

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ECONOMÍA**



TESIS

**“LOS EFECTOS DE LAS POLÍTICAS DE CONFINAMIENTO DEL
COVID 19 SOBRE LA DEMANDA DE GASOLINA EN MÉXICO”**

POR

MATEO ORTEGA BECERRA

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRÍA EN ECONOMÍA CON
ORIENTACIÓN EN ECONOMÍA INDUSTRIAL**

NOVIEMBRE 2023

**“LOS EFECTOS DE LAS POLÍTICAS DE CONFINAMIENTO DEL
COVID 19 SOBRE LA DEMANDA DE GASOLINA EN MÉXICO”**

MATEO ORTEGA BECERRA

Comité de Tesis:

Asesor

DR. DANIEL FLORES CURIEL

Lector

DR. EDGAR MAURICIO LUNA DOMÍNGUEZ

Lector

DR. EDUARDO MARTÍNEZ CHOMBO

DR. ERNESTO AGUAYO TELLEZ
Director de la División de Estudios de Posgrado
De la Facultad de Economía, UANL
NOVIEMBRE 2023

Los Efectos de las Políticas de Confinamiento del COVID 19 sobre la Demanda de Gasolina en México

Resumen

El objetivo fundamental del estudio es encontrar los efectos de la crisis provocada por el COVID 19 sobre la demandada de gasolina en el país. En este sentido, estimo la demanda de gasolina en México, incorporando un índice que refleja la evolución de las restricciones impuestas por los gobiernos de los países durante el tiempo que se declaró la contingencia sanitaria. Para ello, utilizo una serie de tiempo con datos mensuales de enero de 2017 a diciembre de 2022. Los resultados indican, como podría esperarse, que cuando los niveles de restricción se ubicaron por encima de los 50 puntos en el índice de la Universidad de Oxford, el consumo de gasolina magna se redujo en 18.22%. Contrario a lo esperado, el consumo de premium aumentó en 48.43%.

Abstract

The main purpose of this study is finding the effects of COVID 19 on the demand for gasoline in Mexico. Hence, I estimate the demand for gasoline in Mexico, considering an index that reflects the evolution of restrictions imposed by governments during the time of the pandemic. To do this, I use time series with monthly data from January 2017 to December 2022. The results indicate, as expected, that restriction above 50 points in the Oxford University index reduced the consumption of magna gasoline by 18.22%. Contrary to expectations, the consumption of premium gasoline increased by 48.43%.

Contenido

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1 El Combate Al Huachicol	10
3. Marco Teórico	12
4. Marco Empírico	15
5. Datos	19
6. Modelo Econométrico	22
7. Resultados	25
8. Extensión	28
9. Conclusiones	30
10. Bibliografía	32
11. Anexo	34

1. Introducción

El presente estudio se encuentra motivado por dos asuntos que ocurrieron de manera relativamente reciente. Por una parte, la reforma energética aprobada durante el gobierno del presidente Enrique Peña Nieto. Esta reforma cambió de manera importante la estructura del mercado de las gasolinas en el país. Por otra parte, la crisis sanitaria ocasionada por la pandemia del COVID 19 que afectó la economía en forma general, pero especialmente al mercado de las gasolinas.

La reforma energética ocasionó dos cambios importantes en el mercado de las gasolinas: la apertura del mercado minorista y la liberalización de los precios. Al abrirse la puerta a la iniciativa privada aparecieron varias marcas. Ello trajo consigo múltiples cambios en cuanto a la competitividad y calidad de las gasolinas que se ofrecen en el país. Al liberarse los precios, el consumidor se vio en la necesidad de adaptarse a los cambios repentinos en los mismo y a buscar en qué estación de servicio encuentra una mejor relación entre calidad y precio. Por supuesto, esta situación motivó la realización de estudios sobre el comportamiento de la demanda de la gasolina a partir del cambio en la ley.

Aunque México tiene un historial de crisis económicas recurrentes, la ocasionada por la pandemia del COVID 19 ha sido la más profunda en los últimos 60 años; pues provocó una caída real del PIB del 8%. Esta cifra supera ampliamente las observadas en las grandes crisis previas. De acuerdo con los datos del Banco Mundial,¹ durante la crisis de la deuda (en 1983)

¹ <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?locations=MX>

se registró una caída real del PIB del 4.4%; durante la crisis por la caída de los precios del petróleo (en 1986), una caída del 3.7%; durante la crisis de balanza de pagos (en 1995) tuvo lugar una caída de 6.3% y durante la crisis inmobiliaria internacional (en 2009) el PIB real cayó 5.3%.

Este trabajo tiene como propósito fundamental analizar el impacto de la crisis sanitaria por el brote de COVID 19 sobre la demanda de gasolina en México. Mi hipótesis es que los países, al imponer múltiples restricciones, afectaron la economía en su conjunto. Sin embargo, debido a la suspensión de muchas actividades cotidianas que requerían la transportación de personas de un sitio a otro, el mercado de la gasolina fue uno de los más afectados. Por ende, mi interés radica en analizar el impacto de las restricciones en las actividades sobre la demanda de gasolina automotriz de alto y bajo octanaje, más allá de los efectos ocasionados indirectamente por la caída en la actividad económica.

2. Antecedentes

El viernes 28 de febrero, en conferencia de prensa, el Subsecretario de Salud daba a conocer que el país registraba el primer contagio de COVID 19². A partir de entonces, comenzó a especularse mucho sobre la duración de la pandemia, las medidas que habrían de implementarse y la forma en que estas decisiones repercutirían sobre la actividad económica en nuestro país. El 16 de marzo la Secretaría de Salud estimaba que la pandemia: “puede durar cuando menos 12 semanas, es lo que duró en China, llegó a un punto máximo, más o menos a la mitad de esas semanas y luego empezó a descender, no precisamente por las medidas de contención extremas que se tomaron”³. Sin embargo, con el tiempo quedó claro que no sería así. Esto hizo que se generara más incertidumbre, no solo por las medidas de contención sino por el tiempo que iban a durar estas.

El 19 de marzo, la Secretaría de Salud anunciaba el primer deceso por este padecimiento en nuestro país⁴. Unos días más tarde, el 24 de marzo de 2020⁵, se publicaba en el diario oficial de la federación el: “acuerdo por el que se establecen las medidas preventivas que se deberán implementar para la mitigación y control de los riesgos para la salud que implica la enfermedad por el virus SARS-CoV2 (COVID 19)”. Con ello, daba inicio la Jornada Nacional de Sana Distancia⁶. Entre sus aristas, estaba restringir las actividades que involucraran concentraciones

² <https://www.economista.com.mx/politica/Secretaria-de-Salud-confirma-el-primer-caso-de-coronavirus-en-Mexico-20200228-0061.html>

³ <https://www.elfinanciero.com.mx/salud/epidemia-de-covid-19-puede-durar-hasta-12-semanas-lopez-gatell/> Epidemia de coronavirus en México puede durar cuando menos 12 semanas: López-Gatell – El Financiero]

⁴ <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51959283>

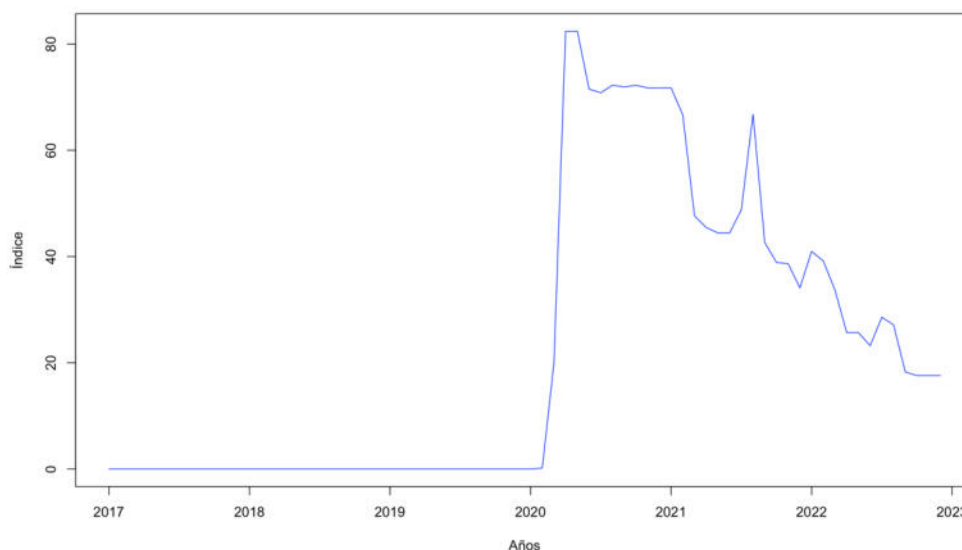
⁵ https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5590339&fecha=24/03/2020#gsc.tab=0

⁶ <https://www.jornada.com.mx/ultimas/politica/2020/03/23/comienza-la-jornada-nacional-de-sana-distancia-1056.html>

de personas. Es entonces que comienza uno de los retos más grandes que han afrontado las economías de todos los países y en especial el nuestro.

A lo largo del tiempo que duró el brote de COVID 19, las personas vieron restringida su movilidad y, por ende, su consumo de gasolina. Muchas personas no tuvieron necesidad de desplazarse para ir al trabajo, visitar algún familiar o llevar sus hijos a las escuelas. En la medida que se fueron aplicando más restricciones, las personas dejaron de desplazarse en las ciudades. Como se puede observar en la gráfica 1, al principio de la crisis sanitaria las restricciones para contener el brote fueron más altas. Sin embargo, se fueron suavizando conforme el brote comenzaba a ceder en cuanto a letalidad.

