



Diotima, Revista Científica de Estudios Transdisciplinaria  
ISSN: 2448- 549. Vol. 8 Núm. 23 mayo-agosto 2023

**PRONÓSTICO DE LA DEMANDA EN EL MERCADO DE  
AFTERMARKET CON LA METODOLOGÍA BOX-JENKINS**  
**FORECASTING DEMAND IN THE AFTERMARKET MARKET USING  
THE BOX-JENKINS METHODOLOGY**

Luis Rivera-Mireles

Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México Toluca  
México.

[luis.riveramireles@gmail.com](mailto:luis.riveramireles@gmail.com)

ORCID: 0000-0001-8751-284X

Lourdes Loza-Hernández

Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México Toluca  
México.

[llozahe@gmail.com](mailto:llozahe@gmail.com)

ORCID:0000-0001-5107-7110

**RESUMEN**

El mercado de aftermarket tiene un crecimiento semejante a la venta de autos nuevos y el uso del parque vehicular actual, ya que considera las ventas de autopartes, el comercializador de aftermarket considera un amplio catálogo combinado de autopartes para diferentes modelos dentro del mercado, el crecimiento de la demanda lleva a los expertos a realizar estudios orientados a obtener pronósticos certeros que permitan a las empresas a ser competitivas. Este artículo muestra el proceso que se lleva a cabo para identificar el mejor modelo posible para pronosticar la demanda de cada producto de una empresa de aftermarket, tomando en cuenta que la demanda de cada

producto es variable bajo un análisis de los parámetros de la serie de tiempo de cada producto. La metodología utilizada en el artículo se compone por los siguientes pasos: primero, se identifican las gráficas de las series de tiempo de cada producto para determinar si la serie de datos tiene tendencia, después, se estiman los parámetros ARMA para evaluar los residuos obtenidos y finalmente, realizar los pronósticos para seis periodos siguientes. Se analizan los productos tipo A (245 productos) de los cuales se tiene más de 50 datos. Una vez realizado el análisis se concluye que cada producto tiene diferentes parámetros que permiten determinar el mejor modelo de pronósticos bajo la medida de desempeño MAPE.



**Palabras clave:** *Aftermarket; Modelos de pronóstico; ARMA*

Fecha de envío: 05 de agosto 2022

Fecha de aceptación: 10 de octubre de 2022

## ABSTRACT

The aftermarket market has a similar growth to the sale of new cars and the use of the current vehicle fleet, it considers the sales of auto parts, the aftermarket considers a wide combined catalog of auto parts for different models within the market, the growth in demand leads experts to carry out studies aimed at obtaining accurate forecasts that allow companies to be competitive. This paper shows the process carried out to identify the best possible model to forecast the demand for each product of an aftermarket company, taking into account that the demand for each product is variable under an analysis of the parameters of the time series of each product. The methodology used in this work consists of the following steps: first, the graphs of the time series of each product are identified to determine if the data series has a trend, then the ARMA parameters are estimated to evaluate the residuals obtained and finally, forecasts are made for the following six periods. Type A products are analyzed (245 products) for which more than 50 data are available. Once the analysis has been carried out, it is concluded that each product has different parameters that allow determining the best forecasting model under the MAPE performance measure.

**Keywords:** *Aftermarket; Forecasting models; ARMA*

## INTRODUCCIÓN

La industria de aftermarket es una alternativa de los productos de fabricante de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés), los productos en el mercado de aftermarket son manufacturados para tener un ajuste y funcionamiento similar al de un producto original (Dobrican, 2013).

El crecimiento del mercado de aftermarket tiende a aumentar junto con la venta de autos nuevos, para conseguir la optimización de las operaciones en los diferentes eslabones de la cadena de suministro es importante tener pronósticos con el menor error posible para la demanda futura.

El gran reto de las empresas de aftermarket es decidir las políticas de inventario mientras se mantiene la satisfacción del cliente, una de las soluciones es realizar pronósticos adelantados varios meses (Braese, 2003). En el área del aftermarket pocos estudios son conducidos para investigar técnicas de pronóstico de la demanda.

(Chen *et al.* 2010) proponen un método basado en un modelo ARMA para facilitar la toma de decisión durante el proceso de inventario y administración del transporte, el método consiste en cuatro fases: análisis gráfico, ajuste



estacional y de tendencia, pronóstico con el modelo ARMA y pruebas óptimas. Con datos históricos el método es capaz de predecir la demanda futura.

Yang and Chen (2012). consideran un modelo de combinación de peso variable no negativo basado en ARIMA, regresión múltiple y regresión de vectores de soporte para ayudar a pronosticar la demanda de autopartes. El artículo se basa en productos críticos con gran volumen de venta, se analizan características propias de cada producto individualmente. Se consideran factores externos, características estacionales, tendencias y la disponibilidad de los datos para adecuar el modelo.

