



**MODELO DE PRONÓSTICO DE LA EXPORTACIÓN
MINERA EN EL PERÚ, 2020
MINING EXPORT FORECAST MODEL IN PERU, 2020**

María Isabel Izquierdo Henríquez^{1*}, Martha Emelda Solano Coello¹, Carlos Danter
Tapia Sánchez¹

¹Departamento Académico de Estadística UNT, Trujillo- La Libertad Perú

RESUMEN

En el presente estudio, con diseño no experimental y longitudinal de tendencia, tuvo como objetivo establecer un modelo de pronóstico de exportación minera en el Perú periodo enero 2016 a diciembre 2020, para percibir los cambios producidos a raíz de la coyuntura vivida a nivel mundial cómo es la pandemia COVID-19. Para ello se contó con los datos que proporciona el BCR, donde se puede distinguir la producción de los principales metales que se encuentran en nuestro país. Se aplicó la técnica de series de tiempo usando la metodología de Box-Jenkins, como estrategia para construir el modelo Autorregresivo integrado de medias móviles, haciendo uso del gráfico de líneas para para evaluar el comportamiento de esta serie de tiempo, corroborando la estacionariedad con la prueba de raíz unitaria de Dickey Fuller ($p=.027$), la normalidad de los residuos con la prueba de Jarque Bera ($p=.229$), la no autocorrelación con el Test de Durbin Watson ($d= 2.01$), la homocedasticidad de los residuos a través de Q-Stat de Lyong; usando como soporte el software Eviews 12; logrando finalmente establecer que el modelo autorregresivo de primer orden $(1, 0, 0)$ con ecuación $y_t=2270.176+0.749596*y_{t-1}+ \varepsilon_t$, se ajusta adecuadamente a la exportación minera en el Perú, durante el periodo en estudio.

Palabras clave: Exportación, series de tiempo, estacionariedad, Box-Jenkins, Covid-19

ABSTRACT

In the present study, with an experimental and longitudinal trend design, the objective was to establish a mining export forecast model in Peru from January 2016 to December 2020, to perceive the changes produced as a result of the conjuncture experienced at the global level as it is the pandemic COVID-19. For this purpose, the data provided by the BCR were available, where the production of the main metals found in our country can be distinguished. The time series technique was applied using the Box-Jenkins methodology, as a strategy to build the integrated autoregressive model of moving averages, making use of the line graph to evaluate the behavior of this time series, corroborating the seasonality with the Dickey Fuller unit root test ($p=.027$), the normality of the residues with the Jarque Bera test ($p=.229$), the non-correlation with the Durbin Watson test ($d= 2.01$), the homoscedasticity of the residues through Q-Lyong's Stat; using Eviews 12 software as a support; finally establishing that the first-order autoregressive model $(1, 0, 0)$ with equation $y_t=2270.176+0.749596*y_{t-1}+ \varepsilon_t$, fits properly to the mining export in Peru, during the period under study.

Keywords: Export, time series, stationery, Box-Jenkins, Covid-19

1. INTRODUCCIÓN

La minería es un conjunto de actividades a extraer minerales que se encuentran debajo de la tierra que pueden ser Metales y No Metales donde todos son de propiedad del estado peruano cuyo aprovechamiento se da mediante régimen de concesiones (Dammert Lira & Molinelli Aristondo, 2007).

El Banco Mundial viene brindando asesoría a 24 países en 41 proyectos con reformas en el sector minero, estos cambios contribuyen a mejorar la inversión minera y con ello la economía sobre todo en las exportaciones y producto bruto interno (PIB) de los países.

Hoy en día la actividad minera en el Perú es un pilar fundamental en la economía por lo que se promueve la inversión en minería. Esta riqueza minera es excesiva e influyente en el comportamiento del PBI pues entre ellos tenemos: cobre, oro, plata, zinc, plomo y hierro. Nuestro país se ubica en primer lugar en el ranking de países productores de estos minerales, (Instituto Peruano de Economía [IPE], 2018).

Las exportaciones de Perú se incrementaron en un 35.50% del año 2021 respecto al periodo correspondiente del año anterior, incremento que también tuvo lugar en los países andinos (ComexPerú, 2022).

Realizar un Pronóstico es obtener una estimación y análisis de las salidas futuras de productos mediante distintas técnicas de previsión; la realización de pronósticos de exportación ayuda en la toma de decisiones en diferentes áreas como en ventas, producción, finanzas entre otras (Mendoza Carhuapuma & Meza Baezena, 2019).