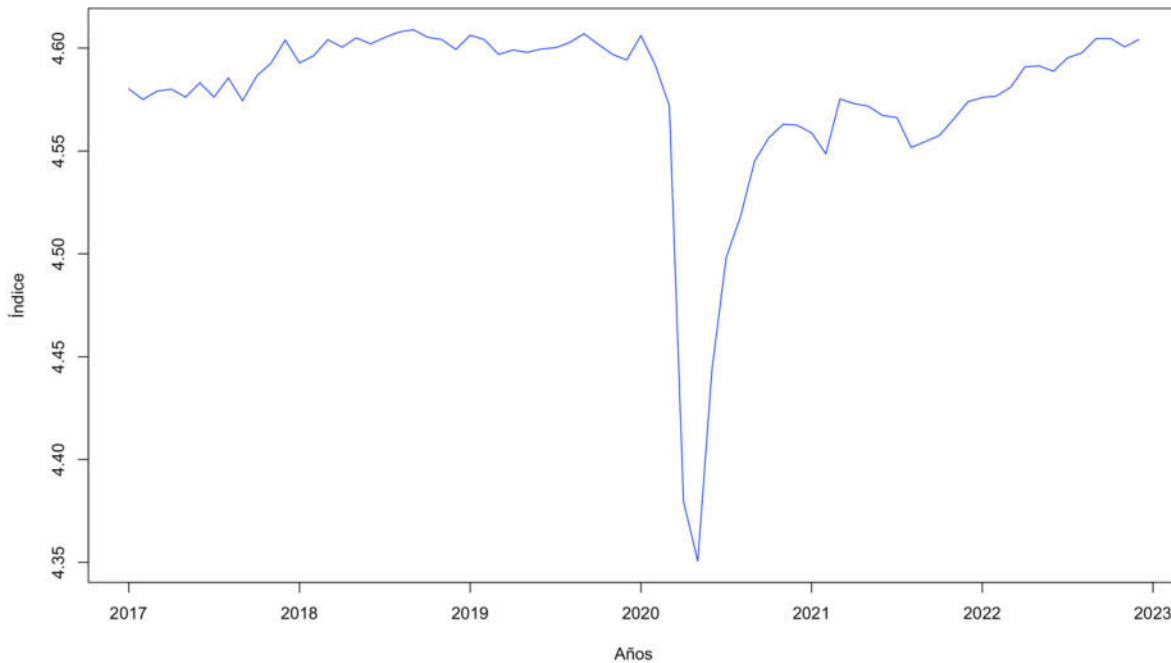
Gráfica 1. Indicador de restricciones impuestas por el gobierno Mexicano.



Fuente: Elaboración propia con datos de The Oxford Coronavirus Government Response Tracker (OxCGRT) (2022).

El COVID 19 fue una crisis de salud pública que tuvo efectos negativos en la economía de nuestro país. A partir de que se decretó la jornada de sana distancia, las restricciones impuestas por el gobierno federal como parte de las medidas para evitar los contagios, afectaron a la economía de forma considerable. En la gráfica 2 se presenta el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE) a partir del primer mes de 2017 y hasta diciembre de 2022. En la misma podemos apreciar cómo hay una pronunciada caída en la actividad económica del país a raíz del paro que se vivió en muchas de las actividades cotidianas.

Gráfica 2. Indicador Global de la Actividad Económica, desestacionalizado base 2013.



Fuente: Elaboración propia, con datos de INEGI.

Uno de los mercados que sufrieron un daño mayor fue el de los combustibles. Debido al nerviosismo que había respecto a la duración de la crisis sanitaria y la fuerte caída en la demanda, los mercados petroleros reaccionaron con una importante baja en el precio. Por ejemplo, en abril de 2020 la mezcla mexicana cayó a un precio negativo de -2.37 dólares por

barril, luego de que el precio del WTI (West Texas Intermediate) también cayera⁷. En este mes el precio de la gasolina también cayó. Sin embargo, al ajustarse los mercados, el precio volvió al nivel previo a este acontecimiento. Por lo tanto, tuvo una recuperación rápida en forma de “V”; lo que no lo hace un acontecimiento significativo en cuanto a importancia en el consumo.

Para poder entender la importancia del precio de referencia del WTI sobre los precios de la gasolina, hay que tomar en cuenta la reforma energética del año 2013. El 20 de diciembre de ese año, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el "acuerdo por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía"⁸. A partir de este año, se liberalizó el precio de la gasolina en México. Anteriormente, el precio era fijado por el gobierno. Usualmente, el precio doméstico se mantenía estable (ajustándose con la inflación) y se usaba el Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) como impuesto o subsidio para amortiguar los cambios en el precio internacional. Cuando el precio internacional subía mucho, el IEPS era negativo (subsidio). En caso contrario, (cuando el precio bajaba) el IEPS era positivo. En el periodo comprendido de 2006 a 2014, el IEPS fue una especie de subsidio⁹, por lo que el precio de la gasolina en México durante este periodo fue menor al precio de referencia internacional. Hubo un periodo de transición a partir de la implementación de la reforma y hasta la liberación total del precio.

⁷ <https://www.elfinanciero.com.mx/mercados/mezcla-mexicana-de-petroleo-borra-su-valor-cae-116-a-2-37-dolares/>

⁸ https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327463&fecha=20/12/2013#gsc.tab=0

⁹ <https://ciep.mx/precio-de-la-gasolina-determinantes-historicos/>

Para el ejercicio fiscal de 2016, dentro de las modificaciones del paquete económico de ese mismo año, se incorporó un esquema de impuesto de cuota fija, una fórmula temporal para la determinación de los precios máximos y una banda de fluctuación para dichos precios¹⁰. Esto funcionó hasta el 15 de noviembre de 2017, cuando en la Ley de Ingresos de la Federación para ese mismo año se determina iniciar la liberación del precio. La reforma energética de 2013 tenía como uno de sus objetivos principales la apertura del mercado de petrolíferos y la determinación de precios bajo condiciones de mercado con base en una dinámica de oferta y demanda. Al mismo tiempo, se lograron importantes inversiones en infraestructura, mayor competencia en el mercado minorista de gasolinas y sobre todo la entrada al mercado de nuevos participantes y marcas¹¹ que trajo consigo una mejora en la competitividad y calidad de los combustibles.

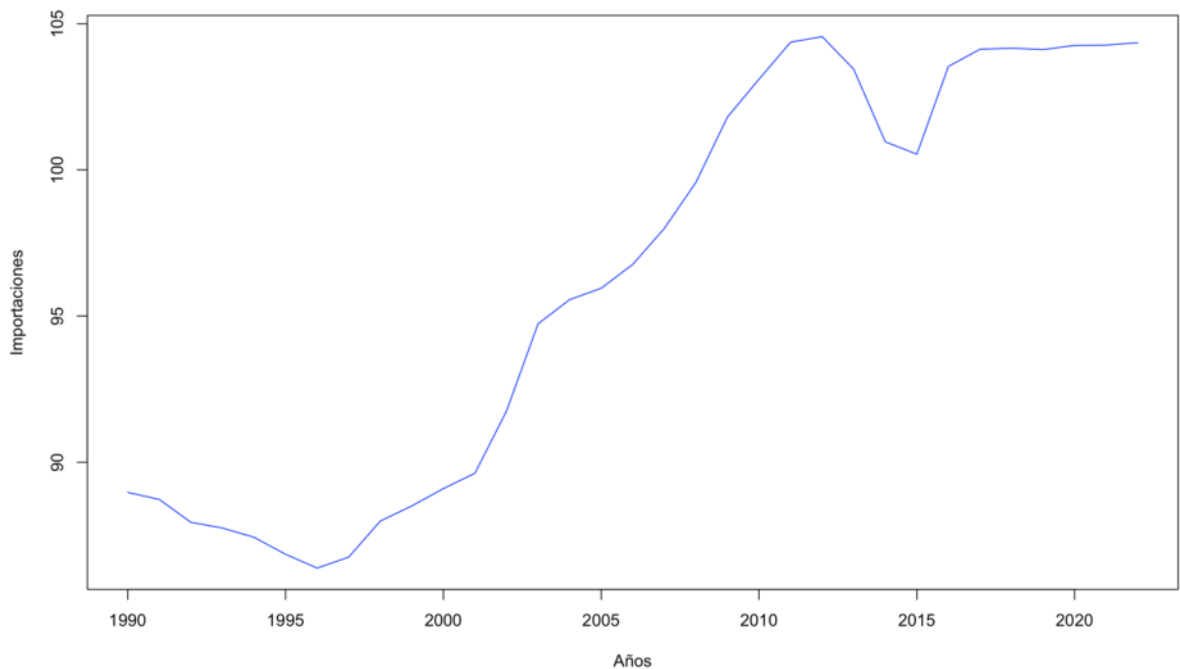
Históricamente el gobierno de nuestro país ha defendido su soberanía en materia petrolera. Por ejemplo, en el año 1938 se llevó a cabo la nacionalización de la industria petrolera en el país. A partir de entonces, se formó una narrativa en relación con la soberanía de la nación sobre el petróleo. Desde aquel año y hasta el 2013, las leyes sobre la explotación del petróleo nunca habían sido tocadas de manera importante. Por ello, la reforma de 2013 reescribió y modificó las bases de la operación del país en materia de hidrocarburos. La reforma energética le dio a Petróleos Mexicanos (PEMEX) la posibilidad de abrir la inversión a empresas privadas en algunas partes del proceso de producción de Petróleo. En la gráfica 3 se muestran las importaciones de petrolíferos que ha hecho el país para poder atender la demanda del mercado

¹⁰https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/409013/2._Liberaci_n_de_precios_finales_al_p_blico_de_gasolinas_y_di_sel.pdf

¹¹https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164370/Resumen_de_la_explicacion_de_la_Reforma_Energetica11_1_.pdf

de gasolinas principalmente, por el crecimiento de la demanda (que respondió al crecimiento del parque vehicular). México ha sido históricamente (desde el descubrimiento de Cantarell) un exportador de petróleo crudo e importador de gasolina. Ello se debe también en parte a la cercanía con Estados Unidos (el país con mayor capacidad de refinación del mundo). Como se aprecia en la gráfica 3, a partir de 1995 el país tiene un crecimiento exponencial en las importaciones de gasolinas, generando cada vez mayor dependencia del mercado internacional. Este es uno de los motivos por los cuales se optó por la apertura de mercado. Este contexto es importante para analizar cómo se afectó la demanda de gasolina y diesel en nuestro país durante el periodo del COVID 19.

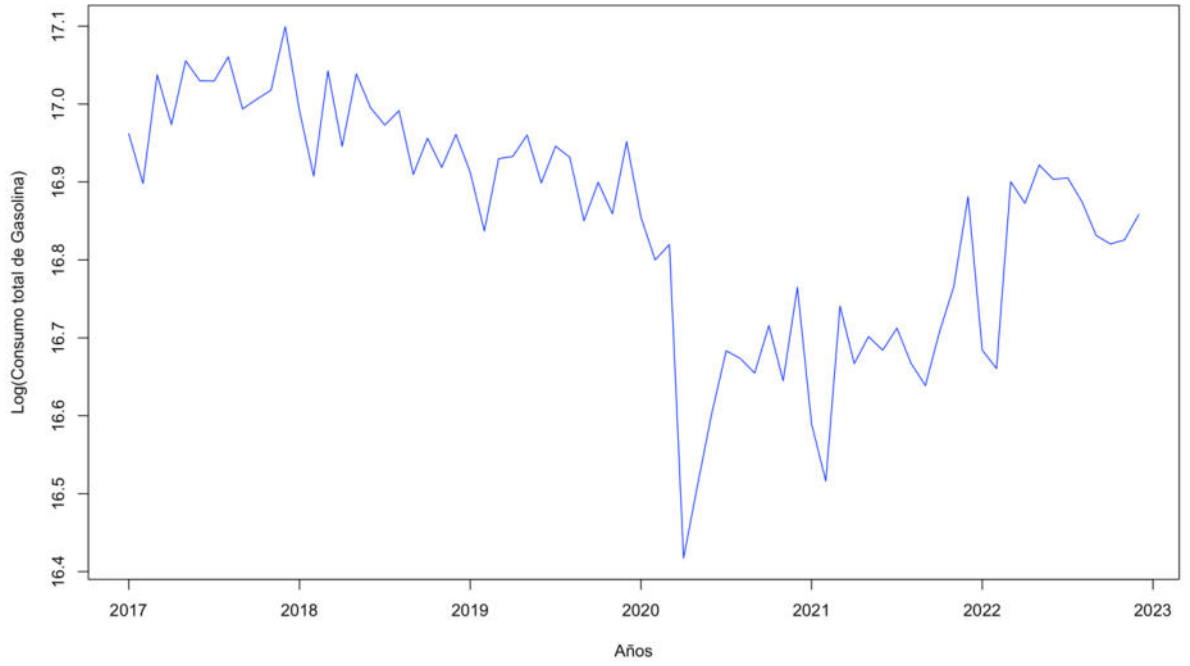
Gráfica 3. Importaciones de Gasolina totales (Miles de barriles diarios).



