



HERRAMIENTAS PARA ANÁLISIS DE DEMANDA EN LA ESTACIÓN SRL

(ESTACIÓN DE SERVICIO **SHELL**)



- Fadel, Paula
- Falci Troitiño, Lujan
- Isas, Martina del Rosario
- Leiva Haro, Valentina
- Leon Canepa, Lucia
- Palou, Ivan Enric
- Toledo, Delfina





Marti.isas99@hotmail.com - lucialeoncanepa@gmail.com - paulafade69@gmail.com -
lujifalcitroiti@gmail.com - delfitoledo2002@gmail.com - ivanenric3@gmail.com -
valeleivah@gmail.com

Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Situación Problemática.....	5
Preguntas de Investigación.....	5
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Marco Metodológico.....	6
Marco teórico.....	7
• Análisis Cuantitativo en la Toma de Decisiones.....	7
• Pronósticos y Series de Tiempo.....	8
• Construcción de Modelos y Teoría de Colas.....	8
• Integración de Pronósticos y Teoría de Colas.....	10
Aplicación.....	10
Utilización de los surtidores.....	25
Longitud promedio de la cola.....	26
Vehículos en el sistema.....	26
Tiempo de espera.....	26
Tiempo total en el sistema.....	26
Recomendaciones:.....	27
Conclusión.....	28
Apéndice.....	29
Referencias.....	31



Resumen

El presente trabajo se desarrolla en LA ESTACIÓN SRL, una estación de servicio perteneciente a la red Shell, cuyo entorno operativo se caracteriza por constantes variaciones en la demanda de combustibles líquidos y GNC. Estas fluctuaciones generan un doble desafío: por un lado, dificultan la planificación eficiente del abastecimiento; y por el otro, provocan períodos de congestión en la playa de carga que incrementan los tiempos de espera y afectan la calidad del servicio percibido por el cliente. Para abordar esta problemática, se propone la aplicación estructurada de herramientas de análisis cuantitativo. En primer lugar, se emplean modelos de pronóstico de series de tiempo sobre registros históricos de despachos (período 2023-2026) con el fin de estimar la demanda futura de cada producto. Posteriormente, se implementa la teoría de colas para analizar la dinámica del sistema de atención, evaluando variables clave como las tasas de llegada, la capacidad de los surtidores y los tiempos de permanencia. La integración de ambas metodologías busca aportar información objetiva que respalde la toma de decisiones, optimizando el uso de los recursos disponibles y fortaleciendo la eficiencia operativa global de la organización.

Palabras Clave: análisis cuantitativo – pronóstico – teoría de colas – atención al cliente – combustibles.



Introducción

En un contexto empresarial dinámico y competitivo, la gestión eficiente de las operaciones y los inventarios constituye un pilar estratégico para garantizar la rentabilidad. Particularmente en el sector de expendio de combustibles, la capacidad de anticipar el comportamiento de la demanda es vital. Las empresas de este rubro deben administrar de forma óptima sus inventarios para evitar tanto el quiebre de stock —que ocasiona pérdida directa de ventas e insatisfacción— como el exceso de almacenamiento que inmoviliza capital innecesariamente.

Este trabajo toma como caso de estudio a LA ESTACIÓN SRL. Esta empresa enfrenta restricciones físicas, como una capacidad limitada en sus tanques subterráneos, que la obligan a sincronizar meticulosamente su abastecimiento con el ritmo real de ventas. Además, la variabilidad en la afluencia diaria de vehículos exige garantizar una atención ágil en los surtidores para evitar la formación de largas filas de espera. En la actualidad, las decisiones operativas y de compras de la estación se fundamentan principalmente en la experiencia empírica del personal y en la observación informal del historial de ventas. Si bien esto ha permitido sostener el negocio, la complejidad de la demanda requiere un enfoque más riguroso.

Por tal motivo, este estudio propone incorporar herramientas de análisis cuantitativo. Mediante la integración de pronósticos de series de tiempo y modelos de teoría de colas, se busca dotar a la gerencia de estimaciones objetivas que permitan mejorar la planificación de inventarios, reducir los tiempos de atención y elevar los estándares de calidad del servicio brindado.



Situación Problemática

LA ESTACIÓN SRL enfrenta el desafío de gestionar eficientemente sus operaciones en un contexto donde la demanda de productos como V-Power Nafta, Súper, V-Power Diesel, Evolux y GNC presenta variaciones a lo largo del tiempo. Estas fluctuaciones generan cambios en la cantidad de clientes que concurren a la estación de servicio, especialmente en determinados días y horarios de mayor demanda.

Si bien resulta fundamental anticipar el comportamiento de la demanda para planificar adecuadamente el abastecimiento de combustibles, también es necesario garantizar una atención eficiente en los surtidores. Un incremento en la llegada de vehículos puede provocar la formación de filas de espera, aumentando los tiempos de atención y afectando la calidad del servicio brindado a los clientes.

Actualmente, las decisiones operativas se apoyan principalmente en la experiencia del personal y en la observación de la demanda histórica. Sin embargo, la variabilidad en la afluencia de clientes hace necesario incorporar herramientas cuantitativas que permitan analizar el comportamiento de la demanda y evaluar el desempeño del sistema de atención en los surtidores.

En este contexto, resulta necesario implementar herramientas que permitan estimar la demanda futura de combustibles y analizar los tiempos de espera generados en los surtidores, con el fin de identificar oportunidades de mejora que contribuyan a una gestión operativa más eficiente y a un mejor nivel de servicio para los clientes.

Preguntas de Investigación

¿De qué manera la aplicación de técnicas de pronóstico basadas en datos históricos permite estimar la demanda futura de los distintos tipos de combustibles comercializados por LA ESTACIÓN SRL?



¿Cómo puede la teoría de colas contribuir al análisis de los tiempos de espera y la utilización de los surtidores en LA ESTACIÓN SRL, considerando la variabilidad en la llegada de clientes?

¿Qué oportunidades de mejora en la gestión operativa y en la atención al cliente pueden identificarse a partir de los resultados obtenidos mediante los modelos de pronóstico y teoría de colas?

Objetivo General

Desarrollar una propuesta de mejora para la gestión operativa de LA ESTACIÓN SRL mediante la aplicación de herramientas de pronóstico de demanda y teoría de colas, con el fin de analizar el comportamiento de la demanda de combustibles y optimizar la atención de los clientes en los surtidores.

Objetivos Específicos

Estimar la demanda futura de los distintos tipos de combustibles comercializados por LA ESTACIÓN SRL mediante técnicas de pronóstico basadas en datos históricos, con el fin de mejorar la planificación del abastecimiento.