En el Ministerio de Agricultura (2005), se realizó una investigación sobre la producción de maíz amarillo duro según departamento durante los años 1995-2005, aplicando un modelo SARIMA, primero mediante análisis exploratorio de datos para conocer la estacionariedad de su varianza y luego su prueba de Bartlett's y de Levene's. posteriormente se usó el método de Box-Jenkins, siendo el modelo SARIMA (0, 0, 2) (0, 3, 3), el que reportó un adecuado ajuste en el departamento de San Martín.

Pajuelo (2012), en su investigación descriptiva longitudinal cuyo objetivo fue pronosticar las exportaciones del Perú, en la Comunidad Andina de Naciones, a partir de una serie de datos mensuales desde enero de 1999 hasta el mes de abril del año 2007. Se detectó una serie no estacionario sobre su promedio y desviación estándar luego se encontró estacionariedad a primera diferencia, pero no en varianza, pero se usó el modelo SARIMA (1, 1, 1) (0, 0, 6), con un error estándar de 4625 miles de dólares mensual y una capacidad predictiva del modelo de 70,6%.

Morales (2019), define a una serie de tiempo como un cúmulo de datos durante un periodo de tiempo, considerando también que es necesario identificar patrones en los datos de tendencia, cíclica o estacional, que puede ser modelos, de medias móviles, suavizamiento exponencial lineal de Holt, de regresión lineal simple, curvas de crecimiento, exponenciales y autorregresivos integrados de promedios móvil (ARIMA) entre otros.

Zavala (2017), en el estudio de pronóstico de la exportación pesquera del Perú es un modelo ARIMA (1, 0 12) usando el Método de Box-Jenkins y la comparación con las redes neuronales, donde resultó más eficiente el modelo generado por las redes neuronales.

Rodríguez (2017), cuyo objetivo de este estudio es saber que modelo de pronóstico es más eficiente con un Modelo ARIMA o con redes neuronales, en el modelo de pronóstico para el caudal máximo del río Huaura, en el cual se obtuvo como un modelo más eficiente el de redes neuronales.

Galvez (2019), llevó a cabo una investigación para con el propósito de modelar los riesgos y gasto de una Caja de Ahorro y Crédito de la ciudad de Trujillo entre los años 2013 y 2018 aplicando la metodología de Box- Jenkins, logrando establecer al modelo ARIMA (1, 1, 2), como el adecuado para el ajuste y por tanto para el pronóstico de las variables de interés.

Las técnicas de pronóstico en series temporales permiten hacer el análisis de un conjunto de datos de variables en el tiempo, seleccionar el modelo que mejor describe su comportamiento cíclico u oscilaciones que pueden o no ser periódicas, como los modelos de descomposición clásica, de regresión múltiple y ARIMA (Hanke & Wichern, 2010), siendo el principal fin realizar pronósticos confiables, que ayuden en la toma de decisiones eficaces y eficientes a las organizaciones en todo nivel, como es el caso de la presente investigación, en la que se planteó la siguiente interrogante de investigación ¿Cuál es el mejor modelo de pronóstico de serie de tiempo de la exportación minera en el Perú periodo enero 2016 a diciembre 2020? Con el propósito de seleccionar el modelo de pronóstico de series temporales que se ajuste adecuadamente a la exportación minera en el Perú durante el referido periodo; así como, analizar el comportamiento de la serie, determinar la estacionariedad y realizar la prueba de Box Pierce, evaluar la función de autocorrelación (FAC) y autocorrelación parcial (FACP) y verificar la normalidad de los datos para la adecuación del modelo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es no experimental por no haberse manipulado de las variables y longitudinal de tendencia, puesto que los datos se recolectan a través del tiempo en periodos especificados, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias (Hernández et al. 2014). Se trabajó con una base de datos correspondiente a la exportación minera en el Perú periodo enero 2016 a diciembre 2020 obtenida de la data del Banco Central de Reserva del Perú, cuya unidad de análisis está constituida por cada registro por mes de la exportación minera en el Perú, cuya variable de estudio es la Exportación minera en el Perú.

