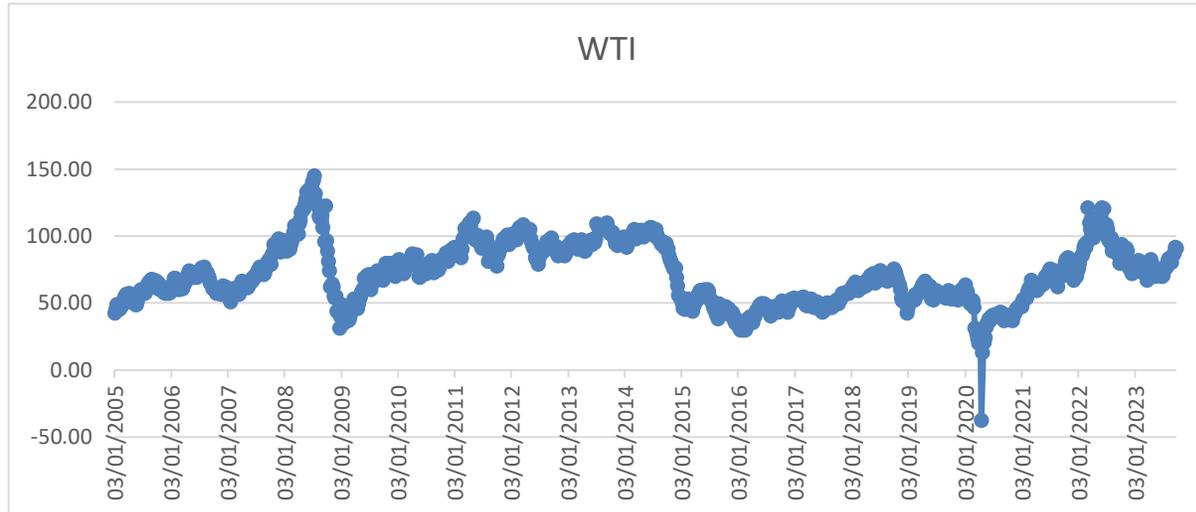
METODO: R/S ANALYSIS

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.

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:

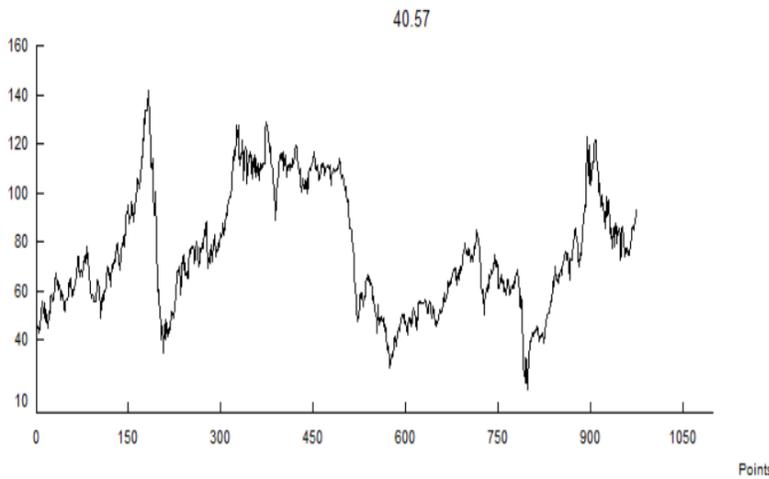
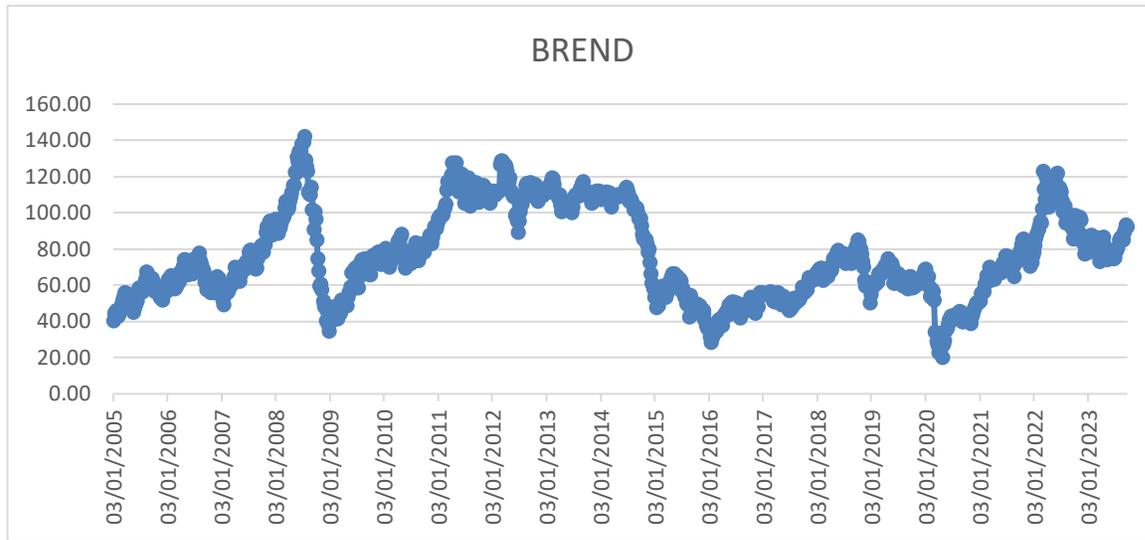
Number of data points:

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.

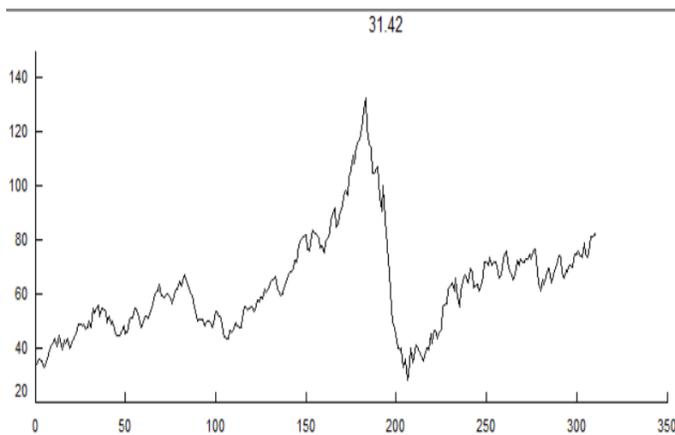
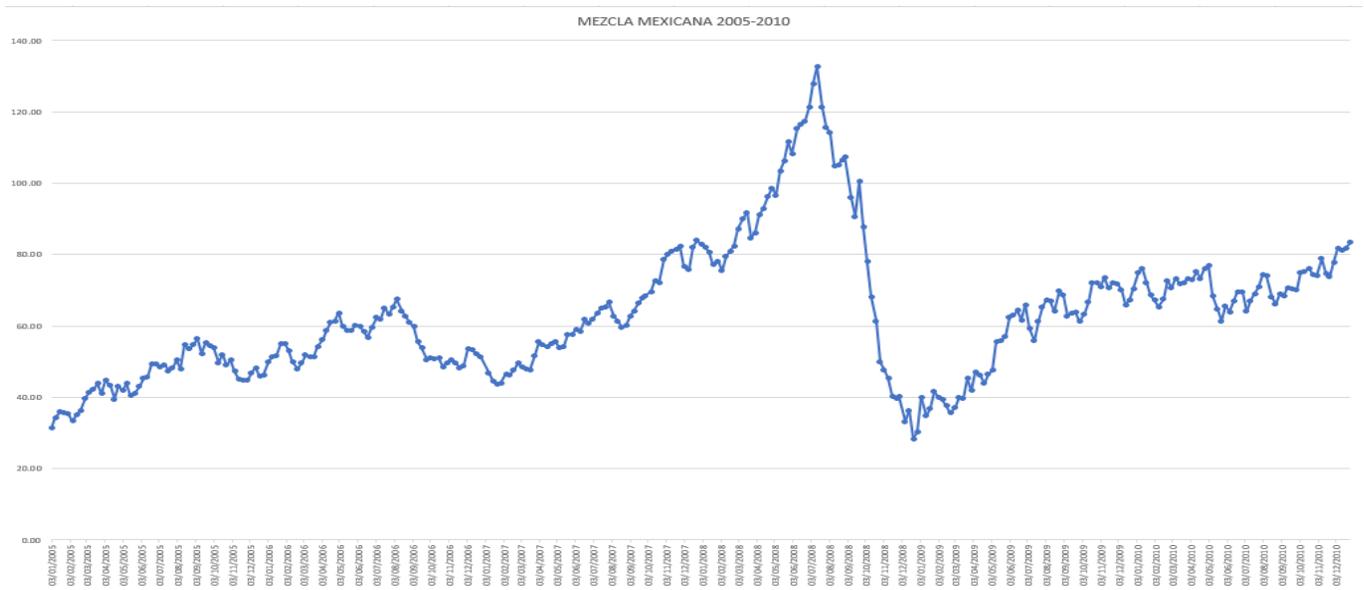
METODO: R/S ANALYSIS

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 dorit's 6 añ

Data set name: 31.42

Number of data points: 311

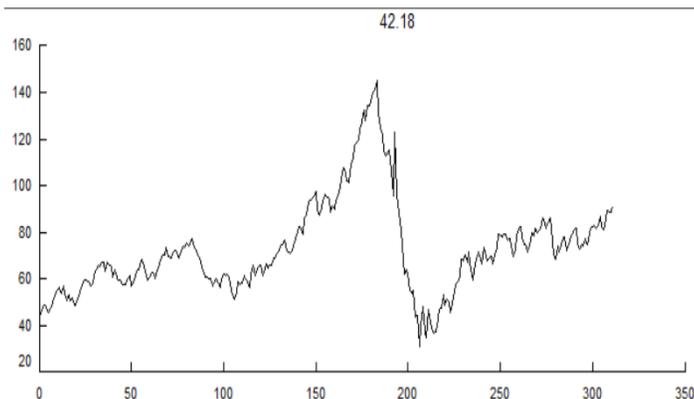
FIGURA 10 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Mezcla Mexicana del año 2005-2010.

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.



Report

Result of calculations

Calculated H: SD:

Fractal

Method:

File name and path:

Data set name:

Number of data points:

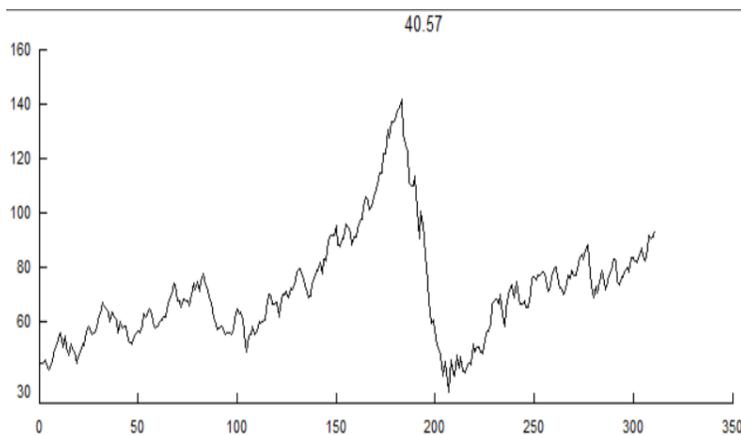
FIGURA 11 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo WTI del año 2005-2010.

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: SD:
 Fractal

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

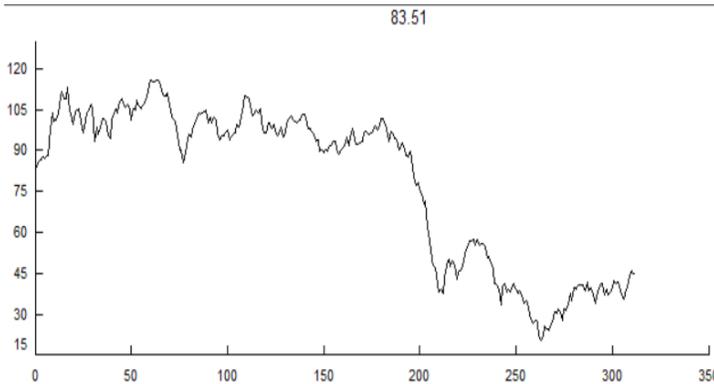
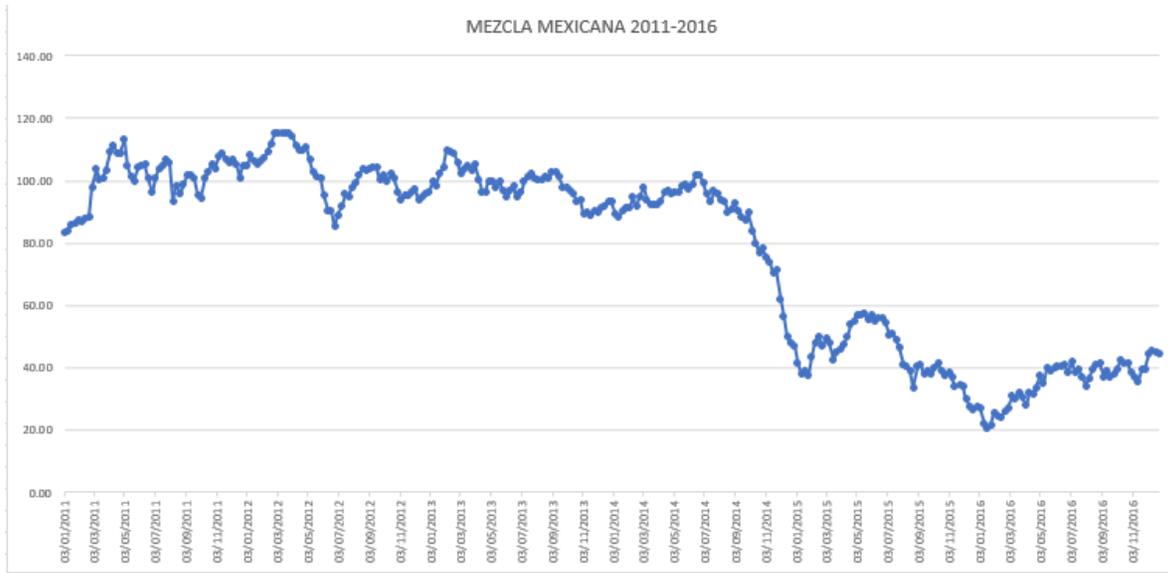
FIGURA 12 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Brent del año 2005-2010.

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 | | |

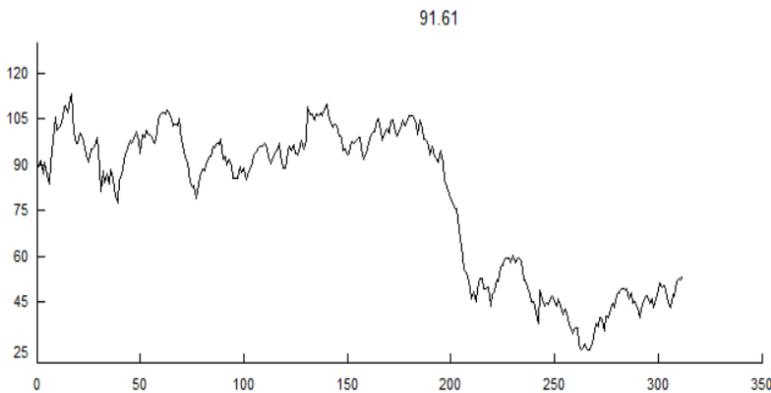
FIGURA 13 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo Mezcla Mexicana del año 2011-2016.

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 |

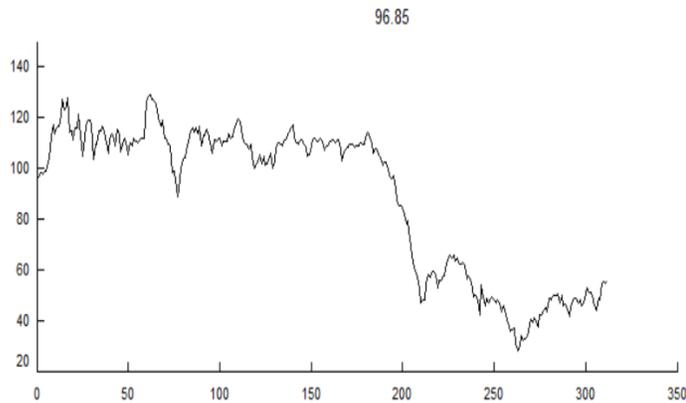
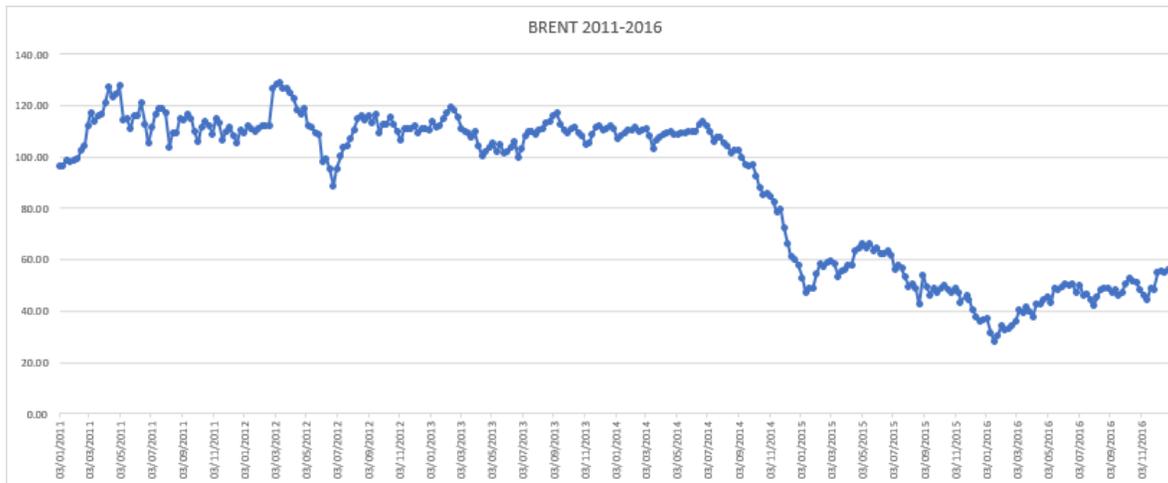
FIGURA 14 Resultados obtenidos del coeficiente de Hurst (H), Dimensión Fractal (DF) y Desviación Estándar (SD) del petróleo WTI del año 2011-2016.

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.

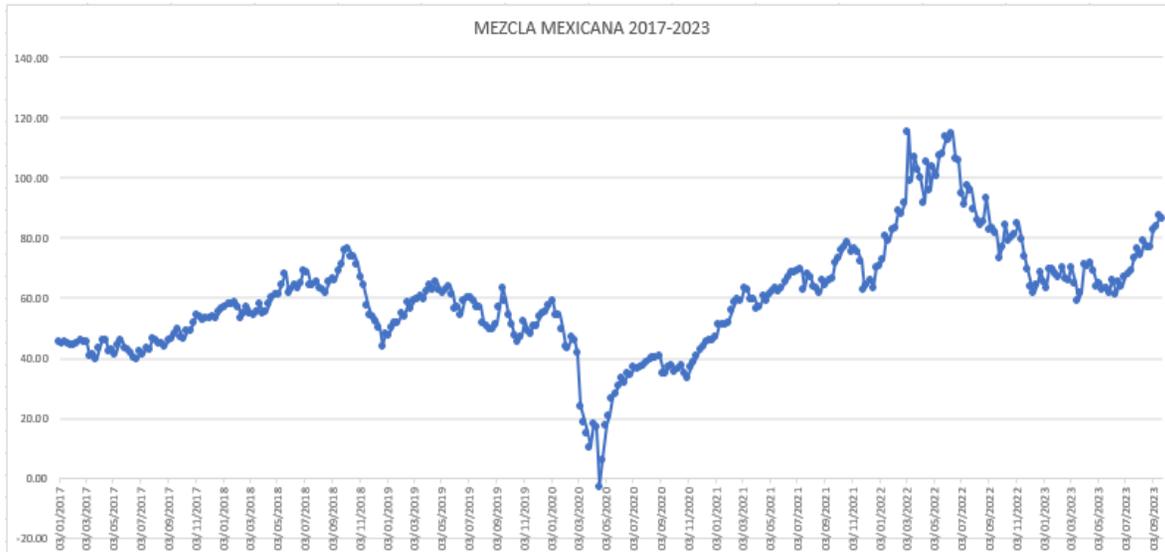
METODO: R/S ANALYSIS

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 |

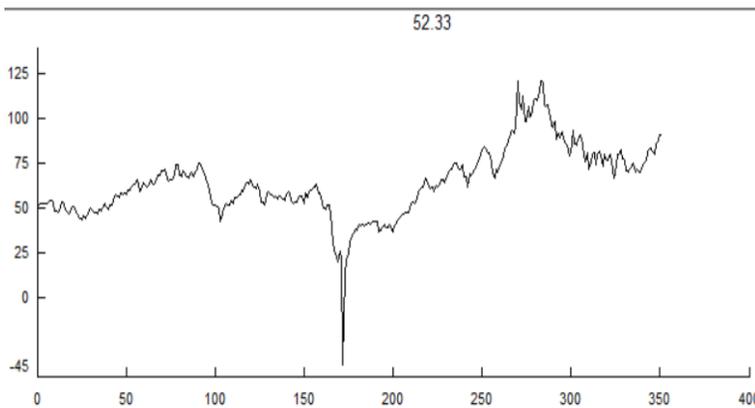
METODO: R/S ANALYSIS

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 |

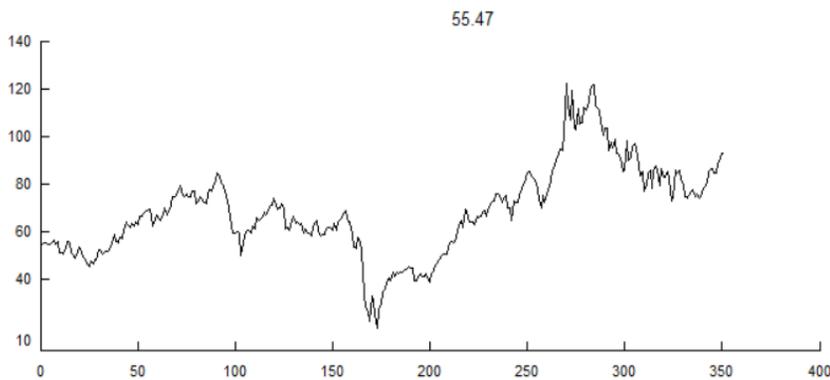
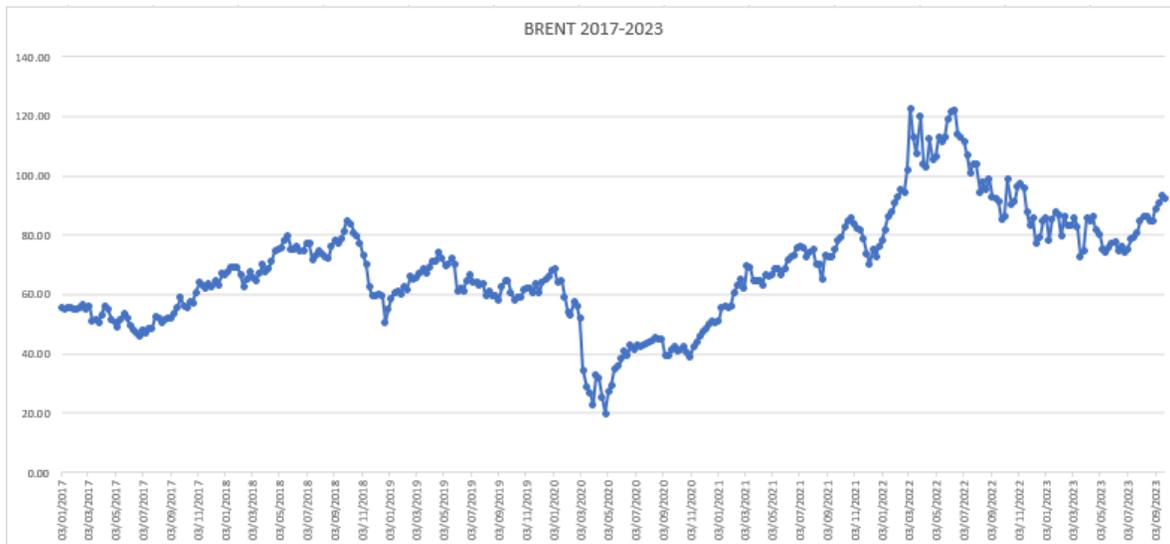
METODO: R/S ANALYSIS

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 |

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

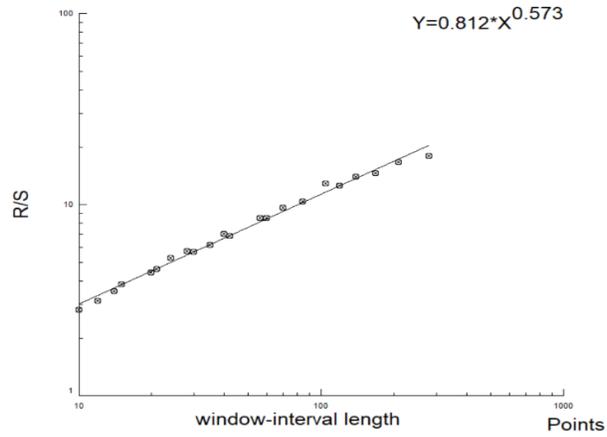


FIGURA 20 GRAFICA PERSISTENCIA
WTI

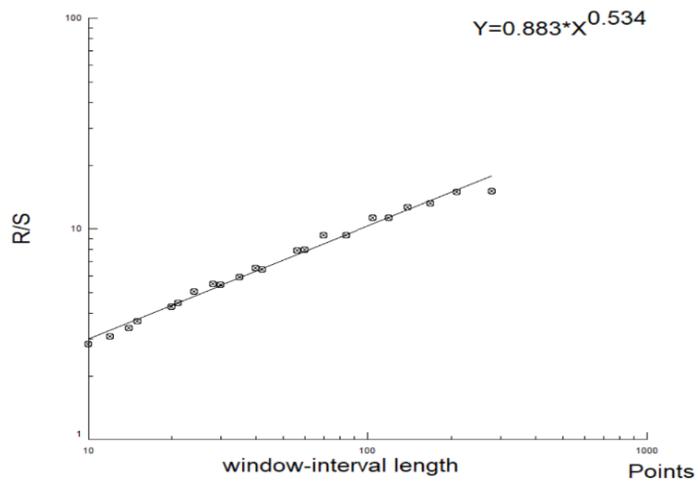
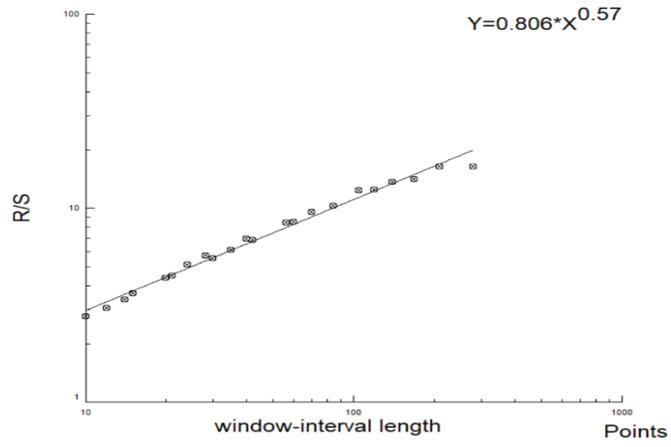


FIGURA 21 GRAFICA PERSISTENCIA
BRENT



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>.

AVANCES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ELECTROMOVILIDAD EN MÉXICO
PROGRESS IN THE IMPLEMENTATION OF ELECTROMOBILITY IN MEXICO

Noé Alejandro Pérez Méndez

Estudiante de Ingeniería en Transporte, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario de Nezahualcóyotl. correo electrónico:
nperezm007@alumno.uaemex.mx

Juan Antonio Jiménez García

Profesor de Tiempo completo, Centro Universitario de Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México. jjimenezg@uaemex.mx . ORCID 0000-0002-7303-1284 .

Noé Gaspar Sánchez

Profesor de Tiempo completo, Centro Universitario de Nezahualcóyotl, Universidad Autónoma del Estado de México, ngaspars@uaemex.mx . ORCID . 0000-0000-4597-8865

RESUMEN

En la presente investigación se estudian las implementaciones actuales hacia modos de transporte menos contaminantes, hacia una movilidad sustentable, la implementación de nuevas tecnologías como lo son los vehículos eléctricos mitiga la emisión de gases de efecto invernadero: Bióxido de carbono (CO₂), Óxido de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados, partículas sólidas suspendidas, azufre entre otros, al aprovechar de mejor de una manera más eficiente la energía. La implementación de tecnología vehicular menos contaminante impacta en la calidad del aire que respiran las personas que viven en las grandes urbes, lo que paralelamente reduce el gasto público derivado de enfermedades respiratorias. Se estudian las tendencias para implementar la electromovilidad en vehículos de uso particular, vehículos de transporte público y vehículos de carga o reparto del ámbito privado.