Analizar el sistema de atención en los surtidores de LA ESTACIÓN SRL mediante la aplicación de modelos de teoría de colas, evaluando indicadores como tiempos de espera, longitud de las filas y nivel de utilización de los surtidores.

Evaluar los resultados obtenidos a partir de los modelos de pronóstico y teoría de colas, con el propósito de identificar oportunidades de mejora en la gestión operativa y en la atención al cliente de la empresa.

Marco Metodológico

El presente estudio utilizará un enfoque cuantitativo, ya que se trabajará con datos numéricos obtenidos de los registros históricos de despachos de combustibles de LA ESTACIÓN



SRL. El diseño de investigación será no experimental, descriptivo, longitudinal para el análisis de la demanda histórica y transversal para el análisis del sistema de atención en los surtidores en un período determinado. Como técnica de recolección de datos se empleará el análisis documental de fuentes secundarias internas provenientes del sistema de gestión de la empresa. Se trabajará con un censo no probabilístico, considerando el 100% de los registros históricos de despachos de combustibles correspondientes al período comprendido entre los años 2023 y 2026.

Para el análisis de los datos se utilizarán herramientas de Análisis Cuantitativo de Negocios, específicamente modelos de pronóstico de series de tiempo para estimar la demanda futura de combustibles y modelos de teoría de colas para analizar el desempeño del sistema de atención en los surtidores, considerando variables como la tasa de llegada de clientes, la capacidad de servicio y los tiempos de espera generados durante la prestación del servicio.

Marco teórico

- **Análisis Cuantitativo en la Toma de Decisiones**

El análisis cuantitativo se define como el enfoque científico y sistemático para la toma de decisiones administrativas en las organizaciones. Su propósito fundamental es transformar datos brutos e históricos en información significativa, superando la intuición empírica mediante el modelado matemático. La metodología estructurada de este enfoque abarca desde la definición del problema y la construcción del modelo conceptual, hasta la recolección de datos de entrada, la resolución algorítmica y la evaluación de resultados para su posterior implementación operativa.



- **Pronósticos y Series de Tiempo**

Dado que los administradores toman decisiones diariamente sin saber con certeza qué sucederá, los pronósticos tienen el propósito fundamental de reducir la incertidumbre para realizar una mejor estimación de los eventos futuros. Dentro de las técnicas cuantitativas, los modelos de series de tiempo intentan predecir los valores futuros de una variable (como la demanda de los diferentes tipos de combustibles) utilizando exclusivamente los datos históricos de esa única variable, extrapolando sus valores pasados. El comportamiento de una serie de tiempo puede explicarse a partir de cuatro componentes posibles:

Tendencia (T): El movimiento general ascendente o descendente de los datos durante un periodo de tiempo prolongado.

Estacionalidad (S): Patrón de fluctuaciones por encima o por debajo de un valor promedio que se repite a intervalos regulares (por ejemplo, incrementos de demanda en ciertos meses del año).

Ciclos (C): Patrones en los datos anuales que tienden a repetirse cada cierta cantidad de años, generalmente asociados al ciclo económico.

Variaciones Aleatorias (R): Fluctuaciones irregulares e impredecibles en una serie de tiempo que no responden a la tendencia, la estacionalidad ni los ciclos.

- **Construcción de Modelos y Teoría de Colas**

Para abordar el análisis del sistema de atención en los surtidores, es necesario formular un modelo, entendido como una representación (normalmente matemática) de la situación real. Dentro de estos modelos simbólicos, la Teoría de Colas constituye una herramienta de análisis cuantitativo utilizada para estudiar sistemas donde los clientes llegan a solicitar un servicio y, en determinadas circunstancias, deben esperar antes de ser atendidos.



La Teoría de Colas permite evaluar el desempeño de un sistema de servicio mediante el análisis de variables relacionadas con la llegada de clientes y la capacidad de atención disponible. Su aplicación contribuye a identificar posibles situaciones de congestión, estimar tiempos de espera y evaluar el nivel de utilización de los recursos disponibles.

Todo modelo de teoría de colas está compuesto por los siguientes elementos esenciales:

Población de clientes: conjunto de usuarios que demandan el servicio ofrecido por la organización.

Proceso de llegada: patrón mediante el cual los clientes ingresan al sistema. En este estudio se encuentra representado por los vehículos que arriban a la estación de servicio para cargar combustible.

Cola o fila de espera: conjunto de clientes que esperan ser atendidos cuando todos los surtidores disponibles se encuentran ocupados.

Proceso de servicio: actividad mediante la cual se satisface la necesidad del cliente. En este caso corresponde a la carga de combustible realizada en los surtidores.

Canales de servicio: recursos disponibles para brindar atención. En la estación de servicio están representados por los surtidores operativos.

Entre los principales indicadores que pueden analizarse mediante la teoría de colas se encuentran:

- Tiempo promedio de espera en la fila.
- Tiempo promedio de permanencia en el sistema.
- Cantidad promedio de clientes en espera.
- Cantidad promedio de clientes en el sistema.
- Nivel de utilización de los surtidores.



El análisis de estos indicadores permite evaluar la eficiencia operativa del sistema de atención y detectar oportunidades de mejora orientadas a reducir los tiempos de espera y mejorar la calidad del servicio brindado a los clientes.

- **Integración de Pronósticos y Teoría de Colas**

En el diseño de políticas operativas, la integración de estas herramientas cuantitativas potencia la eficacia empresarial. Los resultados obtenidos mediante los pronósticos de series de tiempo permiten estimar el comportamiento futuro de la demanda de combustibles y anticipar los períodos de mayor afluencia de clientes a la estación de servicio.

Estas estimaciones constituyen información relevante para el análisis del sistema de atención mediante la teoría de colas, ya que permiten comprender cómo las variaciones en la demanda pueden influir sobre la llegada de vehículos a los surtidores y, en consecuencia, sobre los tiempos de espera y la utilización de los recursos disponibles.

Al integrar ambas herramientas dentro de un modelo de análisis estructurado, es posible obtener una visión más completa del funcionamiento de la estación de servicio, identificando oportunidades de mejora que contribuyan a optimizar la atención al cliente, reducir los tiempos de espera y favorecer una gestión operativa más eficiente.

Aplicación

- ***Herramienta 1: Series de tiempo***

Análisis exploratorio de la demanda

Como primera etapa del proceso de análisis cuantitativo, se realizó un estudio exploratorio de los registros históricos de despachos de combustibles correspondientes al período correspondiente a enero 2023 y diciembre 2025. Este análisis tuvo como propósito comprender el comportamiento de la demanda de cada uno de los cinco productos



comercializados por LA ESTACIÓN SRL antes de proceder a la selección y aplicación de los modelos de pronóstico.