El análisis estadístico se llevó a cabo con la metodología Box-Jenkins y con apoyo del software estadístico EViews versión 12, para determinar el modelo de pronóstico de la exportación minera en el Perú. Aplicando la prueba de raíz unitaria (prueba aumentada de Dickey Fuller), para demostrar la estacionariedad de la serie, la prueba de Jarque Bera para evaluar la normalidad para evaluar la distribución de los residuos, el Test de Durbin Watson para evaluar la autocorrelación y la prueba de homocedasticidad de los residuos con el uso de Q-Stat de Lyoung.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 1

Modelo pronóstico para la exportación minera en el Perú periodo enero 2016 a diciembre 2020

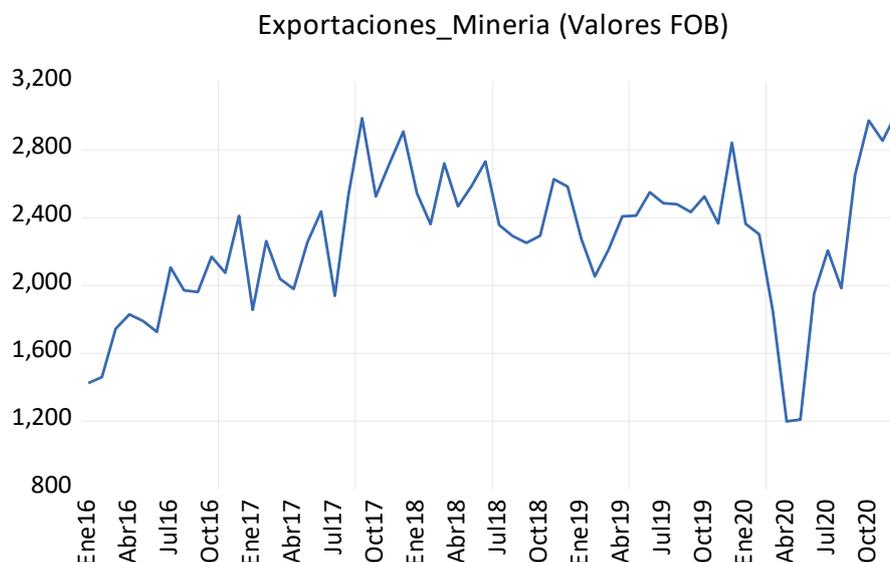


Tabla 1

Test de raíz unitaria para la exportación minera en el Perú, periodo enero 2016 a diciembre 2020.

Hipótesis nula: EXPO_MIN tiene raíz unitaria

	Prueba t	p
Prueba estadística de Dickey Fuller Aumentada	-3.176	0.026*5
Pruebe los valores críticos:		
1% nivel	-3.546	
5% nivel	-2.912	
10% nivel	-2.594	

*MacKinnon (1996) one-sided valor p

Variable	Coeficiente	Error Estd.	Prueba t	Prob.
Expo_Min(-1)	-0.291	0.092	-3.176	0.0024**
C	685.044	210.472	3.255	0.0019**
R ²	0.150	Media variable dependiente		26.957
R ² ajustado	0.135	Desvest variable dependiente		304.029
S. E de la regresión	282.694	Criterio de Inf. Akaike		14.160
Suma cuadrados de los residuales	4555220.000	Criterio de Shwarz		14.230
Log likelihood	-415.718	Criterio Hannan-Quinn		14.187
Estadístico F	10.085	Estadístico Durbin-Watson		2.054
Prob (estadístico F)	0.002			