En la presente investigación se presentan tres grandes áreas de oportunidad para lograr la electromovilidad en las principales ciudades de la república mexicana. a) Estudio del marco jurídico, normativo y empresarial, b) estudios económicos enfocados hacia los nuevos modelos de electromovilidad, y c) la transición energética tecnológica y adopción de infraestructura asociada a la electromovilidad.

Palabras clave: Movilidad, Autos eléctricos, implementación de electromovilidad.

ABSTRACT

In this research, current implementations towards less polluting modes of transport, towards sustainable mobility, are studied. The implementation of new technologies such as electric vehicles mitigates the emission of greenhouse gases: Carbon dioxide (CO₂), Oxide nitrogen (NO_x), unburned hydrocarbons, suspended solid particles, sulfur among others, by making better use of energy in a more efficient way. The implementation of less polluting vehicle technology impacts the quality of the air that people who live in large cities breathe, which in parallel reduces public spending derived from respiratory diseases. Trends are studied to implement electromobility in private use vehicles, public transport vehicles and private cargo or delivery vehicles. In this research, three major areas of opportunity are presented to achieve electromobility in the main cities of the Mexican Republic. a) Study of the legal, regulatory and business framework, b) economic studies focused on new electromobility models, and c) the technological energy transition and adoption of infrastructure associated with electromobility.

Keys word: Mobility, Electric cars, implementation of electromobility.

Fecha de recibido: 29 de octubre de 2023

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2023

INTRODUCCIÓN

Se estima que para 2030, el 60% de la población mundial vivirá en ciudades, en comparación con el 50% actual (Bouton, 2013). Durante el mismo período, es probable que más de 2 mil millones de personas ingresen a la clase media, la mayoría de ellos viviendo en ciudades de zonas económicas emergentes. El número de megaciudades con más de 10 millones de personas seguirá creciendo. La Ciudad de México, en la República Mexicana, ya se encuentra en ese selecto grupo, pero habría que agregar a diez ciudades mexicanas con más de 1 millón de habitantes en sus zonas metropolitanas con un creciente número de municipios conurbados, de acuerdo con el censo de 2010 del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su publicación *Electric “Mobility: Developments in Latin America and the Caribbean and opportunities for regional collaboration”* (2018) señala que América Latina y el Caribe representan una de las regiones más urbanizadas del planeta, refiriendo ese hábitat. Alrededor del 80% de la población vive en ciudades y el número de ciudades se ha multiplicado por seis en los últimos 50 años. Así mismo, las tasas de motorización también han aumentado, las proyecciones indican que la flota vehicular en la región podría triplicarse en los próximos 25 años, alcanzando más de 200 millones de unidades para el año 2050. La congestión es cada vez mayor e insoportable en muchas ciudades, lo que puede llegar a costar del 2 al 4% del PIB nacional. Esto se debe a la pérdida de tiempo en el tráfico (horas hombre), el desperdicio de combustible y el costo logístico para realizar actividades económicas (Neckermann, 2017). El transporte crea emisiones de gases de efecto invernadero y el smog ya representa uno de los problemas más serios de salud pública. La Organización Mundial de la Salud estimó en 2014 que 7 millones de muertes prematuras son atribuibles a la contaminación del aire, y una parte significativa es el resultado del tránsito urbano. De acuerdo con el reporte citado, estas nuevas estimaciones no solo se basaron en un mayor conocimiento sobre las enfermedades causadas por la contaminación del aire, sino también en una mejor evaluación de la exposición humana a los contaminantes del aire mediante el uso de mediciones y tecnologías mejoradas.

La movilidad está experimentando cambios significativos y se ha convertido en una política adoptada por un número cada vez mayor de países. Se espera que, en el futuro, aproximadamente uno de cada diez automóviles vendidos en 2030 sea un vehículo compartido. Esto implica un aumento potencial en el mercado de soluciones de movilidad y debe considerarse como parte de la transición hacia vehículos eléctricos. Además, se afirma que las ciudades serán determinantes en el comportamiento de la movilidad y en la velocidad y alcance de la revolución automotriz (McKinsey & Company, 2016).

La movilidad eléctrica o electromovilidad se refiere al uso de tecnologías de propulsión eléctrica, junto con información en medios de transporte motorizados y

el uso de tecnologías de comunicación e infraestructuras conectadas para habilitar la propulsión eléctrica de vehículos y flotas. Estas tecnologías incluyen vehículos eléctricos completos, híbridos enchufables a la corriente eléctrica y vehículos de celdas de combustible de hidrógeno que convierten el hidrógeno en electricidad.

Según el informe de Eléctrica de las Naciones Unidas de 2019, en América Latina, el sector del transporte es responsable del 22% de las emisiones contaminantes y del 15% de los gases de efecto invernadero (ONU, 2021).

Además, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero indica que, hasta finales de 2013, las fuentes móviles de autotransporte y no carreteras fueron la principal causa de emisiones, con un total de 171,354.84 Gg (1 Gg = 10^9 gramos) de CO_{2e}, lo que representa el 32% de las emisiones totales a nivel nacional (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018).

Por lo tanto, la electrificación del sector automotriz tendría un amplio impacto en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Según estimaciones de la ONU, esto podría reducir sustancialmente las emisiones de CO₂, llegando a una disminución de 2.4 Giga toneladas de CO₂ y un ahorro de combustible cercano a los 85 mil millones de dólares estadounidenses en el período 2016-2050 (ONU, 2021).

Para lograr una movilidad sostenible e integral, es necesario promover vehículos electrificados en el transporte de pasajeros, vehículos de carga y logísticos, así como vehículos compactos para el servicio público y privado. Esto debe ir acompañado de la infraestructura de soporte necesaria. Para lograrlo, se requerirán acciones audaces y coordinadas por parte de los sectores público y privado para optimizar la transferencia tecnológica, ofrecer incentivos de fabricación y adoptar políticas públicas que faciliten el acceso de los usuarios a vehículos electrificados.

En el año 2021, se vendieron en México 35, 911 unidades de carros híbridos, híbridos enchufables con cerca de 2.500 y 768 unidades de ventas de vehículos totalmente eléctricos (Statista, 2023).

ANTECEDENTES

México ha enfrentado importantes desafíos en su sector de transporte, dada su población de más de 126 millones de personas y el rápido proceso de urbanización. El sistema de transporte del país se ha visto afectado por problemas como la congestión del tráfico, la contaminación del aire y la dependencia de los combustibles fósiles. En los últimos años, la electromovilidad ha surgido como una solución prometedora para abordar estos desafíos, lo que ha llevado a una adopción gradual de vehículos eléctricos (VE) y al desarrollo de infraestructura de apoyo en todo el territorio nacional.

El impulso hacia la electromovilidad en México se aceleró a principios de la década de 2010, cuando el gobierno y diversas partes interesadas reconocieron la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de los combustibles fósiles importados. El sector del transporte, al ser uno de los principales contribuyentes a la contaminación del aire y las emisiones de carbono, se convirtió en un punto focal para las iniciativas destinadas a promover alternativas de movilidad sostenible. Como resultado, el gobierno mexicano implementó una serie de políticas e incentivos para fomentar la adopción de vehículos eléctricos.

Uno de los hitos clave en el desarrollo de la electromovilidad en México fue la introducción de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica en 2018 (SEMARNAT, 2018) Esta estrategia delineó la visión del gobierno para promover el uso de vehículos eléctricos y estableció metas para el despliegue de infraestructura de carga, investigación y desarrollo, así como campañas de concientización pública. Además, se fijaron objetivos para la cantidad de vehículos eléctricos en las carreteras mexicanas, con la meta de alcanzar 1 millón de vehículos eléctricos en circulación para el año 2020.

Con el objetivo de fomentar la adquisición de vehículos eléctricos, el gobierno ha implementado diversas medidas que incluyen exenciones fiscales, reducciones arancelarias y subsidios para la compra de este tipo de vehículos. Estos incentivos, combinados con la reducción de los costos de la tecnología de vehículos eléctricos (VE), han contribuido gradualmente a un aumento en la cantidad de vehículos eléctricos circulando por las carreteras de México. Además, varios gobiernos estatales y municipales han introducido incentivos adicionales, como estacionamiento gratuito y exenciones de peaje para los propietarios de vehículos eléctricos.

Simultáneamente, se han llevado a cabo esfuerzos para desarrollar una sólida infraestructura de carga en todo el país, con el propósito de respaldar la promoción de los vehículos eléctricos. Se han instalado estaciones de carga en áreas urbanas clave, carreteras, centros comerciales y estacionamientos públicos. Tanto empresas privadas como entidades gubernamentales han invertido en la expansión de esta infraestructura, permitiendo viajes eléctricos más largos y abordando las

preocupaciones sobre la autonomía de los posibles propietarios de vehículos eléctricos.

Además, México ha presenciado el surgimiento de fabricantes locales y plantas de ensamblaje dedicadas a los vehículos eléctricos y sus componentes. Este desarrollo no solo ha impulsado la economía nacional, sino que también ha facilitado la accesibilidad y la asequibilidad de los vehículos eléctricos. Los principales fabricantes de automóviles han comenzado a producir vehículos eléctricos en México, tanto para el mercado nacional como para su exportación a otros países, contribuyendo así al crecimiento del sector de la electromovilidad.

A pesar de los avances mencionados, aún persisten desafíos en la adopción generalizada de la electromovilidad en México. El costo inicial elevado de los vehículos eléctricos, la falta de infraestructura de carga en áreas rurales y la necesidad de una mayor colaboración público-privada son algunos de los obstáculos a superar. No obstante, el compromiso del gobierno mexicano, junto con la creciente conciencia y aceptación de los consumidores hacia los vehículos eléctricos, indica una dirección positiva para la electromovilidad en el país.

Estos desafíos abarcan diversos aspectos, como la infraestructura, la accesibilidad, la tecnología y las consideraciones políticas. Comprender y abordar estos desafíos resulta crucial para facilitar la adopción generalizada de los vehículos eléctricos (VE) y aprovechar los beneficios potenciales de la electromovilidad. A continuación, se presentan los desafíos clave que México enfrenta en la implementación de la electromovilidad:

El desarrollo de la infraestructura de carga es uno de los principales retos a afrontar. México necesita expandir la red de estaciones de carga en áreas urbanas, carreteras, espacios públicos y zonas rurales para aliviar la preocupación por la autonomía y permitir viajes de larga distancia. Los altos costos iniciales y las complejidades asociadas a la instalación de la infraestructura de carga representan barreras para su rápida expansión.

La asequibilidad de los vehículos eléctricos sigue siendo un desafío importante en México. Los costos iniciales más altos de los vehículos eléctricos en comparación con los vehículos convencionales, particularmente para las personas de bajos ingresos, dificultan su adopción generalizada. Abordar este desafío requiere implementar incentivos financieros, subsidios y promover la fabricación nacional de vehículos eléctricos para reducir costos y mejorar la accesibilidad.

La disponibilidad de una amplia gama de modelos de vehículos eléctricos (VE) en el mercado mexicano es relativamente limitada en comparación con otros países. Esta restricción limita la elección del consumidor y puede disuadir a los compradores potenciales que buscan tipos o características de vehículos específicos. Es necesario expandir la disponibilidad de modelos VE y alentar a los fabricantes de automóviles globales a introducir sus ofertas eléctricas en el mercado mexicano para satisfacer las diferentes preferencias de los consumidores.

Si bien la tecnología de batería desempeña un papel fundamental en el rendimiento y la autonomía de los vehículos eléctricos, abordar los desafíos relacionados con la tecnología de baterías, como mejorar la capacidad de almacenamiento de energía, reducir los tiempos de carga y mejorar la durabilidad general de la batería, es esencial para mejorar la competitividad de los vehículos eléctricos en México. Los esfuerzos de investigación y desarrollo deben centrarse en los avances en la tecnología de baterías para abordar las limitaciones de alcance y mejorar la experiencia de conducción en general.

En cuanto a la Integración de red y suministro de energía en donde la adopción generalizada de vehículos eléctricos plantea desafíos para la integración de la red y la gestión del suministro de energía. La mayor demanda de electricidad de las estaciones de carga puede sobrecargar la red eléctrica existente, lo que requiere actualizaciones y mejoras. Además, garantizar un suministro de energía confiable y sostenible a partir de fuentes de energía renovable es crucial para mitigar los impactos ambientales de la carga de vehículos eléctricos.

En cuanto a la concienciación y educación del consumidor, a pesar del creciente conocimiento sobre los vehículos eléctricos, todavía es necesario llevar a cabo amplias campañas de concienciación y educación para los consumidores. Muchos posibles compradores de vehículos eléctricos pueden tener un conocimiento limitado sobre los beneficios, características y aspectos operativos de estos vehículos, lo que genera conceptos erróneos y dudas a la hora de adoptar esta tecnología. Se requieren estrategias de comunicación efectivas y programas de divulgación pública para mejorar la comprensión del consumidor y fomentar la aceptación de los vehículos eléctricos.

México necesita establecer un marco integral de políticas que aborde aspectos como incentivos, impuestos, requisitos de infraestructura de carga y estándares para los vehículos eléctricos. Es crucial garantizar la coherencia y estabilidad de las políticas a largo plazo, ya que esto resulta vital para atraer inversiones, fomentar el crecimiento del mercado y proporcionar un entorno favorable tanto para los fabricantes de vehículos eléctricos como para los proveedores de infraestructura.

Además, uno de los desafíos más importantes es la transición desde la dependencia de los combustibles fósiles. El sector del transporte en México depende en gran medida de los combustibles fósiles, lo cual representa un obstáculo para la transición hacia la electromovilidad. Para reducir esta dependencia, se requiere una estrategia integral que incluya la promoción de vehículos eléctricos, la inversión en infraestructuras de combustibles alternativos (como el hidrógeno o los biocombustibles) y el fomento del uso de fuentes de energía renovable para la generación de electricidad.

OBJETIVOS

1. Evaluar el impacto ambiental de la electromovilidad en México, incluida la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y el potencial para mejorar la calidad del aire. Esto implica realizar un análisis exhaustivo de las emisiones asociadas a los vehículos convencionales y compararlas con los VE. Al cuantificar los beneficios ambientales de la electromovilidad, los legisladores y las partes interesadas pueden comprender mejor su potencial para contribuir a las metas de sustentabilidad.
2. Evaluar el estado actual de adopción de la electromovilidad en México mediante el análisis de la infraestructura, las políticas y los incentivos existentes que promueven el uso de vehículos eléctricos (VE) en el país. Este objetivo tiene como fin proporcionar una visión completa del progreso realizado en la transición hacia la electromovilidad e identificar cualquier barrera o desafío que impida su implementación generalizada.
3. Investigar las implicaciones económicas de la adopción de la electromovilidad dentro del país, examinando factores como la creación de empleo, las oportunidades de inversión y el potencial para la fabricación y la innovación locales. Este objetivo busca comprender los beneficios económicos que pueden surgir de un cambio hacia vehículos eléctricos y tecnologías relacionadas, apoyando la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica para el desarrollo económico sostenible.
4. Examinar los avances tecnológicos y las innovaciones en el campo de la electromovilidad, tanto a nivel mundial como dentro de México, y su aplicabilidad al contexto local, tanto en el transporte público como privado. Este objetivo implica explorar los últimos desarrollos en tecnología VE, incluidas tecnologías de batería, infraestructura de carga e integración de red inteligente. Mediante la identificación de tendencias tecnológicas y áreas potenciales de mejora, este objetivo pretende además contribuir al avance de la electromovilidad en el país.
5. Analizar la aceptación social y los aspectos conductuales relacionados con la adopción de la electromovilidad en México, incluidas las actitudes, percepciones y preferencias de los consumidores hacia los vehículos eléctricos. Este objetivo implica realizar encuestas, entrevistas y grupos focales para obtener información sobre las percepciones del público sobre los vehículos eléctricos y su disposición a adoptarlos. Comprender los factores sociales y las barreras para la aceptación puede informar campañas educativas específicas e intervenciones políticas para acelerar la adopción de la electromovilidad.

6. Estudio del marco jurídico, normativo y empresarial. En esta línea se establecerá la transición hacia la electromovilidad en nuestro país, considerando aspectos como el desarrollo de infraestructura, marcos regulatorios, incentivos financieros y alianzas público-privadas. Este objetivo tiene como objetivo proporcionar orientación práctica a los legisladores, partes interesadas de la industria y otros actores relevantes en la implementación de estrategias efectivas para promover la electromovilidad y superar posibles obstáculos.

MARCO JURÍDICO, NORMATIVO Y EMPRESARIAL

Los instrumentos regulatorios desempeñan un papel fundamental al establecer y supervisar normas que orientan el comportamiento y las prácticas en áreas específicas. En el ámbito de la movilidad eléctrica, las regulaciones adquieren una importancia especial al controlar el uso de recursos específicos y fomentar la adopción de tecnologías más limpias y sostenibles.

Estas medidas regulatorias se convierten en herramientas clave para alcanzar los objetivos de política pública en un plazo relativamente corto en comparación con enfoques basados en incentivos voluntarios. Al establecer requisitos y estándares claros, se crea un marco normativo que brinda certeza a los actores involucrados y promueve el avance hacia la movilidad eléctrica.

Además de su función normativa, los instrumentos regulatorios también desempeñan un papel importante en la promoción de la equidad y la protección de los derechos de los consumidores. Al establecer reglas claras y transparentes, se garantiza que todos los participantes del mercado tengan igualdad de oportunidades y que los usuarios finales puedan confiar en la calidad y seguridad de los productos y servicios relacionados con la movilidad eléctrica.

El marco normativo nacional en relación con la movilidad eléctrica incluye una serie de instrumentos diseñados para fomentar la protección del medio ambiente a nivel nacional, al mismo tiempo que garantiza la seguridad de conductores y peatones en el contexto de la movilidad urbana. Estas disposiciones reflejan el compromiso del gobierno y las autoridades competentes de abordar los desafíos asociados al transporte y promover una transición hacia formas más sostenibles y eficientes de movilidad.

Entre las diversas disposiciones que conforman este marco normativo se destacan las siguientes:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Ley General de Cambio Climático (LGCC).
- Ley de Transición Energética.
- Ley de Caminos Puentes y Autotransporte Federal.

- Iniciativa de Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.

Dentro del marco normativo mexicano, se han establecido diversas Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que abordan temas específicos relacionados con la electromovilidad y la seguridad vehicular. Estas normas desempeñan un papel crucial en la regulación y estandarización de aspectos técnicos, ambientales y de seguridad que involucran a los vehículos eléctricos y su infraestructura asociada.

Entre las NOM relevantes que se han identificado en este ámbito, se pueden mencionar las siguientes:

NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013: Esta normativa proporciona los criterios y la metodología para calcular los promedios corporativos objetivo y observado de las emisiones de dióxido de carbono y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, en relación con los vehículos ligeros nuevos con un peso bruto vehicular de hasta 3,857 kilogramos, que utilizan gasolina o diésel como combustible y cuyo año modelo abarca desde 2014 hasta 2016 y se comercializan en México. Estas medidas son establecidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para mitigar el impacto ambiental de los vehículos en el país.

NOM-167-SEMARNAT-2017: Esta normativa establece los límites máximos permitidos de emisión de contaminantes para los vehículos automotores que circulan en las entidades federativas de Ciudad de México, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala. Además, define los métodos de prueba para evaluar dichos límites y las especificaciones de tecnologías de información y hologramas utilizados en los programas de verificación vehicular. El objetivo principal es regular las emisiones contaminantes de los vehículos en estas regiones, con el fin de proteger la calidad del aire y la salud de los habitantes.

Además de estas se consideran las siguientes metas dentro de las regulaciones hacia la electromovilidad:

- Establecer una normativa que asegure que los puntos de recarga cumplan con un conjunto mínimo de especificaciones técnicas para garantizar la eficiencia y compatibilidad con el transporte público, vehículos privados y bicicletas eléctricas.
- Implementar criterios de seguridad específicos para el transporte público eléctrico, asegurando que se cumplan los estándares de protección necesarios para salvaguardar la integridad de los pasajeros y prevenir posibles riesgos.

Para lograr una implementación efectiva de las medidas regulatorias en el ámbito de la movilidad eléctrica, es crucial que las autoridades locales y regionales cuenten con las competencias adecuadas. Esto les permitirá diseñar regulaciones sólidas y adaptadas a las características y necesidades de cada contexto específico. Al establecer un marco regulatorio coherente y eficiente, se impulsa el crecimiento y la

adopción de la movilidad eléctrica, fomentando un transporte más sostenible y contribuyendo a la protección del medio ambiente.

INCENTIVOS DE LA ELECTROMOVILIDAD EN MEXICO

En relación con las políticas gubernamentales, se han implementado diversas regulaciones y marcos legales para promover la adopción de la electromovilidad. Se han establecido estándares de eficiencia energética y emisiones, así como incentivos fiscales y arancelarios para la importación y venta de vehículos eléctricos.

Es fundamental evaluar la efectividad de estas políticas en la adopción de VE, así como su alineación con los objetivos nacionales de sostenibilidad y la planificación de la transición energética. Además, se deben considerar estrategias de promoción de la electromovilidad, como campañas de concienciación pública y programas de apoyo a la instalación de infraestructura de carga.

Los incentivos desempeñan un papel crucial en el fomento de la adopción de vehículos eléctricos. México ha implementado varios incentivos para promover la compra y el uso de VE, como descuentos en impuestos, subsidios y exenciones de restricciones de circulación. Es importante evaluar el impacto de estos incentivos en la adopción de VE y su efectividad para atraer a un mayor número de usuarios. Además, se deben considerar estrategias de sostenibilidad a largo plazo para garantizar la continuidad de los incentivos y evitar la dependencia de subsidios.

Para incentivar el crecimiento en la adopción de vehículos eléctricos e híbridos conectables, es fundamental que se siga fomentando por parte de la autoridad la interoperabilidad de estaciones de carga públicas (AMIA,2022):

Evaluar el crecimiento del mercado y la capacidad de la red eléctrica existente es fundamental para anticipar la demanda de carga de vehículos eléctricos y garantizar que la red eléctrica tenga la capacidad suficiente para satisfacer las necesidades de carga en diferentes áreas geográficas.

- Integrar la carga de vehículos eléctricos como un componente esencial en los planes de desarrollo de infraestructura urbana y los planes de movilidad urbana. Es importante considerar estratégicamente la ubicación de los puntos de carga, teniendo en cuenta las rutas de transporte y los puntos de interés en la ciudad.
- Coordinar la implementación y operación de las empresas de distribución de energía para garantizar una infraestructura de carga adecuada en áreas urbanas con alta demanda. Esto implica trabajar en colaboración con las compañías eléctricas para fortalecer las líneas de suministro y garantizar una carga eficiente y confiable.
- Facilitar la instalación de cargadores tanto para uso privado como industrial. Se deben establecer políticas y regulaciones que simplifiquen los

procedimientos para la instalación de puntos de carga, fomentando así la adopción de vehículos eléctricos por parte de los usuarios.

- Mantener los programas actuales de apoyo para la instalación de cargadores privados, así como los niveles de subsidio ofrecidos por las compañías eléctricas. Estos incentivos son fundamentales para promover la adopción masiva de vehículos eléctricos y garantizar la disponibilidad de puntos de carga en hogares y lugares de trabajo.
- Identificar las barreras que limitan la expansión de la industria de movilidad eléctrica a nivel nacional. Es necesario generar incentivos para el suministro y la facturación de energía, mejorar las condiciones regulatorias y de competencia, y crear un entorno favorable para el crecimiento de la infraestructura de carga.

Así mismo y hablando sobre los vehículos aquellas líneas de acción sobre los incentivos aplicables serían los que a continuación se presentan.

Implementar un programa de incentivos fiscales para la compra de bicicletas eléctricas, que puede incluir la reducción de impuestos o la aplicación de descuentos especiales para hacer más atractiva la adquisición de estos vehículos de transporte limpio.

- Establecer un programa de retiro de autobuses antiguos, considerando la sustitución de autobuses con más de 10 años de antigüedad por autobuses eléctricos. Este programa puede incluir incentivos financieros para facilitar la transición y promover la renovación de la flota de transporte público hacia opciones más sostenibles.
- Realizar un estudio exhaustivo de los instrumentos económicos disponibles para financiar la adquisición de autobuses eléctricos en el marco del programa de retiro. Esto permitirá identificar las opciones más viables y eficientes en términos económicos para los operadores de transporte público.
- Diseñar un sistema de tarifas diferenciadas para los sistemas de transporte eléctrico, ofreciendo tarifas más favorables para los vehículos eléctricos. Esto incentivará su adopción por parte de los transportistas y contribuirá a la reducción de emisiones contaminantes.
- Desarrollar incentivos basados en las características ambientales de los vehículos privados, como descuentos en peajes, estacionamiento gratuito o tarifas reducidas en zonas de congestión. De esta manera, se estimulará la adquisición de vehículos híbridos y eléctricos por parte de los conductores particulares.
- Diseñar un programa de incentivos específico para fomentar la sustitución de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos en flotas empresariales. Esto puede incluir beneficios fiscales, descuentos en la compra de vehículos

eléctricos o apoyo en la instalación de infraestructura de carga en los centros de operación de estas flotas.

Por otra parte, en la actualidad los incentivos fiscales vigentes en el país para el uso de vehículos híbridos y eléctricos son los siguientes (AMIA, 2022):

- Descuento en peajes y segundos pisos: Se implementó un descuento significativo del 20% en las casetas de cobro y segundos pisos de la Ciudad de México y el Estado de México para vehículos eléctricos e híbridos. Esta medida fomenta su uso y promueve una movilidad más sustentable.
- Tarifa preferencial de electricidad para estaciones de recarga domiciliaria: Se estableció una tarifa eléctrica preferencial para las personas que instalen estaciones de recarga en sus hogares, lo cual reduce los costos de carga de los vehículos eléctricos y facilita su adopción.
- Instalación gratuita de medidores para estaciones de recarga domiciliaria: El gobierno ofrece la instalación gratuita de los medidores necesarios para las estaciones de recarga en los hogares, eliminando una barrera financiera para los propietarios de vehículos eléctricos.
- Exención del ISAN: Los vehículos eléctricos e híbridos están exentos del pago del Impuesto Sobre Autos Nuevos (ISAN), lo cual reduce el costo inicial de adquisición y los hace más accesibles para los consumidores.
- Exención del impuesto a la tenencia: En los estados donde se aplica el impuesto a la tenencia, se exime a los vehículos eléctricos e híbridos, promoviendo su compra y contribuyendo a la transición hacia una movilidad más limpia.
- Deducibilidad para personas morales: Se establece un límite de deducibilidad más alto, por ejemplo, hasta \$250,000, para las empresas que adquieran vehículos eléctricos e híbridos, estimulando su inclusión en flotas corporativas y promoviendo la transición hacia una movilidad más sostenible.
- Otros incentivos: Además de los mencionados anteriormente, se implementan otros incentivos, como descuentos en estacionamientos públicos, beneficios en el acceso a zonas de congestión o privilegios en el uso de carriles exclusivos para vehículos eléctricos e híbridos.
- Exención de Verificación Vehicular en Zona CAME: Los vehículos eléctricos, eléctricos conectables y vehículos híbridos fuertes están exentos del proceso de verificación vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), conocida como Zona CAME. Esto facilita su circulación y promueve su uso en áreas urbanas con alta concentración de contaminantes.

- Renovación de la flota de taxis: Se establece un bono de chatarrización por cada unidad de taxi que se entregue para su sustitución, otorgando un monto adicional de \$100,000 para aquellos taxis que sean reemplazados por vehículos híbridos o eléctricos. Esto incentiva la renovación de la flota de taxis hacia opciones más limpias y eficientes.

Tanto las líneas de acción propuestas para todo el país como los incentivos vigentes tienen como objetivo generar una motivación tanto en el sector público como en el privado. Esta motivación busca fomentar compromisos por parte de la industria automotriz y el gobierno, con el fin de impulsar la innovación y cambiar la percepción sobre el uso de los vehículos eléctricos (VE) en todo el territorio nacional.

La adopción masiva de los vehículos eléctricos representa un cambio fundamental en el paradigma de la movilidad, y para lograrlo se requiere la colaboración y el compromiso de diversos actores. El gobierno, en conjunto con la industria automotriz, ha diseñado estrategias y políticas que buscan promover la adopción de los VE y fomentar el desarrollo de una infraestructura de carga adecuada en todo el país.

Estas acciones van más allá de simplemente brindar incentivos económicos, también buscan crear conciencia sobre los beneficios ambientales y económicos de los vehículos eléctricos. Se pretende generar un cambio de opinión en la sociedad, destacando las ventajas en términos de reducción de emisiones contaminantes, disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y mejora de la calidad del aire en nuestras ciudades.

Además, se promueve la colaboración entre el gobierno y la industria automotriz para impulsar la investigación y el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles en el sector de la movilidad eléctrica. Esto incluye el fomento de la inversión en infraestructuras de carga rápida, el impulso a la fabricación y ensamblaje local de vehículos eléctricos, y el apoyo a la investigación de nuevas soluciones de almacenamiento de energía y sistemas de gestión de carga.