Dobrican (2013) utiliza el método de simulación Monte Carlo para crear escenarios de suministro para poder determinar el tamaño de inventario óptimo, para comenzar se necesita conocer el pronóstico de la demanda el cual incluye predicción, proyección y estimación para un periodo de tiempo futuro.

Vargas y Cortés (2017) realizan un estudio que se acota al mercado en México, estudiando la demanda mensual del producto a fabricar o comprar. El método pretende utilizar series de tiempo y redes neuronales artificiales como herramientas de modelado y pronóstico. Se evalúan métodos de pronóstico asequibles para cualquier empresa, concluyendo que los modelos clásicos son más fáciles y rápidos para empezar a

realizar pronósticos.

Este artículo muestra el análisis de la demanda de una empresa dedicada a la venta de autopartes que tiene la necesidad de conocer la demanda futura de los productos tipo A. Para realizar el pronóstico se implementó el modelo ARMA el cual tiene como objetivo analizar las series de tiempo de datos de demanda, el modelo permite describir una función lineal y un componente cíclico o estacional dentro de sus componentes.

El artículo se organiza de la siguiente forma: en la primera sección se realiza la introducción al mercado de aftermarket y se hace un análisis de los artículos realizados con anterioridad; en la segunda sección se muestra la metodología empleada para conocer los parámetros y pronósticos de la demanda futura; en la tercera sección se muestran los resultados aplicando la metodología con un producto y en la cuarta sección se presentan las conclusiones del artículo.

## **METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para la implementación del modelo ARMA es la siguiente:

- Identificación del modelo. Las gráficas de serie de tiempo son evaluadas para estimar la estacionariedad, si la serie de tiempo parece variar alrededor de un nivel fijo, es útil observar la gráfica de autocorrelación de la muestra (Montgomery et.al,



- 2008).
- **Estimación del modelo:** Teniendo un modelo tentativo se debe estimar los parámetros, para los modelos ARMA se minimiza la suma de cuadrados de los errores de ajuste, en general se usa un procedimiento no lineal de mínimos cuadrados, donde se obtiene el mínimo de la función de la suma de los errores al cuadrado (Wilson and Keating, 2010).
  - **Verificación del modelo:** Después del ajuste del modelo se necesita examinar su adecuación, lo cual se realiza a través de los residuos, ya que un modelo es adecuado si los residuos no se pueden usar para mejorar los pronósticos.
    1. Un histograma y una gráfica de probabilidad de los residuos normal se analizan para verificar la normalidad, así como una gráfica de la secuencia del tiempo para verificar los valores atípicos.
    2. Las autocorrelaciones residuales significativas en retrasos cortos o retrasos estacionales sugieren que el modelo es inadecuado y debe de seleccionarse otro modelo.
  - **Elaboración de pronósticos con modelo ARMA:** Es necesario elaborar pronósticos de uno o

varios periodos futuros, también se pueden construir intervalos de predicción.

Existen diferentes medidas de desempeño que permiten evaluar el comportamiento de los pronósticos obtenidos MAPE (Mean absolute percentage error), MSD (Mean squared error) y MAD (Average absolute deviation). En este artículo la medida de desempeño es el MAPE el cual se calcula obteniendo el error absoluto de cada periodo, dividiendo este entre el valor real observado en ese periodo y promediando estos errores porcentuales absolutos. El resultado final se multiplica por 100 y se expresa en porcentaje (Wilson and Keating, 2010).

### **CASO DE ESTUDIO Y RESULTADOS**

El caso de estudio del cual se obtienen los datos que se analizan es una empresa de aftermarket con alta presencia en el mercado mexicano. Esta empresa tiene el interés de pronosticar su demanda para los 4 periodos siguientes a los 50 periodos que se tienen de datos mensuales históricos, lo anterior con el fin de mejorar su competitividad en el mercado. La empresa cuenta con un total de 1379 de los cuales después de un análisis ABC, se busca solo analizar aquellos productos que corresponden a los productos tipo A (245).

Con base en los datos proporcionados por el personal de la empresa se



aplica la metodología descrita en la sección dos con el fin de obtener pronósticos certeros ya que actualmente esto se realiza de forma empírica y basados en la experiencia del personal a cargo.

a) Identificación del modelo

El primer paso es realizar el análisis de las gráficas de las series de tiempo, la Figura 1. Serie de tiempo demanda mensual. muestra una serie de tiempo estacionaria ya que parece crecer y declinarse en el tiempo, por consiguiente, se selecciona un modelo ARMA en donde solo se tienen parámetros  $p$  y  $q$ .