A diferencia de enfoques que priorizan un subconjunto de productos en función de su participación en los ingresos, el trabajo incorpora la totalidad de los combustibles comercializados por la estación en el análisis de pronóstico y optimización. Esta decisión responde a la naturaleza del negocio, donde la disponibilidad continua de todos los productos es una condición operativa no negociable: un faltante de cualquier combustible, independientemente de su participación relativa en el volumen total, genera pérdida de ventas, deterioro de la experiencia del cliente y potencial daño reputacional para la estación. En consecuencia, la gestión eficiente del abastecimiento requiere modelar y optimizar simultáneamente la demanda de los cinco productos.



Tabla 1: Cantidad de combustible vendido en litros desde enero 2023 a diciembre 2025.

Año	Mes	Ventas (en litros)		V Power Diesel	Evolux	GNC
		V Power Nafta	Super			
2023	ENERO	29997	101353	10933	273758	71274
	FEBRERO	41161	184785	62052	325386	70725
	MARZO	46762	212717	67882	416141	77898
	ABRIL	41489	187722	66864	331839	75847
	MAYO	43931	192173	78582	373318	73824
	JUNIO	45841	201979	86887	344491	77230
	JULIO	47745	199386	101959	403556	76040
	AGOSTO	42989	192073	97581	483410	72561
	SEPTIEMBRE	39391	170807	68540	427229	70572
	OCTUBRE	58510	226214	85576	544397	72773
	NOVIEMBRE	50603	167963	73778	312383	68400
	DICIEMBRE	36163	186117	75578	372589	67542
2024	ENERO	31971	170809	63211	322119	55296
	FEBRERO	29967	153716	66082	276944	58161
	MARZO	31322	171891	69078	277192	63705
	ABRIL	28017	151817	66647	300047	62252
	MAYO	32466	170089	70641	415764	67706
	JUNIO	32043	165810	70070	514265	59888
	JULIO	35738	177254	78497	427718	69943
	AGOSTO	34579	172435	78820	359419	68036
	SEPTIEMBRE	35001	170316	73265	366603	63669
	OCTUBRE	39802	199426	81478	466040	67262
	NOVIEMBRE	38916	206042	81764	502269	64905
	DICIEMBRE	48842	230365	86279	472408	69707
2025	ENERO	40064	187968	80267	417770	60469
	FEBRERO	39205	176179	71856	378377	55110
	MARZO	40284	196448	81794	417986	62721
	ABRIL	39947	185478	82554	432493	64737
	MAYO	40982	185433	78402	463400	69168
	JUNIO	41604	174381	78557	445633	68179
	JULIO	44158	181977	82255	486863	67583
	AGOSTO	44276	184278	84522	456378	70901
	SEPTIEMBRE	43080	175695	79461	382742	68444
	OCTUBRE	43291	183227	84037	406925	71707
	NOVIEMBRE	38848	175706	68590	359749	62943
	DICIEMBRE	43868	191698	79790	373996	68163

Fuente: Elaboración propia



Tabla 2: Estadísticos descriptivos de ventas mensuales por combustible (Periodo 2023 - 2025)

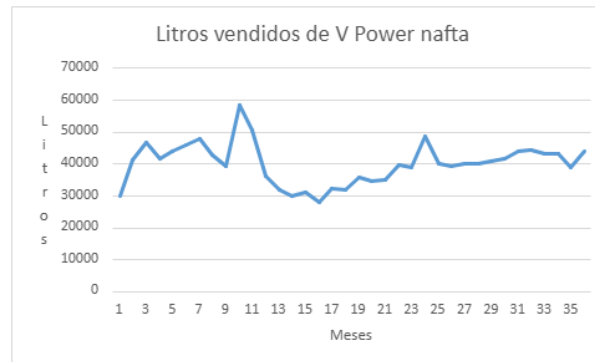
Estadísticos descriptivos de las ventas mensuales por combustible					
Estadístico	V Power Nafta	Super	V Power Diesel	Evolux	GNC
Promedio mensual (lt)	40079,25	182270,19	75392,47	398099,92	67648,36
Mínimo mensual (lt)	28017	101353	10933	273758	55110
Máximo mensual (lt)	58510	230365	101959	544397	77898
Desvío estándar (lt)	6481,23	22064,82	14157,46	70076,17	5681,09
Coefficiente de variación (%)	16,17%	12,11%	18,78%	17,60%	8,40%
Total acumulado (lt)	1442853	6561727	2714129	14331597	2435341

Fuente: Elaboración propia en base a registros de LA ESTACIÓN SRL.

La Tabla 2 sintetiza los principales estadísticos descriptivos de cada serie. El coeficiente de variación, constituye un indicador de la variabilidad relativa de cada serie, independientemente de su escala. Los resultados muestran que Evolux presenta el mayor coeficiente de variación del conjunto, lo que refleja la elevada amplitud de sus fluctuaciones mensuales y la consecuente dificultad de gestionar su abastecimiento sin herramientas sistemáticas de pronóstico. En el extremo opuesto, GNC exhibe el coeficiente de variación más reducido, confirmando el comportamiento estable y predecible de su demanda identificado en el análisis gráfico previo.

Estas diferencias en la variabilidad de las series tienen implicancias directas sobre la selección de los modelos de pronóstico más adecuados para cada producto, aspecto que se desarrolla en la sección siguiente.

Gráfico N° 1: Serie temporal de ventas de V-Power Nafta (2023-2025)



Fuentes: Elaboración propia

V Power Nafta

La serie de tiempo correspondiente a V Power Nafta exhibe una tendencia levemente creciente a lo largo del período analizado. Durante el año 2023, los valores oscilaron en torno a los 30.000 y 58.000 litros mensuales, con un pico atípico registrado en el mes de octubre de dicho año. A partir de 2024 y durante 2025, la serie se estabilizó en un rango comprendido entre los 38.000 y 48.000 litros aproximadamente, evidenciando una mayor regularidad en su comportamiento.

No se observa una estacionalidad pronunciada ni un patrón cíclico definido. La variabilidad de la serie es moderada y relativamente constante a lo largo del tiempo, lo que sugiere una dispersión homogénea en torno a la tendencia. En términos generales, se trata de una serie estable con una leve tendencia al alza.