ESTUDIOS ECONÓMICOS ENFOCADOS HACIA LOS NUEVOS MODELOS DE ELECTROMOVILIDAD

Los estudios económicos enfocados hacia los nuevos modelos de electromovilidad son análisis y evaluaciones que se centran en el aspecto económico y financiero de la implementación y adopción de vehículos eléctricos y otros medios de transporte sostenibles. Estos estudios se enfocan en examinar los costos, beneficios y oportunidades económicas asociadas con la transición hacia la electromovilidad.

Algunos aspectos que pueden abordar estos estudios incluyen (PWC, 2019):

- Análisis de costos: Estos estudios evalúan los costos asociados con la fabricación, adquisición y operación de vehículos eléctricos en comparación

con los vehículos de combustión interna. También consideran los costos relacionados con la infraestructura de carga y la integración de sistemas de energía renovable.

- **Evaluación de beneficios:** Se examinan los beneficios económicos derivados de la electromovilidad, como la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles, la disminución de la contaminación del aire y los impactos positivos en la salud pública. También se consideran los ahorros en costos de combustible y mantenimiento a largo plazo.
- **Impacto en el empleo y la industria:** Estos estudios analizan cómo la transición hacia la electromovilidad afecta el empleo y la industria, tanto en términos de creación de nuevos empleos en la fabricación y mantenimiento de vehículos eléctricos, como en la reestructuración de la cadena de suministro y la adaptación de la fuerza laboral.
- **Evaluación de políticas y programas de incentivos:** Se examina el impacto económico de las políticas y programas de incentivos destinados a fomentar la adopción de vehículos eléctricos, como subsidios, exenciones fiscales y programas de chatarrización. Se evalúa la efectividad de estas medidas en términos de su impacto económico y su contribución a la transición hacia la electromovilidad.
- **Análisis de viabilidad financiera:** Estos estudios evalúan la viabilidad financiera de la implementación de infraestructura de carga, incluyendo el retorno de la inversión, los modelos de negocio y la rentabilidad a largo plazo.

En resumen, los estudios económicos enfocados hacia los nuevos modelos de electromovilidad son análisis detallados que examinan los aspectos económicos y financieros relacionados con la adopción de vehículos eléctricos y otros medios de transporte sostenibles, ayudando a comprender mejor los desafíos y oportunidades asociados con la transición hacia una movilidad más limpia y eficiente desde una perspectiva económica.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA TECNOLÓGICA Y ADOPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA ASOCIADA A LA ELECTROMOVILIDAD.

La transición hacia la electromovilidad en México se está respaldando por una generación de electricidad cada vez más sostenible. Gracias a un mayor uso de fuentes renovables, se está reduciendo la huella ambiental asociada con la carga de vehículos eléctricos. Según datos de la Secretaría de Energía de México, en 2020, aproximadamente el 26% de la electricidad generada en el país provenía de fuentes renovables, lo que demuestra un avance significativo en la dirección de una matriz energética más limpia y sustentable (SENER, 2020).

Además, México se está consolidando como un importante centro de producción automotriz a nivel mundial, atrayendo inversiones de fabricantes de automóviles interesados en producir vehículos eléctricos en el país. Diversas compañías automotrices han anunciado sus planes para fabricar y ensamblar vehículos eléctricos en México, lo que impulsa aún más la adopción de la electromovilidad y promueve el desarrollo de una industria automotriz más sostenible y avanzada tecnológicamente.

Para llevar a cabo esta transición de manera efectiva, se están implementando ejes estratégicos que abordan todos los aspectos relevantes para alcanzar los objetivos establecidos en términos de oferta tecnológica y suministro de energía eléctrica. Cada uno de estos ejes se divide en componentes temáticos y se establecen metas cuantitativas, que a su vez derivan en líneas de acción específicas para lograr la implementación exitosa de la estrategia de electromovilidad en México. Estas líneas de acción son de vital importancia y deben ser consideradas para garantizar el éxito y la eficiencia en la transición hacia un sistema de transporte más limpio y sostenible.

VEHICULOS

La oferta de vehículos eléctricos sigue creciendo de manera constante, ofreciendo una amplia gama de opciones con características mejoradas. Estos vehículos cuentan con rangos de recorrido más extensos, tiempos de carga más cortos y una mayor durabilidad. Además, se observa una tendencia a la disminución de precios, incluyendo el costo de las baterías, que son un componente fundamental en la movilidad eléctrica.

Estas mejoras en la tecnología de los vehículos eléctricos hacen que la adquisición de flotas sea una inversión sumamente rentable. Al utilizar vehículos eléctricos, se logran ahorros significativos en combustible, lo que tiene un impacto positivo tanto en el aspecto económico como en el medioambiental. Además, al prescindir de motores de combustión interna, se reduce la necesidad de repuestos y mantenimiento asociados a esos motores, lo que resulta en un menor costo de operación a largo plazo.

Un factor adicional que favorece la viabilidad económica de los vehículos eléctricos es la disminución progresiva de los costos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Con la creciente adopción de energías limpias, como la solar y la eólica, se reduce la dependencia de los combustibles fósiles y se promueve una transición hacia un sistema energético más sostenible.

Se tiene como una meta para la ciudad en cuanto a los vehículos eléctricos lo siguiente (Carrillo *et al*, 2020):

- En el año 2030, se espera que al menos el 20% de la flota de transporte público colectivo en la Ciudad utilice energía eléctrica como fuente de propulsión.
- Para el 2030, se proyecta que al menos el 15% de las ventas de automóviles nuevos en la CDMX corresponderán a vehículos híbridos y/o eléctricos.
- En el 2030, se prevé que aproximadamente el 80% de la flota de taxis y vehículos de transporte especializado de la Ciudad de México serán híbridos y/o eléctricos.
- Para el año 2030, se estima que el 30% de la nueva flota de vehículos utilitarios en la CDMX estará compuesta por vehículos híbridos y/o eléctricos.
- En el 2030, se espera que al menos el 30% de los sistemas de bicicletas compartidas, tanto públicas como privadas, cuente con bicicletas eléctricas.

Con lo que las líneas de actuación para lograr este hecho son ambiciosas, mismas que se enumeran a continuación (Carrillo *et al*, 2020):

- Implementar una estrategia para las empresas de redes de transporte que brindan servicios de transporte privado a través de aplicaciones móviles, con el objetivo de fomentar la transición de su flota hacia vehículos eléctricos.
- Establecer la creación de 18 corredores exclusivos para el transporte público colectivo eléctrico para el año 2030.
- Promover la meta de que el 30% de la flota de Metrobús esté compuesta por autobuses eléctricos para el año 2030, lo cual representa 300 vehículos.
- Duplicar la presencia de trolebuses de nueva generación en comparación con la flota del año 2016 bajo el Sistema de Transportes Eléctricos, alcanzando los 565 trolebuses.
- Alcanzar que el 15% de los autobuses del sistema de transporte SM1 sean eléctricos para el año 2030, lo cual representa 225 autobuses eléctricos.
- Reemplazar el 18% de los autobuses de pasajeros que utilizan tecnologías diésel menores a Euro VI y están en proceso de ser retirados de circulación por autobuses híbridos o eléctricos en el sistema de transporte público concesionado, sumando un total de 2,300 autobuses eléctricos.
- Realizar un estudio de viabilidad para evaluar la implementación de una tarifa gratuita para vehículos eléctricos en las autopistas urbanas de peaje en la Ciudad de México.
- Establecer un plan para la creación de estacionamientos con infraestructura de carga destinados a vehículos eléctricos.
- Lanzar una campaña de comunicación que informe sobre los numerosos beneficios de la transición hacia vehículos eléctricos.
- Mantener los incentivos existentes para la adquisición de taxis híbridos y aumentar el monto de los incentivos para vehículos 100% eléctricos.
- Tener como objetivo que el 50% de la flota de las empresas de redes de transporte (ERT) sea híbrida o eléctrica para el año 2030.

- • Buscar que el 80% de los taxis bajo el régimen de concesión sean híbridos o eléctricos.
- • Reemplazar gradualmente los vehículos de la Secretaría de Seguridad Pública (SSP) por patrullas híbridas y/o eléctricas, y fomentar la adquisición de vehículos eléctricos/híbridos para la flota nueva.
- • Adquirir motocicletas híbridas/eléctricas para la Secretaría de Seguridad Pública (SSP).
- • Sustituir los vehículos utilitarios de combustión interna en la Ciudad de México, como camiones de recolección de basura, ambulancias, unidades de protección civil y vehículos de jardinería, por vehículos eléctricos.

El objetivo principal de estas medidas es promover de manera progresiva la renovación del parque vehicular en la Ciudad de México, impulsando así la transición hacia la electromovilidad. Esta estrategia busca no solo mejorar la calidad del aire y reducir las emisiones de gases contaminantes, sino también establecer un precedente para otras zonas metropolitanas importantes del país.

Al implementar estas políticas pioneras en la Ciudad de México, se busca inspirar a otras grandes áreas urbanas a seguir el ejemplo y adoptar medidas similares en apoyo a la electromovilidad. La visión a largo plazo es que esta transformación se extienda gradualmente a todo el territorio nacional, generando un cambio significativo en la movilidad y el transporte en el país.

La transición a la electromovilidad representa no solo una oportunidad para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental, sino también para impulsar la innovación tecnológica y la generación de empleos en las industrias automotriz y energética. Además, se espera que esta transición impulse el desarrollo de una infraestructura de carga sólida y eficiente, así como el aprovechamiento de fuentes de energía renovable en el sector del transporte.

ENERGIA

La electrificación del sector transporte traerá consigo una mayor demanda de energía, lo que impactará la infraestructura existente y modificará los patrones de consumo eléctrico durante los horarios de alta y baja demanda. Esta situación requiere una planificación adecuada en el sector eléctrico para garantizar una mayor generación de energía, considerando la incorporación de fuentes renovables. Un ejemplo destacado es la Ciudad de México (CDMX), que ha implementado medidas para promover la adopción de energías limpias.

Además, se requerirá el establecimiento de puntos de recarga tanto privados como públicos para abastecer la creciente flota de vehículos eléctricos. Por lo tanto, es fundamental anticiparse a estos cambios y tomar las medidas necesarias para asegurar una infraestructura de recarga adecuada y suficiente.

Estos desafíos representan una oportunidad para impulsar la generación y adquisición de energía renovable, aprovechando el potencial de recursos limpios en el país. Asimismo, la implementación de políticas y regulaciones que promuevan la transición hacia la electromovilidad y fomenten la inversión en infraestructura de carga serán clave para asegurar un desarrollo exitoso y sostenible de la electromovilidad en México.

Considerando que una estación de carga es un sistema compuesto por uno o varios puntos de conexión donde los vehículos eléctricos pueden cargar su batería con una potencia inferior o igual a 22 kW, excluyendo dispositivos con una potencia menor o igual a 3.7 kW, es fundamental implementar una serie de acciones para facilitar una transición exitosa hacia la electromovilidad completa (Cambio Energético, 2023). Estas acciones, que son tomadas como referencia en este documento y que el gobierno de la Ciudad de México contempla, establecen una línea de acción que se espera sea seguida en todo el país.

La instalación y expansión de una infraestructura adecuada de estaciones de carga es una de las principales líneas de acción. Esto implica la identificación de lugares estratégicos para ubicar las estaciones de carga, tanto en espacios públicos como privados, que permitan una fácil accesibilidad para los propietarios de vehículos eléctricos. Además, se deben considerar las diferentes capacidades de carga, garantizando una diversidad de opciones que se ajusten a las necesidades de los usuarios.

Otra línea de acción importante es la promoción de incentivos y políticas que impulsen la adopción de vehículos eléctricos y el desarrollo de la infraestructura de carga. Esto incluye lo siguiente (ICCT, 2020):

- Realizar análisis de demanda para determinar la distribución geográfica óptima, tanto para vehículos públicos como privados, de los puntos de

recarga de acuerdo con la metodología establecida por CFE para la instalación de estaciones de carga en la ciudad.

- Fomentar la implementación de incentivos que impulsen la inclusión de puntos de recarga en estacionamientos públicos y privados.
- Garantizar la disponibilidad adecuada de puntos de recarga para asegurar la circulación de vehículos eléctricos en todo el territorio de la ciudad.
- Realizar estudios de viabilidad técnica y económica para proyectos de generación local de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, considerando esquemas de generación distribuida, suministro autónomo, exención de generación o participación en el mercado eléctrico mayorista.

ALMACENAMIENTO DE LA ENERGIA.

Las baterías son un desarrollo tecnológico relevante tanto para vehículos eléctricos como para el respaldo en redes eléctricas intermitentes. Al final de su vida útil, las baterías conservan aproximadamente el 80% de su capacidad de almacenamiento de energía (Omar, 2017). Es importante tener en cuenta el adecuado manejo ambiental en la recolección, transporte y reciclaje de níquel y cobalto, componentes presentes en las baterías. Esto mismo hace que se planteen líneas de acción que permitan tanto el adecuado uso, mantenimiento y reciclaje de estas, por lo que se dispone lo siguiente:

- Desarrollo y mejoramiento de la infraestructura para recuperar y reciclar baterías dando prioridad a las tecnologías de reciclaje de ciclo cerrado (recuperar los materiales y regresarlos a los fabricantes de baterías nuevas).
- Generación de capacidades para enfrentar el desafío de identificar la composición química de la batería y desmantelamiento sin riesgos que comprenda entrenamiento para profesionales en el funcionamiento de las celdas de baterías, principalmente a las empresas certificadas y centros autorizados de recepción que pertenecen al Programa de Renovación Vehicular de la Secretaría de Economía y cumplimiento del Plan de Manejo de Vehículos al Final de su Vida Útil que comanda la NOM-161-SEMARNAT-2011.
- Generar estudios que permitan evaluar el impacto de las baterías de los vehículos eléctricos como almacenamiento de energía para la red del sistema eléctrico nacional, lo que aporta potencia y estabilidad a la red.
- Apoyar al establecimiento del Plan de Devolución establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos a grandes generadores y productores, importadores, exportadores y distribuidores de baterías eléctricas.

INTEGRACIÓN DE REDES INTELIGENTES

La red eléctrica inteligente, también conocida como "*smart grid*" en inglés, es una forma avanzada de gestionar eficientemente la electricidad, aprovechando la tecnología informática para optimizar la producción y distribución de energía, con el objetivo de equilibrar de manera más efectiva la oferta y la demanda entre productores y consumidores (Li, 2017).

Con la creciente adopción de vehículos eléctricos, es necesario contar con flexibilidad en los métodos de carga, así como una gestión inteligente de las cargas, teniendo en cuenta los picos de demanda y la disponibilidad de energía renovable. La implementación de una red eléctrica inteligente permitirá utilizar las baterías de los vehículos como un medio de almacenamiento remoto, capaz de inyectar energía a la red cuando sea necesario, considerando el nivel de carga y uso de cada vehículo.

Con esto en cuenta las líneas de acción que se abordarían serían (Nourbakhsh, 2015; Schuller, 2016; Khan, 2018):

- Establecer un programa de investigación y desarrollo en el ámbito de las redes eléctricas inteligentes, con el objetivo de analizar y abordar los desafíos técnicos, legales y económicos asociados con la integración de generación renovable y la creciente demanda generada por los vehículos eléctricos.
- Promover la colaboración público-privada mediante mesas de diálogo y alianzas estratégicas con proveedores de energía eléctrica, con el fin de diseñar un marco regulatorio y operativo que permita una provisión eficiente y segura de electricidad en los puntos de recarga de vehículos eléctricos.

Siguiendo estas directrices planteadas, se vislumbra la posibilidad de lograr una transición hacia una electromovilidad integral en un plazo cercano, como el año 2030. Sin embargo, alcanzar este objetivo demandará un esfuerzo conjunto y un enfoque absoluto por parte de entidades gubernamentales y empresas privadas, no solo en la capital donde se llevaría a cabo una prueba piloto, sino en todo el territorio nacional, para hacer realidad una completa integración eléctrica a nivel nacional.

TENDENCIAS EN LA ELECTROMOVILIDAD

Para aprovechar al máximo el potencial de la electromovilidad como solución a las emisiones contaminantes, es necesario fortalecer la infraestructura de carga en todo el país. Aunque se han realizado avances en la instalación de estaciones de carga, es fundamental desarrollar una red amplia y conveniente que permita a los propietarios de VE cargar sus vehículos de manera fácil y accesible. Esto incluye la instalación de puntos de carga en hogares, estacionamientos públicos, centros comerciales y vías públicas estratégicas. Un sistema de carga bien desarrollado garantizaría la comodidad y la confianza de los usuarios de VE, eliminando cualquier preocupación relacionada con la autonomía limitada.

En términos de infraestructura, México ha realizado avances en la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos. Se han establecido redes de carga en áreas urbanas clave, como estacionamientos públicos y centros comerciales, facilitando así la recarga de los VE. Sin embargo, aún existen desafíos en cuanto a la distribución geográfica y la capacidad de carga. Es necesario evaluar la disponibilidad y accesibilidad de las estaciones de carga en todo el país, especialmente en áreas rurales y remotas, para garantizar una infraestructura de carga amplia y conveniente para los usuarios de VE.

Según datos del gobierno, actualmente existen más de 2,000 estaciones de carga en todo el país, tanto en espacios públicos como privados. Además, se están implementando planes para expandir y fortalecer esta infraestructura, con el objetivo de brindar mayor comodidad y accesibilidad a los propietarios de vehículos eléctricos (ElectroMaps, 2023)

| DISTRIBUCIÓN TERRITORIAL DE PUNTOS DE CARGA | |
|---|-------------|
| Aguascalientes | 15 |
| Baja California | 107 |
| Baja California Sur | 38 |
| Campeche | 12 |
| Chiapas | 27 |
| Chihuahua | 37 |
| Coahuila | 70 |
| Colima | 28 |
| CDMX | 397 |
| Durango | 12 |
| Guanajuato | 98 |
| Guerrero | 43 |
| Hidalgo | 17 |
| Jalisco | 211 |
| México | 156 |
| Michoacán | 33 |
| Morelos | 56 |
| Nayarit | 8 |
| Nuevo León | 195 |
| Oaxaca | 15 |
| Puebla | 84 |
| Querétaro | 99 |
| Quintana Roo | 66 |
| San Luis Potosí | 30 |
| Sinaloa | 29 |
| Sonora | 36 |
| Tabasco | 5 |
| Tamaulipas | 22 |
| Tlaxcala | 4 |
| Veracruz | 66 |
| Yucatán | 44 |
| Zacatecas | 14 |
| Total | 2074 |

Tabla 2 Puntos de carga en el territorio mexicano. Fuente: ElectroMaps.com



Ilustración 2 Mapa de Cargadores públicos en el territorio de México. Fuente: Gobierno de México.

Varios países están a la vanguardia en electromovilidad y han implementado políticas y medidas para impulsar la adopción de vehículos eléctricos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de países líderes en electromovilidad junto con algunos datos destacados (García,2019).

- Noruega: Porcentaje de ventas de vehículos eléctricos: En 2020, más del 50% de las ventas de vehículos nuevos en Noruega fueron vehículos eléctricos, por su parte el gobierno ofrece exenciones fiscales, tarifas reducidas para peajes y estacionamiento gratuito para vehículos eléctricos. También cuenta con una extensa red de estaciones de carga.
- Países Bajos: Infraestructura de carga: Los Países Bajos cuentan con una de las infraestructuras de carga más desarrolladas del mundo, con una amplia red de estaciones de carga pública accesibles en todo el país, el gobierno holandés ha establecido objetivos ambiciosos para la adopción de vehículos eléctricos, con el objetivo de tener solo vehículos de cero emisiones nuevos para 2030.
- China: Volumen de ventas de vehículos eléctricos: China es el líder mundial en ventas de vehículos eléctricos, representando la mitad de las ventas globales de vehículos eléctricos además se ha invertido fuertemente en infraestructura de carga y ha implementado políticas de subsidios y exenciones fiscales para fomentar la adopción de vehículos eléctricos.
- Alemania: Inversiones en infraestructura: Alemania ha destinado fondos significativos para expandir la infraestructura de carga en todo el país, incluyendo la instalación de estaciones de carga rápida en las principales autopistas de igual manera el gobierno alemán ofrece generosos subsidios para la compra de vehículos eléctricos, lo que ha impulsado su adopción.
- Suecia: En el ámbito de la energía limpia es un líder en el uso de energía renovable, lo que ayuda a reducir aún más las emisiones asociadas con la carga de vehículos eléctricos también es hogar de empresas automotrices y tecnológicas líderes en el desarrollo de vehículos eléctricos y sistemas de carga.

Cabe destacar que estos son solo algunos ejemplos de países que se destacan en electromovilidad, y muchos otros países también están trabajando activamente en la promoción de vehículos eléctricos y la infraestructura de carga. Los datos específicos pueden variar y están sujetos a cambios a medida que los países continúan desarrollando sus estrategias de electromovilidad.

En México se ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por diversos factores que fomentan la adopción de vehículos eléctricos (VE) en el país, por ejemplo, en cuanto al volumen de ventas de vehículos eléctricos

en 2020, México registró un total de 15,422 vehículos eléctricos vendidos, lo que representa un aumento del 91% en comparación con el año anterior. Este incremento en las ventas refleja el creciente interés y la demanda de los consumidores mexicanos por los vehículos eléctricos (IEA, 2018).



Ilustración 3 Evolución en costos y densidad de energía en baterías, versus el crecimiento del mercado. Fuente: IEA (2018)

CONCLUSIONES

México tiene un potencial significativo en el campo del transporte eléctrico para el futuro. El país cuenta con los recursos naturales y la capacidad de infraestructura necesaria para impulsar la adopción masiva de vehículos eléctricos y promover la electromovilidad en todas las formas de transporte.

El potencial en el transporte eléctrico radica en varios factores clave, cuenta con una industria automotriz sólida y un mercado en crecimiento para los vehículos eléctricos. Los fabricantes nacionales e internacionales están invirtiendo en la producción de vehículos eléctricos en el país, lo que fomenta la competitividad y la oferta de modelos más accesibles. Esto, a su vez, brinda a los consumidores una mayor variedad de opciones y contribuye a la expansión del mercado de vehículos eléctricos.

Además de sus significativos avances en la implementación de la electromovilidad en el futuro, con especial énfasis en el desarrollo de la infraestructura eléctrica, la adopción de vehículos eléctricos y la mejora del transporte público.

En cuanto a la infraestructura eléctrica, se realizarán inversiones y esfuerzos importantes para expandir la red de puntos de recarga en todo el país. Esto permitirá brindar a los propietarios de vehículos eléctricos la confianza y comodidad necesarias para realizar sus recargas de manera conveniente y eficiente. Además, se establecerán normas y especificaciones técnicas más rigurosas para garantizar la calidad y seguridad de estos puntos de recarga.

En cuanto a los vehículos eléctricos, se implementarán políticas y programas de incentivos aún más ambiciosos para fomentar su adquisición y uso. Esto contribuirá a que cada vez más personas opten por vehículos eléctricos en el ámbito privado y en el sector del transporte público. La incorporación masiva de vehículos eléctricos en el parque automotor no solo reducirá significativamente las emisiones contaminantes, sino que también promoverá la eficiencia energética y disminuirá la dependencia de los combustibles fósiles.

En el ámbito del transporte público, se establecerán metas aún más ambiciosas para la electrificación de la flota de autobuses y taxis. La incorporación masiva de vehículos eléctricos en el transporte público permitirá una reducción considerable de las emisiones contaminantes y mejorará la calidad del aire en las ciudades. Esto beneficiará tanto a los usuarios como a la comunidad en general, promoviendo una movilidad más sostenible y saludable en el futuro.

Aunque aún existirán desafíos por superar, como la necesidad de expandir aún más la infraestructura de carga y mejorar la disponibilidad de modelos eléctricos en el mercado, los avances realizados hasta ahora sentarán las bases para un futuro de transporte más limpio y sostenible en México.

Para mantener el impulso y continuar avanzando, se fortalecerá la colaboración entre los sectores público y privado, y se promoverá la investigación y el desarrollo de tecnologías eléctricas más avanzadas. Además, se realizará una inversión continua en infraestructura eléctrica y se implementarán programas de incentivos cada vez más sólidos para asegurar una transición exitosa hacia una movilidad eléctrica en todo el país.

En resumen, los avances en la implementación de la electromovilidad en México serán un claro indicador del compromiso del país hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. La electromovilidad se convertirá en una solución efectiva para reducir las emisiones contaminantes y acelerará la innovación y la modernización de la industria del transporte. Con una visión a largo plazo y una acción conjunta, México estará encaminado hacia una movilidad más limpia, eficiente y amigable con el entorno en el futuro.

REFERENCIAS

AMIA Asociación mexicana de la industria automotriz, (2022). *Transición a la electromovilidad en México.*

Banco de Desarrollo de América Latina (2011) Desarrollo Urbano en América Latina.

Bouton, Shanon et al. (2013) How to make a city great, McKinsey & Company.

Carrillo Jorge, De los Santos Gómez José Saúl & Briones Julio (2020). Hacia una electromovilidad pública en México. CEPAL.

Cambio Energético. (2023). Disponible en:
<https://www.cambioenergetico.com/blog/cargador-vehiculo-electrico/>

ElectroMaps, Mapas de Estaciones y Puntos de carga (2023). Disponible:
<https://www.electromaps.com/es>

García Bernal Nicolas (2019). Electromovilidad Tendencias y experiencia nacional e internacional. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile | Asesoría Técnica Parlamentaria. Disponible en:
https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27343/1/BCN_Electromovilidad_Experiencias_comparadas_.pdf

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2020). Electric Vehicle Capitals: Evaluating the impact of local policy support for electric vehicles. Washington, DC: ICCT. Disponible en:
https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EV-Capitals_2020_20210204.pdf

IEA (2018). World Energy Outlook 2018. Disponible:
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>

INEGI. Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros (2005-2019) <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>

INEGI. Registro de venta al público de vehículos ligeros por marca, modelo, segmento y país origen (2005-2019) <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>

INEGI, [inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx); SEDESOL:
<http://www.microrregiones.gob.mx/zap/Default.aspx>;

<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/Default.aspx>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2018). Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, México.

Khan, U., & Islam, S. (2018). Smart grid-based electric vehicle charging strategies: A comprehensive review. *Energies*, 11(12), 3392. doi:10.3390/en11123392

Li, G., Li, F., Li, Z., & Yang, H. (2017). A comprehensive review on demand response in smart grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 1025-1036. doi:10.1016/j.rser.2016.09.038

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). Disponible en: [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf)

Ley General de Cambio Climático (LGCC). Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>

Ley de Transición Energética. Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>

Ley de Caminos Puentes y Autotransporte Federal. Disponible: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>

Iniciativa de Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Disponible: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/09/asun_3910583_20190919_1567714975.pdf

Nourbakhsh, G., & Zareipour, H. (2015). Electric vehicle integration with smart grids: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 17-32. doi:10.1016/j.rser.2015.04.142

McKinsey & Company (2016). *Automotive revolution – perspective towards 2030*. How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry.

Neckermann, L. (2017). *Smart Cities, Smart Mobility*, Matador, Troubador Publishing Ltd.

NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013. Disponible en:

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5303391&fecha=21/06/2013

NOM-167-SEMARNAT-2017.

Disponible:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5496105

Omar, N., Mohamed, A., & Sopian, K. (2017). A review on lithium-ion battery ageing mechanisms and estimations for automotive applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 414-428. doi:10.1016/j.rser.2017.04.076

ONU, (2021). Reporte “Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe – 4ta edición” Disponible en: <https://moveLATAM.org/4ta-edicion/>

PwC. (2019). *Electromovilidad en América Latina: Análisis de los desafíos, oportunidades y estrategias para el desarrollo sostenible del sector*. Ciudad de México: PwC. Disponible en:

<https://www.pwc.com/mx/es/publicaciones/assets/pwc-electromovilidad-america-latina.pdf>

Schuller, A., & Gehrke, O. (2016). Grid integration of electric vehicles: A review on incentives and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 1261-1271. doi:10.1016/j.rser.2015.12.055

SENER Secretaría de Energía. (2020). Balance Nacional de Energía

SEMARNAT, (2018). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el período 2020-2030,

SEMARNAT (2018). Dirección de Políticas para el Cambio Climático; Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica

STATISTA (2023). <https://es.statista.com/estadisticas/1114981/volumen-ventas-vehiculos-electricos-hibridos-mexico/>

United Nations, *Electric Mobility: Developments in Latin America and the Caribbean and opportunities for regional collaboration* (2018).

SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA LOCALIZACIÓN DE PERSONAS DESAPARECIDAS UTILIZANDO CÁMARAS HIPERESPECTRALES
FACIAL RECOGNITION SYSTEM FOR LOCATION OF MISSING PEOPLE USING HYPERSPECTRAL CAMERAS

Alejandro Hernández Villanueva

Centro Universitario Nezahualcóyotl-UAEMEX, alexhdzv00@gmail.com.ORCID
0009-0009-8691-6557

RESUMEN

El presente trabajo es parte de la aplicación que aún se está desarrollando, en el cual se propone la implementación de un sistema de reconocimiento facial utilizando las librerías Python MediaPipe Mesh_Face, Face_Recognition y OpenCV, con el fin de obtener vídeo en tiempo real de puntos de interés de seguridad pública. Se procesa y mejora la calidad del vídeo si es necesario, y se instala cámaras hiperespectrales de ondas infrarrojas para detectar personas ocultas en vehículos. Para lograr esto, se capturan imágenes de rostros mediante una malla poligonal y se entrena el sistema con fotografías de personas reportadas como desaparecidas. De esta forma, cuando se detecta un rostro reconocido, se muestra el video con el nombre del sujeto. Como resultado final, se obtuvo una imagen detallada de las cejas, el vello facial, los ojos y los contornos del rostro, lo que aumenta el nivel de certeza del algoritmo. (cambiar verbos, se procesará y mejorará, por se procesa y mejora, etc., no hablar en futuro)

Palabras clave: Reconocimiento facial, Python, seguridad pública, cámaras hiperespectrales. Malla poligonal.