Fuente: Elaboración propia con datos de PEMEX.

Por último, en la gráfica 4, podemos ver una caída en el volumen de ventas de gasolina de Pemex en abril de 2020 que coincide con la pandemia COVID 19 y con la caída de los precios internacionales del petróleo.

Gráfica 4. Volumen de ventas de gasolina de PEMEX, (suma de las superintendencias).



Fuente: Elaboracion propia con datos de PEMEX, (expresado en barriles).

2.1 El combate al huachicol

Durante el periodo de análisis del presente estudio, fueron puestas en marcha las acciones que conforman el Plan Conjunto de Atención a Instalaciones Estratégicas de Pemex. Esta estrategia implementada por el gobierno federal tenía como objetivo combatir el robo de hidrocarburos. Según datos presentados por la Presidencia de la República, el monto de la pérdida por robo de hidrocarburos en 2018 ascendió a 60 mil millones de pesos anuales¹².

El periodo aproximado de duración de esta estrategia fue 3 meses. La puesta en marcha ocurrió el día 27 de diciembre de 2018, pero previo a ello—el día 20 de diciembre—se había dado inicio con algunas medidas para contener el robo. Aunque no hubo una fecha oficial de término de la estrategia, el día 22 de abril de 2019 el director de PEMEX anunció que se había regularizado el suministro de combustibles provocado por el cierre de ductos¹³, que era una parte fundamental de la estrategia.

Esta estrategia de combate al huachicol provocó desabasto temporal en la mayoría de las entidades del país, especialmente durante los primeros días. Sin embargo, al analizar los datos mensuales de PEMEX, no se aprecia una disminución relevante en el combustible distribuido por las superintendencias de cada de estado. A pesar de las molestias que se generaron entre los consumidores, la oferta mensual de gasolina no parece haber sido afectada en forma importante.

¹² <https://www.gob.mx/presidencia/prensa/presidente-lopez-obrador-presenta-plan-conjunto-de-atencion-a-instalaciones-estrategicas-de-pemex-no-habra-tolerancia-para-nadie?idiom=es-MX>

¹³ <https://rei.iteso.mx/xmlui/themes/Mirage2/bookview/template.html?path=/bitstream/handle/11117/6401/E5-Desabasto%2c%20oportunidades%20perdidas%2c%20mentiras%20y%20muerte%20en%20la%20guerra%20contra%20el%20huachicol.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=16>

Hay varios elementos que permiten apreciar que el evento no fue muy relevante. Por ejemplo, el desabasto tuvo un efecto reducido sobre la inflación general de ese trimestre según reportes del BANXICO¹⁴. Incluso, a pesar de los problemas que se generaron para poder acceder al combustible por parte de las empresas, según el Reporte sobre las Economías Regionales de BANXICO, los empresarios no vieron afectados sus precios de venta ni costos de los insumos y esto se ve reflejado en el reporte del Producto Interno Bruto al Primer Trimestre de 2019¹⁵. Los datos indican un aumento de 0.1% en términos reales durante el primer trimestre de 2019 con respecto al mismo lapso de 2018. Por lo tanto, no hubo una afectación mayor en la actividad económica. Así mismo, podemos notar en las gráficas A3 y A4 como este choque no modifica la tendencia en el consumo de gasolina y no persistente en el tiempo. Por todo lo anterior, este acontecimiento no se incluyó en el análisis.

¹⁴ <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7BE435A115-F907-F59A-7290-34851A2A8469%7D.pdf>

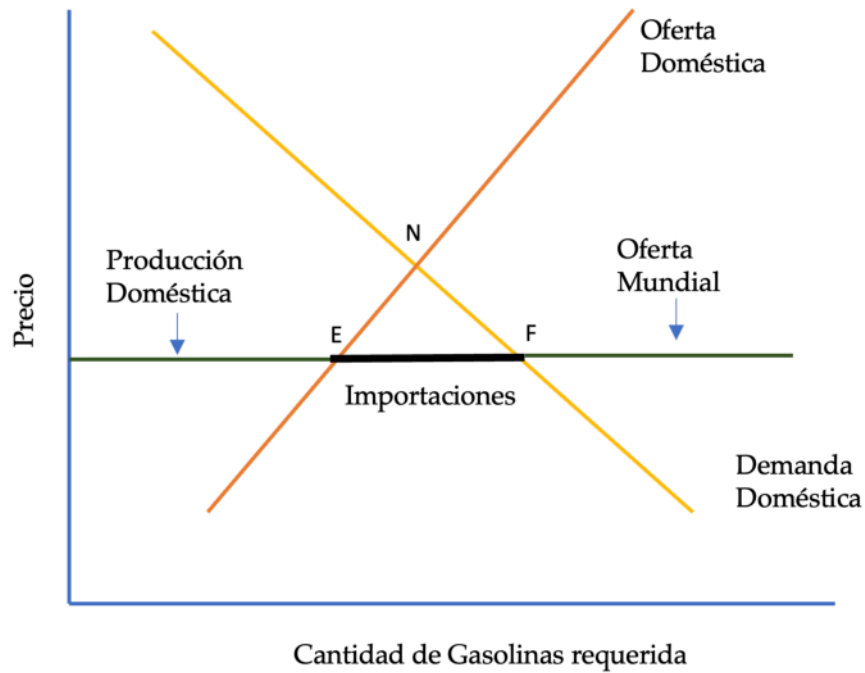
¹⁵ https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2019/pib_pconst/pib_pconst2019_05.pdf

3. Marco Teórico

Como contemplaba la reforma energética del 2013, el precio de la gasolina comenzó a flotar libremente en México a partir de marzo de 2018. Ello significó que los precios de la gasolina se determinarían bajo condiciones de mercado. Es decir, serían definidos por la oferta y la demanda. Gracias a la apertura, se permite a inversionistas privados competir en el mercado minorista. Así, comienzan a aparecer estaciones de servicio con franquicias diferentes a las de PEMEX. Para explicar mejor el contexto en el que se desarrolla el mercado de gasolinas en México, consideremos un modelo de oferta y demanda con importaciones. Ello obedece a que nuestro país es un importador de combustibles.

En México, según información del Sistema de Información Energética (SIE), cerca del 50% de las gasolinas que se consumen son importadas. Ello se debe a que la oferta doméstica no cubre la cantidad total demandada por el parque vehicular en circulación. Para cubrir esta demanda insatisfecha, se importan combustibles. Además, a partir de 2013, cuando se reformó la Constitución Mexicana en materia de hidrocarburos, se permitió a empresas privadas importar gasolinas para que se distribuyan en el mercado minorista de gasolinas.

Gráfica 5: Modelo de oferta y demanda con importaciones.



Fuente: Página 356 en Samuelson y Nordhaus (2010).

Consideremos la gráfica 5, en ella se representa un modelo de oferta y demanda con importaciones. La curva de oferta doméstica muestra las cantidades de gasolina que se pueden producir en el país a distintos precios, mientras que la curva de demanda doméstica hace lo propio con la cantidad de gasolina consumida en el país¹⁶. Las importaciones son la diferencia que existe entre la cantidad doméstica demandada y la cantidad doméstica ofertada al precio internacional más los impuestos locales; ellas son representadas por la línea EF. Como podemos apreciar, la curva de oferta es totalmente elástica, esto bajo el supuesto que la demanda de gasolina doméstica es demasiado pequeña para afectar el precio internacional de la gasolina. Es importante recordar, que “en el libre comercio, y ciertamente en los mercados en general, el

¹⁶ Ver Mankiw et al. (2012).

flujo de los bienes va de las regiones de bajos precios a las regiones de altos precios”¹⁷, esto nos dice que el costo de producción en México de combustible es más alto que en el resto del mundo.

¹⁷ Ver Samuelson y Nordhaus (2010).

4. Marco empírico

El trabajo se relaciona con estudios previos que estiman la demanda de gasolina en otros países. Por ejemplo, Berkowitz et al. (1990) estudian, mediante un enfoque desagregado, los componentes de la demanda de gasolina en Canadá. Para ello, estiman el consumo de gasolina según esta desagregación (por uso de vehículos, doméstico y de trabajo), y demuestran que el uso del vehículo es insensible a las mejoras en la eficiencia del combustible. Por otra parte, Lin y Zeng (2013) analiza las relaciones entre el consumo de gasolina, el precio de la gasolina y el ingreso disponible. Entre otras cosas, buscan estimar la elasticidad precio de la gasolina por primera vez en China para 30 provincias de ese país.

Hay varios estudios que analizan también el mercado de gasolina en México. Entre ellos destacan los elaborados por Ibarra y Sotres (2008), Carrillo (2011), Davis et al. (2022) y Reyes et al. (2010). Ibarra y Sotres (2008) estiman la elasticidad precio de la demanda de gasolina en México antes de la desregulación del precio y prueban que la demanda en la región fronteriza es más sensible a cambios en el precio que en la región no fronteriza. Por otra parte, Carrillo (2021) estudia el traspaso de impuestos a precios en el mercado de la gasolina y el impacto de estos últimos en las ventas en la zona de la frontera norte.

Carrillo (2021) aprovecha la reducción del IVA en la franja fronteriza con Estados Unidos—que tuvo lugar en enero de 2019—para evaluar el traspaso del impuesto en el precio. Para ello, utiliza el modelo de Seade (1985) y, posteriormente, un panel con efectos fijos individuales. Así, compara estaciones de servicio que recibieron el tratamiento—es decir, la reducción del IVA—contra otras que no lo recibieron para ver en qué medida se trasladó este

beneficio a los consumidores. El autor encuentra que el traspaso no es completo. Una reducción del 8% a la tasa del IVA, condujo a una reducción promedio de 6.2% (para la gasolina regular) y 5.8% (para la premium) en los precios de las estaciones afectadas con la medida.