Gráfico N°2: Serie temporal de ventas de combustible Súper (2023-2025)



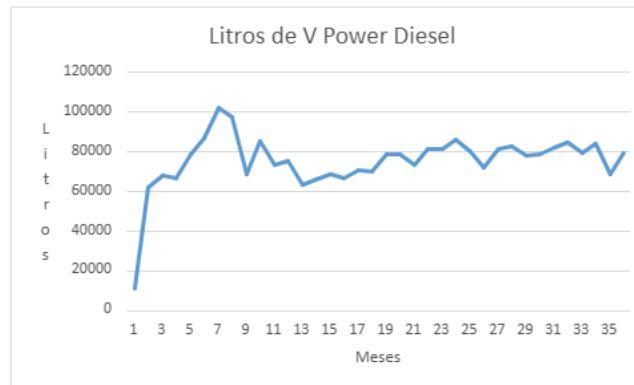
Fuente: Elaboración propia

Super

La serie correspondiente al combustible Super es la que presenta la mayor amplitud de variación absoluta dentro del conjunto analizado. Se distingue claramente una tendencia creciente pronunciada durante el año 2023, en el cual los valores ascendieron desde aproximadamente 101.000 litros en enero hasta superar los 200.000 litros en el segundo semestre. A partir de 2024, la serie se estabilizó en niveles elevados, fluctuando entre 150.000 y 230.000 litros mensuales.

Se identifican indicios de un patrón estacional, caracterizado por descensos relativos en los primeros meses del año y recuperaciones hacia el segundo semestre. Esta regularidad periódica, combinada con la tendencia creciente observada, sustenta la aplicación de un modelo de descomposición multiplicativa, en el cual los factores estacionales se expresan como proporciones del nivel de la serie y no como valores absolutos constantes.

Gráfico N°3: Serie temporal de ventas de combustible V Power Diesel (2023-2025)



Fuente: Elaboración propia

V Power Diesel

La serie de V Power Diesel es la que registra el crecimiento proporcional más significativo dentro del período de estudio. Partiendo de valores cercanos a los 11.000 litros en enero de 2023, la serie exhibe una tendencia creciente sostenida y prácticamente ininterrumpida, alcanzando valores próximos a los 86.000 litros hacia finales de 2025. Este incremento representa aproximadamente un 700% en el volumen consumido a lo largo de los tres años analizados.

Un aspecto relevante de esta serie es que la variabilidad de las observaciones aumenta a medida que crece el nivel de la serie, fenómeno conocido como heterocedasticidad. Este comportamiento —en el cual la amplitud de las fluctuaciones es proporcional al nivel de la tendencia— constituye una característica definitoria de los modelos multiplicativos y justifica plenamente la elección de dicho enfoque metodológico para el pronóstico.

Gráfico N°4: Serie temporal de ventas de combustible Evolux (2023-2025)



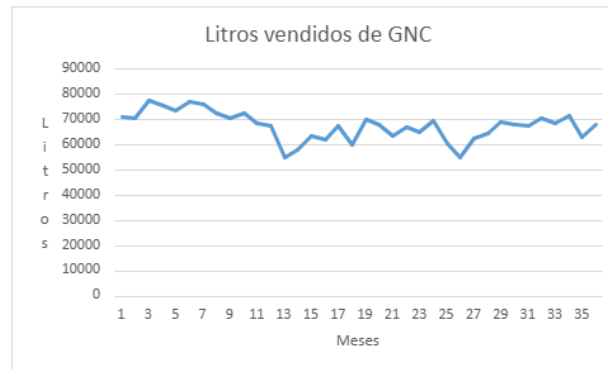
Fuente: Elaboración propia

Evolux

Evolux es el producto con mayor volumen de ventas absolutas del período, con valores mensuales que superan en la mayoría de los meses los 300.000 litros. La serie presenta una tendencia general levemente creciente, aunque con una variabilidad elevada que genera oscilaciones pronunciadas entre meses consecutivos. Se destacan picos notables en agosto de 2023 (aproximadamente 483.000 litros) y octubre de 2024 (aproximadamente 466.000 litros), así como valles hacia el cierre de 2025.

La amplitud de las fluctuaciones es considerable y, al igual que en el caso de V Power Diesel, tiende a ser proporcional al nivel de la serie, lo cual refuerza la pertinencia del modelo multiplicativo. La alta variabilidad de esta serie la convierte en la más compleja de pronosticar dentro del conjunto, razón por la cual los índices estacionales estimados por el software QM adquieren especial relevancia para capturar su comportamiento periódico.

Gráfico N°5: Serie temporal de ventas de combustible GNC (2023-2025)



Fuente: Elaboración propia

GNC

La serie de GNC es, en contraste con las anteriores, la más estable y regular del conjunto analizado. Los valores mensuales se mantienen dentro de un rango relativamente acotado, comprendido entre los 55.000 y los 75.000 litros aproximadamente, sin que se observe una tendencia clara al alza ni a la baja a lo largo del período. Este comportamiento sugiere una demanda madura y consolidada, con escasa dependencia de factores de crecimiento o contracción estructural.

Se aprecia una leve oscilación estacional, con cierta regularidad en los patrones de alza y baja entre meses, aunque su magnitud es moderada en comparación con las otras series. La estabilidad de esta serie la convierte en la más predecible del conjunto y permite esperar pronósticos con menores márgenes de error relativo.

Resultados del Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa

Una vez realizado el análisis descriptivo de las series de tiempo, se procedió a la aplicación del método de descomposición multiplicativa a través del software QM for



Windows, con el objetivo de obtener los pronósticos mensuales de demanda de cada combustible para el año 2026, correspondientes a los períodos futuros 37 a 48 de la serie.

Este método descompone la serie observada en tres componentes: la tendencia, estimada mediante una línea de regresión lineal sobre los datos suavizados; el factor estacional, que refleja el comportamiento relativo de cada mes respecto al promedio anual; y el componente irregular. El pronóstico ajustado resulta del producto entre el pronóstico no ajustado —obtenido de la proyección de la recta de tendencia— y el factor estacional correspondiente a cada mes.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada combustible.

1. V Power Nafta

El modelo de descomposición multiplicativa aplicado a la serie de V Power Nafta arrojó una ecuación de tendencia expresada como $\text{Demanda}(y) = 41.710,41$, con un coeficiente de correlación de 0,496 y un coeficiente de determinación (r^2) de 0,246. Estos valores indican una asociación lineal moderada entre el tiempo y el nivel de la serie, lo cual es consistente con la leve tendencia creciente observada en el análisis descriptivo previo.