ABSTRACT

This work is part of the application that is still being developed, which proposes the implementation of a facial recognition system using the Python MediaPipe Mesh_Face, Face_Recognition and OpenCV libraries, in order to obtain real-time video of public safety points of interest. Video quality will be processed and improved if necessary, and infrared hyperspectral vision cameras will be installed to detect people hidden in vehicles. To achieve this, images of faces will be captured using a polygonal mesh and the system will be trained with photographs of people reported missing. This way, when a recognized face is detected, the video with the subject's name will be displayed. As a final result, a detailed image of the eyebrows, facial hair, eyes and contours of the face was obtained, which will increase the level of certainty of the algorithm.

Keywords: Facial recognition, Python, public safety, hyperspectral cameras, Mesh face.

Fecha de Recibido: 30 de octubre de 2023

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2023

INTRODUCCIÓN

El reconocimiento facial se fundamenta en el enfoque de Eigenvectores, que pueden ser definidos como vectores de transformación lineal o de una matriz, también conocido como el método de Análisis Componentes Principales (PCA), este conjunto de transformaciones denominados Eigenfaces poseen la información inicial de un rostro de entrenamiento (Ortega, 2021).

Los planes de acción cuando una persona es privada de su libertad constan en: iniciar una búsqueda en el último lugar conocido de su ubicación, realizar entrevistas a familiares, conocidos y posibles testigos de la desaparición o supervisar rutas habituales... etc. En todo caso, este protocolo toma por último la revisión de cámaras de seguridad públicas o privadas. En la posibilidad de encontrar una cámara cercana, el reconocimiento facial sería una herramienta favorable ya que puede ser capturado el rostro, no sólo de la víctima, sino también de los victimarios.

Es importante señalar que, debido a la velocidad con la que pueden moverse los secuestradores y las víctimas, es complicado encontrarlos en las primeras 72 horas. Por ello, se deben aprovechar las herramientas tecnológicas disponibles para incrementar las posibilidades de encontrarlos. Entre ellas se encuentran las cámaras hiperespectrales de ondas infrarrojas que permiten percibir lo que el ojo humano no puede ver a simple vista. Además, se pueden utilizar distintos tipos de entrenamiento para analizar patrones de secuestro y mejorar el tiempo de respuesta. Todo esto contribuiría a reducir los índices de personas desaparecidas y aumentar las posibilidades de encontrar a quienes han sido privados de su libertad.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI), la encuesta nacional de seguridad pública urbana en México del cuarto trimestre del año 2022, en el mes de diciembre el 64.2% de la población mayor a 18 años considera inseguro vivir en su ciudad. Para proporcionar una medición periódica, amplia, integral y oportuna de seguridad pública en el país, la ENSU cuenta con una periodicidad trimestral (INEGI, 2022).

De acuerdo con el censo nacional de seguridad pública estatal en el periodo 2020-2021, los incidentes registrados en la línea de emergencia 911 el 47.0% estuvo relacionado al rubro de la seguridad; solamente durante el año 2021 las instituciones de seguridad pública dieron a conocer la cifra de 12 348 reportes de personas desaparecidas o no localizadas (INEGI, 2022).

La Visión por Computadora (VC) se puede resumir como la abstracción de un fenómeno del mundo real a lo digital, conforme sea el interés, podemos eliminar información irrelevante que altere la descripción o interpretación del resultado al que se pretende llegar.

Un área muy ligada es el procesamiento de imágenes la cual es indispensable para que la interpretación de la visión por computadora sea más exacta, ya que puede ayudar a remover problemas como: ruido en la imagen y el desenfoque, además, mejorar las propiedades de la imagen como: la exposición de la luz, contraste, brillo,

sombras, estructura o agregar colores a una imagen monocromática o en escala de grises.

ANTECEDENTES

Desde el año 2016 la Organización Internacional de Policía Criminal implemento el Sistema de Reconocimiento Facial de INTERPOL (SRFI) en el que se almacenan las imágenes faciales por más de 160 países. Este sistema ha logrado identificar a más de 650 delincuentes, prófugos, personas de interés (INTERPOL, 2016).

Los factores de identificación facial pueden ser modificados, tales como: envejecimiento, cirugía plástica, maquillaje y posición de la persona. Siendo necesario la buena calidad de las imágenes ya que este sistema no es capaz de procesarlas y si llegara hacerlo la precisión de la búsqueda como en los propios resultados.

Un algoritmo codifica automáticamente la imagen facial introducida en el sistema, para después compararla con los perfiles almacenados de este modo se obtiene una lista de los candidatos más probables. Después se realiza un proceso manual, que denominan “identificación facial” para confirmar los resultados del sistema automatizado o descartarlos.

El Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la CDMX (C5), es la dependencia del Gobierno de la Ciudad de México encargada de captar información integral para la toma de decisiones en materia de seguridad pública, urgencias médicas, medio ambiente, protección civil, movilidad y servicios a la comunidad en la capital del país a través del video monitoreo, de la captación de llamadas telefónicas y de aplicaciones informáticas de inteligencia, enfocadas a mejorar la calidad de vida de las y los capitalinos.

Para fortalecer y crecer los servicios que proporciona, así como su nivel de calidad en la atención ciudadana, el 23 de diciembre de 2015 el Gobierno de la Ciudad de México decretó la anexión de LOCATEL al CAEPCCM para conformar el Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la Ciudad de México “C5”, el cual actualmente ofrece los servicios de: video monitoreo, servicio de atención de llamadas de emergencia 9-1-1 CDMX, denuncia Anónima 089, LOCATEL 5658 111; todos los servicios del C5 operan las 24 horas, los 365 días del año.

TRATAMIENTO DE VIDEO CON OPENCV

OpenCV (Open source computer vision library) es una biblioteca de código abierto que incluye cientos de algoritmos de visión por computadora. Basado en el lenguaje

de programación C++ de la versión 2.5 en adelante. Al poseer una estructura modular, podemos invocar funciones específicas de esta librería en este caso utilizamos las siguientes:

- Procesamiento de imágenes. Encargada en el filtrado de imágenes lineales y no lineales, transformación de imágenes.
- Procesamiento de video. Considera la estimación del video, resta del fondo y algoritmos de seguimiento.
- Marco de características. Detector de características sobresalientes, descriptores y cargadores de descriptores.

MALLA POLIGONAL CON MEDIAPIPE FACE MESH

MediaPipe Face Mesh es una solución de detección de 468 puntos faciales de referencia en un plano 3D en tiempo real, emplea aprendizaje automático (ML por sus siglas en inglés) para inferir la superficie facial tridimensional sin la necesidad de un sensor de profundidad. Al establecer un espacio 3D métrico y utilizar la posición de la pantalla como punto de referencia se estima la transformación del rostro dentro del mismo espacio dando como resultado una matriz de transformación del rostro y una malla facial triangular; se utiliza además un método estadístico llamado Análisis de Procrustes que conduce la lógica robusta de manera eficiente optimizando el uso de la CPU y memoria RAM.

La tubería de ML implementada consta de dos modelos de redes neuronales profundas en tiempo real que funcionan juntos: Un detector que opera en la imagen completa y calcula las ubicaciones de la cara y un modelo de punto de referencia de la cara en 3D que opera en esas ubicaciones y predice la superficie 3D aproximada a través de la regresión. Tener el rostro detectado de manera correcta reduce la necesidad de aumentos de datos comunes, como transformaciones como las rotaciones, cambios de escala o aplicación de filtros y ayuda a la red a dedicar la mayor parte de su capacidad en la predicción.

Esta tubería se implementa como MediaPipe gráfico que utiliza un subgrafo de puntos de referencia facial renderizando, utilizando un subgrafo renderizado facial que usa internamente el modelo `face_detection_subgraph`.

RECONOCIMIENTO FACIAL CON ALGORITMO FACE RECOGNITION

`Face_recognition` es una de las líneas de comandos con la biblioteca de reconocimiento facial más siempre del mundo. Construido a partir de la

librería Dlib con aprendizaje profundo. Este modelo tiene una precisión de 99.38% en los rostros que se etiquetan por puntos de referencia estratégicos, la forma de trabajar de este algoritmo consiste en transformar la imagen en una matriz tipo NumPy.

Se realiza una codificación de los rasgos faciales para realizar una comparativa entre sujetos y determinar si existen coincidencias. Para tener un resultado favorable es indispensable contar con una base de datos de las imágenes a comparar y sea fácil de consultar.

CONEXIÓN DE ALGORITMOS A SENSOR KINECT.

Para establecer la comunicación entre el sensor Kinect y la PC, es necesario instalar el SDK v1.8.0, Kinect Studio v1.8.0 y el software Developer ToolKit Browser v1.8.0, para que sea posible visualizar la cámara infrarroja que trabaja en una frecuencia de onda de los 780nm a 2500nm, ya que mide 830nm. Y así mismo obtener una imagen que detalle de manera más precisa las facciones del rostro. Se considera que esta es la frecuencia más apta, ya que en lugares iluminados u oscuros la imagen resultante es de la misma calidad, siendo la única deficiencia la densidad final de la fotografía en 1.3 Megapíxeles (1280x1024), la cual puede ser corregida con tratamiento de imágenes para obtener una imagen con mayor calidad.

DESARROLLO

Conectamos una cámara de espectro visible para hacer las correcciones de color con apoyo de la librería OPENCV para pasar de una configuración de color BGR a RGB y visualizar de manera correcta las distintas gamas de colores del entorno y para que así mismo el algoritmo tenga una imagen de buena calidad que no altere de manera negativa la detección del rostro.

Para la creación y desarrollo de este sistema se utilizó programación orientada a objetos en el lenguaje de programación Python con las librerías ya antes mencionadas y explicadas de manera general, además de la conexión y controladores necesarios para obtener una imagen hiperespectral y poder realizar las pruebas necesarias. Se tuvo que obtener un adaptador de CA-USB además de la instalar el controlador SDK developer que hace posible la visualización de imagen en una frecuencia de bandas infrarrojas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La necesidad de tratar una imagen es un proceso que no puede faltar en la detección de rostros, ya que los rasgos distintivos de cada persona deben ser minuciosamente considerados y sin una imagen de buena calidad, el margen de error sería alto, afectando la toma de decisión si es un rostro conocido o no.

Las etapas involucradas en sistema de reconocimiento se pueden resumir en la Fig. 1. Las técnicas de procesamiento de imágenes (PDI) basadas en color permiten representar adecuadamente la información de una imagen por medio de la computadora.

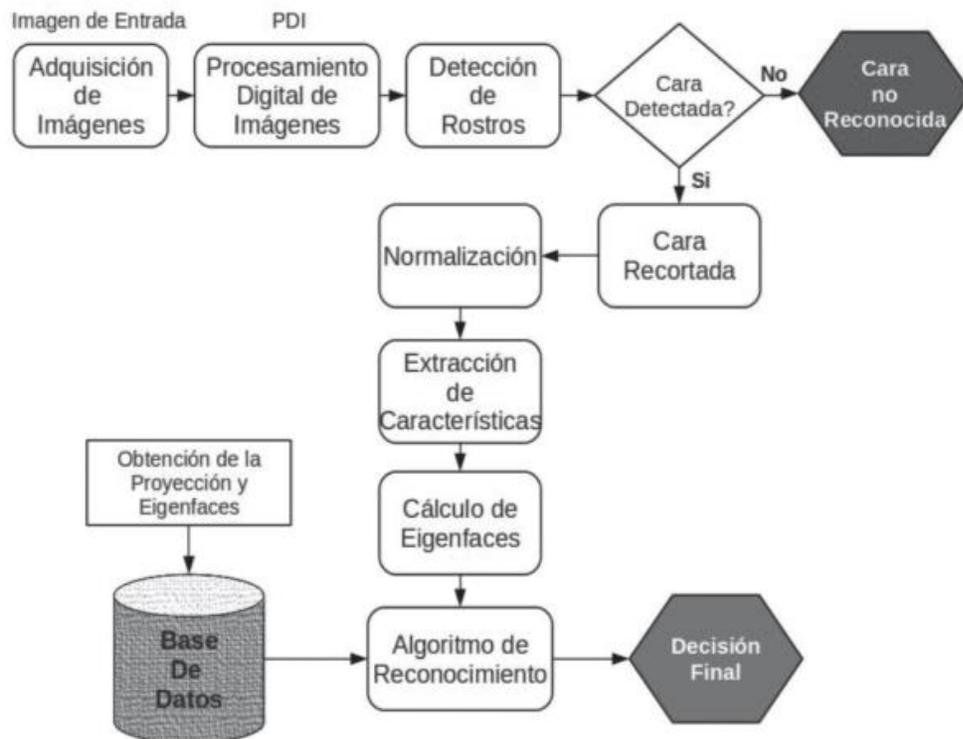


Figura 1. Estructura de sistema de reconocimiento facial.

Fuente: PEDRAZA PICO, B. O., RONDÓN, P., & ARGUELLO, H. (2011). Sistema de reconocimiento facial basado en imágenes con color. Revista UIS Ingenierías, 10(2), 113-122

RESULTADOS

Como podemos observar en la figura 2 (cuál es la figura 2, al parecer se movió el pie de figura, corregir), podemos ver una imagen de espectro visible con una cámara web de calidad 720P, añadiendo una malla poligonal de 468 vértices sobre el rostro, identificando los rasgos faciales, aunque el sujeto traiga puesto unos anteojos.

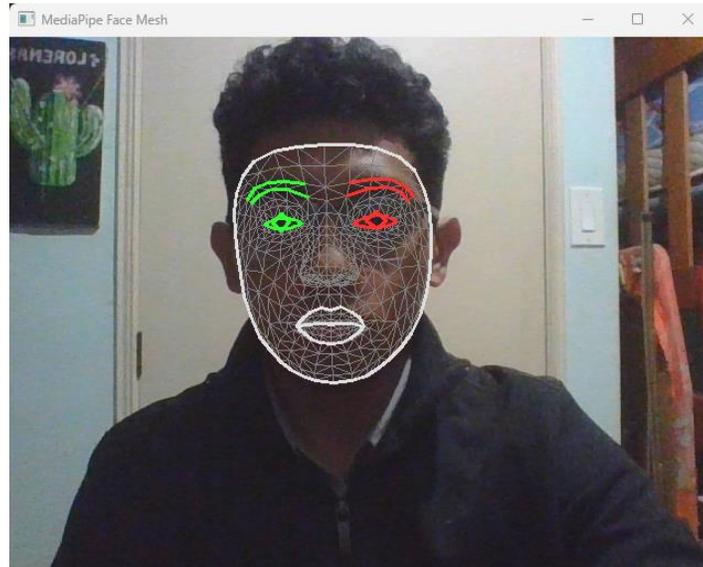


Figura 2 Malla poligonal sobre un rostro en la frecuencia de espectro visible.

Fuente: Autoría propia.

Posteriormente hacemos una réplica de la imagen figura 3 (lo mismo que la figura 2). Incorporamos el algoritmo FaceRecognition que nos da la comparativa de un rostro con y sin malla poligonal para determinar si es la persona que estamos buscando o etiquetarlo como desconocido.

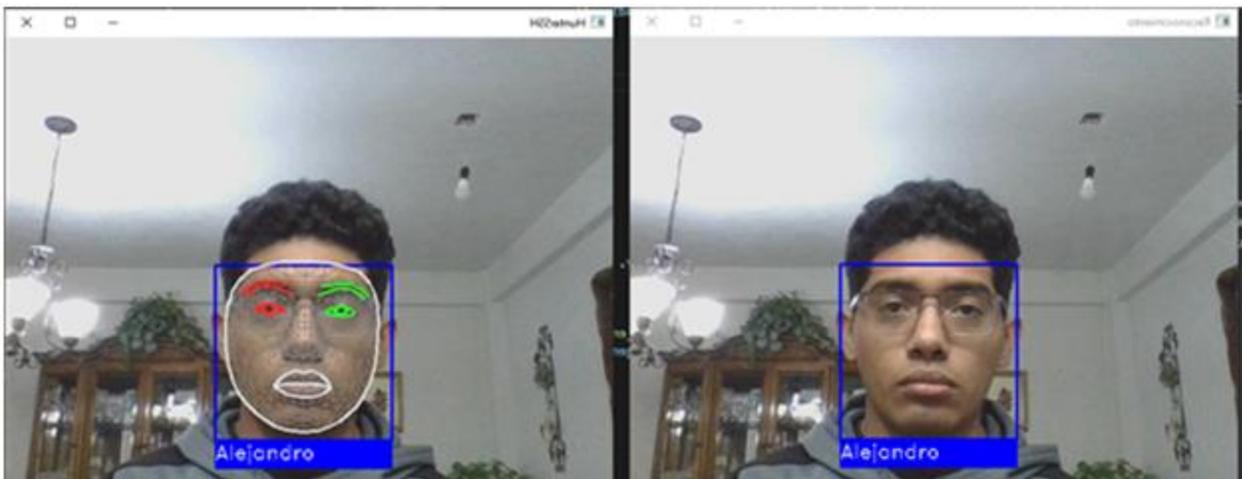


Figura 3. Detección y etiquetado de un rostro conocido.

Fuente: Autoría propia

Una vez confirmada la correcta ejecución y salida deseada del proceso, se realiza la transferencia de cámara de ondas de espectro visible a una de ondas infrarrojas, repitiendo el procedimiento anterior.



Figura 4. Detección y etiquetado de rostro conocido en una cámara de ondas infrarrojas.

Fuente: Autoría propia.

Describiendo la figura 4. Podemos decir que el nivel de detalle de los rasgos faciales es significativo, ya que a pesar de que el sujeto se encuentre rasurado la cámara pudo visualizar las zonas de crecimiento de vello facial, marcas del iris, tamaño más exacto de ojos, cejas y boca, contornos del rostro, forma de las orejas e imperfecciones en el rostro, esto incluso en un cuarto luces apagadas ya que con este tipo de cámaras la falta de luz no es un factor que altere los resultados de la imagen.

Se sugiere ahondar más en los resultados, hablar como se aplicaría el sistema para el reconocimiento de personas desaparecidas, hablar más de la aportación de trabajo a la ayuda de la búsqueda de personas desaparecidas.

CONCLUSIONES

Al usar algoritmos basados en redes neuronales, es necesario realizar un entrenamiento apropiado, disminuir la entropía de nuestro reconocimiento a no más 5% de error con el motivo de estar trabajando en una dimensión 3D y pasarla a una 2D, la pérdida de información es significativa dejando una toma de decisión poco confiable si no es llevado de buena manera tanto el procesamiento de la imagen como el entrenamiento de la red.

Dando como resultado en la figura 4, podemos observar los rasgos como: barba, bigote, tamaño de las orejas, labios, iris y cejas a mayor detalle, gracias a que la cámara infrarroja detecta los bordes del rostro de mejor manera y las características faciales únicas de cada persona que esté dentro del rango de visión del sensor



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

infrarrojo, sin la necesidad de tener una buena iluminación, ya que las pruebas fueron realizadas en un entorno con iluminación máxima con luz sintética, poca luz y en la oscuridad. Gracias a esta investigación nos puede ayudar en un futuro a una mejor captura de rasgos personales y a la identificación de rostros.

REFERENCIAS

- Arguello H., (2011). Sistema de reconocimiento basado en la imagen facial, Revista Avances en Sistemas e Informática, vol. 8, núm. 3, pp. 7-15.
- García J. M (2015). Anexo Técnico Implementación del Centro de Control C2 de la Central de Abasto de la Ciudad de México, <https://www.c5.cdmx.gob.mx/secretaria/estructura/210>.
- Geitgey A., (2017). Face Recognition, <https://face-recognition.readthedocs.io/en/latest/readme.html>.
- Google, (2023). https://google.github.io/mediapipe/solutions/face_mesh.
- NumPy Developers, <https://numpy.org/doc/stable/user/whatisnumpy.html>, (2008)
- INEGI, (2023). Encuesta Nacional de Seguridad Pública Urbana Cuarto Semestre de 2022, pp. 1.
- , (1982). Censo Nacional de Seguridad Pública Estatal 2022, pp 41,60
- INTERPOL, Reconocimiento facial, (2016).
- Kim K, Face recognition using principal component analysis.
- Marr D (1982). La visión, San Francisco: W. H. Freeman, pp. 19-38, 54-61
- Microsoft, (2021). <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40278>.
- Moon H and Phillips P, (2001). Computational and performance aspects of pca-based face-recognition algorithms, vol. 30, No. 3, pp. 303-321 .
- Morizet N, Amiel F, Hamed I, and Ea T,(2007). "A comparative implementation of pca face recognition algorithm". in Electronics, Circuits and Systems, ICECS, 14th IEEE International Conference, pp. 865-868.
- OpenCV, <https://opencv.org/>, (2022).
- Ortega J., (2021). Eigenvalores y Eigenvectores, <http://gmc.geofisica.unam.mx/papime2020/index.php/articulos/38-eigenvalores-y-eigenvectores>.
- Pedraza B., Rondón P., Arguello H., (2011). Sistema de reconocimiento facial basado en imágenes con color Revista UIS Ingenierías, vol. 10, núm. 2, pp. 113-122.
- PGR (2014). Protocolo homologado para la búsqueda de personas desaparecidas y la investigación del delito de desaparición forzada.

REVISIÓN DE AFLUENCIA EN EL METRO DE LA CDMX CON MINERÍA DE DATOS. FLOW REVIEW IN THE CDMX METRO WITH DATA MINING

Irene Margarita Castillo Castillo

Ingeniería en Sistemas Inteligentes, Centro Universitario Nezahualcóyotl-UAEMEX
icastillo003@alumno.uaemex.mx, ORCID 0009-0003-6570-1246

Daniel Arturo Muñoz Rojas

Ingeniería en Sistemas Inteligentes, Centro Universitario Nezahualcóyotl-UAEMEX
dmunozr004@alumno.uaemex.mx, ORCID 0009-0002-3579-3146

RESUMEN

Este artículo presenta un análisis de series de tiempo del tráfico del Metro de la Ciudad de México (CDMX), teniendo en cuenta que el metro es una infraestructura de transporte público de gran importancia transportando a más de 2 mil millones de usuarios en 2022.

Para este análisis se usará el proceso clásico de la minería de datos determinando el coeficiente de Hurst con ayuda del software Benoit, teniendo como resultado en la Línea 2 $H=0.005$, Línea 3 con $H=0.003$ y Línea 8 con $H=0.007$, lo que se puede interpretar como un ruido rosa, siendo una serie de tiempo anti-persistente teniendo un equilibrio dinámico, lo que significa que, si la cantidad de usuarios cae en un año, para el siguiente subirá.

Palabras clave: Coeficiente de Hurst, afluencia, transporte público, metro.

ABSTRACT

This article presents a time series analysis of the traffic of the Mexico City Metro (CDMX), taking into account that the metro is a very important public transport infrastructure transporting more than 2 billion users in 2022.

For this analysis, the classic data mining process will be used, determining the Hurst coefficient with the help of the Benoit software, resulting in Line 2 with $H=0.005$, Line 3 with $H=0.003$ and Line 8 with $H=0.007$, which can be interpreted as pink noise, being an anti-persistent time series having a dynamic equilibrium, which means that, if the number of users falls in one year, it will rise the next.

Keywords. Hurst coefficient, influx, public transport, metro.

Fecha de recibido: 29 de octubre de 2023

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2023

INTRODUCCIÓN

El metro de la Ciudad de México, también conocido como el Sistema de Transporte Colectivo (STC), es uno de los sistemas de transporte más importantes y concurridos del país. Con una extensa red de líneas que se extienden por toda la ciudad, el metro es el medio de transporte preferido por millones de personas a diario.

La afluencia de pasajeros en el metro de la CDMX es de 837,473,413 al año. Cada día, miles de personas se desplazan en sus vagones, ya sea para ir al trabajo, a la escuela o simplemente para explorar la ciudad (*Cdmx, s. f.*).

Sin embargo, esta gran afluencia también ha llevado a desafíos en términos de capacidad y seguridad. En horas pico, se pueden llegar a subir hasta 1,500 personas por tren, lo que dificulta la movilidad y puede generar situaciones incómodas para los pasajeros. Además, la seguridad también es un tema importante, y se han implementado medidas para garantizar la integridad de los usuarios, como la instalación de cámaras de vigilancia y la presencia de elementos de seguridad en las estaciones (*Cdmx, 2023*).

A pesar de estos desafíos, el metro de la CDMX sigue siendo una pieza fundamental en la vida de los habitantes de la ciudad. Su accesibilidad, velocidad y cobertura son indispensables para el funcionamiento de la metrópolis. El metro es testigo de historias, encuentros y momentos de la vida cotidiana de los capitalinos, y sin duda alguna, seguirá siendo un elemento icónico de la Ciudad de México por muchos años más.

ANTECEDENTES

La Ciudad de México es una de las ciudades más pobladas del mundo con más de 22 millones de habitantes. Esta gran densidad de población crea una demanda significativa de servicios de transporte público como lo es el metro.

Este análisis nos permite entender cómo se distribuye la población y cómo se desplaza por la ciudad. Esto es importante para garantizar que los servicios públicos se presten de manera eficiente y justa. En la década de 1970, el gobierno de la ciudad comenzó a utilizar datos del censo para comprender la distribución de la población. En la década de 1990, el gobierno de la ciudad comenzó a utilizar datos

de encuestas para comprender cómo se movía la población por la ciudad (Cdmx, 2023).

Actualmente, el gobierno de la Ciudad de México utiliza una variedad de fuentes de datos para el análisis de la frecuencia de visitantes. Estas fuentes de datos incluyen datos de censos, encuestas, sistemas de información geográfica (SIG) y datos de transporte.

OBJETIVOS

Revisar la afluencia semanal del metro de la CDMX para obtener información precisa y actualizada sobre el número de personas que utilizan este transporte público.

TRANSPORTE PUBLICO: METRO

El Metro de la Ciudad de México es el sistema de ferrocarril metropolitano de la capital mexicana, la Ciudad de México y su área metropolitana. Es el sistema de metro más grande de América Latina y el séptimo más grande del mundo, con 195 estaciones y 226.8 kilómetros de vías.



Figura 1: Líneas del metro de Ciudad de México

Sistema de transporte público importante para la ciudad, que transporta a más de 5.000 millones de pasajeros al año operado por el Sistema de Transporte Colectivo (STC), una entidad gubernamental de la Ciudad de México. Dividido en 12 líneas, cada una con un color y un número distintivo. Las líneas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y B utilizan trenes de rodadura neumática, mientras que las líneas A y 12 utilizan trenes de rodadura férrea (Cobos, 2020).

COEFICIENTE DE HURTS Y DIMENCIÓN FRACTAL

El coeficiente de Hurst, también conocido como exponente de Hurst, es una medida que indica la existencia de dependencias a largo plazo en una serie de datos. El coeficiente de Hurst puede tomar valores entre 0 y 1, donde un valor de 0,5 indica una serie de datos aleatorios, un valor superior a 0,5 indica una tendencia hacia la persistencia y un valor inferior a 0,5 indica una tendencia hacia la reversión a la media (De Mendonça, 2023).

La dimensión fractal es una medida que describe la complejidad y estructura de un objeto o conjunto de datos. Las series con alta dimensión fractal muestran estructuras complejas y autocorrelación a largo plazo, mientras que las series con

baja dimensión fractal muestran estructuras más simples y autocorrelación a corto plazo.

El coeficiente de Hurst y la dimensión fractal son herramientas importantes para analizar series de datos y tienen aplicaciones en diversos campos como la economía, la meteorología, la física y la biología (De Mendonça, 2023).

JUSTIFICACIÓN

La Ciudad de México es una ciudad altamente poblada y el Metro es el principal sistema de transporte público. En el año 2022, el Metro de la Ciudad de México transportó a más de 2 mil millones de usuarios, lo que representa aproximadamente el 40% de los viajes en transporte público en la ciudad. El metro de la CDMX consta de 12 líneas, 195 estaciones y más de 200 kilómetros de vías (Cdmx, s.f.).

La afluencia del Metro es un factor importante que afecta la operación del sistema, ya que determina la cantidad de trenes y personal necesarios para atender la demanda de los usuarios.

La afluencia del Metro de la Ciudad de México es un dato público y el gobierno de la Ciudad de México publica los datos de afluencia del Metro de manera regular.

Durante casi 5 años la cantidad de usuarios por año en este transporte se mantuvo por encima de los 1,500 millones, a la llegada del 2020 año en que inició la pandemia de COVID-19 esta cantidad se redujo 59.6% (Pablo de los Cobos, 2020).