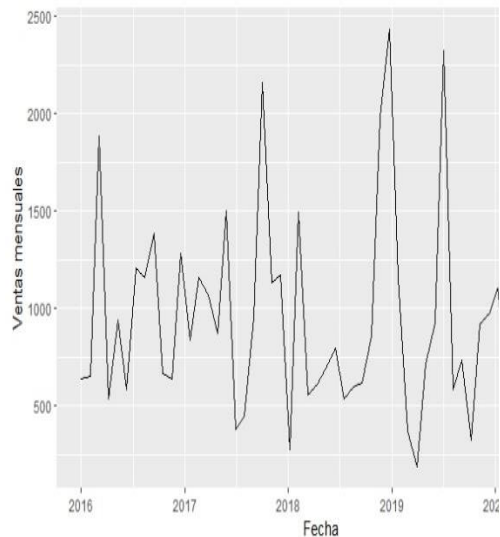


Figura 1. Serie de tiempo demanda mensual

Teniendo los valores estacionarios desde los datos originales se realiza el análisis de las gráficas de autocorrelación y

autocorrelación parcial. En la

Figura 2 y

Figura 3 se muestra la gráfica de autocorrelación se presenta un pico grande en el desfase 1 seguido por una onda decreciente que alterna entre correlaciones positivas y negativas.

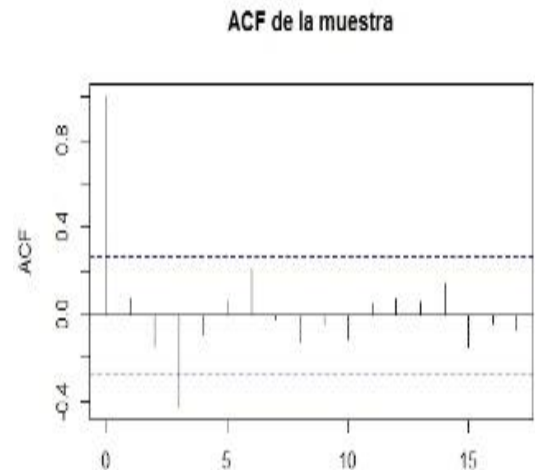


Figura 2. Gráfica de autocorrelación de la muestra

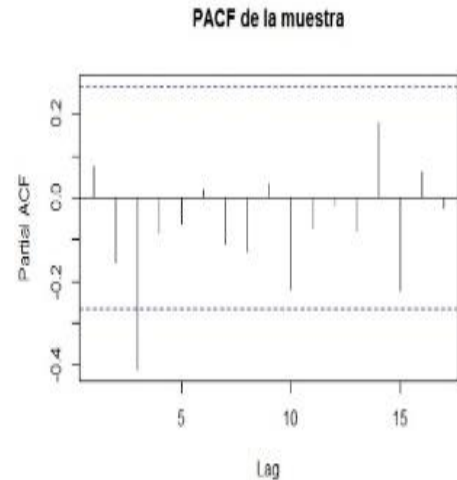


Figura 3. Gráfica de autocorrelación parcial.

b) Estimación del modelo  
Los parámetros para el modelo ARMA (p,q) son:

- Autorregresivo (AR) (p) se estima un valor de 2.
- Promedio móvil (MA) (q) se estima un valor de 1.

El valor  $\sigma^2$  es igual a 216864 teniendo en cuenta que se comparó con un ARMA (1,2) obteniendo un valor de 226088. Concluyendo que el ARMA propuesto tiene mejor ajuste a los datos.

c) Verificación del modelo  
Las autocorrelaciones residuales son iguales o cercanos a cero como se muestra en la Figura 4.

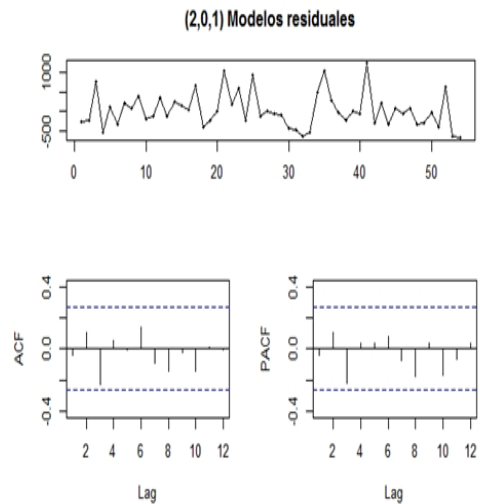


Figura 4. Autocorrelaciones residuales

El valor AIC = 825.77 es el valor mínimo encontrado de los modelos propuestos. Las gráficas de probabilidad e histograma de la Figura 5 muestran la normalidad de los datos y en su caso algunos datos atípicos que representa la variabilidad de la demanda.