El resultado de Carrillo (2021) sugiere que los minoristas en el mercado de la gasolina tienen cierto poder de mercado y enfrentan una demanda residual inelástica. En el mismo sentido, hay otros estudios sobre el mercado minorista en México, como el de Davis et al. (2022), que estiman el efecto causal en los precios y la calidad en las empresas ya establecidas debido a la entrada al mercado de nuevas estaciones. Ellos encuentran que la entrada de una estación cercana reduce los márgenes comerciales en casi 4% para la gasolina regular y alrededor de 2% para la gasolina premium y el diésel.

Finalmente, Reyes et al. (2010) analiza empíricamente la demanda de gasolinas del sector automotor en México durante el período 1960-2008 y encuentra que: un crecimiento económico continuo, sin una adecuada política de precios, genera un aumento en el consumo de gasolinas. Así, concluye que es necesario implementar diversas políticas públicas simultáneamente para frenar las consecuencias del consumo de gasolinas sobre el cambio climático.

Existen una serie de estudios que han abordado los efectos del COVID 19—en varios países—ya sea sobre los diversos combustibles fósiles o el transporte. Entre estos trabajos destacan Güngör et al. (2021), Ho et al. (2021), Le et al. (2021), Erias et al. (2022), Tian et al. (2021), y Smith et al. (2021).

Güngör et al. (2021) investigan los efectos del brote de COVID 19 sobre el consumo de gasolina en Turquía. Para ello, buscan el modelo que proporcione un mejor ajuste durante el periodo de pandemia. Como este estudio se basa en pronósticos, no incluye la variable COVID 19 de forma alguna, solo busca modelar el consumo durante el periodo de la pandemia. Por su parte, Ho et al. (2021) estudian el impacto del brote de COVID 19 en el transporte de carga en 8 provincias de China. Lo importante de este estudio es que se intentó captar el efecto del COVID 19 con la variable logaritmo de casos confirmados en cada una de las 8 provincias y con el logaritmo del número de casos confirmados dividido por el número de residentes permanentes.

Le et al. (2021) estudia los factores subyacentes a la fluctuación histórica del precio del petróleo durante el brote de COVID 19 en los Estados Unidos. Para ello, consideran diversas variables que miden el impacto de esta enfermedad: número de nuevos casos confirmados, número global de nuevas muertes, número global de casos confirmados y número total de muertes. Erias et al. (2022) estiman la elasticidad del gas natural debido al brote de COVID 19. Estos autores usan el mismo índice que sugiero en el presente estudio para medir el efecto de la pandemia. Sin embargo, ellos lo utilizan para medir el impacto de este brote sobre la demanda de gas natural en 25 países de Europa. Tian et al. (2021), estudian el impacto del brote de COVID 19 en las emisiones de contaminantes en Canadá, ocasionados por el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, solo utilizan un cálculo de emisiones de monóxido de carbón y, para ello, emplean enfoques de otros estudios citados previamente en este artículo. Finalmente, Smith et al. (2021) evalúan el efecto de la pandemia de COVID 19 en el consumo mundial de combustibles fósiles y las emisiones de CO₂ en un horizonte de dos años 2020 y 2021. Para ello, utilizan datos trimestrales de 1984 a 2019 y un modelo de pronósticos GVAR.

El presente estudio contribuye a la literatura en dos formas. La primera es que incluye un índice de restricciones (OxCGRT), que considera las medidas impuestas por los gobiernos de los países como respuesta al brote de COVID 19. La mayor parte de los estudios—exceptuando a Erias et al. (2022)—han tomado como una medida de evolución de la pandemia el número de muertes por país o región. La segunda contribución es que se enfoca directamente en el efecto del brote de COVID 19 sobre la demanda de gasolina en México. Los estudios previos sobre la demanda de gasolina en México—como Ibarra y Sotres (2008), Reyes et al. (2010) Davis et al. (2019) y Carrillo (2022) se enfocaban en otras cosas como las cuestiones fiscales, regionales o los efectos de la competencia económica.

5. Datos

En este trabajo se emplea información proporcionada por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), la Secretaría de Energía y PEMEX a través del portal de datos abiertos del gobierno federal. Los datos son mensuales y comprenden el periodo que inicia en enero de 2017 y termina en diciembre de 2022. En el cuadro 1 se puede apreciar una descripción de las variables usadas en el estudio, así como la fuente de información correspondiente.

Para obtener el consumo de gasolina, con información del SIE, se emplea el volumen de ventas de gasolina magna 87 y premium 91 por estado. La información se presenta como el volumen de ventas en metros cúbicos que se tienen por superintendencia de PEMEX. Para poder obtener el total nacional, primero se sumaron las superintendencias que hay en cada estado y al final se sumaron los totales estatales. Cabe aclarar que dos estados de la república no tienen terminales de almacenamiento y distribución.

Con la reforma de 2013, los precios diarios de la gasolina son publicados por la CRE, estos pueden conseguirse como un precio promedio por estado de la república, precio promedio nacional y un promedio diario nacional. Para los fines del presente estudio, se utiliza el promedio mensual nacional. Sin embargo, se tomó también el índice de precios al consumidor de la gasolina de alto y bajo octanaje, publicado por el INEGI. Este índice está expresado en base 2018.

Para tener una medida aproximada del ingreso, se emplea el Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE). Este índice se obtuvo del portal de INEGI y está expresado en

base 2013. Se tomó la serie desestacionalizada y, posteriormente, se llevó a 2018 para coincidir con el índice de precios de la gasolina.

Cuadro 1. Datos y fuente de información.

Variable	Descripción	Fuente
Consumo de Gasolina	Volumen de Ventas internas de gasolina magna 87 y premium 91 en el mes t.	SIE de la Secretaría de Energía
Restricciones	Índice de rigurosidad (Stringency index) en el tiempo t.	Universidad de Oxford.
IGAE	Indicador Global de la Actividad Económica en México	INEGI
Índice Nacional de Precios al Consumidor de la gasolina de alto y bajo octanaje.	Índice de precios de la gasolina de alto y bajo octanaje.	INEGI

Fuente: Elaboración propia.

Como una medida relacionada con la prohibición de actividades sociales, emplearé el seguimiento de respuesta gubernamental Oxford COVID 19 (OxCGRT) “The Oxford COVID 19 Government Response Tracker”. Este rastreador recopila información acerca de las respuestas del gobierno ante la crisis de COVID 19. Dentro del mismo, se publica un índice de severidad (*stringency index*) que registra el rigor de las políticas de "estilo de confinamiento" que principalmente limitan el comportamiento de las personas. El índice se calcula utilizando todos los indicadores ordinales de política de contención y cierre, más un indicador de campañas

de información pública. Esta medida de restricciones fue creada por la Universidad de Oxford, y es publicada a través del portal de seguimiento del COVID 19 por parte de dicha Universidad. Así mismo, dentro del OxCGRT se miden las políticas como el cierre de escuelas o las prohibiciones de viaje, y los guarda en una escala ordinal; además, toma en cuenta indicadores financieros, así como indicadores de restricciones fiscales y monetarios. Este indicador es diario, por lo tanto, se obtuvo un promedio mensual para el tiempo de análisis (enero 2020 a diciembre 2022).

6. Modelo Econométrico

Para estimar el consumo de combustible, se plantea una demanda de gasolina en función del precio, el ingreso y las restricciones ocasionadas por la pandemia. La variable dependiente CG_{it} , es el consumo de gasolina—ya sea magna 87 o premium 91, respectivamente—en el tiempo t . Esta variable se expresa como el logaritmo del volumen de las ventas de gasolina internas nacionales que publica PEMEX e incluye la producción de gasolina en miles de barriles por mes. La variable Y_t , es el IGAE. Originalmente, esta variable estaba representada en base 2013, por lo que se modificó la base para llevarla a niveles de 2018. Después del tratamiento anterior, se aplicó logaritmos a esta variable. La variable P_{it} , es el índice de precios al consumidor de la gasolina (ya sea de alto o bajo octanaje), expresado en logaritmos y en base 2018.

$$\begin{aligned} (1) \quad CG_{87t} &= \alpha + \beta_1 Y_t + \beta_2 P_{87t} + \beta_3 R_{25t} + \beta_4 R_{50t} + \varepsilon_t \\ (2) \quad CG_{91t} &= \gamma + \theta_1 Y_t + \theta_2 P_{91t} + \theta_3 R_{25t} + \theta_4 R_{50t} + v_t \end{aligned}$$

Las variables R_{25t} y R_{50t} , se construyen con el Índice de Restricciones de Oxford. En este caso, se toma un promedio mensual de las restricciones impuestas por los gobiernos locales. Se construyeron entonces dos variables dicotómicas según el nivel de restricción para controlar la evolución del brote, pues estamos considerando que el nivel de restricción influyó de manera diferente en el consumo de gasolina. La primera, R_{25t} , indica que el índice de restricciones de Oxford se encuentra entre un nivel de 25 y 50 puntos. La segunda, R_{50t} , indica que se encuentran en un nivel superior a los 50 puntos del índice.

Recordemos que entre mayor valor tenga el índice, más restrictivas son las medidas impuestas por los gobiernos. Por lo tanto, la variable R_{50t} muestra el efecto de las restricciones más altas durante la época de pandemia; mientras que la categoría base corresponde a restricciones de 0 a 25 puntos del índice, las cuales se consideran las medidas menos restrictivas.

Nelson y Plosser (1982) argumentan que casi todas las series de tiempo macroeconómicas que típicamente se utilizan tienen raíz unitaria. Por lo tanto, siguiendo la metodología estándar para probar la presencia de raíces unitarias, utilizaré las pruebas de Dickey y Fuller (1981) como criterio para determinar la estacionariedad de la serie. En el apéndice se explica con detalle todos los procedimientos y pruebas correspondientes.

En virtud de los resultados obtenidos en el análisis de series de tiempo y con el fin de estimar las relaciones de largo plazo de las series, utilizaré un modelo con mínimos cuadrados ordinarios dinámicos. Este modelo permite estimar también las elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina.

Stock y Watson (1993) sugieren un método muy sencillo para obtener un estimador asintóticamente eficiente (equivalente al de máxima verosimilitud) para el vector normalizado de cointegración, así como también una fórmula válida para estimar la varianza asintótica. El procedimiento para obtener este estimador consiste en calcular la regresión aumentada a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). A los resultados del estimador se les conoce como MCO Dinámicos. Este estimador es consistente, se encuentra asintóticamente distribuido de manera normal y es eficiente (equivalente al estimador de máxima verosimilitud) bajo ciertos

supuestos. Con base en esta metodología, se corren las ecuaciones 1 y 2 presentadas previamente en este trabajo. También es importante destacar que se agregaron variables dicotómicas por cada mes del año—siendo enero la categoría base—para controlar la estacionalidad presente en las series del modelo.