Figura 2

Prueba de normalidad para la exportación minera mensual en el Perú, 2016-2020

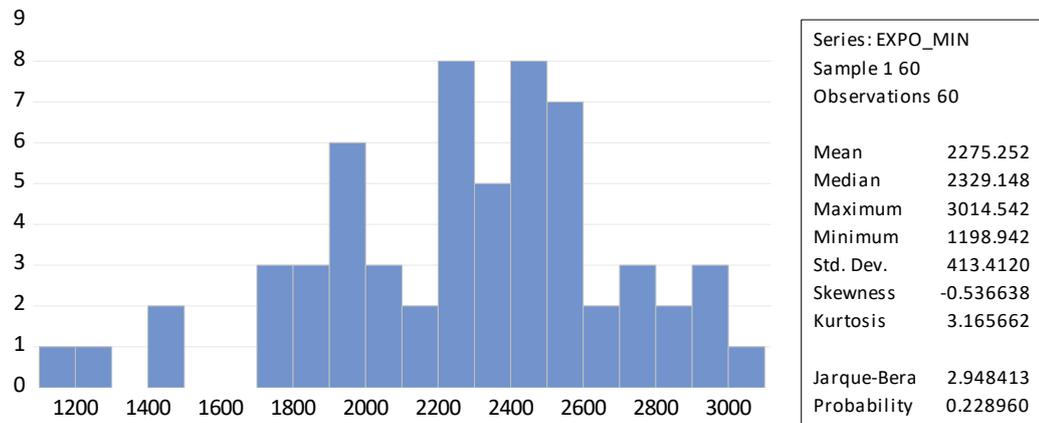


Figura 3

Correlograma para la exportación minera mensual en el Perú, 2016-2020

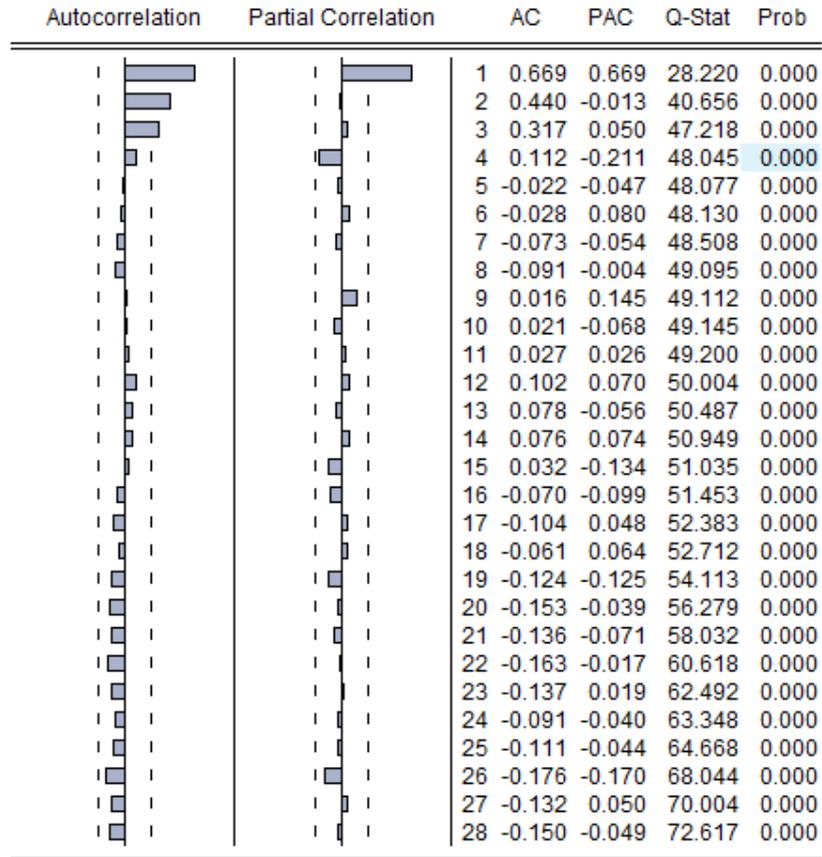


Tabla 2

Modelo ARIMA (1, 0, 0) para exportación minera en el Perú, periodo enero 2016 a diciembre 2020

Variable Dependente: EXPO_MIN

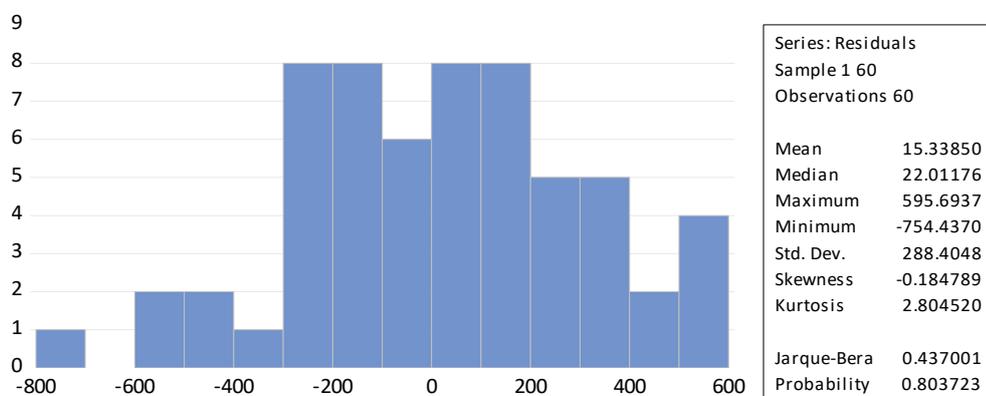
Método: ARMA Maximoverosimilitud (BFGS)