Otro de los factores que afectan el número de usuarios son los conciertos que se han presentado año con año en el centro de la ciudad, llegando a ser hasta 3,612,799 usuarios en un solo día (Agencia Digital de Innovación Pública, s/f).

METODOLOGÍA

Las metodologías de minería de datos son enfoques estructurados y sistemáticos que se utilizan para llevar a cabo proyectos de análisis y extraer conocimiento de grandes conjuntos de datos. Estas metodologías proporcionan un marco para guiar a los científicos de datos en cada paso del proceso, desde la comprensión del problema hasta la evaluación de los resultados.

Estas proporcionan una estructura y un enfoque sistemático para llevar a cabo proyectos de minería de datos, lo que ayuda a garantizar la calidad y la eficacia de los resultados obtenidos. Este trabajo se analizó utilizando una herramienta de

software llamada Benoit, un software de análisis fractal que le permite medir la dimensión fractal y/o el exponente de Hurst de conjuntos de datos utilizando los métodos para analizar patrones auto-semejantes (De Mendonça, 2023).

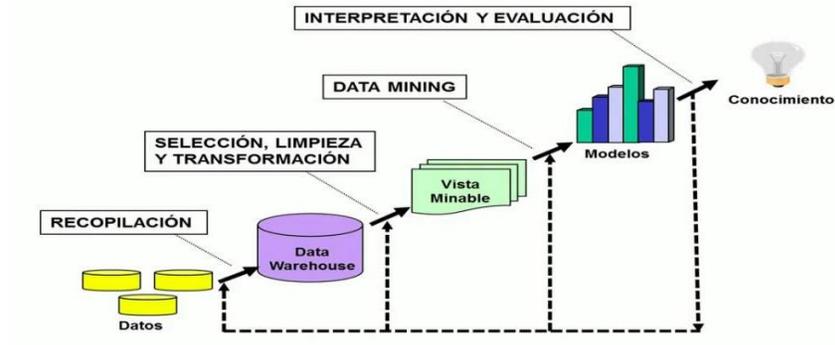


Figura 2: Proceso de la minería de datos (Universidad a Distancia de Madrid, UDIMA, 2014)

FASE 1: RECOPIACIÓN E INTEGRACIÓN (FUENTES DE DATOS-EXTRACCIÓN)

Esta fase es fundamental porque la calidad y cantidad de datos recopilados pueden influir en los resultados y conclusiones alcanzadas. Se recolecta y reúne los conjuntos de datos necesarios para llevar a cabo el análisis y la extracción de conocimiento. Esta fase puede implicar la obtención de datos de diversas fuentes, como bases de datos, archivos, registros, sensores, redes sociales, entre otros. Es importante asegurarse de que los datos recopilados sean relevantes para el problema (Portal, 2021).

En este trabajo se presenta el análisis en series de tiempo de la afluencia del Metro de la Ciudad de México (CDMX), tomando en cuenta que el metro es una infraestructura de transporte público de gran importancia y relevancia para la ciudad, es uno de los principales medios de transporte utilizados por millones de personas a diario.

En el año 2021, el principal medio de transporte público en la Ciudad de México fue el Sistema de Transporte Colectivo Metro que prestó servicio a 63.4 millones de usuarios; a éste le siguieron en importancia el Metrobús con 22.2 millones de personas, la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) con 8.2 millones, el Trolebús con 4.5 millones y el Tren Ligero con 1.4 millones de pasajeros (Inegi, s.f.).

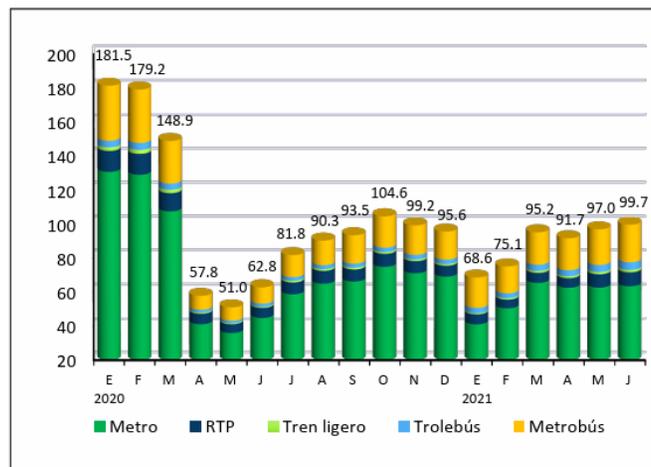


Figura 3: Total de pasajeros transportados en la Ciudad de México (INEGI, 2021)

Los datos correspondientes a la afluencia del Metro de la Ciudad de México (CDMX) fueron adquiridos del Portal de *Datos Abiertos del Gobierno de la Ciudad de México*, que es desglosado por año, mes y semana, tomando como referencia a la *línea 2*,

línea 3 y línea 8 las cuales son las líneas más concurridas por los usuarios, teniendo como reseña la primera semana de enero del 2010 hasta enero del 2023. Obteniendo tres series de tiempo de una cantidad de 628 datos cada uno, teniendo un total de 1,887 datos por lo que se usó la herramienta de Excel para su clasificación y dejarlo listo para su posterior tratamiento (Agencia Digital de Innovación Pública, s/f).

FASE 2: LIMPIEZA, SELECCIÓN Y TRASFORMACIÓN (PREPROCESAMIENTO)

Para el proceso de limpieza en Excel, se utilizaron tres columnas donde se encuentra cada línea del metro (línea 2, línea 3 y línea 8) se registra un mismo formato para todos los datos, en el número de personas (afluencia) se quita la coma dejando solo la cantidad en su forma más básica de número.

Gracias a la facilidad que nos brinda el *Portal de Datos Abiertos* se ha conseguido obtener los datos originalmente por semanas sin ninguna alteración a los datos, ordenándolos en dos columnas, una para la fecha y otra para el número de personas (afluencia).

Para un buen proceso de minería de datos depende de varios factores como la calidad de los datos, la selección adecuada de técnicas y algoritmos, el conocimiento del dominio, la capacidad de interpretar resultados y la capacidad de iterar y mejorar continuamente el proceso (AWS, s.f.).

Estas etapas de limpieza, selección y transformación de datos son importantes para garantizar la calidad de los datos utilizados en la minería de datos y obtener resultados precisos y confiables (Bello, 2023).

FASE 3: EXPLOTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN

Los resultados se han obtenido al analizar las series de tiempo con el software Benoit, ya que nos permite medir la dimensión fractal y/o el coeficiente de Hurts de un conjunto de datos usando algunos métodos que tiene disponibles para el análisis de patrones e incluye el método R/S que es el objeto de estudio para el minado de datos.

- **Minería de datos:** Utiliza técnicas y algoritmos avanzados para descubrir información valiosa y conocimientos ocultos en grandes conjuntos de datos,

con el objetivo de tomar decisiones informadas y obtener ventajas competitivas (Bello, 2022).

- **Evaluación de los patrones o modelos:** Los patrones o modelos en minería de datos es un proceso esencial para determinar la calidad y el rendimiento de los patrones o modelos descubiertos, y para tomar decisiones informadas sobre su utilidad en el contexto del problema en cuestión.
- **Presentación del conocimiento en minería de datos:** Proceso de comunicar los resultados y hallazgos obtenidos a partir del análisis de los datos de manera efectiva y comprensible.

FASE 4: EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Tomando los valores obtenidos del método R/S de cada una de las líneas, se hace la descripción de los resultados. El 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, FD es el número que refleja la media topológica de un conjunto fractal a escalas distintas (irregularidad en los datos). Si $0 \leq H < 0,5$ como en el caso de las tres líneas es no correlacionado por lo que la dimensión fractal aumentará (De Mendonça, 2023).

La evaluación e interpretación de los resultados en minería de datos es una etapa esencial para comprender y utilizar de manera efectiva la información obtenida del análisis de los datos. Esto implica medir la calidad y el rendimiento de los modelos o patrones descubiertos, así como analizar y comprender el significado de los resultados en el contexto del problema o la pregunta de investigación.

Deben realizarse de manera crítica y cuidadosa. Esto implica considerar las limitaciones y sesgos potenciales de los datos y los algoritmos utilizados, así como validar los resultados con datos adicionales o realizar pruebas de sensibilidad. Esto implica identificar las relaciones y tendencias clave, así como comprender cómo se relacionan con el problema o la pregunta de investigación. La interpretación también puede implicar la identificación de posibles explicaciones o hipótesis sobre los fenómenos observados [Tabla 1].

| Línea | Línea 2 | | | Línea 3 | | | Línea 8 | | |
|-----------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Método | Coefficiente de Hurst | Dimensión fractal | Desviación estándar | Coefficiente de Hurst | Dimensión fractal | Desviación estándar | Coefficiente de Hurst | Dimensión fractal | Desviación estándar |
| Resultado | 0.005 | 1.995 | 0.00057 | 0.003 | 1.997 | 0.0004 | 0.007 | 1.993 | 0.000475 |

Tabla 1: Tabla de valores de H, Dimensión fractal y Desviación estándar de las líneas: Línea 2, Línea 3 y Línea 8. (Elaboración propia)

El método R/S análisis es uno de los utilizados en este trabajo ya se basa en la teoría de los fractales y se utiliza para evaluar la presencia de correlaciones a largo plazo en una serie de datos.

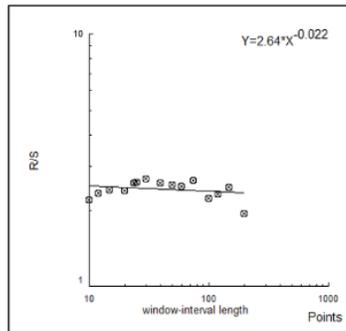
Por la naturaleza de los datos es más complicado realizar el análisis con R/A ANALYSIS ya que nos daba como resultado una H negativa y dicho valor no existe, por lo que se le recurrió al método ROUGHNEESS – LENGTH, este método es utilizado para estimar la longitud de las tendencias en los datos y ayuda a los analistas a comprender mejor la dinámica de los datos y a mejorar la precisión de los modelos de pronóstico (De Mendonça, 2023).

Después de utilizar este método podemos apreciar una mejora y una H positiva con la que sí es posible trabajar. Podemos observar que nuestros resultados son $0 < H < 0.5$ lo cual nos dice que es una serie de tiempo anti-persistente, es decir, es más volátil que la serie aleatoria.

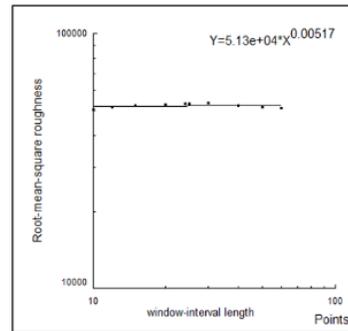
Si el sistema estuvo activo en el período anterior, lo más probable es que esté inactivo en el siguiente período. Por el contrario, si cayó anteriormente, lo más probable es que suba en el siguiente período. La fuerza de este comportamiento anti-persistente depende de qué tan cerca esté H de cero.

Esperando que a partir del año 2024 el número de usuarios incremente hasta un 20% a comparación de años pasados, siendo 3% mayor al 2022 y 2023.

• **LÍNEA 2**



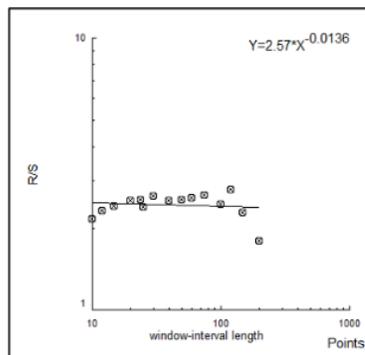
Método R/A ANALYSIS



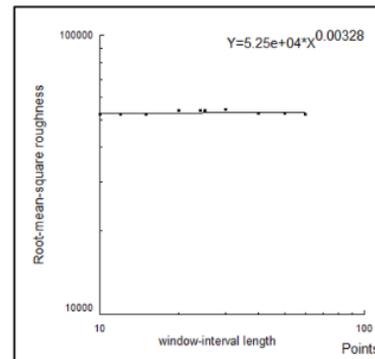
Método ROUGHNESS - LENGTH

Figura 4: Graficas de persistencia línea 2.
Elaboración propia.

• **LÍNEA 3**



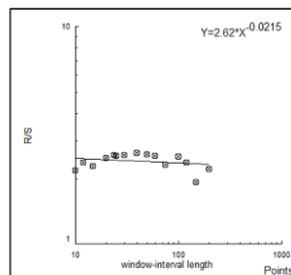
Método R/A ANALYSIS



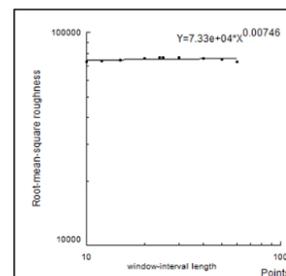
Método ROUGHNESS - LENGTH

Figura 5: Graficas de persistencia línea 3.
Elaboración propia.

• **LÍNEA 8**



Método R/A ANALYSIS



Método ROUGHNESS - LENGTH

Figura 6: Graficas de persistencia línea 8.
Elaboración propia.

En la dimensión fractal, se refleja la medida topológica de un conjunto fractal a escalas distintas y a partir del exponente Hurst (H) como: $D = 2 - H$. En particular esta forma de establecer la dimensión permite que en una gráfica de retornos de cualquier serie pueda visualizarse la dimensión fractal, lo que dará una idea del valor del coeficiente Hurst (De Mendonça, 2023).



Figura 7: Elaboración propia
Coeficiente de Hurst Línea 2

Cuanto mayor es la dimensión, mayor será la variación, ya que la dimensión está relacionada con las variaciones que se presentan entre puntos próximos.

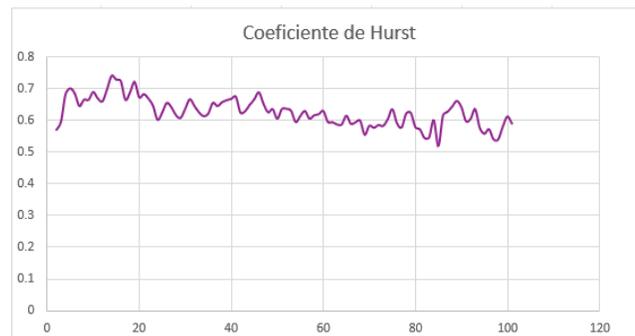


Figura 8: Elaboración propia
Coeficiente de Hurst Línea 3

Después de pasar nuestros datos por estos dos métodos, podemos concluir que el ruido que tiene esta serie de tiempo es rosa ($0 = H < 0.5$) esto quiere decir que es el tipo de ruido que tiene una distribución de potencia constante en el dominio de la frecuencia. Esto significa que la potencia del ruido es la misma en todas las frecuencias, o que la amplitud del ruido es proporcional a la raíz de la frecuencia. Esto significa que la potencia del ruido es la misma en todas las frecuencias, o que la amplitud del ruido es proporcional a la raíz de Se encuentra en una variedad de fenómenos naturales, como el clima, los mercados financieros y el comportamiento humano (De Mendonça, 2023).

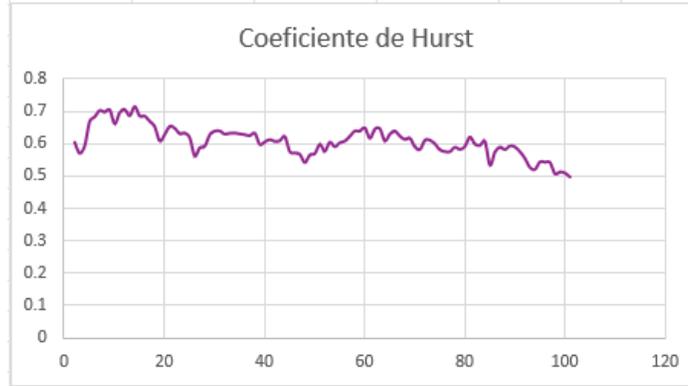


Figura 9: Elaboración propia
Coeficiente de Hurst Línea 8

- **Análisis de tendencias:** El ruido rosa puede dificultar la identificación de tendencias en los datos.
- **Predicción:** El ruido rosa puede introducir patrones aleatorios en los datos, lo que puede dificultar la predicción de los datos futuros. Al eliminar el ruido rosa, los modelos de pronóstico pueden tener una mejor idea de los patrones reales en los datos, lo que puede mejorar la precisión de las predicciones.
- **Selección de características:** Los analistas pueden tener una mejor idea de las características reales en los datos y facilita la selección de las características adecuadas para los modelos de aprendizaje automático.

En la base del DataSet se diseñó de manera que la afluencia de las tres líneas del metro se pueda visualizar de manera fácil, junto al año, mes y semana que corresponde dicha cifra.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|----|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Mes | Semana | 2010 | 2010.2 | 2010.3 | 2011 | 2011.2 | 2011.3 | 2012 | 2012.2 | 2012.3 | 2013 | 2013.2 |
| 2 | | | LINEA 2 | LINEA 3 | LINEA 8 | LINEA 2 | LINEA 3 | LINEA 8 | LINEA 2 | LINEA 3 | LINEA 8 | LINEA 2 | LINEA 3 |
| 3 | Enero | Semana | 4,377,523 | 4,414,107 | 6,030,138 | 8,604,739 | 7,202,983 | 4,548,966 | 4,687,429 | 6,824,995 | 6,399,402 | 5,378,505 | 6,207,406 |
| 4 | | Semana | 6,384,772 | 5,127,122 | 9,198,556 | 7,257,921 | 4,010,497 | 4,706,724 | 4,046,454 | 7,933,250 | 3,393,939 | 3,007,263 | 4,540,108 |
| 5 | | Semana | 6,746,344 | 7,159,716 | 8,333,326 | 9,204,353 | 6,345,406 | 3,990,811 | 7,411,770 | 5,815,593 | 7,260,285 | 7,883,424 | 6,630,780 |
| 6 | | Semana | 7,534,340 | 7,326,028 | 6,602,928 | 8,290,263 | 4,977,631 | 5,525,328 | 6,392,260 | 5,413,793 | 3,737,205 | 7,111,234 | 5,857,592 |
| 7 | Febrero | Semana | 4,555,870 | 7,656,529 | 7,829,898 | 6,135,489 | 3,415,849 | 4,313,882 | 7,155,857 | 4,111,889 | 5,132,391 | 3,217,518 | 6,857,831 |
| 8 | | Semana | 7,881,538 | 6,934,870 | 6,507,008 | 9,930,579 | 4,395,200 | 3,421,527 | 6,881,056 | 6,598,277 | 4,547,441 | 4,563,949 | 3,005,500 |
| 9 | | Semana | 4,885,111 | 6,107,694 | 7,867,006 | 8,265,533 | 3,080,343 | 6,269,267 | 5,420,935 | 5,187,915 | 7,232,300 | 5,642,035 | 3,793,818 |
| 10 | | Semana | 6,064,113 | 6,267,541 | 8,485,425 | 7,236,777 | 6,297,469 | 3,645,750 | 3,775,917 | 4,250,510 | 5,066,182 | 7,369,234 | 4,021,582 |
| 11 | Marzo | Semana | 4,137,701 | 4,703,491 | 6,262,230 | 9,108,914 | 6,634,037 | 7,264,779 | 6,303,739 | 5,817,447 | 7,182,103 | 7,470,702 | 5,341,823 |
| 12 | | Semana | 6,820,140 | 6,768,691 | 6,550,053 | 6,707,442 | 5,960,200 | 6,775,825 | 3,222,291 | 3,483,732 | 3,399,894 | 6,684,539 | 7,981,054 |
| 13 | | Semana | 4,977,999 | 4,513,336 | 6,851,171 | 9,262,126 | 7,657,639 | 7,058,420 | 7,166,038 | 5,486,212 | 5,326,574 | 3,742,431 | 4,320,086 |
| 14 | | Semana | 4,691,691 | 6,891,615 | 7,916,991 | 6,962,420 | 5,819,031 | 5,316,420 | 6,849,100 | 3,197,350 | 4,079,851 | 5,140,076 | 3,419,101 |
| 15 | Abril | Semana | 7,313,713 | 4,389,986 | 8,502,676 | 8,037,807 | 4,765,664 | 4,015,708 | 5,607,693 | 4,550,916 | 5,401,125 | 5,857,679 | 5,624,543 |
| 16 | | Semana | 5,347,808 | 6,958,481 | 6,451,663 | 8,198,192 | 7,467,614 | 6,429,358 | 3,125,835 | 4,851,500 | 6,018,846 | 6,098,616 | 5,585,045 |
| 17 | | Semana | 6,665,441 | 5,301,181 | 6,670,844 | 6,025,306 | 4,432,751 | 6,743,804 | 7,296,536 | 6,591,321 | 5,297,024 | 7,344,925 | 6,560,801 |
| 18 | | Semana | 6,149,434 | 6,310,479 | 6,379,734 | 9,403,286 | 7,654,589 | 4,879,375 | 4,018,046 | 7,893,143 | 6,569,038 | 6,622,353 | 5,292,558 |

Figura 10: DataSet.
Elaboración propia.

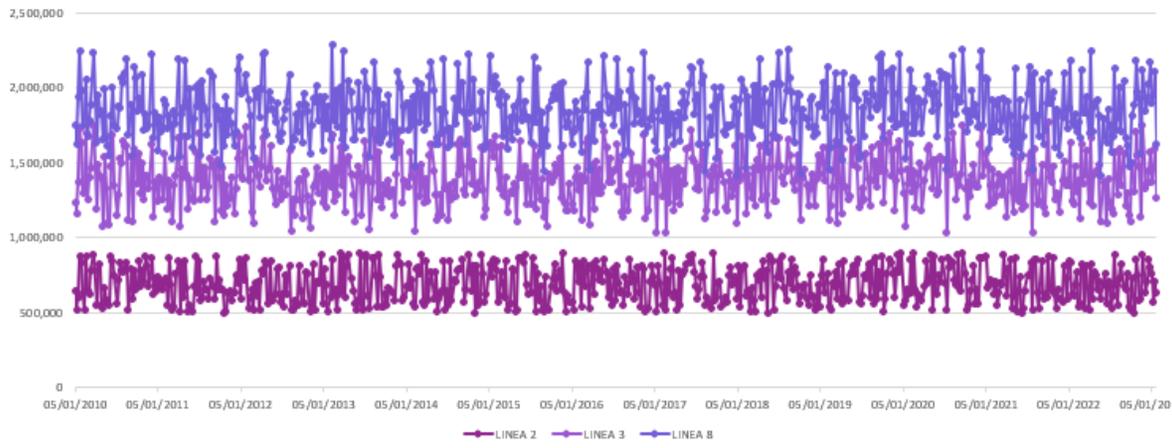


Figura 11: Elaboración propia
Comportamiento de las 3 líneas en los años 2013-2023

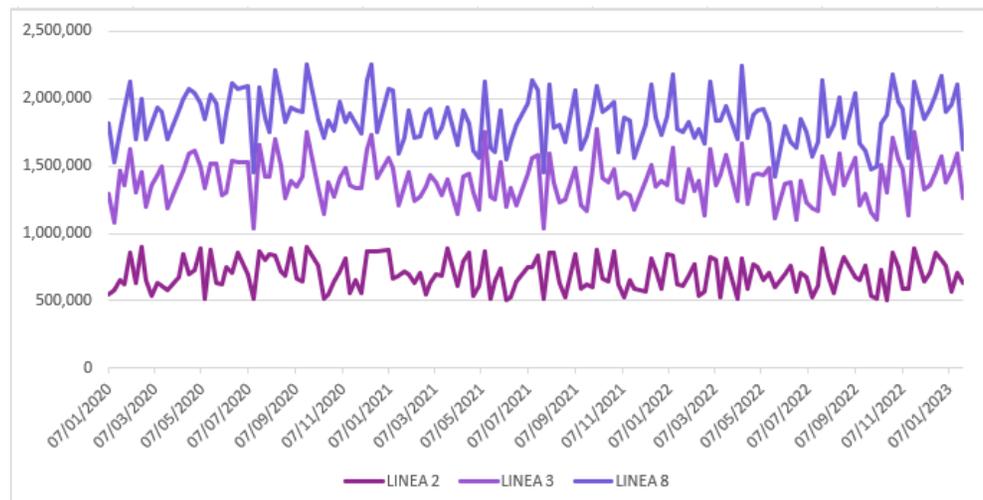


Figura 12: Elaboración propia
Comportamiento de las 3 líneas en los años 2020-2023

CONCLUSIÓN

Este proyecto de minería de datos sobre la afluencia del metro en la ciudad ha sido un proceso valioso para obtener conocimientos significativos sobre el comportamiento de la afluencia en este transporte público. A través del análisis de datos, se ha podido identificar el porcentaje de incremento esperado de usuarios en el metro.

Las altas y bajas de la afluencia se pueden interpretar por diferentes factores que influyen, como eventos especiales, condiciones climáticas, días festivos o vacaciones. Esta comprensión más profunda de los factores que afectan la afluencia del metro puede ayudar a prever y gestionar situaciones de alta demanda o congestión, mejorando así la eficiencia del sistema de transporte.

Los resultados del estudio muestran que la afluencia de metro de la Ciudad de México presenta una tendencia creciente a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- Agencia Digital de Innovación Pública. (s/f). Portal de Datos Abiertos. Gob.mx. <https://datos.cdmx.gob.mx/>
- AWS (s/f). ¿Qué es la minería de datos? La minería de datos, Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/data-mining/>
- Bello, E. (2022, 26 abril). ¿Qué es el minado de datos o data Mining? técnicas y pasos a seguir. <https://www.iebschool.com/blog/data-mining-mineria-datos-big-data/>
- Cdmx, M. (s/f). Metro CDMX. Metro CDMX. <https://metro.cdmx.gob.mx/>
- Cdmx, M. (2021, mayo 30). Metro CDMX. Metro CDMX. <https://metro-cdmx.com.mx/>
- De los Cobos Pablo <https://datos.nexos.com.mx/author/pablo-de-los-cobos/>
- De Mendonça F. J. (2023, 5 enero). El exponente de Hurst: ¿Conocías esta técnica estadística? Investing.com español. <https://es.investing.com/analysis/el-exponente-de-hurst-conocias-esta-tecnica-estadistica-200458826>
- García, A. K. (2023, enero 7). ¿Cuánta gente viaja en metro en la Ciudad de México? El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/politica/Cuanta-gente-viaja-en-metro-en-la-Ciudad-de-Mexico-20200317-0069.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. (s/f). Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Org.mx. <https://www.inegi.org.mx/>
- Portal, T. I. C. (2021, marzo 28). ¿Qué es y cómo se hace una integración de datos (data integration)? <https://www.ticportal.es/glosario-tic/integracion-datos>.

LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS COMO ANÁLISIS DE DATOS DE INCENDIOS FORESTALES GENERAL SYSTEMS THEORY AS ANALYSIS OF FOREST FIRE DATA

Cristopher Camacho Durán

Ing. Sistemas Inteligentes, UAEMEX, criscamacho1059@gmail.com, ORCID: 0009-0001-9836-9011

Doricela Gutiérrez Cruz

UAEMEX, dgutierrezcr@uaemex.mx

Israel Gutiérrez González

UAEMEX, igutierrezg@uaemex.mx

Carmen Liliana Rodríguez Páez

UAEMEX, clrodriguezp@uaemex.mx

Ricardo Rico Molina

UAEMEX, rricom@uaemex.mx

RESUMEN

El análisis anual de los incendios forestales en los estados mexicanos, realizado como parte de la investigación, se basó en la aplicación de la Teoría General de Sistemas (TGS) para desarrollar modelos predictivos y estrategias de gestión de riesgos. Este enfoque sistémico permitió capturar las relaciones dinámicas entre estos factores, generando visualizaciones precisas y detalladas que representaban la distribución geográfica y la frecuencia de los incendios en el territorio mexicano. La utilización de técnicas de cartografía y visualización de datos espaciales, como los mapas de calor y gráficos, desempeñó un papel fundamental al resaltar las áreas con una incidencia más significativa de incendios forestales.

Estas representaciones visuales detalladas y claras facilitaron la comprensión integral del sistema de incendios forestales en México, brindando una base sólida para la toma de decisiones informadas en la implementación de estrategias preventivas y de control.

Mediante este enfoque sistémico y holístico, se ha mejorado la gestión estratégica de los incendios forestales. El objetivo principal ha sido preservar los valiosos recursos naturales y reducir los riesgos asociados a estos eventos recurrentes en México. Esta metodología proporciona una base sólida para una gestión más efectiva y proactiva, contribuyendo a minimizar el impacto devastador de los incendios forestales en los ecosistemas y en las comunidades locales.

Palabras clave: Incendios forestales, Modelos predictivos y Teoría General de Sistemas (TGS)

ABSTRACT

The annual analysis of forest fires in the Mexican states, carried out as part of the research, was based on the application of the General Systems Theory (TGS) to develop predictive models and risk management strategies. This systemic approach allowed us to capture the dynamic relationships between these factors, generating precise and detailed visualizations that represented the geographical distribution and frequency of fires in the Mexican territory. The use of mapping and spatial data visualization techniques, such as heat maps and graphs, played a key role in highlighting areas with the most significant incidence of wildfires.