7. Resultados

Por tratarse de la mayor parte de la gasolina consumida en el país, se destacan primero los resultados que corresponden a la gasolina magna. Como se observa en el cuadro 1, el impacto sobre la demanda de gasolina de las restricciones implementadas para contener el COVID-19 es importante. Si observamos el valor de las variables dicotómicas (restricciones) cuando superan los 50 puntos del índice, el efecto correcto sobre la demanda de gasolina magna es de -18.12%¹⁸. De manera similar, cuando el índice se encuentra en un rango de entre los 25 y 50 puntos, el efecto estimado es de -5%. Estos resultados son los esperados y constituyen el propósito principal del estudio. No obstante, es conveniente también comentar las elasticidades precio e ingreso obtenidas.

Como se esperaba, la elasticidad precio de la demanda de gasolina magna es negativa y cercana a cero. De acuerdo con los metaanálisis elaborados por Galindo et al. (2015) y Brans et al. (2008), las elasticidades precio estimadas en la literatura se encuentran entre -2 y 0.3. Sin embargo, Brans (2008) comenta que la mayor parte de las estimaciones se concentran entre -1 y 0. Es decir, se estima que la demanda es inelástica. Además, Galindo et al. (2015) señala que las elasticidades precio de la gasolina estimadas en América Latina suelen ser especialmente bajas. En este sentido, los resultados concuerdan con la literatura.

¹⁸ De acuerdo con los trabajos de Kennedy (1981) y de van Garderen y Shah (2002), la fórmula correcta para calcular cambios porcentuales de una variable dicotómica en una regresión semilogarítmica es $100 \cdot (e^{\beta - .5V(\beta)} - 1)$, donde β es el coeficiente asociado con la variable dicotómica y $V(\beta)$ es la varianza estimada de ese coeficiente.

Cuadro 1. MCO-Dinámicos a las ecuaciones 1 y 2.

	Consumo gasolina magna 87	Consumo gasolina premium 91
	D-OLS	D-OLS
Intercepto	12.232 (1.197)	6.752 (2.5235)
Índice de Precios Magna 87	-.1525 (.1874)	
Índice de Precios Premium 91		-2.009*** (0.4084)
IGAE	1.1416*** (0.3115)	3.809*** (0.7190)
Restricción >25 & <50	-0.0518* (0.0102)	0.224*** (0.0342)
Restricción >50	-0.1994*** (0.0292)	.3946*** (.0534)

Fuente: Elaboración propia

Nota: códigos de significancia: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1.

El modelo se corrió con una variable determinista con nivel=1 y aquí se tomaron las variables dicotómicas de restricción como variables de control. También se controló por estacionalidad, agregando una variable dummy por cada mes del año.

La elasticidad ingreso estimada de la demanda de gasolina magna es positiva y ligeramente superior a 1. De acuerdo con el metaanálisis de Havranek et al. (2015), las elasticidades ingreso de la gasolina estimadas en la literatura se encuentran entre -1 y 3. Sin embargo, la gran mayoría se ubica entre 0 y 1. Por otra parte, Galindo et al. (2015) señala que las elasticidades ingreso en América latina suelen ser altas. Por lo tanto, la elasticidad ingreso de la gasolina magna estimada en este trabajo se encuentra dentro de lo habitual.

Los resultados encontrados en las estimaciones de la demanda de gasolina premium son extraños en general. El impacto de las restricciones sobre la demanda de gasolina premium 91 es muy grande y contrario al esperado. Cuando las restricciones superan los 50 puntos del índice, el efecto sobre la demanda de gasolina es de 48.43%. Este efecto no es solamente grande, sino

que tiene un signo contrario al esperado. De manera similar, cuando el índice se encuentra entre 25 y 50 puntos, el efecto es 25% y tiene nuevamente el signo contrario al esperado. La elasticidad precio es -2 y la elasticidad ingreso es 3.8. Si bien los signos de las dos elasticidades son los esperados, las magnitudes se encuentran en los límites o fuera de lo que se ha encontrado en la literatura.

Se estimaron también elasticidades cruzadas para conocer los efectos del precio de una de las gasolinas sobre la otra. Se analizaron dos modelos diferentes por cada tipo de gasolina.

$$\begin{aligned}
 (3) \quad CG_{87t} &= \alpha + \beta_1 Y_t + \beta_2 P_{87t} + \beta_3 P_{91t} + \beta_4 R_{25t} + \beta_5 R_{50t} + \varepsilon_t \\
 (4) \quad CG_{87t} &= \alpha + \beta_1 Y_t + \beta_2 P_{87t} + \beta_3 P_{91t} + \beta_4 R_{25t} + \beta_5 R_{50t} + \beta_6 D + \varepsilon_t \\
 (5) \quad CG_{91t} &= \gamma + \theta_1 Y_t + \theta_2 P_{91t} + \theta_3 P_{87t} + \theta_4 R_{25t} + \theta_5 R_{50t} + v_t \\
 (6) \quad CG_{91t} &= \gamma + \theta_1 Y_t + \theta_2 P_{91t} + \theta_3 P_{87t} + \theta_4 R_{25t} + \theta_5 R_{50t} + \theta D_6 + v_t
 \end{aligned}$$

Dónde D, es una variable que contiene la diferencia de precios¹⁹ entre la gasolina premium y la magna.

Sin embargo, estas no modifican los signos de los efectos de las restricciones, lo cual es la parte de interés en este trabajo. Además, estos cambios tampoco modifican sustancialmente las estimaciones. Cabe mencionar que las elasticidades precio cruzadas resultan significativas en ambas regresiones, pero no consistentes con lo previsto en la literatura.

¹⁹ También se utilizó un precio relativo de la premium sobre la magna como medida para saber si este era el causante de los signos positivos en las restricciones de premium, sin embargo, al tomarlo en los modelos tienen el mismo valor que el diferencial.

8. Extensión

Se estimó también una demanda de gasolina agregada (es decir, sumando los dos tipos de gasolina). Para ello, se construyeron variables que expresaran el volumen nacional de consumo de combustible, así como su precio. Una de estas variables, es la suma los volúmenes de consumo de gasolina magna y premium. Para el caso del precio, se construyó un índice de precios ponderado a partir de los dos índices de las gasolinas usados en este estudio. Se realizaron pruebas de raíces unitarias a estas nuevas variables, de las cuales no se rechaza la hipótesis nula de raíces unitarias. Por lo tanto, consideramos que son no estacionarias. Posteriormente, se aplicaron primeras diferencias e hicieron pruebas de raíces unitarias. Los resultados indican que las series son estacionarias y se confirma que están cointegradas.

Al aplicar la metodología, observamos que solo un vector está cointegrado por lo que utilizamos el estimador asintóticamente eficiente de Stock y Watson.

Se corre el siguiente modelo:

$$(9) CG_t = \sigma + \varphi_1 Y_t + \varphi_2 P_t + \varphi_3 R_{25t} + \varphi_4 R_{50t} + \mu_t$$

Dónde CG es el consumo nacional de gasolina, P es el precio ponderado y R es el índice de restricciones a los dos niveles de restricción.

Cuadro 2. MCO-Dinámicos a los índices de consumo de gasolina agregado.

	Consumo Gasolina Nacional
Variable	D-OLS
Intercepto	13.05 (1.420)
Índice de Precios ponderado	-1.029*** (.2023)
IGAE	1.8617*** (0.3815)
Restricción >25 & <50	-0.1764*** (0.018)
Restricción >50	-.2593*** (.0294)

Fuente: Elaboración propia

Nota: Códigos de significancia: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1, el modelo se corrió con una variable determinista con nivel=1 y aquí se tomaron las variables dummies de restricción como variables de control. También se controló por estacionalidad, agregando una variable dummy por cada mes del año.

Cuando corremos este modelo, podemos observar que la elasticidad precio es unitaria y que, acorde a las estimaciones que previamente se hicieron en este trabajo, no reflejan el verdadero impacto del precio en el consumo de cada tipo de gasolina cuando se toma desde una perspectiva desagregada. Las restricciones siguen siendo importantes y tienen el signo esperado, el efecto real de estas cuando se está en un nivel de 25-50 puntos es de -23.44% y cuando está en un nivel de 50 puntos en adelante el efecto es de -22.82%.

9. Conclusiones

De acuerdo con los resultados del estudio, existe una relación de largo plazo estable entre el consumo de gasolina magna 87, el indicador global de la actividad económica, el precio de la gasolina y las restricciones impuestas por los gobiernos para combatir el brote de COVID 19. Así, con el fin de conocer las elasticidades de largo plazo, se estimó la demanda de gasolina empleando el método de mínimos cuadrados ordinarios dinámicos.

Entre otras cosas, se prueba la hipótesis de que las restricciones impuestas por el gobierno federal para contener la pandemia tuvieron un efecto negativo sobre la demanda de gasolina, más allá del efecto indirecto ocasionado por la reducción del ingreso. Cuando las medidas de contención de los gobiernos fueron más restrictivas, el consumo de gasolina magna 87—que representa la mayor parte de la demanda de gasolina en el país—disminuyó en 18.12%. Además, encontramos que la demanda de este tipo de gasolina es inelástica como lo señala la literatura económica.

En el caso de la gasolina premium los resultados son extraños. Por una parte, encontramos que las restricciones afectaron de manera positiva el consumo de este tipo de gasolina. Es decir, el consumo aumentó cuando el gobierno mexicano tomó medidas más restrictivas. Por otra parte, la demanda de este tipo de gasolina resulta mucho más elástica que la magna y lo mismo sucede con el ingreso. En otras palabras, el consumo de este tipo de gasolina resultó extremadamente sensible a todas las variables.

Otro hallazgo—que vale la pena mencionar—es que el consumo de gasolina premium tuvo un comportamiento atípico durante este periodo. A diferencia de la gasolina magna, cuyo consumo cayó drásticamente y tomó alrededor de un año en recuperarse; la gasolina premium tuvo una caída inicial en su consumo, pero inmediatamente rebota para situarse por arriba de su nivel prepandemia. Aun cuando estuvimos buscando una explicación razonable para este comportamiento, no encontramos ningún indicio de algún fenómeno que explique esta situación. Al principio, se pensó que era ocasionado por la reducción en el diferencial de precios entre las gasolinas magna y premium. Sin embargo, como se aprecia en el cuadro A12 del anexo, al incluir esta variable en el modelo no se explica ese comportamiento atípico.

Así mismo, también encontramos evidencia suficiente para afirmar que cuando se hacen estimaciones separadas por tipo de gasolina, a diferencia de cuando se hace de forma agregada, refleja mejor el efecto de la elasticidad precio por tipo de gasolina. Por tanto, se recomienda que cuando se desee estimar la elasticidad precio, se haga de forma separada para conocer mejor el efecto de cambios en el precio sobre el consumo de cada tipo de gasolina.

Finalmente, dada la magnitud de la elasticidad ingreso de ambos tipos de gasolina, podemos notar que el consumo de gasolina en el país está explicado en gran parte por las variaciones de la actividad económica. Por lo tanto, buena parte de los cambios en el consumo de gasolina durante la pandemia fueron explicados por los movimientos en la actividad económica.