Variable	Coefficiente	Error Est.	Estadístico t	Prob.
C	2270.176	134.9933	16.817	0.000**
AR(1)	0.749596	0.089062	8.417	0.000**
SIGMASQ	82026.33	16177.78	5.07	0.000**
R ²	0.511925	Media variable dependiente		2275.25
R ² ajustado	0.4948	Desvest. variable dependiente		413.41
S. E de la regresión	293.8426	Criterio de Inf. Akaike		14.27
Suma cuadrados de los residuales	4921580	Criterio de Shwarz		14.37
Log likelihood	-424.9928	Criterio Hannan-Quinn		14.31
Estadístico F	29.89268	Est. Durbin-Watson		2.01
Prob(estadístico F)	0			
Inverted AR Roots	.75			

En la tabla 2, se visualiza que el modelo ARIMA (1, 0, 0) para exportación minera en el Perú, para el periodo en estudio alcanza un coeficiente de determinación del 51.2%, siendo este modelo el que reporta el más alto valor en lo que se refiere al criterio de información de Akaike 14.27.

Figura 4

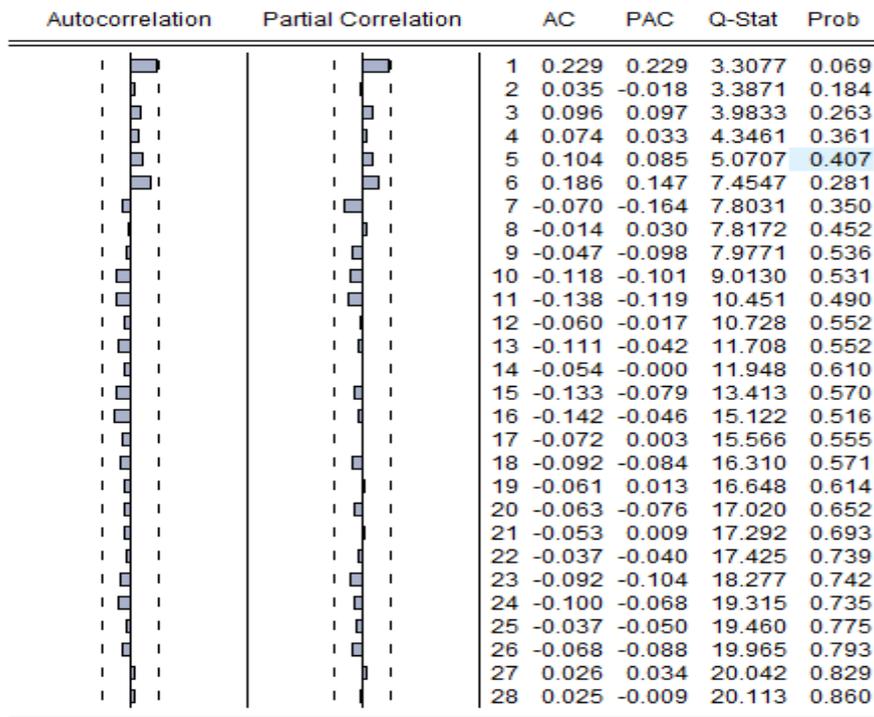
Prueba de normalidad de residuos



La figura 4 evidencia el cumplimiento de la condición de normalidad, reportando la prueba de Jarque-Berra no diferencia significativa de la distribución de los residuales con la normal ($p > 0.05$).

Figura 5

Correlograma de los residuales al cuadrado para la exportación minera mensual en el Perú, 2016-2020



A partir de la figura 5, se observa que tanto las autocorrelaciones simples como las correlaciones parciales están comprendidas dentro de las bandas del 95% de confianza, por tanto, no hay evidencia para rechazar las hipótesis de que los coeficientes de autocorrelación son iguales a cero, pudiéndose afirmar que no hay dependencia en los periodos.