En cuanto a las medidas de error, el Desvío Absoluto Medio (MAD) resultó de 5.265,70 litros, mientras que el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) fue de 13,70%, lo que indica que el modelo presenta un nivel de ajuste aceptable para series con variabilidad moderada. El Sesgo (Bias) negativo de -98.675 sugiere una leve tendencia del modelo a sobreestimar la demanda real.

Los pronósticos ajustados para el año 2026 oscilan entre aproximadamente 33.464 litros en el mes de menor demanda estacional y 47.301 litros en el mes de mayor demanda, reflejando la aplicación de los factores estacionales sobre la tendencia proyectada. Los factores estacionales más elevados corresponden a los períodos 46 y 47, con valores de 1,246 y 1,142



respectivamente, lo que indica que históricamente esos meses concentran una demanda superior al promedio anual.

2. Super

Para la serie de Super, la recta de tendencia estimada fue $\text{Demanda}(y) = 183.362,8$, con un coeficiente de correlación de 0,464 y un coeficiente de determinación de 0,216, valores que reflejan una relación lineal moderada con el tiempo y son coherentes con la estabilización de la serie en niveles altos observada a partir de 2024.

Las medidas de error indican un MAD de 14.708,06 litros y un MAPE de 8,85%, siendo este último el segundo más bajo del conjunto analizado, lo que evidencia un buen ajuste relativo del modelo considerando el elevado volumen de esta serie. El sesgo negativo de -246.482 señala una tendencia sistemática del modelo a sobreestimar los valores reales.

Los pronósticos ajustados para 2026 presentan una variación mensual significativa, con valores que oscilan entre aproximadamente 164.131 litros y 209.550 litros. Los factores estacionales más elevados se registran en los períodos 46 y 48, con valores de 1,156 y 1,134, indicando meses de alta demanda relativa, en tanto que los períodos 38 y 50 presentan los factores más bajos (0,906), correspondientes a los meses de menor consumo estacional.

3. V Power Diesel

La serie de V Power Diesel es la que exhibe la tendencia lineal más robusta del conjunto. La ecuación de regresión estimada fue $\text{Demanda}(y) = 68.100,13 + 390,164 \times \text{tiempo}$, lo que refleja un incremento medio mensual de aproximadamente 390 litros sobre la tendencia. El coeficiente de correlación de 0,564 y el coeficiente de determinación de 0,318 son los más elevados entre las series con componente de tendencia creciente, confirmando que el tiempo explica una proporción relevante de la variación observada.



El MAD resultó de 7.088,53 litros y el MAPE de 20,14%, siendo este último el más alto del conjunto analizado. Este valor refleja la dificultad inherente de modelar una serie con crecimiento acelerado y variabilidad creciente, aunque el modelo logra capturar adecuadamente la dirección de la tendencia. El sesgo positivo de 21.838 indica que el modelo tiende levemente a subestimar la demanda real.

Los pronósticos ajustados para 2026 se ubican en un rango comprendido entre aproximadamente 74.040 y 101.235 litros mensuales. El factor estacional más elevado corresponde al período 43 (1,193), mientras que los factores más bajos se registran en los períodos 38 y 50 (0,893), evidenciando una marcada disparidad estacional que el modelo captura a través del componente multiplicativo.

4. Evolux

El modelo aplicado a la serie de Evolux estimó una ecuación de tendencia de la forma $\text{Demanda}(y) = 376.506 + 1.264,736 \times \text{tiempo}$, reflejando el mayor incremento mensual absoluto de tendencia entre todas las series analizadas, con un crecimiento medio de aproximadamente 1.265 litros por período. El coeficiente de correlación fue de 0,603 y el coeficiente de determinación de 0,363, siendo los valores estadísticos más altos del conjunto, lo que indica que la tendencia lineal explica una proporción considerable de la variación total de esta serie.

Sin embargo, el MAD de 49.845,92 litros y el MAPE de 12,82% reflejan la elevada variabilidad irregular de la serie, que dificulta el ajuste preciso del modelo. El sesgo negativo de -2.160.476 es el más pronunciado del conjunto y señala una tendencia sistemática y significativa del modelo a sobreestimar la demanda, lo cual podría estar asociado a la presencia de valores atípicos elevados en la serie histórica que inflaron las estimaciones de tendencia y estacionalidad.



Los pronósticos ajustados para 2026 presentan la mayor amplitud de variación absoluta, con valores que oscilan entre aproximadamente 331.737 y 549.370 litros mensuales. Los factores estacionales más elevados corresponden a los períodos 46 y 42 (1,264 y 1,175 respectivamente), en tanto que los más bajos se registran en los períodos 38 y 50 (0,781), lo que evidencia una estacionalidad pronunciada y de gran amplitud proporcional.

5. GNC

La serie de GNC presentó resultados notablemente distintos al resto del conjunto, en línea con la estabilidad observada durante el análisis descriptivo. La ecuación de tendencia estimada fue $\text{Demanda}(y) = 73.743,7$, sin componente de pendiente significativa, lo que confirma la ausencia de una tendencia creciente o decreciente sostenida en el período analizado. El coeficiente de correlación de 0,718 y el coeficiente de determinación de 0,516 son los más elevados de todo el conjunto, indicando que el modelo de descomposición multiplicativa logra un ajuste particularmente bueno para esta serie.

El MAD de 3.371,78 litros es el más bajo del conjunto en términos absolutos, y el MAPE de 5,00% es también el más reducido, lo que confirma que GNC es la serie de mejor ajuste y mayor predictibilidad. El sesgo prácticamente nulo de -43,27 indica que el modelo no presenta sesgo sistemático significativo, distribuyendo los errores de manera equilibrada a ambos lados de los valores reales.

Los pronósticos ajustados para 2026 oscilan entre aproximadamente 50.111 y 64.315 litros mensuales. Los factores estacionales más elevados corresponden a los períodos 41, 43 y 46 (1,057; 1,076 y 1,058 respectivamente), mientras que los más bajos se registran en los períodos 38 y 50 (0,871), reflejando una estacionalidad moderada y regular, coherente con el comportamiento histórico de la serie.

Consideraciones finales sobre los pronósticos



El análisis comparativo de los resultados obtenidos permite destacar que el modelo de descomposición multiplicativa ofrece un desempeño diferenciado según las características de cada serie. Las series de GNC y Super presentan los mejores ajustes relativos, con MAPE inferiores al 9%, mientras que V Power Diesel exhibe el mayor error porcentual (20,14%), atribuible al acelerado crecimiento proporcional de su demanda en el período histórico. En todos los casos, los factores estacionales capturan adecuadamente los meses de mayor y menor consumo relativo, proporcionando una base sólida para la planificación de la demanda de combustibles durante el ejercicio 2026.