10. Bibliografía

- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19(6), 716-723.
- Akaike, H. (1998). *Likelihood and the Bayes procedure* (pp. 309-332). Springer New York.
- Berkowitz, M. K., Gallini, N. T., Miller, E. J., & Wolfe, R. A. (1990). Disaggregate analysis of the demand for gasoline. *Canadian Journal of Economics*, 253-275.
- Brons, M., Nijkamp, P., Pels, E., & Rietveld, P. (2008). A meta-analysis of the price elasticity of gasoline demand. A SUR approach. *Energy economics*, 30(5), 2105-2122.
- Carrillo, J. S. C. (2021). Mercados de Gasolina y Economía Política de la reforma Energética en 2013 en México, [Tesis Doctoral] El Colegio de México.
- Davis, L. W., McRae, S., & Seira, E. (2022). The competitive effects of entry in the deregulated Mexican gasoline market.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1057-1072.
- Erias, A. F., & Iglesias, E. M. (2022). Price and income elasticity of natural gas demand in Europe and the effects of lockdowns due to Covid-19. *Energy Strategy Reviews*, 44, 100945.
- Galindo, L. M., Samaniego, J., & Alatorre, J. E. (2015). Meta-analysis of the income and price elasticities of gasoline demand: public policy implications for Latin America. *CEPAL Review*.
- Güngör, B. O., Ertuğrul, H. M., & Soytaş, U. (2021). Impact of Covid-19 outbreak on Turkish gasoline consumption. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120637.
- Havranek, T., & Kokes, O. (2015). Income elasticity of gasoline demand: A meta-analysis. *Energy Economics*, 47, 77-86.
- Ho, S. J., Xing, W., Wu, W., & Lee, C. C. (2021). The impact of COVID-19 on freight transport: Evidence from China. *MethodsX*, 8, 101200.
- Ibarra, J., & Sotres, L. (2008). La demanda de gasolina en México: El efecto en la frontera norte. *Frontera norte*, 20(39), 131-156.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.
- Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1551-1580.

- Le, T. H., Le, A. T., & Le, H. C. (2021). The historic oil price fluctuation during the Covid-19 pandemic: What are the causes?. *Research in International Business and Finance*, 58, 101489.
- Lin, C. Y. C., & Zeng, J. J. (2013). The elasticity of demand for gasoline in China. *Energy Policy*, 59, 189-197.
- Mankiw, N. G., Meza y Staines, M. G., & Carril Villarreal, M. d. P. (2012). *Principios de economía* (6a. ed. --.). México D.F.: Cengage Learning.
- Reyes, O., Escalante, R., & Matas, A. (2010). La demanda de gasolinas en México: Efectos y alternativas ante el cambio climático. *Economía: teoría y práctica*, (32), 83-111.
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2010). *Economía: Con aplicaciones en Latinoamérica* (19a. ed.). México D.F.: McGraw Hill.
- Smith, L. V., Tarui, N., & Yamagata, T. (2021). Assessing the impact of COVID-19 on global fossil fuel consumption and CO2 emissions. *Energy Economics*, 97, 105170.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1993). A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 783-820.
- The Oxford Coronavirus Government Response Tracker (OxCGRT), (2023, 29 de Junio), Universidad de Oxford. <https://www.bsg.ox.ac.uk/research/research-projects/oxford-covid-19-government-response-tracker>
- Tian, X., An, C., Chen, Z., & Tian, Z. (2021). Assessing the impact of COVID-19 pandemic on urban transportation and air quality in Canada. *Science of the Total Environment*, 765, 144270.
- Volumen De Ventas Por Tipo de Petroliferos Por Entidad Federativa, (Junio, 2023), Datos Abiertos SENER, <https://datos.gob.mx/busca/dataset?theme=Energ%C3%ADa+Y+Medio+Ambiente&organization=sener>.

11. Anexo

La prueba Dickey-Fuller está basada en la estructura de un proceso autorregresivo de la siguiente forma:

$$\Delta y_t = \pi_0 y_{t-1} + \pi_1 y_{t-1} + \dots + \pi_p y_{t-1} + u_t$$

Las hipótesis nula y alternativa, respectivamente, son:

$$H_0: \pi = 1 \text{ (} \phi(z) = 0 \text{ Tiene una raíz unitaria } y_t)$$

$$y_t \sim I(1)$$

$$H_a: \pi < 1 \text{ (} \phi(z) = 0 \text{ Tiene raíz fuera del círculo unitario)}$$

$$y_t \sim I(0)$$

En la ejecución de la prueba es crucial especificar el tipo de término determinístico que se usará en la regresión, ya sea: sin constante ni tendencia; con constante, pero sin tendencia; o con constante y tendencia. Para ello, se hace una inspección visual de gráficos. En este sentido, en el gráfico A1 se observa como ninguna de estas series tienen tendencia determinista. Por ello, optaremos por establecer la prueba con “drift” para lograr capturar la media diferente de cero bajo la alternativa.

En relación con el número de rezagos de P para la ejecución de la prueba, Ng y Perron (1995), recomiendan estimar la prueba Dickey-Fuller usando un P^{max} de rezagos. Para ello, se utilizará la metodología de Schwert (1989) con base en el cálculo:

$$P^{max} = \left\lceil 12 \left(\frac{T}{100} \right)^{\frac{1}{4}} \right\rceil$$

Con el fin de seleccionar el número de rezago para un modelo VAR(p), se puede usar el criterio de selección de Akaike (AIC). El enfoque general es estimar modelos VAR(p), con orden $p = 0, \dots, Pmax$ y seleccionar el valor p que minimiza algún criterio:

$$MSC(p) = \ln|\tilde{\Sigma}(p)| + C_T \varphi(n, p) \tilde{\Sigma}(p) = T^{-1} \sum_{t=1}^T \hat{e}_t \hat{e}'_t$$

$C_T =$ función del tamaño muestral

$\varphi(n, p) =$ función de penalización

Existen tres criterios de información comunes que se diferencian por la forma en que penalizan. Sin embargo, para los efectos del presente trabajo solo usaré el criterio de Akaike (AIC):

$$AIC(p) = \ln|\tilde{\Sigma}(p)| + \frac{2}{T} pn^2$$

En el cuadro A1, se muestran los resultados de las pruebas de raíces unitarias a las siguientes variables:

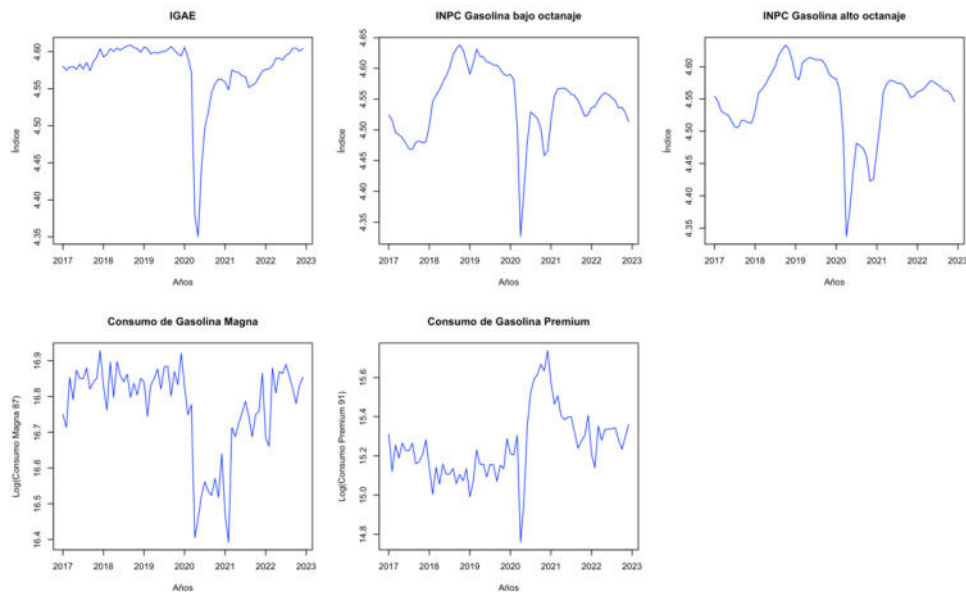
- Logaritmo del consumo nacional de gasolina magna 87.
- Logaritmo del índice de precios al consumidor de la gasolina magna 87, base 2018.
- Logaritmo del indicador global de la actividad económica, base 2018.
- Logaritmo del consumo nacional de gasolina magna 91.
- Logaritmo del índice de precios al consumidor de la gasolina magna 91, base 2018.

Cuadro A1. Pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller a las variables.

Variable	Modelo	Límite Inferior	Límite Superior		1%	5%	10%
Demanda de gasolina magna 87	Drift	-2.2418***	2.5215		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-2.4016	2.0259	3.0301	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-.1386			-2.6	-1.95	-1.61
Índice de precios al consumidor de la gasolina magna 87	Drift	-2.4754***	3.0645		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-2.9709	3.0981	4.6462	-4.04	-3.45	-3.15
	None	.0133			-2.6	-1.95	-1.61
IGAE	Drift	-3.4127**	5.8248		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-3.3981	3.8756	5.8117	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-.0527			-2.6	-1.95	-1.61
Demanda de gasolina premium 91	Drift	-2.3902***	2.8858		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-2.85	2.7277	4.0616	-4.04	-3.45	-3.15
	None	.2487			-2.6	-1.95	-1.61
Índice de precios al consumidor de la gasolina premium 91	Drift	-2.7695***	3.835		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-2.8645	2.745	4.1175	-4.04	-3.45	-3.15
	None	.0154			-2.6	-1.95	-1.61

Fuente: Elaboración propia
Significancia: (1%)***, (5%)**, (10%)*.

Gráfica A1. Se presentan todas las series para revisar posible tendencia.



Fuente: Elaboración propia con datos de PEMEX, INEGI y OxCGRT

Nota: Se grafican las variables consumo nacional de gasolina magna 87 y 91, el índice de precios de la gasolina de alto y bajo octanaje e IGAE. En este gráfico se observa que ninguna de las series tienen una tendencia clara, por lo que se optará por determinar que las series tienen drift ya que ninguna de estas está centrada en media cero.