Figura 6

Pronóstico estático para la exportación minera en el Perú

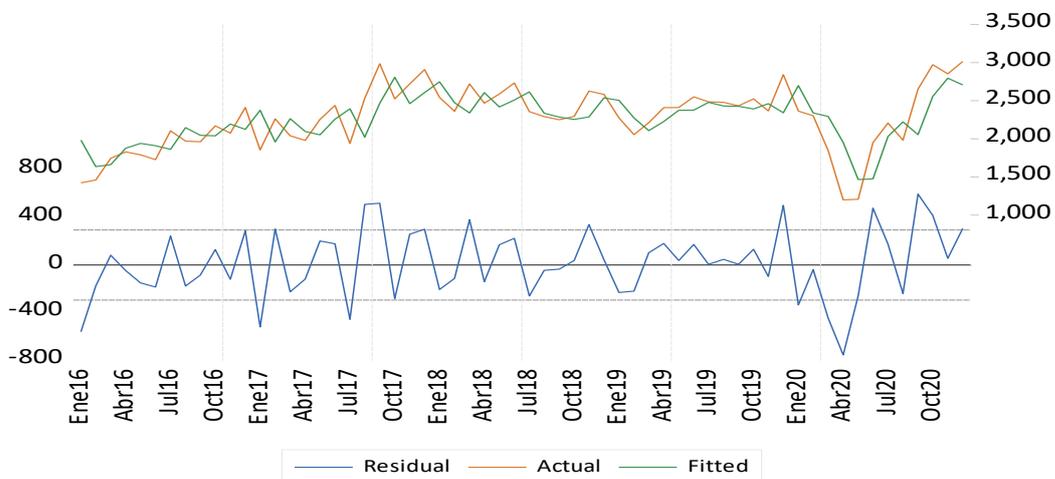


Figura 7

Pronóstico dinámico para la exportación minera en el Perú

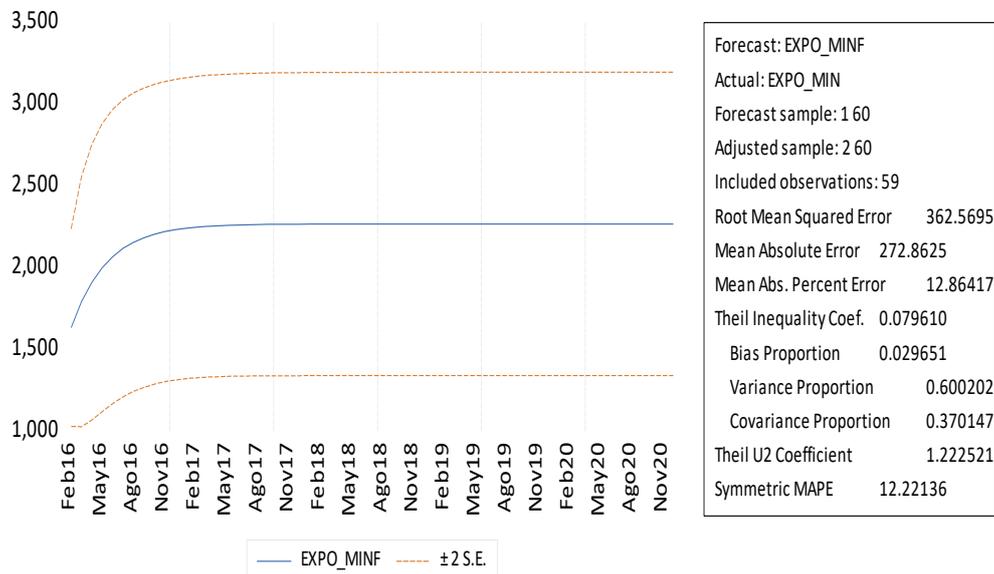
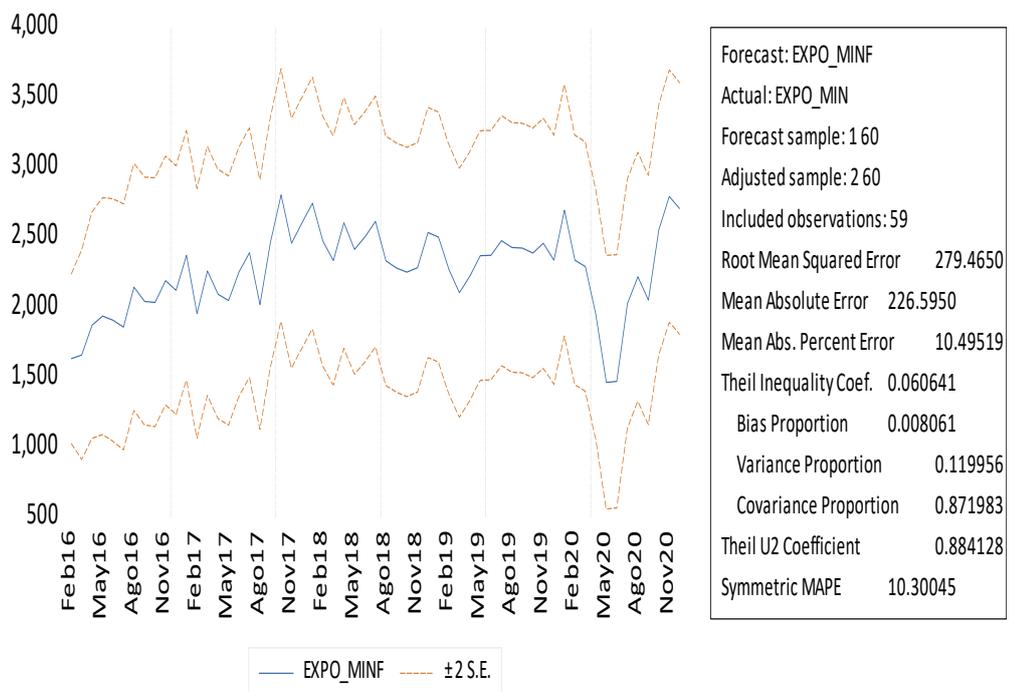