Herramienta 2: filas de esperas

Con el propósito de complementar el análisis de abastecimiento e inventarios, se realizó una evaluación del sistema de atención al cliente mediante la aplicación de la teoría de colas. Esta herramienta permite analizar el desempeño operativo de los surtidores y determinar si la capacidad instalada resulta suficiente para atender la demanda de vehículos que ingresan a la estación de servicio.

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de observación directa a partir de un registro audiovisual correspondiente a una hora de operación de la estación de servicio durante un horario de alta demanda, comprendido entre las 18:00 y las 19:00 horas. El video fue analizado de manera detallada, realizando pausas sucesivas para registrar el momento de llegada de cada vehículo y el tiempo requerido para completar la carga de combustible.

Debido a que el análisis se realizó sobre una grabación de una hora de duración, las observaciones fueron registradas utilizando los minutos transcurridos dentro del video como unidad de referencia temporal, en lugar de emplear horarios cronológicos. De esta manera, el minuto 0 representa el inicio de la grabación y el minuto 60 corresponde al final del período analizado. Esta metodología permitió construir una base de datos compuesta por los tiempos



de llegada de los vehículos, los tiempos de servicio y la asignación de los ocho surtidores disponibles.

Vehículo	Llegada_min	Servicio_min	Surtidor	21	27	8	4
1	0	8	1	22	28,6	10	5
2	1,2	11	2	23	30	9	7
3	2,4	9	3	24	31,5	12	8
4	3,7	10	4	25	32,9	8	1
5	5,1	12	5	26	34,3	10	3
6	6,2	8	6	27	35,8	11	2
7	7,8	9	7	28	37,1	9	4
8	9	11	8	29	38,6	12	6
9	10,5	10	1	30	40	8	5
10	11,9	9	3	31	41,5	10	7
11	13	12	6	32	42,8	9	8
12	14,8	8	2	33	44,2	11	1
13	16,1	10	4	34	45,8	8	3
14	17,4	11	7	35	47,1	10	2
15	18,8	9	5	36	48,5	9	4
16	20,2	8	8	37	50	12	6
17	21,5	12	1	38	51,4	8	5
18	22,9	9	3	39	52,8	10	7
19	24,4	10	2	40	54	9	8
20	25,8	11	6				

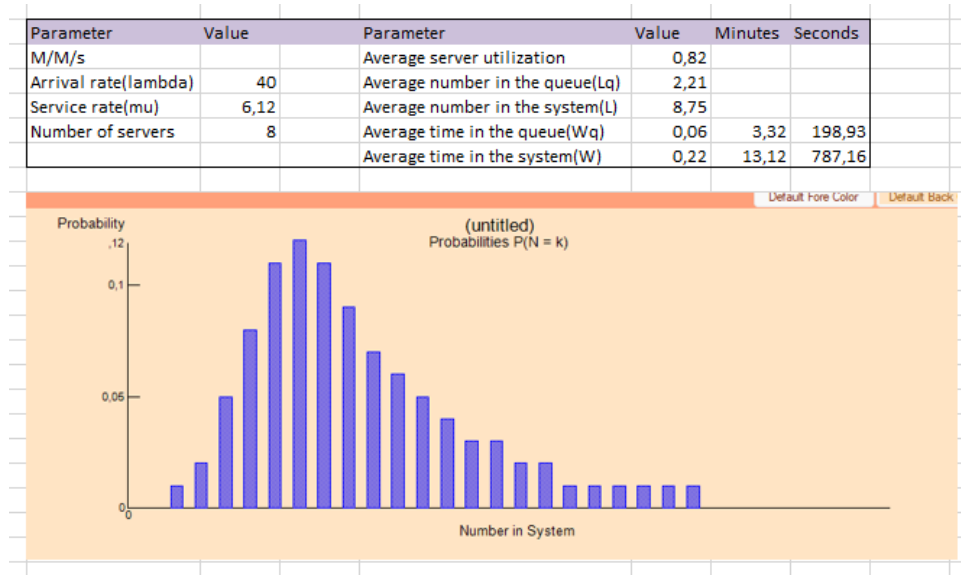
Para verificar el supuesto de llegadas Poisson se analizaron los tiempos entre llegadas de los vehículos observados durante el período de estudio. Dado que, en un proceso de Poisson, los intervalos entre llegadas siguen una distribución exponencial, se evaluó el comportamiento de dichos intervalos, observándose una variabilidad compatible con este tipo de distribución. Asimismo, los arribos se produjeron de manera aleatoria e independiente a lo largo del período analizado, manteniendo una tasa de llegada relativamente estable de aproximadamente 40 vehículos por hora.

Estas características resultan consistentes con los supuestos de un proceso de Poisson, ampliamente utilizado para modelar la llegada de clientes en sistemas de atención y estaciones de servicio. En consecuencia, se consideró válido representar las llegadas mediante una distribución de Poisson y aplicar el modelo M/M/8, el cual asume llegadas Poisson, tiempos de servicio con distribución exponencial y la existencia de múltiples servidores.



Indicadores:	Resultado	
Utilización promedio	82%	
Número Promedio en cola (Lq)	2.21 vehículos	
Número Promedio en sistema (I)	8.75 vehículos	
Tiempo promedio de espera (Wq)	3.32 minutos	
Tiempo promedio en sistema (W)	13.12 minutos	
Clientes observados	40	por hora
Tiempo analizado	1	hora
Landa	40	
Suma de servicio	390	
Tiempo promedio de servicio	9,8	
Mu	6,12	por hora

Posteriormente, estos valores fueron procesados mediante el software POM-QM for Windows utilizando el modelo M/M/8, con el objetivo de obtener indicadores de desempeño relacionados con la utilización de los surtidores, la longitud promedio de las colas y los tiempos de espera de los clientes. Los resultados obtenidos permiten evaluar la eficiencia operativa del sistema de atención y aportar información relevante para la toma de decisiones orientadas a mejorar el nivel de servicio ofrecido por la estación. **Resultados:**



Utilización de los surtidores

La utilización promedio del sistema es del **82%**, lo que indica que los surtidores permanecen ocupados gran parte del tiempo. Este nivel puede considerarse eficiente, ya que permite aprovechar la capacidad instalada sin llegar a niveles críticos de congestión.

Longitud promedio de la cola

El valor **$L_q = 2,21$ vehículos** indica que, en promedio, existen aproximadamente dos vehículos esperando ser atendidos. Esto sugiere que, aunque se generan colas ocasionales, la capacidad de atención resulta suficiente para absorber la demanda observada.