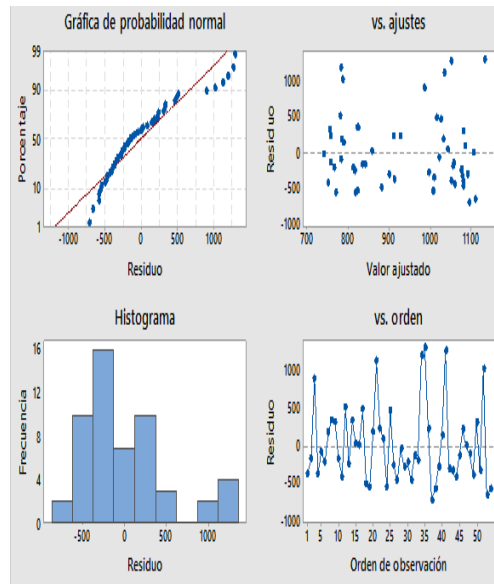


Figura 5. Gráfica de probabilidad y secuencia de tiempo de los residuos

- d) Elaboración de pronóstico  
Se utiliza el modelo ARMA con mejores resultados para encontrar un pronóstico de los siguientes 4 meses para el producto con un nivel significancia del 20% y el 5%.

Tabla 1. Resultados de pronóstico

Periodo	Pronóstico	Valor real	Error	Bajo (80%)	Alto (80%)	Bajo (95%)	Alto (95%)
51	1184	1072	112	596	173	284	208
S2	1246	766	480	653	838	399	212

53	1131	1800	69	485	177	143	219
54	1011	445	566	336	687	-22	045

La elaboración del pronóstico para cada uno de los productos aumenta la disponibilidad del producto gracias que a este ayuda a mantener niveles de inventario altos cuando es necesario, para el caso de estudio en el artículo se tiene la cobertura para cubrir la demanda en un horizonte de planeación, dependiendo del tiempo de aprovisionamiento que tienen los diferentes proveedores.

Se realizó el análisis de la medida de desempeño MAPE el cual resulta del 41%, siendo este un valor apropiado de acuerdo a las características del mercado.

## CONCLUSIONES

Se realizó el estudio para poder determinar la demanda de cada producto particularmente de los productos con mayor demanda de los cuales se puede obtener mayor información de la demanda, en el mercado de aftermarket es importante usar pronósticos de la demanda para prevenir los altos picos de demanda, además se tiene que prevenir la obsolescencia de los productos.

Después del análisis realizado se obtuvo el pronóstico de la demanda de



uno de los productos y de forma similar se realizará el análisis de los 245 productos para ajustar el mejor modelo a cada uno, considerando la medida de desempeño seleccionada.

Una buena herramienta para el análisis del comportamiento de la demanda en la industria aftermarket es ARMA, considerando de forma adecuada los parámetros que se obtienen para su evaluación a través de las diferentes medidas de desempeño. El uso de métodos cuantitativos especialmente en el área de estadística apoya en la toma de decisiones en las áreas dedicadas al análisis de datos.

### **REFERENCIAS**

Braese N.(2003). "The Dynamics of Supply Chains in the Automotive Industry Master of Engineering in Logistics The Dynamics of Supply Chains in the Automotive Industry," no. 2003, p. 67, 2005.

Chen, Y. et.al (2010). "Demand forecasting in automotive aftermarket based on ARMA model," 2010 Int. Conf. Manag. Serv. Sci. MASS 2010, pp. 10–13, 2010, doi: 10.1109/ICMSS.2010.5577867.

Dobrican O.A (2013). "Forecasting Demand for Automotive Aftermarket Inventories," Inform. Econ., vol. 17, no. 2/2013, pp. 119–129, 2013, doi: 10.12948/issn14531305/17.2.2013.10

Montgomery D.C et.al (2008). Introduction to Time Series Analysis and Forecasting. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

Vargas C.A and Cortés,E

(2017). "Automobile spare-parts forecasting: A comparative study of time series methods," Int. J. Automot. Mech. Eng., vol. 14, no. 1, pp. 3898–3912, 2017, doi: 10.15282/ijame.14.1.2017.7.0317.

Wilson J.H and Keating B (2010). Pronósticos en los negocios, 9a. edición. México, 2010

Yang Q and . Chen Y (2012). "Auto Parts Demand Forecasting Based on Nonnegative Variable," 2012 Int. Conf. Manag. Sci. Eng. 19th Annu. Conf. Proc., pp. 817–822, 2012.