These detailed and clear visual representations facilitated a comprehensive understanding of the wildfire system in Mexico, providing a solid basis for making informed decisions in the implementation of preventive and control strategies.

Through this systemic and holistic approach, the strategic management of wildfires has been improved. The main objective has been to preserve valuable natural resources and reduce the risks associated with these recurring events in Mexico. This methodology provides a solid foundation for more effective and proactive management, helping to minimize the devastating impact of forest fires on ecosystems and local communities.

Keywords: Forest fires, Predictive models and General Systems Theory (TGS)

Fecha de Recibido: 30 de octubre de 2023

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2023

INTRODUCCIÓN

La problemática de los incendios forestales es una cuestión crítica que afecta a diversas regiones del país. Estos incendios representan una amenaza significativa tanto para la biodiversidad como para la seguridad de las comunidades locales. (García, E., & Jiménez, R, 2020).

Los efectos adversos de los incendios forestales en los ecosistemas y la seguridad pública son motivo de gran preocupación. La propagación de estos incendios puede tener consecuencias devastadoras, incluyendo la pérdida de hábitats naturales, la degradación del suelo y la amenaza para la vida de la flora y fauna. Además, los incendios forestales pueden poner en riesgo la vida y las propiedades de las comunidades cercanas.

Para comprender mejor la dinámica de los incendios forestales en México y su impacto en los ecosistemas y las poblaciones locales, se puede aplicar la Teoría General de Sistemas (TGS) como una herramienta poderosa desde una perspectiva de gestión y prevención de desastres. (TGS, 2011) La TGS es un enfoque interdisciplinario que se emplea para analizar sistemas complejos en diversos

contextos. En el análisis de los incendios forestales en México, la aplicación de la TGS involucra una serie de pasos fundamentales:

- Identificación del sistema: Define claramente el sistema que deseas analizar o estudiar.
- Delimitación del sistema: Establece los límites del sistema, es decir, determina qué elementos están dentro del sistema y cuáles están fuera.
- Identificación de componentes: Enumera y describe los componentes o elementos individuales que componen el sistema.
- Definición de relaciones: Identifica y describe las relaciones y las interacciones entre los componentes del sistema.
- Observación de patrones: Examina los patrones y las regularidades que emergen de las interacciones dentro del sistema.
- Abstracción de modelos: Crea modelos o representaciones simplificadas del sistema que ayuden a comprender sus características esenciales.
- Análisis de retroalimentación (feedback): Examina cómo la retroalimentación y los bucles de retroalimentación pueden influir en el comportamiento del sistema.
- Identificación de jerarquías: Reconoce si el sistema tiene una estructura jerárquica con subsistemas o componentes de diferentes niveles.
- Estudio de entropía y equifinalidad: Considera la entropía, que se refiere al grado de desorden o caos en el sistema, y la equifinalidad, que sugiere que un sistema puede alcanzar el mismo estado final desde diferentes condiciones iniciales.
- Aplicación de principios generales: Utiliza los principios generales de la TGS, como la interdependencia de las partes, la retroalimentación, la adaptación, la holarquía y la recursividad, para analizar y comprender el sistema en cuestión.

Para un análisis más eficiente, es posible simplificar los pasos para aplicar la Teoría General de Sistemas (TGS) al estudio de los incendios forestales en los estados de la República Mexicana. La simplificación de los pasos se puede lograr sin comprometer la calidad del análisis, especialmente si se busca una visión general del sistema.

- Identificación del sistema.
- Componentes y relaciones.
- Patrones y modelos.

- Retroalimentación y equifinalidad.

METODOLOGÍA

A) Identificación del sistema

Este paso implica que se defina y delimite claramente el sistema que se desea estudiar, es decir, el sistema de incendios forestales que ocurren anualmente en los estados mexicanos, donde extraemos información directamente del sitio oficial del Gobierno de México. (TGS, 2011)

B) Componentes y relaciones

Es necesario identificar los componentes clave que lo conforman. En este caso, se consideran elementos como los bosques, la vegetación, el clima, las actividades humanas y las políticas de gestión forestal. Además, resulta esencial analizar cómo estos componentes se relacionan entre sí y cómo estas relaciones influyen en la dinámica de los incendios forestales.

C) Patrones y modelos

Luego, se debe observar y analizar los patrones que emergen dentro del sistema de incendios forestales. Esto incluye la frecuencia, la magnitud y la ubicación de los incendios.

Se registran los incendios forestales ocurridos durante un período determinado en diferentes regiones de México. Se analiza cuántos incendios se producen anualmente y si hay estacionalidades en su ocurrencia.

Magnitud: Se evalúa la gravedad de los incendios en función del tamaño de área afectada, No. de incendios anuales y la región afectada

Tabla 1.- Muestra de datos del Data Set de incendios Forestales en México de 2018 - 2021

| AÑO | ENTIDAD FEDERATIVA | No. INCENDIOS | DE SUPERFICIE QUEMADA | REGIÓN |
|------|--------------------|---------------|-----------------------|--------|
| 2018 | CHIHUAHUA | 778 | 160927ha | Norte |
| 2019 | CHIHUAHUA | 702 | 41639ha | Norte |
| 2020 | CHIHUAHUA | 430 | 8910ha | Norte |

- Ubicación: Se realiza el mapeo de la ubicación geográfica de los incendios para identificar áreas de alta incidencia en la Figura 1.

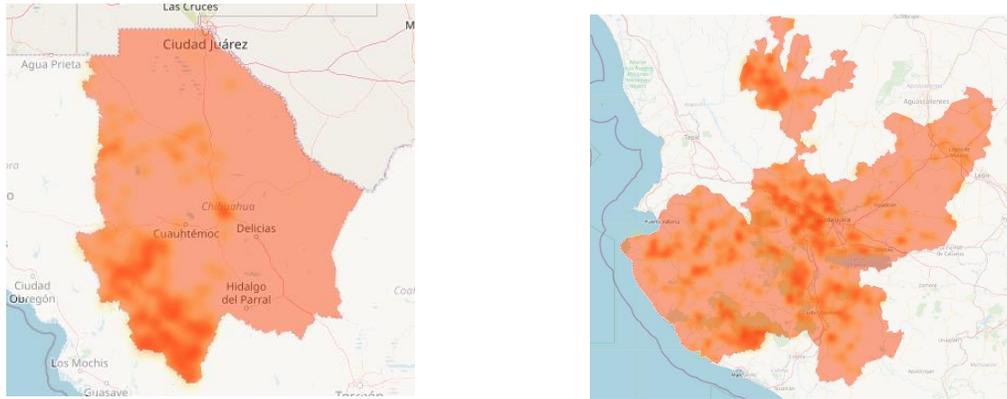


Figura 1. Zona de incendios del estado de Chihuahua Y Jalisco

D) Retroalimentación y equifinalidad

Ciertamente, se puede expandir y desarrollar más el contenido para profundizar en la importancia de examinar las intervenciones y cambios en el sistema, así como en el concepto de equifinalidad en relación con los incendios forestales.

La comprensión de cómo las intervenciones y modificaciones en el sistema pueden influir en la evolución de los incendios forestales es esencial para la gestión efectiva de estos eventos. Además de las políticas de prevención y las actividades de gestión forestal, es crucial considerar otros factores, como el cambio climático, la planificación urbana, la ecología del paisaje y las actividades humanas, ya que todos estos desempeñan roles significativos en la ocurrencia y magnitud de los incendios forestales. (2 García, E., & Jiménez, R, 2020).

La complejidad inherente a la interacción de estos factores resalta la idea de equifinalidad en el contexto de los incendios forestales. La equifinalidad sugiere que diferentes condiciones y combinaciones de factores pueden conducir al mismo resultado: la presencia de incendios forestales. Por ejemplo, un incendio puede desencadenarse debido a una combinación de altas temperaturas, baja humedad, presencia de material inflamable y actividad humana, pero es crucial comprender que estas condiciones pueden variar en diferentes regiones geográficas o momentos temporales y aun así resultar en incendios similares.

Abordar la equifinalidad implica reconocer la diversidad de factores que pueden desencadenar incendios forestales y la necesidad de estrategias flexibles y adaptativas en la gestión de riesgos. Además, destaca la importancia de evaluar no



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

solo las causas directas, sino también los factores subyacentes que contribuyen a la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales.

En resumen, ampliar el análisis sobre cómo las intervenciones en el sistema y la presencia de múltiples factores contribuyen a la ocurrencia de incendios forestales, al tiempo que se comprende la equifinalidad, permite una visión más holística y completa para abordar la gestión y prevención de estos eventos naturales destructivos.

RESULTADOS

La recopilación de los datos obtenidos desde el año 1975 nos proporciona una valiosa visión de los patrones y componentes relacionales en relación a los incendios forestales anuales en los estados de la República Mexicana. A través del uso de las herramientas LibreOffice Calc® y Benoit®, se ha logrado visualizar y analizar cómo se comportan estos incendios a través de los años. Tomemos como análisis el número de incendios desde 1975 a 2022 de Chihuahua, los cuales se observan en las figuras 1 al 4.

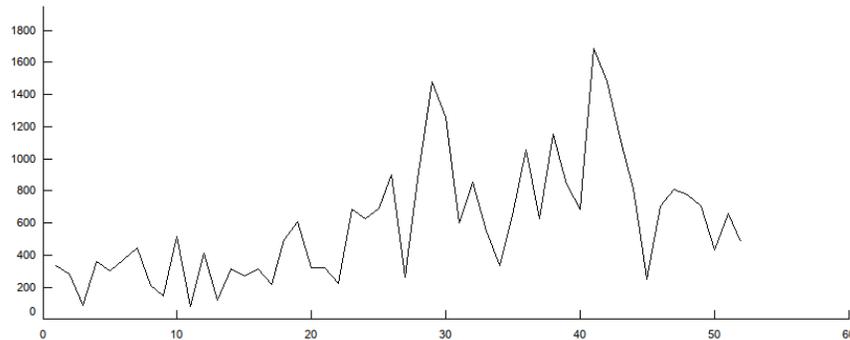


Figura 2. Análisis del número de incendios de 1975-2022 en Chihuahua

Fuente: Elaboración Propia con software Benoit®

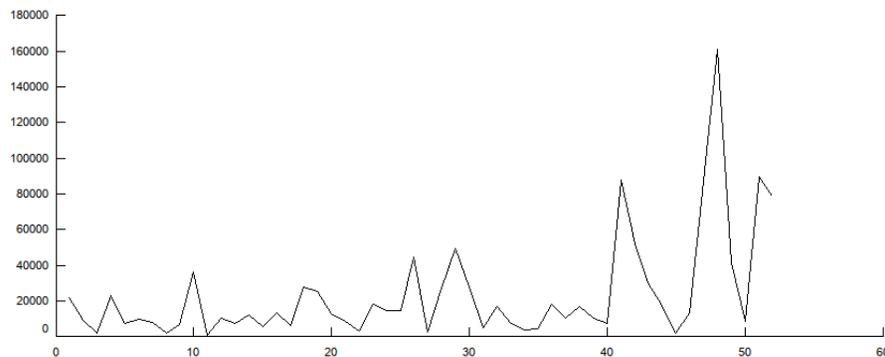


Figura 3.- Análisis del número de incendios de 1975-2022

Fuente: Elaboración Propia con software Benoit®

Los resultados obtenidos resaltaron un aumento en los incendios forestales al pasar de los años, lo que implica una relación fuerte con el cambio de temperatura e intervención humana. A pesar de que en los últimos años ha bajado el índice de incendios forestales anuales de Chihuahua, (Que se puede observar en la tabla 1) se han registrado los mayores números de áreas quemadas/afectadas.

El enfoque de la Teoría General de Sistemas (TGS) para analizar los datos sobre incendios forestales en México en el año 2022 proporcionaría una perspectiva integral y sistémica de la situación. Al aplicar este enfoque a cada estado de la república mexicana, se puede comprender mejor cómo diferentes variables y sistemas interactúan para influir en la frecuencia y magnitud de los incendios forestales. Analizando lo recabado en la siguiente representación gráfica (Figura 4 y 5).

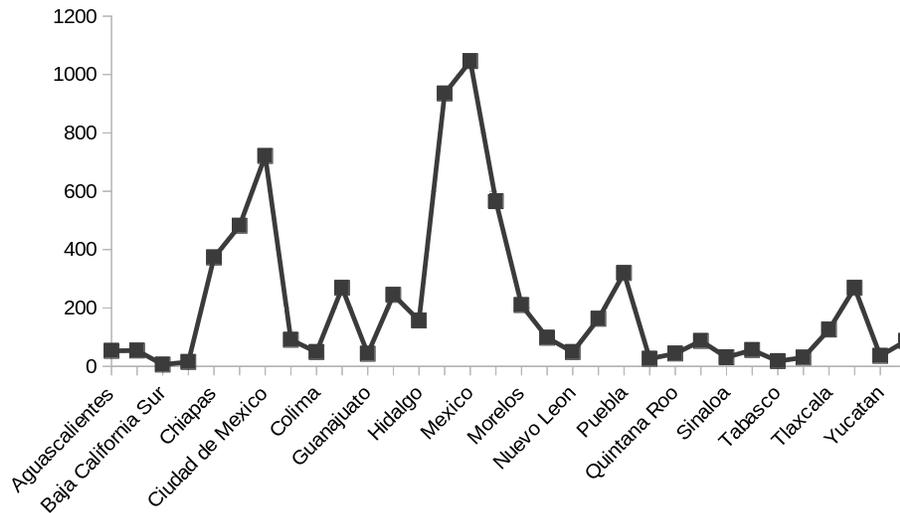


Figura 4.- Análisis del número de incendios de 2022 de cada estado.
Fuente: Elaboración Propia con software LibreOffice Calc®

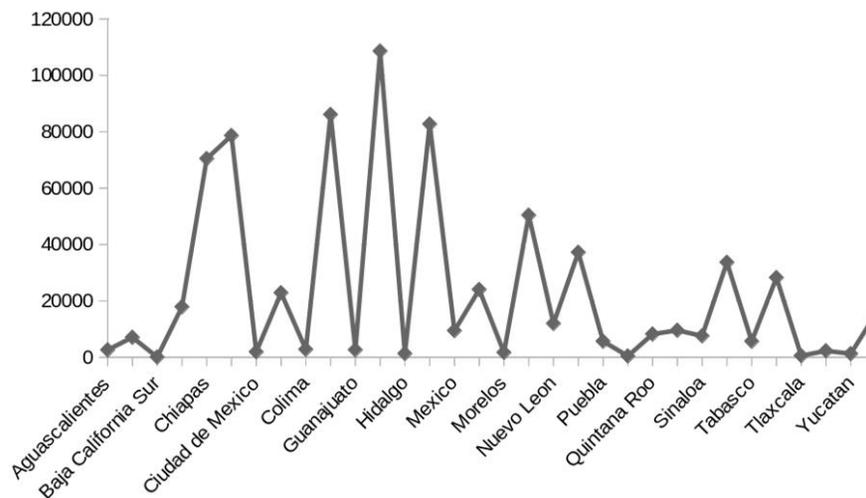


Figura 5.-Análisis de la superficie afectada por los incendios de 2022 de cada estado.
Fuente: Elaboración Propia con software LibreOffice Calc®

El análisis detallado de los gráficos mostrados anteriormente revela interesantes discrepancias entre el número de incendios y la extensión de tierra afectada por estos eventos. Sorprendentemente, se observa que el estado con el mayor número de incendios no necesariamente es aquel en el que se registra la mayor superficie afectada.

| AÑO | ENTIDAD FEDERATIVA | No. INCENDIOS | DE SUPERFICIE QUEMADA | REGIÓN |
|------|--------------------|---------------|-----------------------|--------|
| 2022 | MÉXICO | 1046 | 9467ha | Centro |
| 2019 | GUERRERO | 245 | 108597ha | Centro |

Figura 6.- Tabla de comparación de estados.
Fuente: Elaboración Propia con software LibreOffice Calc®

Mientras el estado de México reporta un elevado número de incendios en el año 2022, la superficie total afectada es menor en comparación con el estado de Guerrero que ha experimentado menos incendios, pero con una extensión geográfica significativamente mayor afectada por cada fuego.

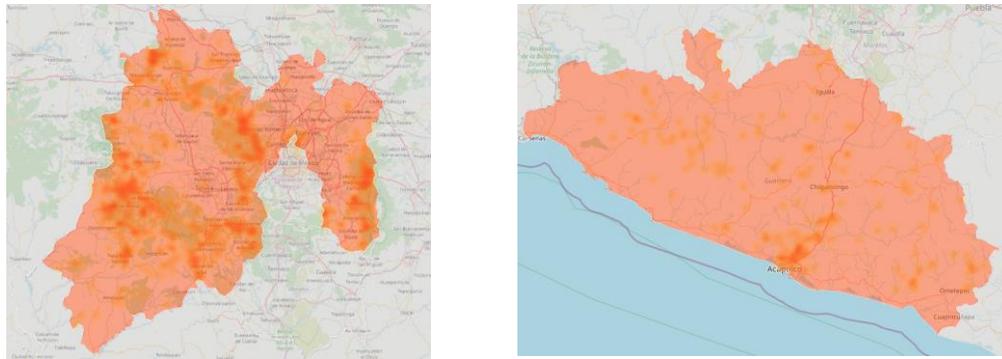


Figura 7. Zona de incendios del estado de México Y Guerrero

Este fenómeno resalta la complejidad de los factores involucrados en la propagación y control de los incendios forestales. Podría atribuirse a una combinación de diversos elementos, como las condiciones climáticas locales, la composición de la vegetación, la efectividad de los esfuerzos de contención y la prontitud en la respuesta a los incendios.

En el análisis previo, se restringió la observación a los datos del año 2022 con el propósito de profundizar en su comprensión. Ahora, buscamos expandir esta perspectiva y obtener una visión más amplia del fenómeno de los incendios forestales. Para ello, se ha realizado un análisis que abarca un periodo extenso

desde 1970 hasta 2022, con el objetivo de examinar la evolución temporal de estos eventos a lo largo de las décadas (Gobierno de México, CNIFR, 2023, octubre).

Se ha elaborado un gráfico que muestra la variación del número de incendios a lo largo de estos años, permitiendo identificar los picos más significativos en diferentes periodos temporales. Este análisis busca determinar los años y estados en los cuales se registró la mayor frecuencia de incendios, así como aquellos que presentaron una mayor extensión de área afectada por estos eventos.

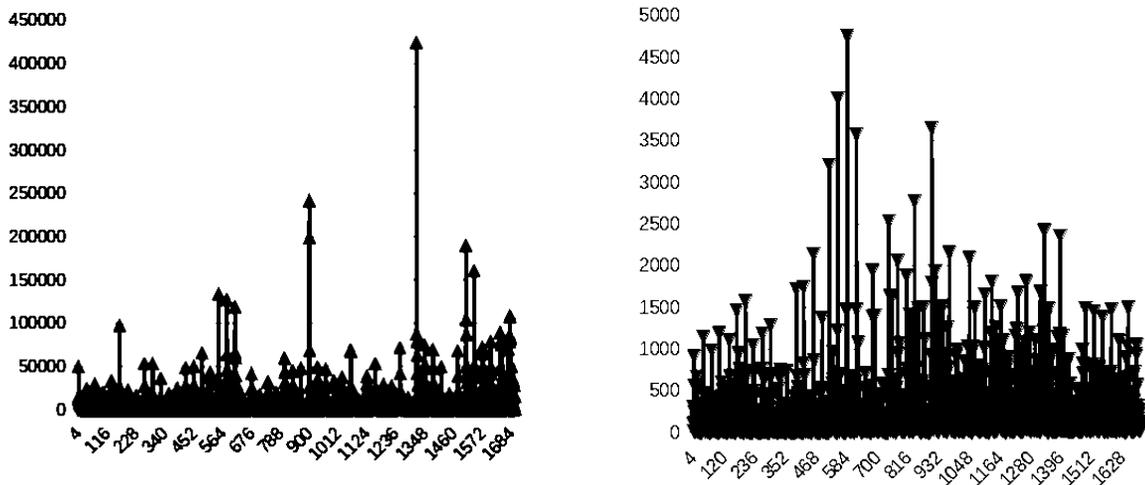


Figura 8 y 9.-Análisis del número y superficie afectada por los incendios de 1970 - 2022 de cada estado.

Fuente: Elaboración Propia con software LibreOffice Calc®

Este enfoque histórico nos brinda una panorámica completa y detallada de la incidencia de incendios forestales en México a lo largo de las últimas décadas. Además, permite identificar patrones, tendencias y posibles anomalías en la ocurrencia de estos eventos, ofreciendo una base sólida para comprender mejor la dinámica y la magnitud de los incendios forestales en el país.

| AÑO | ENTIDAD FEDERATIVA | No. INCENDIOS | DE SUPERFICIE QUEMADA | REGIÓN |
|------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|---------------|
| 2011 | Coahuila | 162 | 424541ha | Noreste |
| 1988 | México | 4748 | 21222ha | Centro |

Figura 10.- Tabla de comparación de estados.

En el análisis realizado, se destaca que, durante el año 1988, el estado de México registró la cifra más alta de incendios forestales, alcanzando un total de 4748

incidentes. Por otro lado, en el año 2011, el estado de Coahuila reportó la mayor superficie afectada por incendios, con un área devastada de 424,541 hectáreas.

Estos hallazgos resaltan momentos críticos en la historia de los incendios forestales en México, evidenciando los eventos más significativos en términos de frecuencia y extensión del daño. Es esencial considerar estos datos al evaluar la magnitud y el impacto de los incendios forestales en diferentes momentos y regiones del país.

MODELADO PREDICTIVO:

Partiendo de la selección de tres estados específicos, se busca realizar un análisis temporal que permita identificar patrones o relaciones entre ellos en relación con los incendios forestales. El objetivo es observar el comportamiento del promedio del área quemada en cada uno de estos estados a lo largo de los años para establecer posibles similitudes y diferencias (Hastie, Tibshirani y Friedman, 2009).

Utilizando los datos históricos del área quemada en los estados seleccionados, se generará un gráfico que represente la tendencia temporal del promedio anual del área afectada por los incendios en cada uno de estos estados. Este análisis permitirá observar la evolución a lo largo del tiempo y identificar posibles relaciones, tendencias comunes o variaciones entre los estados seleccionados. Una vez obtenidos estos gráficos, se buscará utilizar esta información para realizar proyecciones o predicciones aproximadas del área quemada en años futuros para los estados específicos. Esto se realizará mediante el análisis de las tendencias identificadas en los gráficos históricos para estimar posibles comportamientos en años posteriores.

CHIHUAHUA

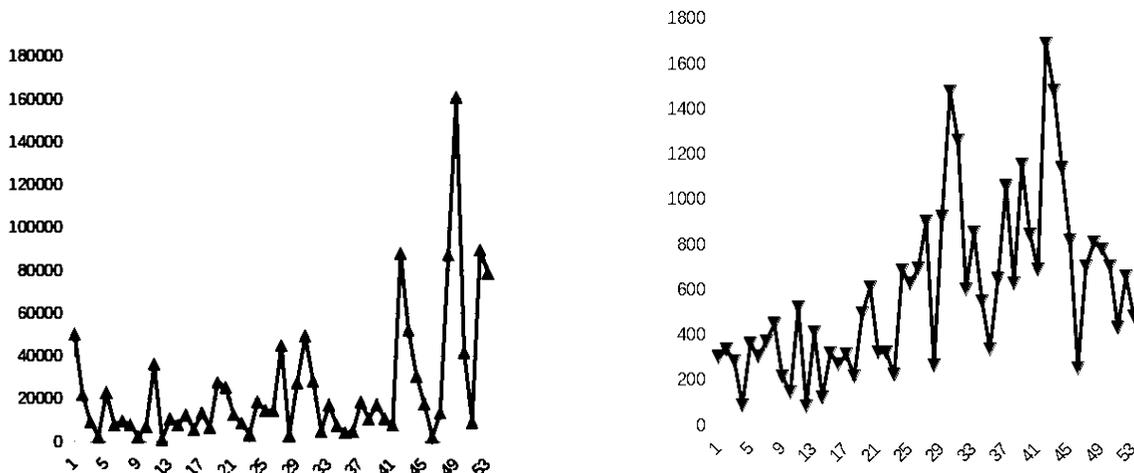


Figura 11 y 12.- Área quemada y Cant. de incendios.
Calculando la media del Área quemada de los datos recopilados de 1970 -2022

$$m = 24264.9433962264ha$$

Esta cifra representa el promedio del área quemada en los incendios forestales. Indica que, en promedio, la extensión de terreno afectada por cada incendio se sitúa alrededor de 8543 hectáreas.

Calculando la desviación estándar del Área quemada de los datos recopilados de 1970 -2022

Desviación Estándar= 29650.4404172863ha

La desviación estándar alta significa que hay una variabilidad considerable en el tamaño del área quemada en los incendios. El valor obtenido sugiere que los tamaños del área quemada tienden a desviarse bastante de la media.

Calculando la varianza del Área quemada de los datos recopilados de 1970 -2022

Varianza= 862560907.185475ha²

En este contexto, la varianza indica cuánto varían los tamaños del área quemada, mostrando la dispersión de estos datos alrededor de la media.

JALISCO

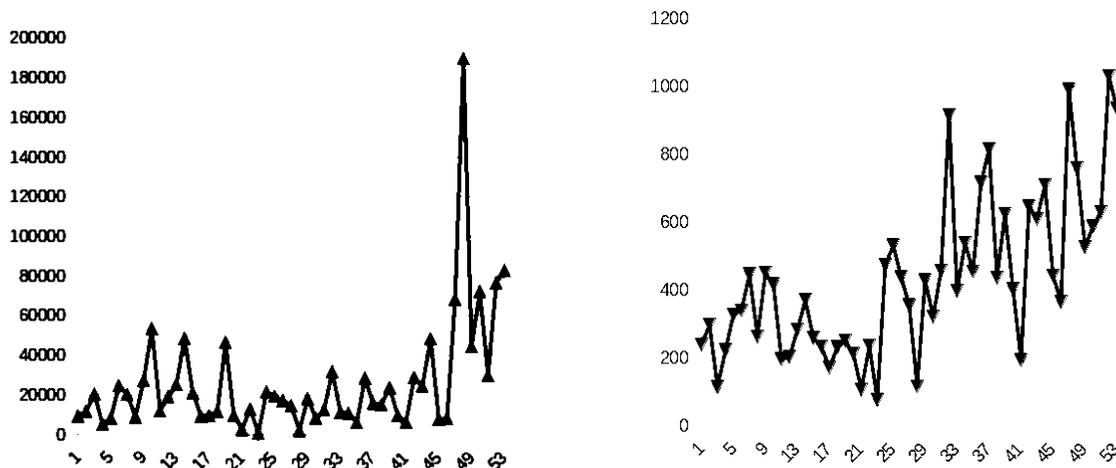


Figura 13 y 14.- Área quemada y Cant. de incendios.

m= 25872.43ha

Este valor representa el promedio del área quemada en incendios forestales. En promedio, se observa que el área afectada por incendios se sitúa alrededor de 25872.43 hectáreas.

Desviación Estándar= 30116.39ha

La desviación estándar indica que los tamaños del área quemada varían significativamente alrededor del promedio. Es decir, los valores individuales tienden

a estar bastante alejados del promedio, mostrando una alta variabilidad en los tamaños del área afectada por los incendios.

Varianza= 889883609.64ha²

La varianza es otra medida de dispersión que muestra cuánto varían los valores individuales del área quemada respecto al promedio, al cuadrado. La varianza de 889883609.64 hectáreas cuadradas es una cifra grande y confirma la alta variabilidad y amplitud de los datos en relación con el promedio del área quemada.

EDO. MEX

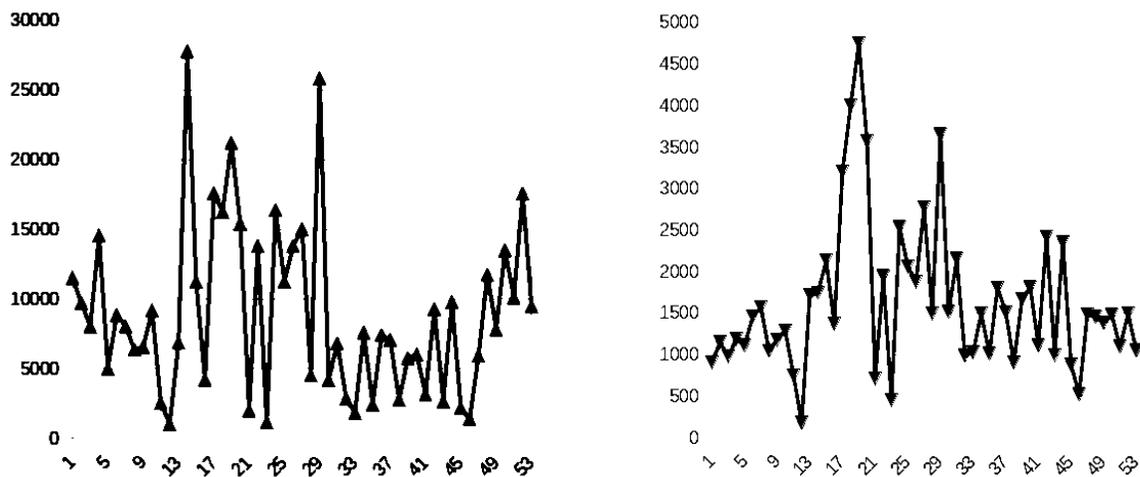


Figura 15 y 16.- Área quemada y Cant. de incendios.