Vehículos en el sistema

El indicador **$L = 8,75$ vehículos** representa la cantidad promedio de vehículos presentes en el sistema, incluyendo los que están siendo atendidos y los que esperan en la cola. Dado que existen ocho surtidores, la mayor parte de los vehículos se encuentra recibiendo servicio y solo una pequeña proporción permanece esperando.

Tiempo de espera



El tiempo promedio de espera en cola es de **3,32 minutos**, un valor relativamente bajo para una estación de servicio en horario de alta demanda. Esto refleja un buen nivel de servicio percibido por los clientes.

Tiempo total en el sistema

El tiempo promedio total que un cliente permanece en la estación es de **13,12 minutos**, incluyendo la espera y la carga de combustible. Considerando que el tiempo promedio de servicio es cercano a 10 minutos, la espera representa una proporción reducida del tiempo total.

Gráfico

El gráfico de probabilidades generado por el modelo M/M/8 representa la distribución de probabilidad del número de vehículos presentes en el sistema de atención de la estación de servicio. Cada barra indica la probabilidad de encontrar una determinada cantidad de vehículos en el sistema, considerando tanto aquellos que están siendo atendidos en los surtidores como los que permanecen esperando en la cola.

Se observa que las probabilidades más elevadas se concentran entre 6 y 9 vehículos en el sistema, alcanzando su valor máximo alrededor de los 8 vehículos. Este comportamiento resulta coherente con el nivel de utilización obtenido (82%), ya que la mayor parte del tiempo los ocho surtidores se encuentran ocupados o próximos a estarlo.

Asimismo, a medida que aumenta la cantidad de vehículos presentes en el sistema, la probabilidad disminuye gradualmente. Esto indica que situaciones de congestión elevada, con largas colas de espera, tienen una baja frecuencia de ocurrencia. Por otro lado, también se observa una baja probabilidad de encontrar el sistema vacío o con muy pocos vehículos, lo que confirma que durante el horario pico analizado existe una demanda sostenida de clientes.



En términos operativos, la distribución observada refleja un sistema que trabaja con un alto nivel de ocupación, pero manteniendo tiempos de espera moderados y sin evidencias de saturación significativa. Esto permite concluir que la capacidad instalada de ocho surtidores resulta adecuada para atender la demanda registrada durante el período analizado.

Recomendaciones:

A partir de los resultados arrojados por los modelos cuantitativos, se proponen las siguientes mejoras operativas para LA ESTACIÓN SRL:

- Stock de seguridad para combustibles variables: Aumentar el margen de inventario y realizar revisiones continuas para el V-Power Diesel y el Evolux, debido a su crecimiento sostenido (cercano al 700%) y a sus altas fluctuaciones históricas.
- Automatización de pedidos para GNC: Implementar un sistema de compras de reposición con intervalos fijos para este producto, aprovechando que posee la demanda más estable y predecible.
- Planificación basada en estacionalidad: Utilizar los índices multiplicativos obtenidos para anticipar un mayor volumen de compras de V-Power Nafta y Super hacia el final del año (períodos 46 a 48), donde se concentran los picos de consumo.
- Mantenimiento estrictamente fuera del horario pico: Dado que en horas de alta demanda los surtidores operan al 82% de su capacidad, la anulación de un solo canal para mantenimiento o descarga de camiones generaría congestión. Estas tareas deben programarse exclusivamente en horarios valle.
- Dotación completa en horas críticas: Para sostener el excelente tiempo de espera actual (3,32 minutos en cola), es fundamental garantizar que el 100% de los despachantes esté operando en la playa durante los picos de afluencia (como el lapso de 18:00 a 19:00 hs), evitando programar descansos en esa franja.



- Monitoreo continuo del sistema: Replicar la toma de tiempos y el análisis de colas en otros días de la semana para identificar fluctuaciones en la demanda y anticipar posibles situaciones de congestión.

Conclusión

La aplicación conjunta de los modelos de pronóstico de series de tiempo y de la teoría de colas permitió obtener una visión más completa del funcionamiento operativo de LA ESTACIÓN SRL. Mientras que los pronósticos posibilitaron estimar el comportamiento futuro de la demanda de combustibles y anticipar las necesidades de abastecimiento, la teoría de colas permitió analizar cómo dicha demanda impacta en el sistema de atención al cliente.

A partir del modelo M/M/8 desarrollado mediante el software POM-QM for Windows, se determinó una tasa promedio de llegada de 40 vehículos por hora y una tasa promedio de servicio de 6,12 vehículos por hora por surtidor. Los resultados obtenidos muestran una utilización promedio de los surtidores del 82%, un número promedio de 2,21 vehículos en espera y un tiempo promedio de espera de 3,32 minutos. Asimismo, el tiempo promedio total de permanencia en el sistema fue de 13,12 minutos, incluyendo tanto la espera como la carga de combustible.

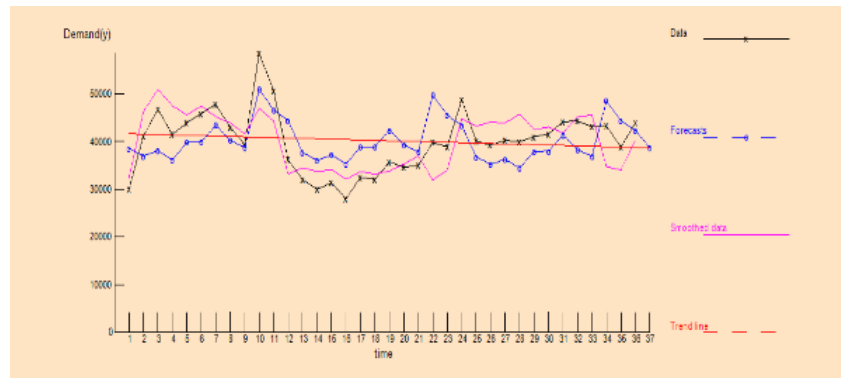
Estos resultados indican que la capacidad instalada de los ocho surtidores es suficiente para atender la demanda observada durante el período analizado, manteniendo niveles de espera relativamente bajos y un nivel de servicio satisfactorio para los clientes. La elevada utilización de los surtidores demuestra que los recursos disponibles son aprovechados de manera eficiente, aunque también evidencia la importancia de monitorear los períodos de mayor afluencia para evitar posibles situaciones de congestión.

Por otra parte, los pronósticos obtenidos mediante las series de tiempo constituyen una herramienta de gran utilidad para anticipar variaciones futuras en la demanda. La

combinación de esta información con los indicadores proporcionados por la teoría de colas permite a la empresa no solo planificar de manera más eficiente el abastecimiento de combustibles, sino también evaluar si la capacidad de atención disponible será suficiente para responder a los niveles de demanda proyectados.