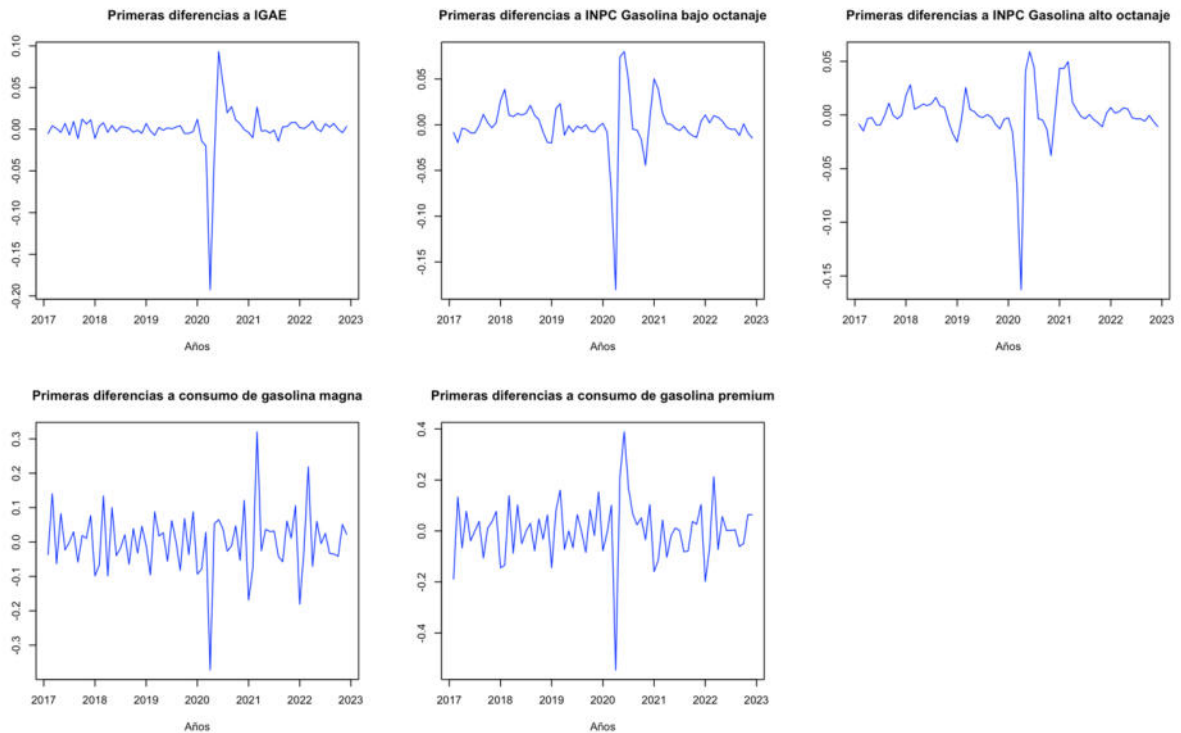
Al realizar las pruebas de raíces unitarias, la única variable que no se rechazó a todos los niveles de confianza fue el IGAE. Sin embargo, como no se rechaza a los niveles de 5% y 10%,

la tomaremos como no estacionaria. En el resto de las variables se acepta la hipótesis nula de presencia de raíces unitarias.

En el mismo orden de ideas, se analizaron las pruebas de raíces unitarias a las primeras diferencias de las variables mencionadas previamente. Para realizar la prueba, aplicamos el mismo procedimiento y los mismos criterios para la selección del p rezago y de información para la selección del rezago de un modelo VAR(p).

Primero aplico primeras diferencias a todas las series para conocer el orden de integración de las variables, ya que el objetivo del procedimiento es hacer un análisis de cointegración. Posteriormente, para poder establecer el tipo de término determinístico en la ejecución de la prueba, se hace una inspección visual en la gráfica A2.

Gráfica A2. Se presentan las primeras diferencias de todas las variables variables presentadas en la gráfica A1.



Fuente: Elaboración propia con datos de PEMEX, INEGI y OxCGRT

Nota: En este gráfico se observa que todas las variables fluctúan alrededor del cero, ninguna de las series tiene una tendencia clara o algún drift, por lo que se optará por determinar que las series no tienen ni constante ni tendencia.

Al realizar las pruebas de raíces unitarias a las series de las primeras diferencias presentadas en el cuadro A2, solo en el caso de las de la demanda de gasolina magna 87 no se rechaza la hipótesis nula de presencia de raíces unitarias al 1%, pues al 5% y 10% respectivamente sí se rechaza. Por ello, consideramos que las primeras diferencias de las series son estacionarias. Con todo lo anterior, y considerando que las series tienen el mismo nivel de integración, se realizó la prueba de la raíz característica máxima de Johansen (1988 y 1991). Esta prueba consiste en el desarrollo de un proceso secuencial sofisticado para determinar la existencia de cointegración y determinar el número de relaciones de cointegración basados en técnicas de máxima verosimilitud. Los resultados fueron los siguientes:

Cuadro A2. Pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller a las primeras diferencias de las variables.

<i>Variable</i>	<i>Modelo</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>		<i>1%</i>	<i>5%</i>	<i>10%</i>
Δ Demanda de gasolina magna 87	<i>Drift</i>	-2.3706	2.8098		-3.51	-2.89	-2.58
	<i>Trend</i>	-2.3656	1.8909	2.8363	-4.04	-3.45	-3.15
	<i>None</i>	-2.3966**			-2.6	-1.95	-1.61
Δ Índice de precios al consumidor de la gasolina magna 87	<i>Drift</i>	-6.4973	21.1387		-3.51	-2.89	-2.58
	<i>Trend</i>	-6.4607	13.947	20.8897	-4.04	-3.45	-3.15
	<i>None</i>	-6.5599***			-2.6	-1.95	-1.61
Δ IGAE	<i>Drift</i>	-6.3535	20.1805		-3.51	-2.89	-2.58
	<i>Trend</i>	-6.3224	13.3246	19.9869	-4.04	-3.45	-3.15
	<i>None</i>	-6.4104***			-2.6	-1.95	-1.61
Δ Demanda de gasolina premium 91	<i>Drift</i>	-7.1108	25.333		-3.51	-2.89	-2.58
	<i>Trend</i>	-7.0569	16.6495	24.9239	-4.04	-3.45	-3.15
	<i>None</i>	-7.1604***			-2.6	-1.95	-1.61
Δ Índice de precios al consumidor de la gasolina premium 91	<i>Drift</i>	-5.6533	16.0014		-3.51	-2.89	-2.58
	<i>Trend</i>	-5.5998	10.4747	15.6911	-4.04	-3.45	-3.15
	<i>None</i>	-5.7079***			-2.6	-1.95	-1.61

Fuente: Elaboración propia

Significancia: (1%)***, (5%)**, (10%)*.

Se rechaza la hipótesis nula de que no existe cointegración y se toma la alternativa de que existe al menos un vector de cointegración para ambos tipos de gasolina (de alto y bajo octanaje, respectivamente). Como se puede observar en los cuadros A3 y A4 y con base en esta prueba podemos afirmar que existe una relación estable de largo plazo entre el consumo de gasolina, los precios, el ingreso y las restricciones impuestas por los gobiernos.

Cuadro A3. Prueba de cointegración de Johansen, gasolina de alto octanaje.

Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Trace	10%	5%	1%
$r \leq 4$	$r > 4$	7.48	10.49	12.25	16.26
$r \leq 3$	$r > 3$	18.36	22.76	25.32	30.45
$r \leq 2$	$r > 2$	32.74	39.04	42.44	48.45
$r \leq 1$	$r > 1$	56.47	59.14	62.99	70.05
$r = 0$	$r > 0$	108.80	83.20	87.31	96.58

Fuente: Elaboración propia.

Nota: dados los resultados de la prueba, se rechaza H_0 ($r > 0$) con un nivel de significancia del 5%, sin embargo ya no se rechaza H_0 para ($r \leq 1$).

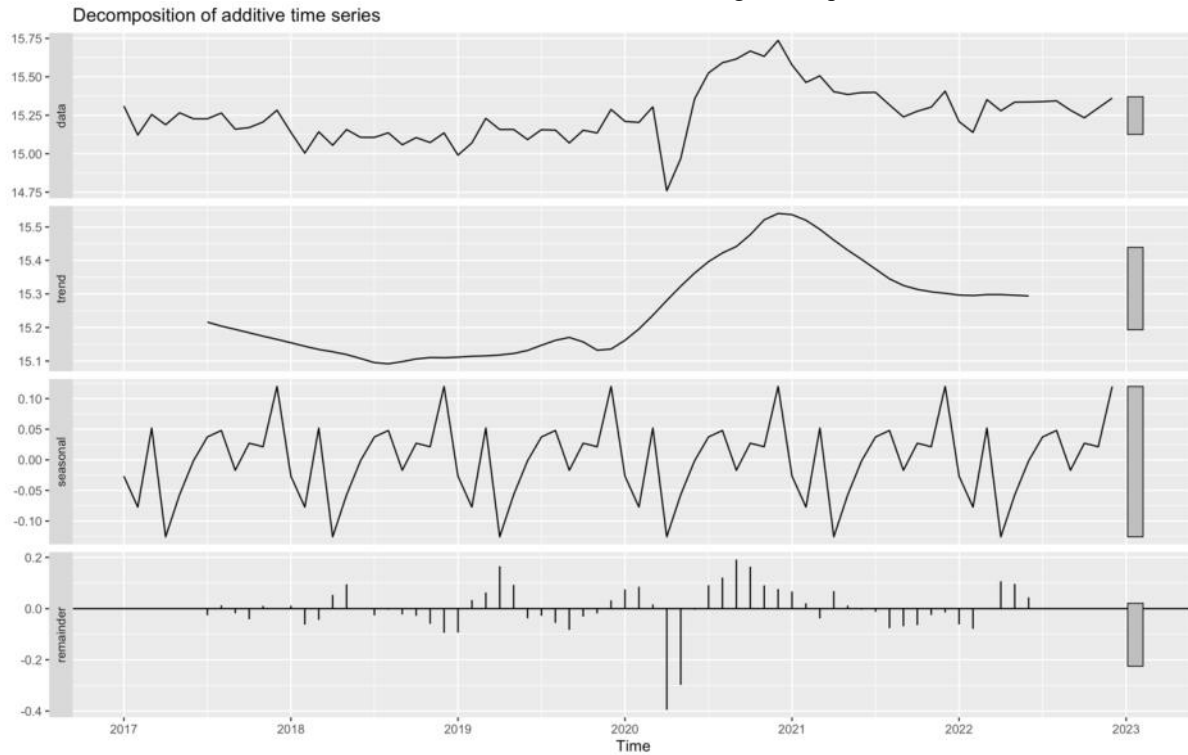
Cuadro A4. Prueba de cointegración de Johansen, gasolina de bajo octanaje.

Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Trace	10%	5%	1%
$r \leq 4$	$r > 4$	3.59	10.49	12.25	16.26
$r \leq 3$	$r > 3$	11.17	22.76	25.32	30.45
$r \leq 2$	$r > 2$	21.24	39.04	42.44	48.45
$r \leq 1$	$r > 1$	47.53	59.14	62.99	70.05
$r = 0$	$r > 0$	105.63	83.20	87.31	96.58

Fuente: Elaboración propia

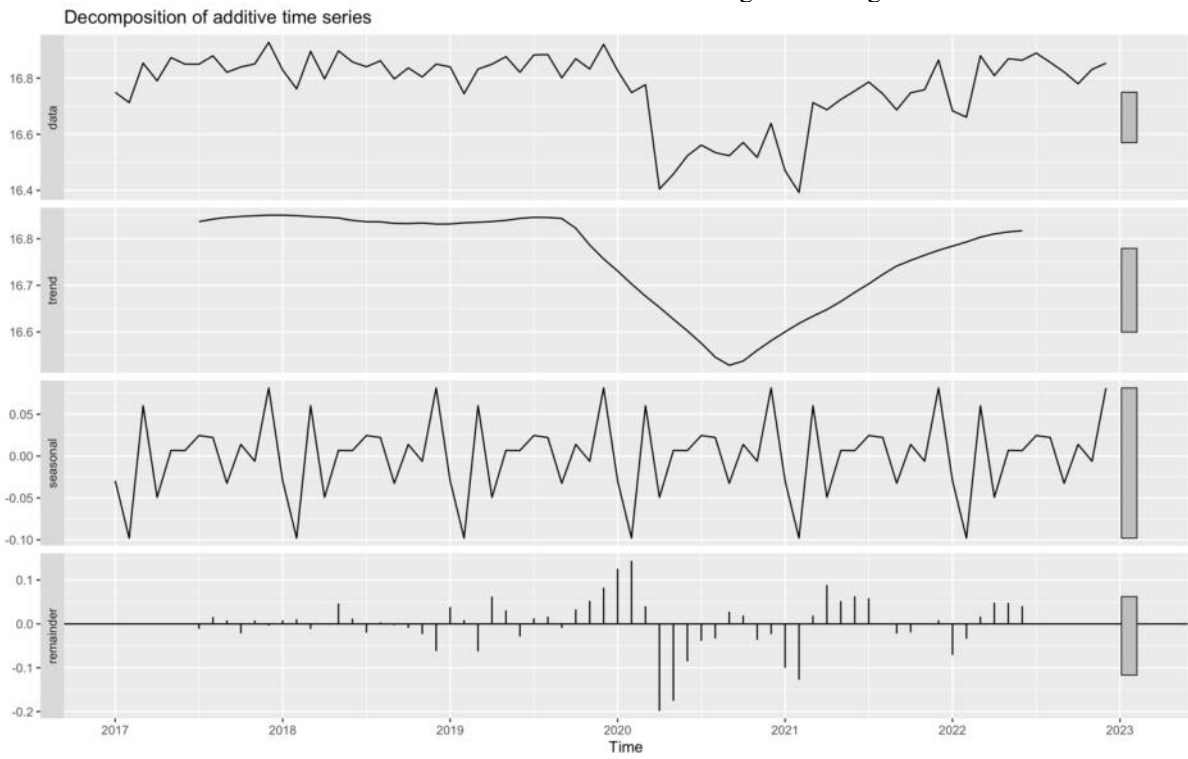
Nota: dados los resultados, se rechaza H_0 ($r > 0$) con un nivel de significancia del 5%, sin embargo ya no se rechaza H_0 para ($r \leq 1$).

Gráfica A3. Estacionalidad del consumo de gasolina premium.



Fuente: Elaboración propia

Gráfica A4. Estacionalidad del consumo de gasolina magna.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro A5. Pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller al índice de precios ponderado y consumo nacional.

<i>Variable</i>	<i>Modelo</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>		<i>1%</i>	<i>5%</i>	<i>10%</i>
Demanda de gasolina nacional (Incluye magna y premium)	Drift	-1.8079***	1.7499		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-1.9181	1.6204	2.3192	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-.4723			-2.6	-1.95	-1.61
Δ Demanda de gasolina nacional	Drift	-2.1837**	2.3844		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-2.3294	1.827	2.7405	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-2.1402			-2.6	-1.95	-1.61
Índice de Precios al Consumidor de Gasolinas ponderado (Incluye magna y premium)	Drift	-2.3949***	2.8688		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-2.7793	2.6902	4.0344	-4.04	-3.45	-3.15
	None	.0159			-2.6	-1.95	-1.61
Δ Índice de Precios al Consumidor de Gasolinas y Aceites lubricantes.	Drift	-6.3058***	19.9116		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-6.2624	13.1047	19.6278	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-6.3667			-2.6	-1.95	-1.61

Fuente: Elaboración propia

Significancia: (1%)***, (5%)**, (10%)*.

Cuadro A6. Prueba de cointegración de Johansen, índice de precios ponderado.

Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Trace	10%	5%	1%
$r \leq 4$	$r > 4$	2.88	10.49	12.25	16.26
$r \leq 3$	$r > 3$	10.14	22.76	25.32	30.45
$r \leq 2$	$r > 2$	31.27	39.04	42.44	48.45
$r \leq 1$	$r > 1$	55.16	59.14	62.99	70.05
$r = 0$	$r > 0$	97.21	83.20	87.31	96.58

Fuente: Elaboración propia.

Nota: dados los resultados, se rechaza H_0 ($r > 0$) con un nivel de significancia del 5%, sin embargo ya no se rechaza H_0 para ($r \leq 1$).**Cuadro A7.** Pruebas de raíces unitarias Dickey-Fuller al diferencial de precios y precios relativos.

<i>Variable</i>	<i>Modelo</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>		<i>1%</i>	<i>5%</i>	<i>10%</i>
Diferencial de precio entre gasolina magna y premium	Drift	-1.8515***	1.7196		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-1.9927	1.6359	2.4484	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-.4436			-2.6	-1.95	-1.61
Δ Diferencial de precio entre gasolina magna y premium	Drift	-5.1931**	13.4967		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-5.2843	9.3204	13.9683	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-5.2386			-2.6	-1.95	-1.61
Precio relativo de la premium-magna	Drift	-1.9554***	1.9171		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-2.2066	2.0415	3.0569	-4.04	-3.45	-3.15
	None	.0381			-2.6	-1.95	-1.61
Δ Precio relativo de la premium-magna	Drift	-5.8122**	16.9161		-3.51	-2.89	-2.58
	Trend	-5.9508	11.8282	17.7167	-4.04	-3.45	-3.15
	None	-5.8647			-2.6	-1.95	-1.61

Fuente: Elaboración propia.

Significancia: (1%)***, (5%)**, (10%)*.

Cuadro A8. Prueba de cointegración de Johansen, elasticidades cruzadas del consumo de gasolina de bajo octanaje.

Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Trace	10%	5%	1%
$r \leq 5$	$r > 5$	4.71	10.49	12.25	16.26
$r \leq 4$	$r > 4$	13.13	22.76	25.32	30.45
$r \leq 3$	$r > 3$	33.69	39.04	42.44	48.45
$r \leq 2$	$r > 2$	55.26	59.14	62.99	70.05
$r \leq 1$	$r > 1$	89.24	83.20	87.31	96.58
$r = 0$	$r > 0$	148.80	110.42	114.90	124.75

Fuente: Elaboración propia.

Nota: dados los resultados, se rechaza H_0 ($r > 0$) con un nivel de significancia del 5%, se rechaza H_0 para ($r \leq 1$) pero ya no se rechaza H_0 para ($r \leq 2$).

Cuadro A9. Prueba de cointegración de Johansen, elasticidades cruzadas del consumo de gasolina de alto octanaje.

Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Trace	10%	5%	1%
$r \leq 5$	$r > 5$	3.68	10.49	12.25	16.26
$r \leq 4$	$r > 4$	9.37	22.76	25.32	30.45
$r \leq 3$	$r > 3$	26.72	39.04	42.44	48.45
$r \leq 2$	$r > 2$	62.02	59.14	62.99	70.05
$r \leq 1$	$r > 1$	101.32	83.20	87.31	96.58
$r = 0$	$r > 0$	143.80	110.42	114.90	124.75

Fuente: Elaboración propia.

Nota: dados los resultados, se rechaza H_0 ($r > 0$) con un nivel de significancia del 5%, se rechaza H_0 para ($r \leq 1$), se rechaza H_0 para ($r \leq 2$), sin embargo ya no se rechaza para H_0 para ($r \leq 3$).

Cuadro A10. Prueba de cointegración de Johansen, elasticidades cruzadas con diferencial de precios del consumo de gasolina de bajo octanaje.

Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Trace	10%	5%	1%
$r \leq 5$	$r > 5$	3.48	10.49	12.25	16.26
$r \leq 4$	$r > 4$	8.98	22.76	25.32	30.45
$r \leq 3$	$r > 3$	24.67	39.04	42.44	48.45
$r \leq 2$	$r > 2$	60.08	59.14	62.99	70.05
$r \leq 1$	$r > 1$	100.13	83.20	87.31	96.58
$r = 0$	$r > 0$	142.34	110.42	114.90	124.75

Fuente: Elaboración propia.

Nota: dados los resultados, se rechaza H_0 ($r > 0$) con un nivel de significancia del 5%, se rechaza H_0 para ($r \leq 1$), se rechaza H_0 para ($r \leq 2$), sin embargo ya no se rechaza para H_0 para ($r \leq 3$).

Cuadro A11. Prueba de cointegración de Johansen, elasticidades cruzadas con diferencial de precios del consumo de gasolina de alto octanaje.

Hipotesis Nula	Hipotesis Alternativa	Trace	10%	5%	1%
$r \leq 5$	$r > 5$	4.54	10.49	12.25	16.26
$r \leq 4$	$r > 4$	14.57	22.76	25.32	30.45
$r \leq 3$	$r > 3$	33.46	39.04	42.44	48.45
$r \leq 2$	$r > 2$	55.97	59.14	62.99	70.05
$r \leq 1$	$r > 1$	89.71	83.20	87.31	96.58
$r = 0$	$r > 0$	141.59	110.42	114.90	124.75

Fuente: Elaboración propia.

Nota: dados los resultados, se rechaza H_0 ($r > 0$) con un nivel de significancia del 5%, se rechaza H_0 para ($r \leq 1$) pero ya no se rechaza H_0 para ($r \leq 2$).

Cuadro A12. Elasticidades cruzadas con diferencial de precios.

	Consumo gasolina magna 87	Consumo gasolina premium 91	Consumo gasolina magna 87	Consumo gasolina premium 91
	MCO-D	MCO-D	MCO-D	MCO-D
Intercepto	6.9427 (1.032)	12.489 (1.272)	6.9427 (1.032)	12.489 (1.272)
Índice de Precios Magna 87	-1.514*** (.2205)	.8201*** (.3026)	.1506 (.1672)	
Índice de Precios Premium 91	1.664*** (.3420)	-3.0507*** (0.4487)		-2.230*** (.2126)
IGAE	1.986*** (0.3367)	2.7916*** (0.3928)	1.9863** (.3367)	2.791 (.3928)
Diferencial de precios.			1.664*** (.342)	.8201** (.3026)
Precio relativo premium-magna.				
Restricción >25 & <50	-.0274* (0.0117)	.1809** (0.0153)	-.0274* (0.0117)	.1809*** (.0153)
Restricción >50	-.0493* (0.0192)	.2292** (0.0279)	-.0493* (0.0192)	.2292*** (.0279)

Fuente: Elaboración propia.

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1.