Promedio= 8961.25ha

Este valor representa el tamaño promedio del área afectada por incendios forestales. Indica que, en general, se observa un área quemada promedio de aproximadamente 8961.25 hectáreas por evento de incendio.

Desviación Estándar= 6132.32ha

La desviación estándar es una medida que representa cuánto se alejan los valores individuales del área quemada del promedio. En este caso, una desviación estándar de 6132.32 hectáreas indica que los tamaños del área quemada tienden a variar considerablemente alrededor de la medida promedio. En otras palabras, los valores individuales pueden distanciarse en promedio de 6132.32 hectáreas del valor promedio de área quemada.

Varianza= 36895791.96ha²

La varianza, siendo el cuadrado de la desviación estándar, indica la dispersión de los valores de área quemada alrededor del promedio, al cuadrado. En este caso, una varianza de 36895791.96 hectáreas cuadradas muestra la extensión en la que

los tamaños individuales del área quemada pueden variar con respecto al valor promedio. Es decir, los datos sobre el área quemada en incendios tienen una dispersión amplia en relación con el promedio, lo que sugiere una gran variabilidad en los tamaños del área afectada por incendios forestales.

CONCLUSIONES

La consistencia observada en el tamaño promedio del área quemada y la dispersión de estos valores alrededor de la media refleja una estabilidad relativa en la magnitud de los incendios forestales analizados. Este patrón de variabilidad podría entenderse como parte de un sistema complejo y entrelazado de factores, tal como lo sugiere la Teoría General de Sistemas (TGS). La TGS nos invita a considerar los incendios forestales como sistemas integrados, donde elementos como el clima, la topografía, las actividades humanas y la vegetación interactúan de manera interdependiente y generan un comportamiento global observable. Este enfoque nos permite comprender cómo estas variables se influyen mutuamente, dando lugar a patrones y comportamientos emergentes en la propagación y magnitud de los incendios forestales.

Mediante el uso de la TGS en el análisis de incendios forestales, se pueden construir modelos predictivos más robustos y precisos. Estos modelos tendrían en cuenta la compleja red de interacciones entre las variables, permitiendo anticipar y entender mejor los posibles escenarios futuros. Al considerar estos factores interconectados, se pueden identificar tendencias emergentes, patrones ocultos y relaciones significativas que contribuyen a una predicción más informada y estratégica sobre el área quemada en incendios futuros.

Finalmente, al interpretar datos, gráficos y cálculos provenientes de una muestra representativa y considerando diversos elementos del entorno, incluyendo la influencia humana, se puede vislumbrar una predicción más cercana sobre las áreas que podrían verse afectadas por incendios forestales en México en el futuro.

Esta interpretación se basa en la comprensión profunda de patrones históricos, condiciones ambientales actuales y la influencia de actividades humanas, permitiendo una visión más precisa de cómo podría comportarse la propagación de incendios forestales en los próximos períodos. Integrar estos datos y consideraciones ayuda a formular una predicción más informada y ajustada a la realidad, lo que resulta crucial para implementar medidas preventivas, estrategias de gestión y acciones de mitigación que busquen reducir el impacto de los incendios forestales en México.

REFERENCIAS

- Carmona, D. H. (2011). Teoría general de sistemas: Un enfoque hacia la ingeniería de Sistemas (2nd ed.). Lulu.com.
- García, E., & Jiménez, R. (2020). Incendios forestales en México: Impacto ambiental y estrategias de prevención. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Gobierno de México. (2020). Incendios forestales en México: 023, octubre). Concentrado Nacional de Incendios Forestales. Recuperado el 18 de octubre de 2023, de https://monitor_incendios.cnf.gob.mx/incendios_tarjeta_semanal.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Springer. ISBN: 978-0387848570.
- Ochoa, S. F., Singh, P., & Bravo, J. (2017). Ubiquitous computing and ambient intelligence: 11th International Conference, UCAmI 2017, Philadelphia, PA, USA, November 7–10, 2017, Proceedings. Springer.
- datos.gob.mx. (s. f.). Incendios forestales - BDHistoricoIncendiosForestales19702021.csv. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/incendios-forestales/resource/374e7a72-d73d-4539-901b-0eac23987197>.

**CONDICIONES GENERALES DEL SECTOR TRANSPORTE DE CARGA EN
MÉXICO**
GENERAL CONDITIONS OF THE CARGO TRANSPORT SECTOR IN MEXICO

Ma. Teresa Cruz Patiño

Profesora e Investigadora del Centro Universitario Nezahualcóyotl-UAEMEX.
wmtcruzp@uaemex.mx, ORCID 0009-0003-3267-2338

Selene Jiménez Bautista

Profesora e investigadora del Centro Universitario Nezahualcóyotl-UAEMEX.
sjimenezb@uaemex.mx, ORCID 0000-00002-7561-0482

José Osvaldo Torres Chávez

Profesor de Asignatura del Programa de Ciencias Políticas y Administración
Pública del Centro Universitario Texcoco UAEMEX, jotorresc@uaemex.mx,
ORCID 0009 0009 4710 4054

RESUMEN

El presente trabajo tiene como intencionalidad mostrar y analizar las condiciones del transporte de carga en México en el escenario del T-Mec. Se parte de la descripción y análisis del parque vehicular, la infraestructura carretera y los modelos de inversión, bajo una metodología de investigación secundaria, que se basa en datos ya publicados e información oficial a fin de encuadrarla en el análisis de nuestro interés, con la ventaja de introducir al lector a la discusión del tema del autotransporte. Entre los resultados y conclusiones encontramos que la ventaja geográfica de México de ser vecino y socio comercial de EUA es indudable, por ello el auge del transporte terrestre de carga, pero esto puede desvanecerse debido a las condiciones del transporte y las vías de comunicación que no están a la altura de la velocidad del comercio del T-mec por lo que podría llegar nuevos actores capaces de satisfacer las necesidades de transporte quitando el beneficio geoestratégico a México.

Palabras Clave: Transporte de carga, Carreteras, T-Mec, Comercio, Inversión carretera.

ABSTRACT

The intention of this work is to show and analyze the conditions of cargo transportation in Mexico in the T-Mec scenario. It starts from the description and analysis of the vehicle fleet, the road infrastructure and the investment models, under a secondary research methodology, which is based on already published data and official information in order to frame it in the analysis of our interest, with the advantage of introducing the reader to the discussion of the subject of motor transport. Among the results and conclusions, we find that Mexico's geographical advantage of being a neighbor and trade partner of the US is unquestionable, hence the rise of land freight transportation, but this may fade due to transportation conditions and communication routes that are not at the height of the speed of the trade of the T-mec, so that new actors capable of satisfying the transportation needs could arrive, taking away the geostrategic benefit from Mexico.

Keywords: Cargo transportation, Highways, T-Mec, Commerce, Highway investment.

Fecha de recibido: 29 de octubre de 2023

Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2023

INTRODUCCIÓN

La pandemia del Covid-19 demostró a los Estados Unidos de América (EUA), y a todo el mundo, una realidad ya sabida por todos e incluso por ellos mismos, aunque siempre matizada por la política: la distancia se toma una cuestión insalvable cuando una emergencia exige respuestas rápidas y contundentes, de lo contrario caemos en la parálisis y, los costos políticos y económicos ponen en peligro la viabilidad de un gobierno e incluso de un Estado. Los efectos de la pandemia repercutieron con fuerza en la aceleración de la regionalización de las cadenas de producción debido al conflicto entre EUA y China. Esto impulsó la idea de considerar una relocalización de empresas estadounidense para el abastecimiento de suministros médicos e industriales. Entre los políticos de EUA se manifestó la idea de la dependencia inaceptable que tienen con China en la provisión de diversos productos.

Las voces más moderadas sobre el comercio internacional como Aidar, David, Mohammad y Presbitero (2021) mencionan que no se puede hablar de un desmantelamiento de empresas para ser repatriadas sino de una diversidad de la oferta. En este caso EUA se vería en la necesidad inmediata de abrir fábricas de chips e insumos médicos en su territorio continental o su área de influencia geopolítica -entiéndase Canadá y México-, ya sea diversificando insumos o sustituyéndolos.

De acuerdo con estos autores, para México es una oportunidad de aumentar los lazos económicos, pasar de socio comercial (es el número) a un aliado estratégico,

aspiración que no ocultó el presidente de México Andrés Manuel López Obrador en una de sus giras a EUA (cabe mencionar que es el único país que ha visitado) al señalar que se encuentran listos para enfrentar el reto de China al igual que Norteamérica.

El T-Mec¹ no trata de un intercambio de mercancía sino de cadenas de producción como sucede en el sector automotriz, aviación y electrodomésticos, principalmente. La apuesta ahora está en los chips, pero no basta con traer las fábricas sino también, contar con las vías de comunicación y unidades de transporte que conforman las cadenas de distribución. Para este tipo de estudios siempre se manejan las variables de infraestructura, parque vehicular y costos, si bien en una primera instancia se delimita de manera puntual, los costos y las ventajas económicas de cada país, no se repara con detenimiento sobre las consecuencias políticas y geopolíticas de este sector (Gómez, 2021). En este caso, se abordará el aspecto de autotransporte terrestre de carga y los efectos de su integración en el marco del T-Mec².

METODOLOGÍA

La estrategia metodológica utilizada es el tipo de investigación secundaria, que se basa en datos ya publicados e información recopilada de otros estudios realizados (McCrocklin, (2018). De acuerdo con Treadwell (2016) este tipo de investigación la práctica de realizar investigaciones secundarias antes de la investigación primaria se justifica cuando información requerida aún no está disponible. Cabe señalar que la credibilidad de la investigación secundaria puede variar dependiendo de dónde provienen los datos y quién comparte la investigación.

¹ A partir del primero de julio de 2020 entró en vigor el T-MEC, que es el nuevo acuerdo comercial entre México, Estados Unidos y Canadá, y que sustituye al Tratado de Libre Comercio (TLCAN) (Forbes Staff, julio 1, 2020).

² De acuerdo con Rico Galeana (2001), a partir del año 2001 se observa un creciente proceso de integración del autotransporte de carga en la zona de libre comercio de América del Norte, que incluye a México, Estados Unidos y Canadá. Lo anterior significa, según Carrillo y De los Santos Gómez (2022: 6) que, "...en un contexto de reconfiguraciones tecnológicas, políticas, productivas y de mercado, tales como la tendencia global de implementar tecnologías digitales, incluida la de la industria 4.0, el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) y las políticas de reactivación económica emprendidas por el Gobierno estadounidense ante los efectos por la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19), se abre un abanico de oportunidades para el sector manufacturero de exportación de México, específicamente en materia de valor agregado nacional, encadenamientos productivos (con pequeñas y medianas empresas mexicanas), generación de empleo de calidad y fortalecimiento de capacidades tecnológicas. Sin embargo, estas oportunidades también plantean desafíos en las que resulta clave el papel de los gobiernos (principalmente estatales) y de las organizaciones de la iniciativa privada, así como el impulso de políticas y programas con un gran énfasis en el fomento productivo con enfoque global y centrado en las nuevas tecnologías".

Siguiendo estas ideas, la aplicación de esta metodología a la investigación realizada, tuvo por finalidad:

- Identificar los aspectos relevantes conocidos, así como los aspectos desconocidos y los controvertidos sobre el tema revisado;
- Identificar las aproximaciones teóricas elaboradas sobre el tema;
- Conocer las aproximaciones metodológicas al estudio del tema;
- Identificar las variables asociadas al estudio del tema;
- Proporcionar información amplia sobre el tema estudiado;
- Facilitar al lector un ahorro en la lectura de documentos primarios;
- Contribuir a superar las barreras idiomáticas;
- Discutir críticamente conclusiones contradictorias procedentes de diferentes estudios;
- Mostrar la evidencia disponible;
- Dar respuestas a nuevas preguntas, y Sugerir aspectos o temas de investigación (Jaén, 2023).

Con base en este enfoque metodológico, la intencionalidad del artículo es mostrar los rasgos generales del sector transporte de carga en México conforme a cifras oficiales del gobierno e instancias internacionales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional -aunado a información del mismo gremio de autotransporte- y analizar las implicaciones de su integración en el marco del T-Mec.

Como ya se mencionó nos encontramos en una coyuntura geopolítica donde se discute la relocalización de la fabricación de chips y, posiblemente de otro tipo de mercancías (el reciente anuncio de la inversión de Tesla en Nuevo León, es un ejemplo ello). En este sentido, se parte de la premisa de que no basta con fabricar y armar vehículos de autotransporte de carga, además se necesita transportar. La condición geográfica de México es una ventaja comparativa que nadie más tiene, sin embargo, es necesario reconocer los retos que se presentan para explotar al máximo esta oportunidad geopolítica y que no se quede en una mera posibilidad rebasada por la realidad.³

³ Conforme a la teoría ricardiana, el comercio entre países puede beneficiar a ambas partes si cada país exporta los bienes en los cuales tiene ventaja comparativa. Para Balassa (1979), “un país cuenta con tal ventaja en la producción de un bien si el costo de oportunidad de producir un bien en términos de otro es menor en ese país que en otros”. La creciente apertura comercial ha suscitado el desplazamiento de la industria automotriz de las regiones industrializadas hacia las regiones emergentes, donde se han encontrado mayores y mejores ventajas comparativas (Vieyra, 1990). Se ha argumentado que México cuenta con ventaja comparativa en la industria automotriz (Flores y Rivero, 2010).

DISCUSIÓN

TRANSPORTE DE CARGA. EL SOSTÉN OPERATIVO DEL T-MEC

Comencemos por definir el transporte de carga “El sector del transporte terrestre abarca una amplia variedad de actividades que a menudo tienen poco en común. Algunos tipos de transporte son de gran intensidad de capital (transporte por ferrocarril, tuberías), mientras que otros requieren inversiones relativamente escasas (taxis, transporte por camiones, autocares). Algunos emplean a un gran número de trabajadores (una compañía ferroviaria puede emplear hasta varios centenares de miles de personas), mientras que en otros casos los costos de mano de obra solo suponen un costo marginal (tuberías)”.OMC (2023)

Además, existe una clasificación del transporte por carretera que abarca tres grandes grupos⁴, cada uno de los cuales sigue su propia lógica económica y reglamentaria: “el transporte de pasajeros (urbano e interurbano) y el transporte de carga” (OMC, 1998, pág. 3). En esta investigación sólo nos enfocaremos en el transporte de carga.

Una de las ventajas del transporte terrestre son sus capacidades logísticas y, sus bajos costos respecto a la competencia que representan las otras modalidades de transporte. Se observa así que, aunque el transporte marítimo siga siendo más barato, el sector del transporte por carretera se caracteriza por su facilidad de entrada y sus escasas economías de escala. Adicionalmente, el desarrollo de las redes de autopistas iniciado en los años treinta y cincuenta y el aumento de la velocidad comercial y de las cargas útiles, explica por qué el sector se ha desarrollado con tanta rapidez y de manera tan competitiva (Noayum Logistics, 2021).

Estas ventajas explican, además, la baja concentración registrada: por ejemplo, en 1985, el 60 por ciento de los usuarios en Suecia eran propietarios que conducían su propio vehículo. En Francia, el 76 por ciento de las empresas tenían menos de 5 empleados, pero sólo totalizaban el 18 por ciento del mercado, mientras que las compañías con menos de 50 empleados poseían dos tercios del mercado, y, en el otro extremo, las 20 empresas más importantes disponían del 19 por ciento del mercado. En algunos países como los Países Bajos y los Estados Unidos, la concentración es más elevada, sobre todo porque esos países adoptaron la logística integrada con más rapidez que otros. Al mismo

⁴ Los profesionales dedicados a la Logística y al Comercio Internacional contemplan como modalidades para su operación el transporte marítimo, el aéreo, por carretera o por ferrocarril, para sus operaciones. En el caso del autotransporte carretero, observan ventajas e inconvenientes a considerar en el transporte de mercancías (EALDE Business School, 2018).

tiempo, puede comprobarse un movimiento aparente de desconcentración por el que las grandes empresas convierten a sus empleados en pseudoempresarios independientes ("por cuenta propia"), les adelantan una parte del dinero que necesitan para comprar un vehículo y obtienen a cambio una reducción de las contribuciones a la seguridad social y otras cargas sociales (OMC, 1998, pág. 12)

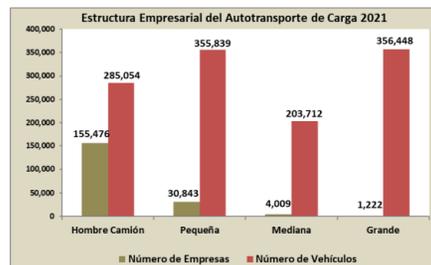
En consecuencia, como señala Aguilar (2018), existen dos grandes ramos en el sector autotransporte: las empresas e individuos que tienen su propio camión que han sido definidos a lo largo del tiempo como hombres-camión. Esta desconcentración ha generado una competencia en beneficio del consumidor.

Al igual que en todo el mundo el transporte por vía terrestre es barato en México y accesible pero además se tiene la ventaja comparativa de la cercanía con su destino que es EUA igualmente el sector no es uniforme. Según la agencia Mordor Intelligence (2023) "En México, para 2020, se contaba con más de 990,000 vehículos pesados para el transporte de carga general y cerca de 153,500 vehículos dedicados al transporte de carga especializada. En 2020, México contó con 124,164 vehículos pesados especializados en el transporte de materiales peligrosos y un total de 17,133 vehículos voluminosos. Además, el país norteamericano registró ese año más de 1,1 millones de vehículos de transporte de carga" (p 1).

Cuadro 1 Estructura empresarial del autotransporte de carga conforme a tipos de empresa

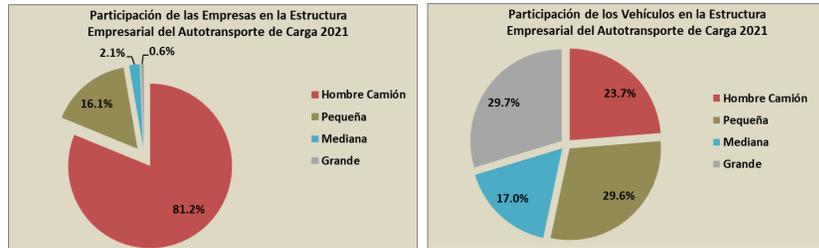
| Tipo de Empresa | Estrato en Unidades | Número de Empresas | % | Número de Vehículos | % |
|-----------------|---------------------|--------------------|------------|---------------------|------------|
| Hombre Camión | 1 a 5 | 155,476 | 81.2 | 285,054 | 23.7 |
| Pequeña | 6 a 30 | 30,843 | 16.1 | 355,839 | 29.6 |
| Mediana | 31 a 100 | 4,009 | 2.1 | 203,712 | 17.0 |
| Grande | más de 100 | 1,222 | 0.6 | 356,448 | 29.7 |
| Total | | 191,550 | 100 | 1,201,053 | 100 |

Nota: La diferencia del total de permisionarios con respecto a los cuadros 1.2.2 y 1.2.3, se debe a que estos pueden tener Oficinas en más de una Estado, es por ello que cuando se desglosa la información por Entidad Federativa es mayor el número de permisionarios.



Fuente: Tomado de Estadística básica del autotransporte federal. 2021. Subsecretaría de Transporte Dirección General de Autotransporte Federal.

Cuadro 2. Estructura empresarial del autotransporte de carga conforme al número de camiones por empresa



Fuente: Tomado de Estadística básica del autotransporte federal. 2021. Subsecretaría de Transporte Dirección General de Autotransporte Federal.

En 2021 la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), reporta la estructura empresarial del autotransporte de carga, agrupando el parque vehicular bajo la siguiente clasificación: empresas grandes tiene más de 100 vehículos, tanto motrices como de arrastre, las medianas tienen de 31 a 100, las pequeñas de 6 a 30 y el hombre camión dispone hasta de 5 unidades disgregándose de la siguiente manera:

Con base en el documento *Estadística Básica del Autotransporte de Carga*, emitido por SICT (2021), se identifica que, para 2021, la flota del autotransporte federal de carga está compuesta por un millón 201 mil 053 vehículos, de los cuales, 606 mil 090 son motrices y 594 mil 443 son equipos de arrastre. Dicha fuente indica que, al desagregar la flota motriz, se identifica que 251 mil 456 corresponden a tractocamiones, en tanto que 143 mil 284 son camiones unitarios. De esta manera, se registró un incremento anual de 5.1% en la flota de tractocamiones, mientras que los camiones avanzaron en 3.3 por ciento. De igual forma se consigna que para 2021, la Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) registró 191 mil 550 empresas, de ellas, 0.6% son grandes, esto es mil 222; 4 mil 009 son medianas, las cuales aportan 2.1%; las pequeñas alcanzaron 30 mil 843 para representar 16.1%; el resto de las unidades económicas, 155 mil 476 son microempresas (hombre camión), que abarcar 81.2% de la estructura empresarial. En suma, las grandes empresas son quienes dominan el mercado generándose un proceso de concentración tras la liberación del mercado de autotransporte, siendo la tendencia dominante en el sector como lo mencionó el Banco Mundial (ver Cuadros 1 y 2). Cabe mencionar que los hombres-camión han generado una demanda de camiones que es satisfecha en su mayoría por empresas automotrices extranjeras, al mismo tiempo son quienes utilizan el doble remolque que abaratan los costos y, se vuelven más competitivos frente a sus pares de EUA y Canadá, sin embargo, las condiciones de la infraestructura de México aumentan los costos tanto por el estado

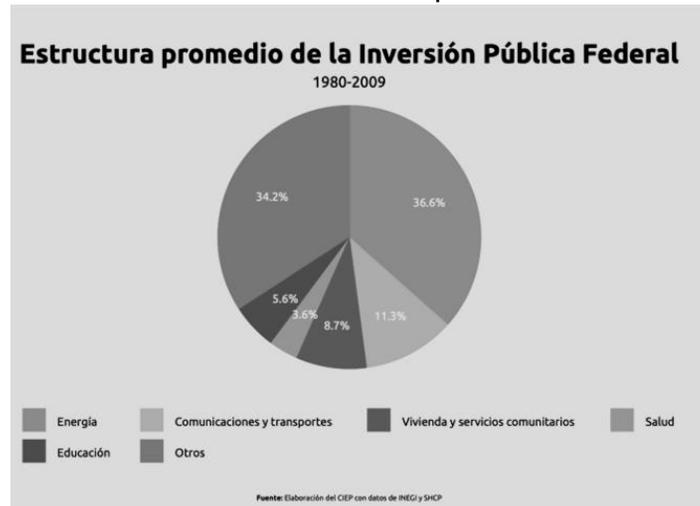
de las carreteras como a la falta de conexiones puentes, caminos alternos etc. Pasemos al tema de la infraestructura.

INFRAESTRUCTURA

Según datos del 2018 del INEGI y SICT publicados en el Diario Oficial de la Federación (2019) “la extensión de la red carretera nacional es de 407,959 km de carreteras, de los cuales 51,198 km corresponde a los corredores troncales; 51,197 km corresponden a la Red Carretera Federal y 356,761 km integran la red rural y alimentadora; de la red federal, 40,583 km son carreteras federales libres de peaje con 9,167 puentes y 10,614 km son autopistas.(p 1) Además, el transporte tanto de carga como de pasajeros por vía terrestre desplaza el 55.6% de la carga y al 95.7% de los pasajeros dentro de la distribución modal de viajes. Se infiere entonces que la forma esencial de transportar mercancías y personas es por tierra debido a los bajos costos y, la falta de infraestructura por la vía aérea y marítima, siendo la parte central de nuestra forma de comerciar como lo menciona la SICT.

Las mismas autoridades reconocen que la infraestructura carretera no se encuentran en el mejor estado posible SICT (2023) “El estado físico de la Red Carretera Federal libre de peaje a finales de diciembre de 2018 fue: 25% en estado bueno, 40% en estado regular y 35% en mal estado; de la red rural el 23% estaba en buenas condiciones y de la red alimentadora el 35% se encontraba en buen estado, asimismo, la Red Carretera Federal tiene 15 corredores troncales con una longitud total de 19,780.6 km, donde se localizan tramos urgentes de modernizar y construir para abatir costos logísticos y de viaje para los usuarios”. (p1) Inclusive, a pesar de los esfuerzos de la iniciativa privada y el gobierno federal, - cuando la inversión en carreteras superó a todos los sectores-, en términos netos la inversión en el sector descendió (ver gráficas siguientes):

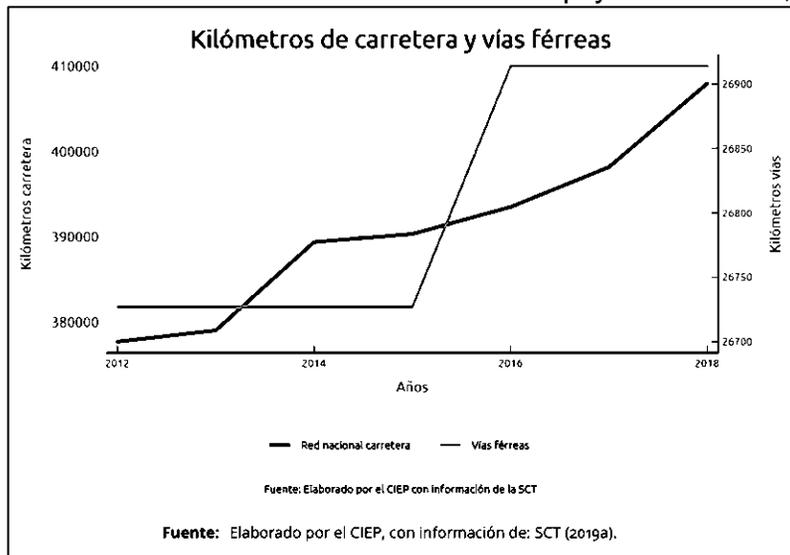
Cuadro 3. Promedio de la inversión pública federal 1980-2009



Fuente: Tomado de *Infraestructura en México: Prioridades y deficiencias del gasto público*. Centro de Investigación Económica y Presupuestaria, A.C. (CIEP), 2010.

De acuerdo con el Informe, *Infraestructura en México Prioridades y deficiencias del gasto público*, elaborado por el Centro de Investigación Económica y Presupuestaria, A.C. (CIEP,) en 2020, la evolución de la estructura porcentual de la inversión pública por funciones durante el periodo 1980 – 2009, se muestra en la figura anterior. Se observa que, en términos relativos, la configuración del gasto en infraestructura a lo largo de ese periodo se mantuvo relativamente constante. No obstante, para el caso del rubro de energía, se puede observar una pérdida relativa de importancia a inicios del siglo presente, que fue revertida a partir de 2006. El impulso consiguiente se tradujo en el máximo de los montos destinados a esta categoría como porcentaje del total del gasto en infraestructura. En 2009, la inversión en energía representó más de 50 % de este tipo de gasto (ver gráfica 1).

Gráfica 1. Kilómetro de construcción de carreteras y vías ferreas, 2012-2018



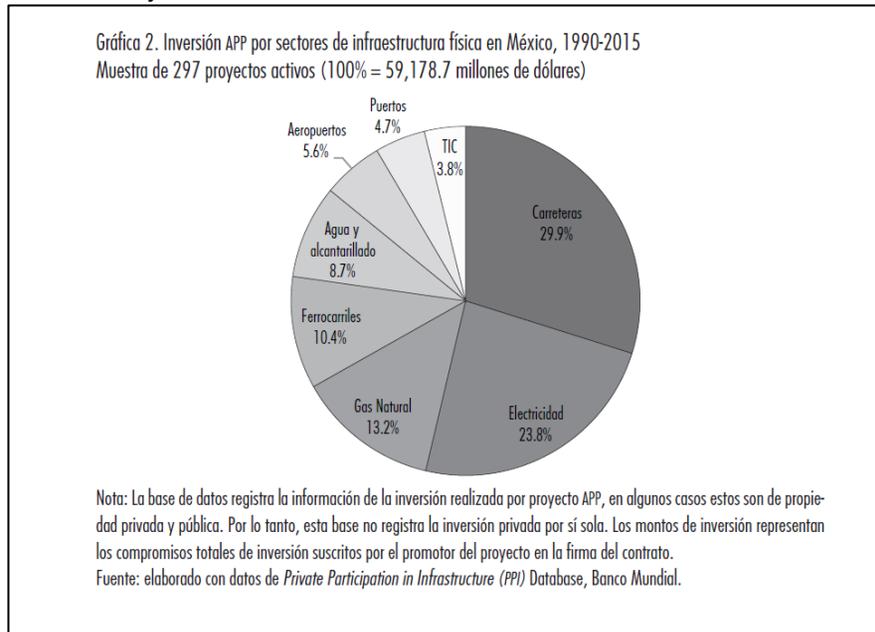
Fuente: Tomado de Infraestructura en México: Prioridades y deficiencias del gasto público. Centro de Investigación Económica y Presupuestaria, A.C. (CIEP), 2018.