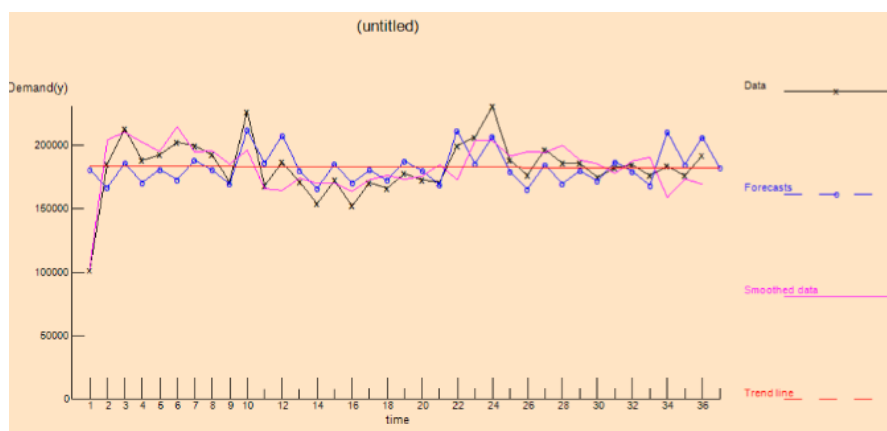
Apéndice

Gráfico 1: Análisis de Serie Temporal y Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa: V-Power Nafta (2023–2026).



Fuente: Programa POM-QM.

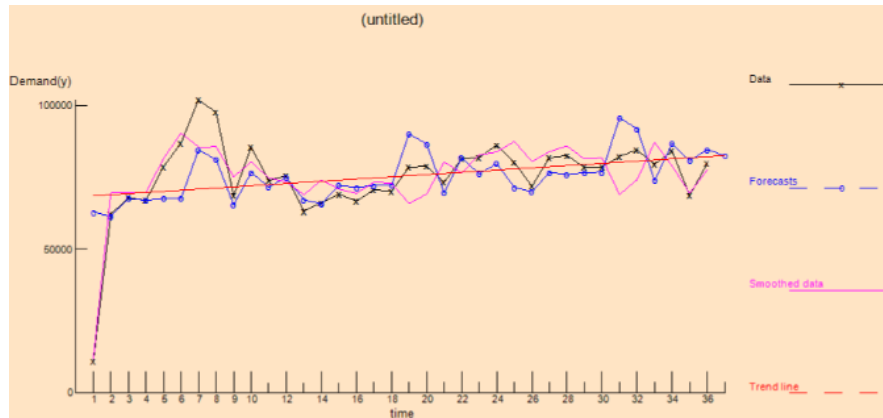
Gráfico 2: Análisis de Serie Temporal y Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa: Nafta Súper (2023–2026).



Fuente: programa POM-QM.

Gráfico 3: Análisis de Serie Temporal y Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa:

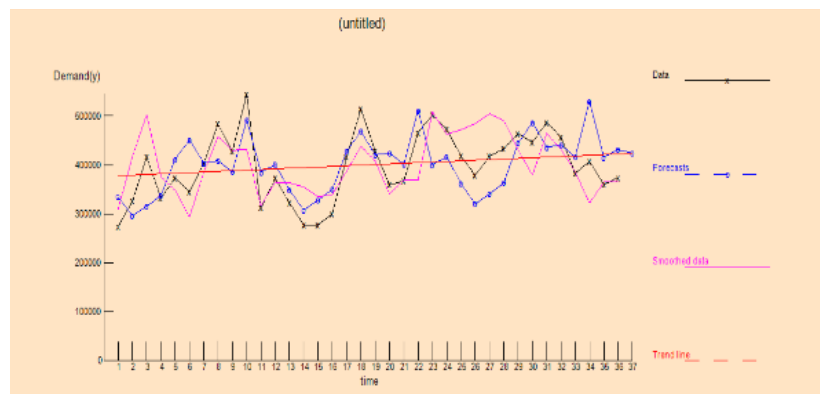
V-Power Diesel (2023–2026).



Fuente: programa POM-QM.

Gráfico 4: Análisis de Serie Temporal y Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa:

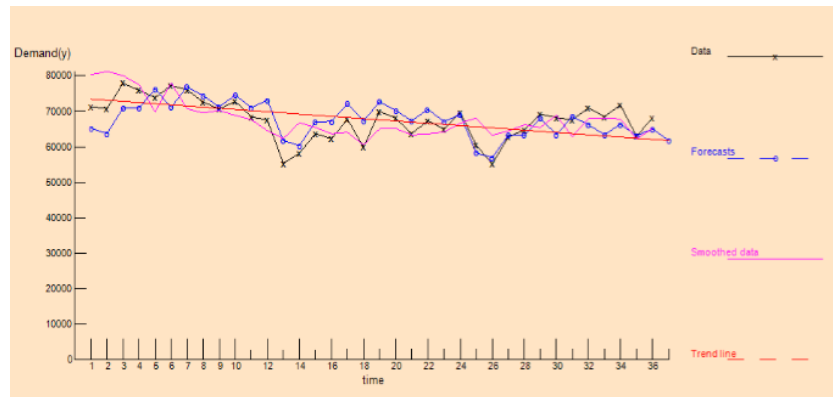
Evolux Diesel (2023–2026).



Fuente: programa POM-QM.

Gráfico 5: Análisis de Serie Temporal y Pronóstico mediante Descomposición Multiplicativa:

GNC (2023–2026).



Fuente: programa POM-QM.

Referencias

Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., & Martin, K. (2011).

Métodos cuantitativos para los negocios (11.ª ed.). Cengage Learning.

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). Introducción a la investigación de operaciones (10.ª ed.). McGraw-Hill.

La Nación. (2023, 31 de octubre). Un país sin nafta ni gasoil.

<https://www.lanacion.com.ar/editoriales/un-pais-sin-nafta-ni-gasoil-nid31102023/>

Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2013). Métodos cuantitativos para los negocios (11.ª ed.). Pearson Educación.

Render, B., Stair, R. M., Hanna, M. E., & Hale, T. S. (2016). Métodos cuantitativos para los negocios (12.ª ed.). Pearson Educación.

Secretaría de Energía de la Nación. (2026). Sistemas de información de combustibles: Registros de volúmenes de despacho y capacidades de almacenamiento subterráneo (Resolución 1104/04). Ministerio de Economía.