Figura 8

Pronóstico para la exportación minera en el Perú



En el presente estudio se usó la metodología de Box-Jenkins para la elección de un modelo de pronóstico para la exportación minera en nuestro país en el periodo 2016-2020, considerado la serie histórica mensual, esta metodología usa representaciones graficas de la serie, acompañada de un análisis exhaustivo de la serie de datos como pruebas de normalidad, autocorrelación, correlación estacionariedad entre otras siguiendo un esquema sistemático para la obtención del modelo (Pérez, s/f).

Como se puede visualizar en los resultados obtenidos, en el Test de Dickey Fuller Aumentado, que si tiene una raíz unitaria con un valor $p = 0.0265$, por lo tanto, la serie de tiempo es estacionaria, Dickey y Fuller (1979) muestran que bajo la hipótesis nula de raíz unitaria, este estadístico no sigue la distribución t de Student convencional y se obtienen resultados asintóticos, al igual que la prueba de normalidad de los residuales de las exportaciones mineras de Perú, de enero de 2016 a diciembre de 2020, si se ajustan a una distribución normal según la prueba de Jarque Bera, al obtener un valor $p = 0.228$ que es mayor a 0.05, por lo que se realizó la prueba de autocorrelación, es decir, la serie deseada no tiene relación con la serie con retraso, lo que nos ayuda el correlograma, donde podemos apreciar la autocorrelación no serial de los errores lo cual se corrobora con los valores de la tabla indicando los valores de $d_L = 1.549$ y $d_U = 1.616$, como el valor de Durbin $d = 2.01$, se confirmó la ausencia de autocorrelación serial (Gujarati & Porter, 2010).

Por otro lado, según la prueba de Box Pierce al evaluar la función de autocorrelación (FAC) y autocorrelación parcial (FACP) de ésta serie de datos obtuvimos el valor de Q en el correlograma, por tanto los residuales en la serie de datos caen dentro de los límites aceptables, tendiendo sus valores a cero, después de ser obtenido el modelo, en el cual podemos fijarnos que ya no existe autocorrelación serial, que seria un indicativo que la exportación minera en el Perú el periodo evaluado es estacionaria o en otras palabras aleatoria.

No se encontraron investigaciones realizadas referente a la exportación minera en el Perú, sin embargo investigadores como Zavala (2017), aplicando también la metodología Box-Jenkins llegó a establecer, como en la presente investigación, que el modelo ARIMA (1,0,12), se ajustó adecuadamente al pronóstico de la exportación pesquera en el Perú; por otro lado, investigadores como Rodríguez (2017), compara la eficiencia de dos modelos de pronóstico en series de tiempo, logrando establecer a un modelo a las redes neuronales como más eficiente que el modelo ARIMA, en el pronóstico para el caudal máximo del río Huaura.

Por otro lado, Pajuelo (2012), a diferencia de los resultados en la investigación en curso, identificó al modelo SARIMA (1, 1, 1) (0, 0, 6), que como un buen modelo de ajuste para pronosticar las exportaciones del Perú, en la Comunidad Andina de Naciones, debido al tratarse de una serie de datos no estacionaria sobre su promedio y desviación estándar; resultados similares a los hallazgos del Ministerio de Agricultura (2005), quien estableció como modelo de ajuste a la serie de datos referida a la producción de maíz amarillo duro según departamento durante los años 1995-2005, al modelo SARIMA (0, 0, 2) (0, 3, 3).