A pesar de las variaciones en la inversión en el sector energía y las del sector de telecomunicaciones y transportes, el grueso de la inversión pública se destinó a las categorías que abarcan la infraestructura económica. A partir de 1990, los sectores de educación y salud tuvieron mayor importancia relativa dentro del presupuesto para inversión pública, aunque, durante todo el periodo, los montos destinados a estas categorías fueron menores que para el conjunto de las demás categorías. En promedio, durante todo el periodo, la inversión en infraestructura energética fue la más importante, seguida de la inversión destinada a comunicaciones y transportes (CIEP, 2020).

Aunque el sector transporte es de los sectores con mayor inversión en el país, esto no se ve reflejado en los indicadores, ya que los tres grandes rubros -el transporte de pasajeros (urbano e interurbano) y el transporte de carga-, se han mantenido relativamente estables. A su vez, la longitud de la red nacional carretera y vías férreas en el periodo 2012 – 2018, muestra que la red nacional carretera se ha incrementado 8 % en el periodo de 2012 a 2018, pasando de 377 mil 660 kilómetros en 2012 a 407 mil 959 kilómetros en 2018. En el caso de la longitud de las vías ferroviarias, permanecieron constantes de 2012 a 2015 para incrementarse en 2016 y permanecer constantes a 2018. En el periodo de 2012 a 2018, la longitud de las vías ferroviarias se ha incrementado en 0.8 % (Figura 67. En los aeropuertos se observa algo similar a lo sucedido con las vías ferroviarias, se han mantenido constantes de 2012 a 2016, con 76 aeropuertos. En 2017, se inició la construcción de un

nuevo aeropuerto en el país, para pasar a 77 aeropuertos, sin modificarse el número en 2018 (CIEP, 2020: 95).

Cuadro 4. Porcentajes de inversión en infraestructura en México, 1990-2015



Fuente: Tomado de Mendoza, José Enrique. *Financiarización y sector carretero en México*, 2017.

En conjunto, los montos destinados a las categorías que engloban la infraestructura económica representaron 47.9 % del total. CIEP (2020). “En contraste, los sectores de educación, salud y vivienda, que corresponden a la infraestructura social, abarcaron 17.9 % de la inversión total. La categoría menos privilegiada dentro del periodo que nos ocupa fue la de salud pública”. (p. 20)

Al respecto, Juan Carlos Moreno Brid (2016), señala que en México la inversión en infraestructura del transporte ha presentado una pérdida de impulso desde los años 80s. Por su parte, José Luis Clavellina Miller (2019) indica que, de 2010 a 2015, la inversión fija creció a una tasa media anual de 2.4%, lo cual está por debajo del crecimiento del PIB de 2.5% y ha diluido el coeficiente de inversión de la economía a un 4.5% real anual durante dicho período.

Se registran así, 44 proyectos carreteros activos con una inversión pública-privada de 17 673.7 millones de dólares, lo que representa 29.9% de la inversión APP Asociaciones Público Privadas). Si a esta cifra le sumáramos los 16 proyectos carreteros que se registran como cancelados en la base de datos del Banco Mundial, vinculados al rescate carretero, la inversión en

dicho sector ascendería a 25 mil millones de dólares, lo que representaría cerca del 40% de los recursos APP (Mendoza, p 96)

No obstante, debido a la posibilidad de la relocalización de una parte importante de las fábricas de chips de China a EUA, y el aumento del e-commerce, se espera un aumento en México de la infraestructura y, del parque vehicular, en momentos donde en EUA faltan transportistas, en 2018 se mencionaba sobre la necesidad de al menos 100000 conductores (Transportation, 2023) aunado la inversión ya postergada por diversas circunstancias internas de EUA por rehabilitar su infraestructura como lo prometió Donald Trump y ahora Joe Biden (transportation, 2023) Por ejemplo se ha mencionado insistentemente la intención de construir el denominada corredor T-Mec que tiene el propósito de unir el estado de Sinaloa con la ciudad canadiense de Winnipeg a través de EE.UU (Bnamericas, 2023). Pero todavía no inician los trabajos y quienes participarían directamente en la construcción.

Podemos colegir entonces que hay una preocupación en EUA por la calidad y cantidad de infraestructura y camiones en EUA, y sobre todo en México, por su lado México lo considera como una oportunidad debido al aumento del *e-commerce* y la posible deslocalización en China (Gentillo, 2017).

INVERSIONES

La OMC considera que “La mala infraestructura de transporte o los servicios de transporte ineficientes se reflejan en costos de transporte directos más altos y tiempos de entrega más largos. La mejora de la infraestructura del país puede influir mucho en el costo de comercialización” (OMC, 2004). Como ya mencionó, en la década pasada las inversiones en carreteras ocuparon una mayor proporción de los recursos público. Pero la forma de hacerlo abre algunas interrogantes sobre su viabilidad en esta década, principalmente por la presencia de nuevos actores y condiciones geoeconómicas diferentes en la región (Mendoza, 2017).

El esquema que se usa en México para la reparación y construcción de carreteras es por medio de Asociaciones Publico Privadas (APP) que, en esencia, consiste en la inversión de entes privados que participan, por insuficiencia de los recursos públicos en la construcción de infraestructura planeada por el gobierno. Debido a sus condiciones contractuales podemos señalar que este esquema de colaboración sector público – sector privado, significa llanamente un proceso de privatización y, que cada proyecto debido a su riesgo, tiene distintas modalidades de co-inversión.

Entre las modalidades que reconoce el Fondo Monetario Internacional (FMI), están los siguientes:

a) Si los servicios son vendidos al público, el sector privado puede emitir una deuda usando el flujo de ingresos proyectados de una concesión como garantía; b) Cuando el gobierno es el principal comprador de los servicios, esta corriente de ingresos puede ser utilizada como colateral; c) El sector privado puede obtener una contribución directa a los costos del proyecto o garantías para sus préstamos del gobierno (Mendoza, p 88-89).

Si bien es una forma que tiene los gobiernos para complementar recursos en la construcción de infraestructura, el costo es la renuncia a los beneficios de estos activos y el encubrimiento de deuda: Mendoza (2017) “las APPs son una forma de ocultar el endeudamiento público y convierten al gobierno en una caja de pagos” esta privatización va degradando el sector público en las carreteras” (p 94).

En el caso del sector carretero, la titulación de activos públicos, como soporte financiero de los esquemas APP ha estado asociada a las concesiones carreteras de largo plazo, el desmantelamiento de las carreteras públicas, las subvenciones a las grandes corporaciones por medio de fondos de infraestructura, las altas cuotas de peaje, la restricción de fondos públicos para la construcción de infraestructura carretera, entre otros (Mendoza, 2017, pág. 98)

Pero debido a la condición estratégica y geopolítica del sector se presume que entrarían otros actores en estos proyectos por parte de EUA se anunciado el interés por el proyecto del corredor T-MEC pero igualmente las condiciones poco claras para ser partícipes en los esquemas APP pueden ser un obstáculo. Es sabido que en México este tipo de licitaciones tiene un corte político donde se pagan favores por el apoyo recibido a candidatos a gubernaturas o la presidencia. ¿Esto podría marcar el inicio de una nueva lógica político-electoral en el país? O ¿Podría ser un obstáculo para el desarrollo carretero del país obligando a EUA buscar otras alternativas rentables para sus intereses?

Sobre la primera suposición no hay muchos indicios, pero si la posibilidad de algunos tratos políticos y económicos por parte de algunos actores, pero siendo a nivel internacional bajo el auspicio del T-MEC las condiciones de corrupción disminuirían sensiblemente, quizás aflorarían la falta de coordinación administrativa y con ello entorpecería los proyectos de inversión en infraestructura.

Respecto a la segunda suposición, existe la idea (Sánchez y Chauvet, 2019), sobre la ventaja comparativa insuperable de la cercanía entre México y EUA, por ende parte de la negociación a pesar de ser tan desigual en tamaño y poder económico entre ambos países le da a México parámetros de negociación y acción amplios que obligarían a EUA a ceder en aspectos importantes para las élites nacionales pero las condiciones geopolíticas en especial en el tema de China puede derivar en la toma de decisiones que garanticen los intereses estadounidense, una de esas acciones es el uso de la logística de terceros, conocida por su acrónimo: 3PL.

En la mayoría de los países industriales, casi un tercio de la facturación de los servicios logísticos es contratado a proveedores 3PL. Tradicionalmente, las empresas subcontratan a proveedores logísticos para funciones que no son principales, con la finalidad de ganar eficiencia operativa y reducir los costos.

Además, los 3PL con experiencia en la gestión del transporte internacional, el almacenamiento y la distribución, están ofreciendo a las economías acceso a la “columna vertebral” operativa del comercio mundial. Si bien el desarrollo de los servicios 3PL a escala regional ha sido limitado, el avance hacia la etapa más temprana de logística de segundos — donde las compañías unifican sus funciones internas de transporte y almacenamiento, y crean sus propios departamentos internos de logística — está todavía en marcha. (Nicholson, 2023). Como mencionan los autores precitados, los esquemas de co-inversión 3PL aún no han alcanzado un papel preponderante en la región, pero pueden ser una opción ante el desorden institucional en la región y lo apremiante de competir con China.

EXIGENCIA INMEDIATA DE EUA

Como señala la agencia Thomson Reuters (2017), con la renegociación del TLCAN que derivó en el T-Mec,⁵ EUA exige aplicar el nuevo ordenamiento de transporte que, en síntesis, consiste en la entrada de los transportistas mexicanos a territorio estadounidense, pero bajo los parámetros de su nación, esto ayudaría a subsanar el déficit de transporte, pero igualmente se necesita la infraestructura donde la velocidad y eficiencia sea la norma.

⁵ El T-MEC continúa enfocado en el mismo objetivo que su antecesor, no obstante, las disposiciones modifican parcialmente el tratado anterior. Más allá del debate sobre los puntos que son ventajosos o perjudiciales para México en el Tratado entre México, Estados Unidos, y Canadá T - MEC la pregunta que vale la pena plantear es si en realidad ayudará a impulsar la tan ansiada modernización del país. México es el principal socio comercial de Estados Unidos y el tercero de Canadá, mientras que para nuestro país Estados Unidos es el principal socio y Canadá el cuarto. Para dimensionarlo, basta decir que en 2019 Norteamérica significó 65.57% del valor del comercio total de México con el mundo (Malpica Soto, 2020).

Entre los problemas a destacar que preocupan a EUA son las condiciones del parque vehicular, la infraestructura sobre todo en su carencia y desgaste (esto último lo comparten las dos naciones), la entrada de tecnologías de la información para el rastreo de las unidades, los tiempos en las aduanas, seguridad y cuestiones ambientales.

De no atenderse esta situación, otros actores pueden aparecer y quitar a México la ventaja comparativa de la distancia que, básicamente, tiende a ser un paliativo, cuando en realidad el transporte de mercancías podría ser más rápido y eficiente por medio del mar, pero la infraestructura no es suficiente en México en términos de cantidad y calidad. Por el momento EUA es rehén de México, pero ¿Cuánto tiempo se podrá sostener esto?

Sabemos, además, que las cadenas de distribución se sostienen en la calidad de la infraestructura además de la calidad y cantidad del parque vehicular de transporte de carga. Sin embargo, las esperanzas del lado mexicano parecen insuficientes cuando la urgencia en EUA es apremiante, sobre todo por las condiciones estructurales en México, que le son bastante extrañas a los estadounidenses, además de la falta de burocracias que coordinen en tiempos y espacios a los tres países del T-Mec, en este caso en materia de autotransporte e infraestructura.

Sobre este tópico, Corrales C., S., & Mendoza Cota, J. E. (2021) señalan, citando a Bradbury (2002), que existen varias causas que propician los congestionamientos y sus costos de transacción para cruzar hacia Estados Unidos, en especial: la carencia de carreteras y sus malas condiciones. Estos autores afirman que el marco institucional con el que operan los tres gobiernos (México, Estados Unidos y Canadá) impide los procesos de planeación multinacionales. México planifica cada seis años y posee una burocracia que encarece y alarga los procesos de planeación, lo que dificulta mantener el nivel de crecimiento en la infraestructura de transporte. A su vez, muchos de los planes norteamericanos se ajustan más bien a periodos cuatrienales o, en su defecto, a planes de gran visión que pueden estar diseñados con base a escenarios hasta de cuarenta años; situación similar a lo que sucede en Canadá (CEC – CCA). - CCE, 2021. Esta realidad abre la venta a otras posibilidades, que rebasan los límites de la normatividad y el marco de planeación del país, y que dejan fuera a México de los posibles beneficios de la relocalización como son los esquemas de servicio 3PL.

CONCLUSIONES

A partir de lo expuesto, es posible concluir, en primera instancia que, en el marco el T – MEC, el comercio internacional podría ser más veloz y competitivo, y que incluso sobre la base de las condiciones presentes (fortalezas y debilidades) derivadas de

las ventajas de localización, economías de escala de la infraestructura de transporte terrestre en México, la logística de transporte terrestre en el país sigue siendo un sector estratégico para el desarrollo de la economía mexicana (Grucas, 2022).⁶ Ello podría sentar las bases de una política de seguridad integral que obligaría a México a ser más participativo y, EUA y Canadá más receptivos con los problemas de su vecino del sur.

A veinte años del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el cumplimiento y los pendientes del Capítulo XX sobre transporte siguen siendo tema de interés estratégico para sostener el aumento del comercio, cuidar la seguridad nacional, especialmente de Estados Unidos, e impulsar la integración regional con ventajas comunes para los tres países, ahora a través del T-MEC.

El tema del transporte de carga muestra la velocidad del T-MEC, pues representa el sistema circulatorio (venas y arterias) del comercio internacional. Debido a las condiciones geográficas estratégicas -como la cercanía, el transporte terrestre en México es esencial en el intercambio de mercancías en la región, a pesar de la fuerza marítima de EUA, quien no puede explotarla al máximo con México debido a la escasa infraestructura disponible en su vecino del sur. Por el momento México tiene los camiones y los transportistas que EUA necesita, pero esto podría pasar a segundo plano en el mediano plazo.

Un aspecto fundamental de las tendencias observadas es que, si bien para los tres socios que ahora constituyen el T-Mec, han aumentado los flujos de comercio, para México es evidente que la construcción de cien proyectos de infraestructura de transporte en las décadas recientes, ha sido posible, ante la insuficiencia de inversión en ese tipo de infraestructura, dejando de lado problemas de integración regional previos, que a su vez han generado efectos importantes en la emergencia de nuevas desigualdades con los intentos fallidos de alcanzar la libertad de tránsito del Tratado.

Esto implica por un lado que, prácticamente desde tiempos de la Colonia, la infraestructura carretera de México ha estado dirigida y orientada a conectarse con EUA. Por el otro, significa que, si en efecto Norteamérica ya se ha constituido en un espacio económico, político y social que cumple una importante función en el proceso de la economía del mundo y han crecido significativamente las actividades

⁶ Tan solo en el 2020 se movilizaron alrededor de 512,726 millones de toneladas por las carreteras del país. Y eso no es todo, México tiene una gran ventaja geográfica para el transporte terrestre de carga internacional tanto para el norte como para el sur de América. Dicho esto, Canadá es el segundo país en recibir mayor cantidad de mercancías por vía terrestre. Y si hablamos del sur Guatemala, Costa Rica y Honduras son los 3 países Centroamericanos que exportan más a México (Grucas, 2022).

comerciales, también han aumentado las desventajas y efectos perniciosos para México y algunas localidades y regiones del resto de Norteamérica.

Así, la tendencia de la inversión en infraestructura carretera terrestre ha sido privilegiar el eje carretero norte – sur, a costa de la desconexión carretera de gran parte del interior del país. Esto ha profundizado las desigualdades en el desarrollo y desequilibrios internos, y formado una serie de espacios aislados del torrente comercial del T – MEC, en los que es común apreciar condiciones de atraso económico, social y mayor inseguridad, sin alcanzarse las ventajas comunes de la libertad de tránsito de las mercancías.⁷ Como señala Camarena Luhrs, (2014): Quedan pendientes aspectos estratégicos y prácticos que ponen en duda la ventaja común y el éxito del proceso integrador del transporte para el TLCAN.

En 2014 Donald Trump consideraba la posibilidad de convertir a México en China, en la fábrica del mundo y entre sus principales ventajas era la cercanía además de no ser un gobierno hostil a los intereses estadounidenses (Forbes, 2023), anteriormente ya se consideraba por grupos moderados en la posibilidad de una integración más amplia y profunda con México (Goodman, 2023) como lo mencionaba el Center Wilson y de ahí la directiva del mundial de fútbol compartido con EUA-México-Canadá para subsanar asperezas entre los pueblos. Como podemos observar ambos espectros de la política norteamericana se encuentran interesados en México como opción frente a China. Las élites políticas y económicas de México deberían tener la capacidad para afrontar el reto ya que, para el pueblo anónimo, la migración siempre será la respuesta.

A pesar de la situación descrita en párrafos anteriores, es importante reconocer que los corredores del TLCAN, construidos recientemente, demuestran una tendencia integradora que,⁸ si es adoptada de manera conjunta y positiva, podría resultar no

⁷ Al respecto, Claudio Loser (Claudio Loser, Harinder Kohli, José Fajgenbaum, 2013) ya mencionaba la existencia de tres México: el estatista, el de los intereses particulares y el que se encontraba ligado al entonces TLCAN ahora T-MEC. Posiblemente sea este último quien comience una reestructuración geográfica de México y, con ello de todos los intereses involucrados. ¿Se estará formando una nueva élite nacional o es el cambio de la élite dominante quien se configura hacia el norte? Por el momento el futuro depende de la velocidad que tengamos como país para enfrentar los retos geopolíticos de una posible relocalización de empresas no sólo de chips sino de una variedad de mercancías que todavía no se alcanza a dimensionar.

⁸ Aunque a México se lo ha obligado, innecesariamente, a restar peso e importancia al transporte y a las circulaciones alimentadoras destinadas a satisfacer los tráficos internos de carácter regional y secundario, forzando la desarticulación de mercados regionales y macrorregionales y su exclusión o integración subordinada a otras órbitas del comercio transcontinental, comienzan a notarse ciertos cambios: en el Programa Nacional de Infraestructura Sostenible 203, en su apartado Infraestructura estratégica de comunicaciones y transportes para la competitividad, se contempla la construcción de hay 118 nuevos proyectos carreteros, 52 obras inter-troncales y 13 proyectos de nuevos aeropuertos, que intentan revertir la situación descrita anteriormente mediante una mayor articulación carretera y del transporte de carga entre el Golfo de México y la Cuenca del Pacífico. A su vez, el Programa de Desarrollo Regional Sur – Sureste 2014 – 2018, elaborado por la SEDATU

sólo una consecuencia irreversible de la sujeción binacional de 1994 a la fecha, sino tener otros efectos benéficos. Uno de ellos, muy importante, dar coherencia interna a las naciones participantes, y luego, sistematicidad a las vinculaciones internacionales a través de sus territorios y desde las economías motrices involucradas, en el mediano y largo plazos.

Para ello, cabe destacar el papel de México como contrapeso territorial y puente terrestre importante de las circulaciones de Norteamérica en su conjunto, y particularmente de Estados Unidos, dado que México, posiblemente junto con otras regiones desiguales y discontinuas de menores desarrollos relativos que hay en Estados Unidos y Canadá, constituye el contrapeso de los equilibrios territoriales y políticos de América del Norte. De acuerdo con ello, cabe resaltar que un espacio vecino como el mexicano, por más que se intente dejarlo así de rezagado y "libre" o vacío de atractivo a la expansión estadounidense, inevitablemente resulta arrastrado como contrapeso de la dualidad norteamericana, integradora y desintegradora, en escalas macro y macrorregionales, que conmueve con toda su administración territorial al resto del mundo.

Así, en este contexto se puede notar cómo las conexiones Norte-Sur entre Canadá, Estados Unidos y México basculan en un conjunto territorial, que ya es continuo - entre otros factores porque sus circulaciones ya lo son y cada vez adquieren mayor regularidad, aunque sea con una intensidad y un volumen irracionales- porque se han ido acercando y estrechando cada vez más los tiempos, las distancias de los intercambios comerciales y de todo tipo, que se han asumido como efectos de complementación y diversificación de las corrientes de circulaciones de largas distancias transoceánicas de Asia-Pacífico hacia Norteamérica.

Debido a que tales corrientes son conducidas preferentemente hacia el territorio de Estados Unidos. Recientemente se ha encontrado que pueden ser reducidas si no en distancias y tiempos, sí significativamente por menores costos de los fletes- el efecto que ha tenido esta relocalización de empleos e inversiones de Estados Unidos hacia México, como parte de la incesante búsqueda de mayores rendimientos de las inversiones que han acentuado la vocación asignada a México

(2020), con base a los criterios de conectividad y accesibilidad, complementariedad y especialización favorecidas, por la proximidad geográfica e identidad socio-cultural, divide la estructura territorial de esa región en los siguientes corredores carreteros: • Golfo de México: Puebla, Veracruz, y Tabasco. • Península: Campeche, Yucatán y Quintana Roo. • Pacífico Sur: Guerrero, Oaxaca y Chiapas.



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

como puente terrestre. A partir de esta *función de puente*, México actualiza su importancia geoestratégica global.

FUENTES

Aiyar, S., Davide, M. Mohommad, A. y Presbitero, A. F. (2021). Efectos indirectos del comercio internacional de los confinamientos nacionales por el COVID-19. *Informe especial COVID-19*, No. 6, UN CEPAL. Obtenido de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45877/S2000497_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bnamericas. (23 de enero de 2023). *Bnamericas*. Obtenido de <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/todo-listo-para-iniciar-construccion-de-corredor-del-t-mec#:~:text=El%20conglomerado%20mexicano%20Caxxor%20Group,Winnipeg%20a%20trav%C3%A9s%20de%20EE>.

CCA – CCE -CCE (2021). *Plan Estratégico 2021 – 2025. Canadá, México, Estados Unidos: Tres países un medio ambiente*. Montreal, Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental.

Centro de Investigación Económica y Presupuestaria (CIEP) (2020). *Infraestructura en México: Prioridades y deficiencias del gasto público*. Ciudad de México, México: CIEP.

Clavellina Miller, J. L. (2019). *Relevancia de la inversión pública en México Serie: Cuadernos de investigación en finanzas públicas Número Mayo 2019*. México: Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República.

Comisión Económica para América Latina (CEPAL) (2022). *Políticas industriales para el aprovechamiento del T-MEC y las políticas expansivas en los Estados Unidos*. Santiago de Chile: CEPAL.

Davide Malacrino, Adil Mohommad , Andrea Presbitero. (19 de Enero de 2023). *FMI*.
Obtenido de <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2022/04/12/blog041222-sm2022-weo-ch4>

FMI. (2004). *Public-Private Partnerships, Washington, DC, Fiscal Affairs Department, International Monetary*. FMI.

Forbes Staff (1 de Junio de 2020). ¿Qué es el T-MEC y por qué es importante para México?

Forbes México. Obtenido de: [https://www.forbes.com.mx/economia-que-es-el-t-mec-y-por-que-es-importante-para-mexico/#:~:text=El%20T%20MEC%20es%20el,vigor%20el%201%20de%20julio.&text=Foto%3A%20Getty%20Images-,EL%20T%20MEC%20es%20el%20nuevo%20acuerdo%20comercial%20entre%20M%C3%A9xico,de%20Libre%20Comercio%20\(TLCAN\)](https://www.forbes.com.mx/economia-que-es-el-t-mec-y-por-que-es-importante-para-mexico/#:~:text=El%20T%20MEC%20es%20el,vigor%20el%201%20de%20julio.&text=Foto%3A%20Getty%20Images-,EL%20T%20MEC%20es%20el%20nuevo%20acuerdo%20comercial%20entre%20M%C3%A9xico,de%20Libre%20Comercio%20(TLCAN)).

Forbes. (22 de Marzo de 2023). *Forbes*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/donald-trump-cree-que-mexico-es-la-proxima-china/>

Friedman, G. (2010). *Los próximos 100 años*. México, D.F., México: Oceano.

Goodman, P. (22 de Marzo de 2023). *The New York Times*. Obtenido de <https://www.nytimes.com/es/2023/01/02/espanol/mexico-china-manufactura-globalizacion.html>

Gómez Tovar, R. y Ruiz Nápoles (2022). Efectos potenciales de los cambios en el T-MEC respecto al TLCAN sobre la economía mexicana, *Norteamérica*, Vol.16, No.2, Ciudad de México jul./dic. 2021 Epub 04-Abr-2022, *versión On-line*.

Hamilton, Madison, Jay. (2014). *El federalista*. México, D.F., México: FCE.

Grucas Mexico (2022). Transporte Terrestre: ventajas y desventajas, Grucas Customs & Logistics. Obgtenido de: <https://www.grucas.com/noticias/transporte-terrestre-ventajas-y-desventajas>

INEGI. (19 de Enero de 2023). Carreteras, *Cuéntame*. Obtenido de <https://cuentame.inegi.org.mx/economia/terciario/transporte/carreteras.aspx?tema=E>

Intelligence, M. (24 de enero de 2023). Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mexico-road-freight-transport-market#:~:text=%C2%BFQui%C3%A9nes%20son%20los%20principales%20fabricantes,Mexico%20Road%20Freight%20Transport%20Market>.

Jaén, U. d. (22 de Marzo de 2023). http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/index.html. Obtenido de http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/index.html

Loser, Claudio, Harinder Kohli, José Fajgenbaum. (2013). *Una nueva visión: México 2042: Futuro para todos*. México: Penguin Random House Grupo Editorial.

Malpica Soto, G. (2 de abril de 2020). Del TLCAN al T-MEC: Retos de Implementación en la Relación Bilateral entre México y Estados Unidos, *Reino Aduanero*, Vol.1, No. 1. Obtenido de: <https://reinoaduanero.mx/del-tlcan-al-t-mec-retos-de-implementacion-en-la-relacion-bilateral-entre-mexico-y-estados-unidos/>

Mendoza, J. E. (2017). Financiarización y sector carretero en México. *Problemas del desarrollo*, 85-112.

Moreno Brid, J. C. (1996). Mexico's auto industry after NAFTA: A successful experience in restructuring?, *Working Paper No. 232, The Helen Kellogg*

Institute for International Studies, University of Notre Dame, Notre Dame,
IN. [[Links](#)]

Nicholson, G. (24 de enero de 2023). *Asociación de Estados del Caribe*. Obtenido de <http://www.acs-aec.org/index.php?q=es/transport/transporte-logistica-y-competitividad-en-america-latina-y-el-caribe>

Organización Mundial del Comercio (OMC) (1998). *Servicios de transporte terrestre*. Ginebra, Suiza: OMC.

Organización Mundial del Comercio (OMC) (2004). *Informe sobre el comercio mundial 2004*. Ginebra, Suiza: OMC.

Organización Mundial del Comercio (OMC) (25 de enero de 2023). *Transporte terrestre*. Obtenido de https://www.wto.org/spanish/tratop_s/serv_s/transport_s/transport_land_s.htm

Ramírez, D. (26 de julio de 2022). Flota del autotransporte acelera en 2021; empresas medianas, las que más crecen, *Terreste*, Núm. 21. Obtenido de: <https://t21.com.mx/index.php/terrestre/2022/07/26/flota-autotransporte-acelera-2021-empresas-medianas-las-que-mas-crecen>

Rico Galeana, O. A. (2001). La integración del autotransporte de carga en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. San Fandila, Querétaro, México: SCT.

Sánchez, R. J. y Chauvet, P. Contratos de concesión de infraestructura Incompletitud, obstáculos y efectos sobre la competencia, Serie *Comercio Internacional* (150), Santiago de Chile: Cepal.

SEDATU (2020). Programa *Regional de la Región Sur – Sureste 2014 – 2018*.
México: SEDATU.

SCT. (2023). *Programa Sectorial derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019 – 2024*. Ciudad de México, México: DOF.

Thomson Reuters (2023). T – MEC: Los beneficios del nuevo tratado para México.
Thomson Reuters, 27 de marzo de 2023. Toronto, Canadá: Thomson
Reuters. Obtenido de: [https://www.thomsonreutersmexico.com/es-
mx/soluciones-de-comercio-exterior/blog-comercio-exterior/los-beneficios-
nuevo-tratado-mexico](https://www.thomsonreutersmexico.com/es-mx/soluciones-de-comercio-exterior/blog-comercio-exterior/los-beneficios-nuevo-tratado-mexico)

Transportation, U. W. (24 de enero de 2023). *United world transportation*. Obtenido
de [https://unitedworldtransportation.com/es/como-afectara-el-plan-de-
infraestructuras-de-biden-a-las-industrias-del-transporte-de-mercancias-y-
de-camiones/](https://unitedworldtransportation.com/es/como-afectara-el-plan-de-infraestructuras-de-biden-a-las-industrias-del-transporte-de-mercancias-y-de-camiones/)

Transportation, U. W. (24 de enero de 2023). *United World Transportation*. Obtenido
de [https://unitedworldtransportation.com/es/11-estadisticas-interesantes-
que-describen-el-estado-actual-de-la-industria-del-transporte/](https://unitedworldtransportation.com/es/11-estadisticas-interesantes-que-describen-el-estado-actual-de-la-industria-del-transporte/)