El modelo que se ajustó al comportamiento de esta serie de tiempo referida a la exportación minera en el Perú durante el periodo de evaluación, fue el modelo ARIMA (1,0,0), un modelo autorregresivo de primer orden sin diferencia y sin promedio móvil, ya que 2 o 3 no fueron significativos al usar promedios móviles para pruebas de prueba y error; llegando a establecer la adecuación del modelo ARIMA(1,0,0), el mismo que satisface los requerimientos

se normalidad, no autocorrelación y homocedasticidad, y cumple que se trata de una serie de tiempo estacionaria.

4. CONCLUSIONES

- El modelo de pronóstico que ajusta adecuadamente la exportación minera en el Perú periodo enero 2016 a diciembre 2020, es el modelo ARIMA (1,0,0), que corresponde a un modelo autorregresivo de orden uno sin diferencia y sin medias móviles:

$$y_t = 2270.176 + 0.749596y_{t-1} + \epsilon_t$$

- En cuanto al comportamiento de la serie de la exportación minera en el Perú periodo enero 2016 a diciembre 2020, se observa en el gráfico de líneas que existe esta una primera caída de la exportación minera en el Perú hasta el julio 2017 y una siguiente caída en abril de 2020, situación que permite descartar la estacionalidad.
- El modelo autorregresivo de orden uno sin diferencia y sin medias móviles ARIMA (1,0,0), cumple las condiciones preliminares que exigidas para corroborar su adecuación como, raíz unitaria, la estacionariedad de la serie en estudio, no evidencia de existencia de autocorrelación y la no falta de ajuste de la distribución normal. Respecto a la estacionariedad de la serie de exportación minera en el Perú periodo enero 2016 a diciembre 2020, fue corroborada con la prueba de Dickey Fuller aumentada de raíz unitaria. Finalmente, no se encontró evidencia de correlación serial en la serie de datos en el tiempo, referidos a la exportación minera mensual durante los meses de enero del año 2016 al mes de diciembre del 2020 y se verificó el buen ajuste de la distribución normal.

5. REFERENCIAS

- ComexPerú. (11 de febrero 2022). Exportaciones peruanas logran récord histórico con envíos por US\$ 56,306 millones en 2021. Semanario 1107 - Comercio Exterior. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-peruanas-logran-record-historico-con-envios-por-us-56306-millones-en-2021>
- Dammert, A. & Molinelli, L. (2007). Panorama de la Minería en el Perú. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf
- Dickey, D. A. and Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 47, 427-431.
- Gujarati, N. D. & Porter, D. C. (2014). *Econometría*. (5a ed.). Mc Graw Hill Interamericana.
- Gálvez, M. (2019). *Modelo ARIMA para el pronóstico de los ingresos y gastos de la Caja Municipal de Ahorro y Crédito S. A.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo.
- Hernández, R., Fernández, B. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6a ed.), México: Mc Graw Hill.
- Instituto Peruano de Economía [IPE]. (19 de abril 2018). Aporte de la minería al PBI. <https://www.ipe.org.pe/porta/aporte-de-la-mineria-al-pbi/>

- Mendoza, R. E. & Meza, D. G. (2019). Comparación de modelos de pronóstico Arima y Arimax, para conocer el impacto en las exportaciones del Perú, ante la actual guerra comercial EEUU-China.
<https://fieecs.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2020/01/Comparaci%C3%B3n-de-modelos-de-pr%C3%B3stico-Arima-y-Arimax.pdf>
- Morales, L. F. (2019). *Factores de la Minería y su influencia en el crecimiento económico del Perú, año 2008-2017*. (Tesis de pregrado). Universidad privada de Tacna.
- Ministerio de Agricultura. (2005). Library. <https://1library.co/article/discusi%C3%B3n-modelo-pron%C3%B3stico-din%C3%A1mico-descarga-promedio-mensual-estaci%C3%B3n.lq5x4l7z>
- Pajuelo, L. A. (2012). *Modelo de pronóstico para las exportaciones del Perú con la comunidad andina de naciones*. Enero 1999-abril 2007. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Trujillo.
- Pérez, C. (s/f). *Econometría de las series temporales metodología Box-Jenkins ejercicios resueltos con IBM SPSS*.
- Rodríguez, N. (2017). *Pronóstico del caudal máximo del río Huaura por Modelos Arima y Redes Neuronales*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo.
- Hanke, J. E. & Wichern, D. W. (2010). *Pronóstico en los negocios*. (9a ed.). Pearson.
- Zavala, J. (2017). *Pronóstico de la exportación pesquera por Redes Neuronales y Modelos Arima*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo.