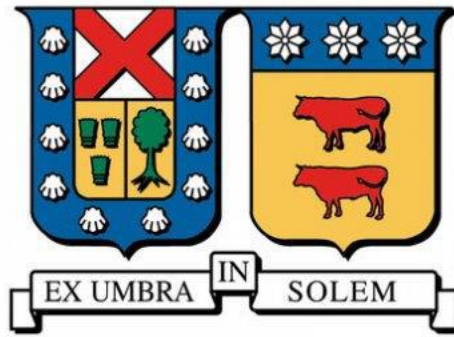




**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS**

**"ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INFLUENCIA DE LA PANDEMIA EN LA PREDICCIÓN  
DE PRECIOS DE ACCIONES EN EMPRESAS DE RECURSOS NATURALES DEL IPSA"**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**CLAUDIO BADILLA FUENZALIDA**

**PROFESOR GUÍA**

**RODOLFO SALAZAR ALBORNOZ**

**PROFESOR CORREFERENTE**

**DIEGO CANESSA RICH**

**SANTIAGO DE CHILE, 04 DE OCTUBRE, 2023**

## **Agradecimientos**

*A mis seres queridos, compañeros de estudio y respetados profesores...*

*Hoy, quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos aquellos que han sido parte fundamental de este camino académico que culmina con éxito.*

*En primer lugar, a mis padres, cuya constante dedicación y apoyo incondicional han sido un faro en los momentos más desafiantes de este ciclo. Su presencia constante, incluso en los altibajos, ha sido una fuente de fortaleza. A Cristina Badilla, a quien cariñosamente llamo 'La Cielito', mi gratitud por su apoyo y por ayudarme a mantenerme enfocado.*

*A mi núcleo familiar, conformado por mi pareja Carolina Meneses y mi hijo Alonso Badilla, les dedico este logro. Todo esto, lo hago por ustedes, y espero que este esfuerzo sirva como un ejemplo inspirador para la formación académica de Alonso. No tengo dudas de que será aún mejor que yo.*

*A mis queridos compañeros de estudio, quienes compartieron conmigo largas jornadas de estudio y sacrificio, y con quienes estamos alcanzando este anhelado objetivo, les agradezco de corazón.*

*Finalmente, no puedo pasar por alto mencionar a dos personas fundamentales en este proceso. A mi Profesor Guía, el señor Rodolfo Salazar, le agradezco por ser una guía sabia y paciente a lo largo de este estudio. A mi Profesor Correferente y admirado mentor, el señor Diego Canessa, mi sincero agradecimiento por su mentoría y sabiduría que han dejado una marca imborrable en mi formación académica.*

*A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte de este logro. Sus contribuciones han sido invaluable y han hecho posible este hito en mi vida académica.*

## 1. Índice

|       |                                                                                 |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | Índice.....                                                                     | 3  |
| 2.    | Introducción.....                                                               | 5  |
| 3.    | Objetivos .....                                                                 | 7  |
| 3.1.  | Objetivo General.....                                                           | 7  |
| 3.2.  | Objetivos Específicos .....                                                     | 7  |
| 4.    | Marco Teórico .....                                                             | 8  |
| 4.1.  | Valor de las acciones.....                                                      | 9  |
| 4.2.  | Datos .....                                                                     | 10 |
| 5.    | Metodología.....                                                                | 15 |
| 5.1.  | Análisis de Regresión .....                                                     | 15 |
| 5.2.  | Correlación Estadística.....                                                    | 17 |
| 5.3.  | Estacionariedad.....                                                            | 18 |
| 5.4.  | Estimación del Modelo .....                                                     | 20 |
| 5.5.  | Criterios de Selección mediante Akaike (AIC, Akaike Information Criterion)..... | 21 |
| 5.6.  | Modelo ARMA (Autoregressive Moving Average) .....                               | 21 |
| 5.7.  | Modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) .....                   | 24 |
| 5.8.  | Homocedasticidad y Heterocedasticidad .....                                     | 24 |
| 5.9.  | Series de Tiempo.....                                                           | 27 |
| 5.10. | Regresión con Datos de Panel .....                                              | 30 |
| 5.11. | Modelos ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) .....              | 31 |
| 5.12. | Modelos GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) ..... | 32 |
| 5.13. | Modelo TGARCH (Threshold GARCH) .....                                           | 33 |

|       |                                                                                             |     |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.14. | Modelo EGARCH (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) ..... | 34  |
| 5.15. | Pronostico (Forecast) .....                                                                 | 36  |
| 5.16. | Uso de Software EViews .....                                                                | 38  |
| 5.17. | Cargar Data en Eviews .....                                                                 | 38  |
| 5.18. | Análisis Data Original en Eviews .....                                                      | 42  |
| 5.19. | Obtener Primera Diferencia Logarítmica en Eviews .....                                      | 49  |
| 5.20. | Obtener Modelo ARIMA para la serie en Eviews.....                                           | 55  |
| 5.21. | Prueba de Ruido Blanco para Modelo ARIMA obtenido en Eviews .....                           | 61  |
| 5.22. | Modelos ARCH, GARCH y Derivados en Eviews .....                                             | 67  |
| 6.    | Resultados.....                                                                             | 74  |
| 6.1.  | Aguas Andinas, data diaria a 96 meses (Con pandemia) .....                                  | 74  |
| 6.2.  | CAP, data semanal a 60 meses (Con pandemia).....                                            | 92  |
| 6.3.  | CMPC, data diaria a 60 meses (Sin Pandemia) .....                                           | 110 |
| 6.4.  | COPEC, data diaria a 60 meses (Sin Pandemia) .....                                          | 128 |
| 6.5.  | SQM, data diaria a 96 meses (Con Pandemia).....                                             | 146 |
| 7.    | Análisis y Conclusiones .....                                                               | 165 |
| 8.    | Referencias.....                                                                            | 170 |

## 2. Introducción

La dimensión de los impactos económicos provocados por eventos imprevistos se manifiesta de manera notoria en los mercados financieros. La pandemia del COVID-19 se erige como un acontecimiento de envergadura global que ha reconfigurado sectores económicos, incluyendo el mercado bursátil. Un ámbito particular de atención es el de las empresas de recursos naturales cuyas acciones han oscilado ampliamente, planteando la cuestión de cómo la pandemia ha influido en sus precios y sus predicciones, en un contexto de incertidumbre.

“En las últimas décadas, Chile ha sido una de las economías de más rápido crecimiento en Latinoamérica”. (Banco Mundial, s.f.). Sin embargo, el valor del IPSA es un tema que ha sido objeto de estudio y discusión, ya que su comportamiento es aleatorio y puede tener un impacto significativo a nivel económico en especial para inversionistas.

Esta investigación se propone explorar cómo la pandemia ha impactado la anticipación de los precios de acciones en el IPSA, con un enfoque en empresas vinculadas a los recursos naturales, como Aguas Andinas, CAP, CMPC, Copec y SQM. Dada su relevancia económica y su presencia en el índice IPSA, que refleja la salud financiera de Chile, entender cómo la pandemia ha moldeado sus valores accionarios se torna crucial para inversores y analistas.

El análisis se centra en dos fases: Sin pandemia (01/01/2015 al 31/12/2019, 60 meses) y Con pandemia (01/01/2020 al 31/12/2022, 36 meses). Esta delimitación temporal permite revelar las consecuencias de este evento en las series de precios y explorar su impacto en la volatilidad y la previsión.

Considerando lo anterior, el problema de investigación se centra en las siguientes preguntas: ¿Cómo han variado los patrones de precios en empresas de recursos naturales entre ambos periodos? ¿Cómo ha influido la volatilidad en la predicción de precios futuros tras la crisis?

¿Existen divergencias notables en los modelos econométricos utilizados y su capacidad para anticipar tendencias postpandemia?

En última instancia, esta investigación busca enriquecer el entendimiento de la relación entre eventos disruptivos como la pandemia y el comportamiento bursátil, para respaldar decisiones financieras informadas en un entorno de volatilidad cambiante.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Analizar el impacto de la pandemia en la predicción de precios de acciones en empresas de recursos naturales del IPSA, mediante técnicas econométricas y de modelos de volatilidad, con el propósito de comprender cómo la crisis ha influido en la anticipación de los valores accionarios y su volatilidad en un contexto cambiante.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Analizar y comparar los patrones de precios de acciones en empresas de recursos naturales durante los periodos prepandemia y pandemia, identificando diferencias sustanciales en su comportamiento.

Medir el efecto de la volatilidad generada por la pandemia en la predicción de los precios futuros de las acciones en el sector de recursos naturales, determinando si existe una relación significativa entre la volatilidad y la precisión de las predicciones.

Realizar un análisis comparativo de distintos modelos econométricos, como ARIMA y los modelos GARCH (ARCH, GARCH, TGARCH, EGARCH), en términos de su capacidad para predecir los precios de acciones en las empresas estudiadas durante y después de la pandemia.

Interpretar y discutir los resultados obtenidos, evaluando su importancia económica y relevancia para el para tomadores de decisión en carteras de inversión.

#### **4. Marco Teórico**

El presente marco teórico proporciona el sólido cimiento conceptual sobre el cual se apoya esta investigación. Se sitúa en el contexto de eventos económicos inesperados, especialmente la pandemia del COVID-19, y su capacidad para desencadenar efectos significativos en los mercados financieros, en particular, en el mercado de acciones de empresas relacionadas con recursos naturales. Esta introducción destaca la importancia de comprender cómo estos eventos pueden influir en la predicción de precios de acciones y la volatilidad en un entorno caracterizado por la incertidumbre. Además, se subraya la relevancia de las empresas seleccionadas dentro del IPSA, su contribución a la economía nacional y su inclusión en el índice IPSA, que sirve como un barómetro crucial para los inversores y reguladores financieros en Chile.

Este marco teórico se estructura de manera coherente para abordar la problemática de investigación y los objetivos establecidos. Cada sección se relaciona directamente con la cuestión central y presenta conceptos, modelos, teorías y datos pertinentes para analizar cómo la pandemia ha afectado la anticipación de los valores accionarios y la volatilidad en este contexto cambiante. En última instancia, este marco teórico sirve como una guía integral que brinda una base sólida para comprender y abordar el impacto de eventos excepcionales en los mercados financieros.

De ahí, como es de esperarse, es importante analizar cómo se comportan estas variables para la economía chilena. Los beneficios que puede traer son muchos, tanto a nivel nacional como internacional. En el contexto nacional, “gracias al crecimiento económico se conseguía un mayor bienestar” (Galindo, 2006). En el contexto internacional también es un factor importante, debido a que un país con altos índices de crecimiento es atractivo para inversionistas y para otros países, lo cual podría generar mejoras en cuanto al comercio exterior y a las relaciones económicas internacionales.

#### 4.1. Valor de las acciones

El valor de una acción se refiere al precio al que se negocia una fracción del patrimonio de una empresa en el mercado. Este valor está determinado por factores como la oferta y la demanda, la situación económica de la empresa y el mercado en general, y las expectativas de los inversionistas (Cmf Chile, 2023).

En Chile, el precio de las acciones se transa a través del Índice de Precios Selectivo de Acciones (IPSA), el cual mide el rendimiento de dichas acciones, que considera a las 30 empresas más importantes que cotizan en la Bolsa de Comercio de Santiago (Bolsa de Santiago, 2023). Desde su creación en 1977, el IPSA ha sido un importante indicador del desempeño económico chileno y ha sido utilizado como un predictor de la economía en general.

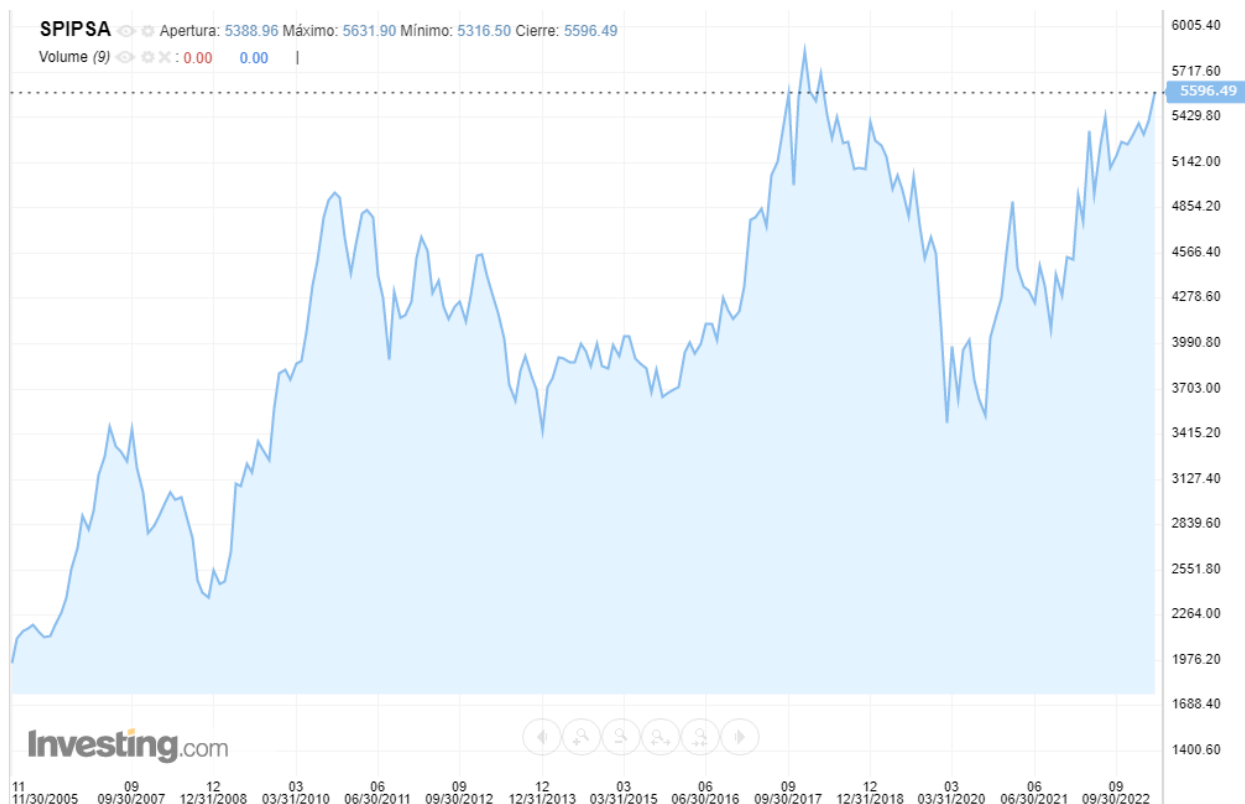


**Figura 4-1:** Índice IPSA, Período 2005 - 2022 (Investing.com, 2023)

El indicador IPSA se obtiene a través del promedio ponderado de las transacciones de las empresas presentes en este índice. El factor IPSA es un cálculo especialmente diseñado para entregarle una ponderación particular a cada acción según la importancia que ésta tenga en el mercado bursátil local.

#### **4.2. Datos**

Los datos utilizados en el desarrollo de esta investigación fueron obtenidos de Yahoo Finance, una plataforma en línea ampliamente reconocida que proporciona información financiera actualizada y herramientas esenciales para el análisis del mercado. Yahoo Finance se destaca por ofrecer datos en tiempo real y retrasados sobre una variedad de activos financieros, incluyendo acciones, índices bursátiles, divisas, bonos y materias primas, convirtiéndola en una fuente confiable y accesible para inversores y analistas financieros.

Este estudio se centra en cinco empresas específicas del mercado chileno: Aguas Andinas, CAP, CMPC, Copec y SQM. Cada una de estas empresas es un actor destacado en el sector de recursos naturales y tiene un impacto significativo en la economía de Chile. Como parte del análisis, se recopiló una amplia gama de datos de precios de acciones de estas empresas, abarcando un periodo considerable.

**Aguas Andinas S.A. (AGUAS-A.SN)**

Santiago - Santiago Delayed Price. Currency in CLP

**287.51** +1.01 (+0.35%)

At close: 04:00PM CLST

Time Period: Dec 31, 2014 - Dec 30, 2022

Show: Historical Prices

Frequency: Daily

Apply

Currency in CLP

[Download](#)

| Date         | Open   | High   | Low    | Close* | Adj Close** | Volume    |
|--------------|--------|--------|--------|--------|-------------|-----------|
| Dec 30, 2022 | 195.90 | 196.36 | 194.00 | 195.90 | 189.47      | 1,003,925 |
| Dec 29, 2022 | 199.99 | 199.99 | 193.50 | 199.99 | 193.42      | 667,231   |
| Dec 28, 2022 | 193.00 | 193.01 | 190.00 | 193.00 | 186.66      | 202,405   |
| Dec 27, 2022 | 193.00 | 195.00 | 192.00 | 193.40 | 187.05      | 62,293    |
| Dec 26, 2022 | 195.00 | 199.00 | 195.00 | 195.00 | 188.59      | 548,381   |
| Dec 23, 2022 | 199.00 | 200.50 | 197.00 | 198.77 | 192.24      | 9,548     |
| Dec 22, 2022 | 196.99 | 198.00 | 196.00 | 196.99 | 190.52      | 450,000   |
| Dec 21, 2022 | 199.00 | 203.00 | 198.01 | 199.00 | 192.46      | 1,871,640 |
| Dec 20, 2022 | 201.00 | 203.98 | 200.21 | 201.00 | 194.40      | 693,886   |
| Dec 19, 2022 | 204.00 | 204.99 | 201.71 | 204.00 | 197.30      | 522,650   |

**Figura 4-2:** Precio de acciones ajustados, obtenidos de Yahoo Finance para período 2015 - 2022 (Yahoo Finance, 2023)

El precio de cierre es simplemente el último precio al que se vendió una acción en un día determinado, mientras que el precio de cierre ajustado tiene en cuenta eventos corporativos para proporcionar una representación más precisa del rendimiento de la inversión a lo largo del tiempo. El precio de cierre ajustado es especialmente útil para los inversores a largo plazo que desean evaluar cómo sus inversiones han crecido o disminuido en valor teniendo en cuenta factores como los dividendos y los desdoblamientos de acciones.

El periodo de datos recopilados se extiende desde enero de 2015 hasta diciembre de 2022, lo que permite una exploración exhaustiva de los acontecimientos económicos y financieros en un marco temporal sustancial. Para abordar específicamente el impacto de la

pandemia del COVID-19 en los precios de las acciones y su previsión, se ha subdividido este período en dos fases claramente definidas:

***Periodo sin Pandemia (enero 2015 - diciembre 2019)***

Esta etapa comprende los primeros 60 meses de datos y se considera como un contexto previo a la pandemia. Durante este periodo, se recopilaron datos para establecer un punto de referencia que refleja las condiciones económicas y financieras antes de la aparición de la crisis sanitaria global.

***Periodo con Pandemia (enero 2015 - diciembre 2022)***

Esta fase abarca los 60 meses iniciales más los 36 meses de la pandemia, seguidos de los años subsiguientes. Aquí, se analizan los efectos específicos de la crisis sanitaria en las series de precios de las acciones, permitiendo una comparación detallada con el periodo anterior y una evaluación del impacto a corto plazo en la predicción de los precios de las acciones.

La segmentación de datos en estas dos fases distintas facilita una comprensión más profunda de cómo la pandemia ha influido en la variabilidad de los precios de las acciones y en la capacidad de los modelos econométricos para anticipar tendencias posteriores a la crisis. En conjunto, estos datos proporcionan una base sólida para el análisis económico y financiero, y para responder a las preguntas planteadas en el marco de esta investigación.

El análisis está basado en los siguientes estudios:

- **Infectious disease pandemic and permanent volatility of international stock markets:** A long-term perspective. (Bai, 2020). Este estudio demuestra que las pandemias de enfermedades infecciosas tienen un efecto notablemente positivo en la volatilidad duradera de los mercados de valores a nivel internacional, incluso después de considerar y ajustar por factores como la volatilidad pasada, la incertidumbre en las políticas económicas globales y el efecto de apalancamiento en la volatilidad. Esto sugiere que las pandemias tienen un impacto duradero en la inestabilidad de los mercados financieros en todo el mundo.
- **Corona Pandemic and Stock Market Behaviour: Empirical Insights from Selected Asian Countries.** (Mishra, 2020). Este estudio explica que la alta volatilidad en los mercados bursátiles asiáticos principalmente ocurrió debido a la preocupación y el miedo de los inversores, y se vio influenciada por el aumento de casos de COVID-19, cambios en los precios del petróleo y fluctuaciones en las tasas de cambio. Estos factores contribuyeron a que los mercados bursátiles de Asia experimentaran caídas abruptas e inesperadas.
- **Stock Prices and Economic Activity in the Time of Coronavirus.** (Davis, 2020). Este es un examen más detenido de dos economías grandes, el cual revela un mayor efecto de la pandemia en los niveles y la volatilidad del mercado de valores en los Estados Unidos que en China.
- **A wavelet analysis of mean and volatility spillovers between oil and BRICS stock markets** (Boubaker, 2017). Este artículo investiga los efectos de contagio de la volatilidad y los impactos entre los precios del petróleo y los mercados bursátiles de los BRICS utilizando un enfoque multivariante y análisis wavelet en diferentes horizontes temporales. Por lo tanto, combinamos un modelo ARMA-

GARCH multivariante y análisis wavelet multiresolución para estudiar este fenómeno.

- **The effects of COVID-19 on Chinese stock markets: an EGARCH approach.** (Liu, 2020). Este estudio se centra en los mercados bursátiles chinos. Basado en datos de Google Trends durante el período del 1 de enero de 2020 al 12 de abril de 2020, y utilizando el modelo autorregresivo condicional heterocedástico exponencial (EGARCH).
- **Stock price volatility during the COVID-19 pandemic: The GARCH model.** (Endri, 2021). Este estudio examinó la respuesta de los precios de las acciones en la Bolsa de Valores de Indonesia (IDX) ante el COVID-19 utilizando un enfoque de estudio de eventos y el modelo GARCH.

## **5. Metodología**

En este estudio, la data de precios de acciones se obtuvo de Yahoo Finance, y para el análisis econométrico se empleó el software EViews Versión 12. Se utilizaron diversas herramientas econométricas, como el análisis de regresión para cuantificar relaciones entre variables (Stock, 2015) y el análisis de series de tiempo para identificar patrones (gujarati, 2018). Entre las variables analizadas se incluyen los precios ajustados, indicadores económicos y noticias relacionadas con la pandemia.

Se implementarán técnicas específicas, como ARIMA, GARCH, TGARCH y EGARCH, para comprender el impacto de la pandemia en la predicción de precios y evaluar cómo distintos modelos se adaptan a esta dinámica.

### **5.1. Análisis de Regresión**

El análisis de regresión trata del estudio de la dependencia de una variable dependiente respecto de una o más variables explicativas (gujarati, 2018). Este análisis es una técnica estadística ampliamente utilizada para investigar y cuantificar la relación entre variables. En el presente estudio, se aplicará para examinar la posible relación entre el valor de las acciones y sus propios rezagos.

Para llevar a cabo el análisis, se recolectarán datos completos y confiables correspondientes a las variables del estudio. Estos datos serán agrupados inicialmente en Excel y posteriormente a otro software para análisis estadístico como Eviews, que permitirá estimar calcular los coeficientes de regresión y la naturaleza estadística de los datos involucrados.

La función de Regresión Lineal Multivariable (FRM) de la siguiente forma:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n + u_t$$

Donde: **Y<sub>t</sub>** es la Variable Dependiente, **X<sub>i</sub>** son las Variables explicativas, **β<sub>0</sub>** corresponde al intercepto de la regresión con el eje Y, **β<sub>i</sub>** son los coeficientes de las variables explicativas, **U<sub>t</sub>** corresponde al error respecto a la regresión.

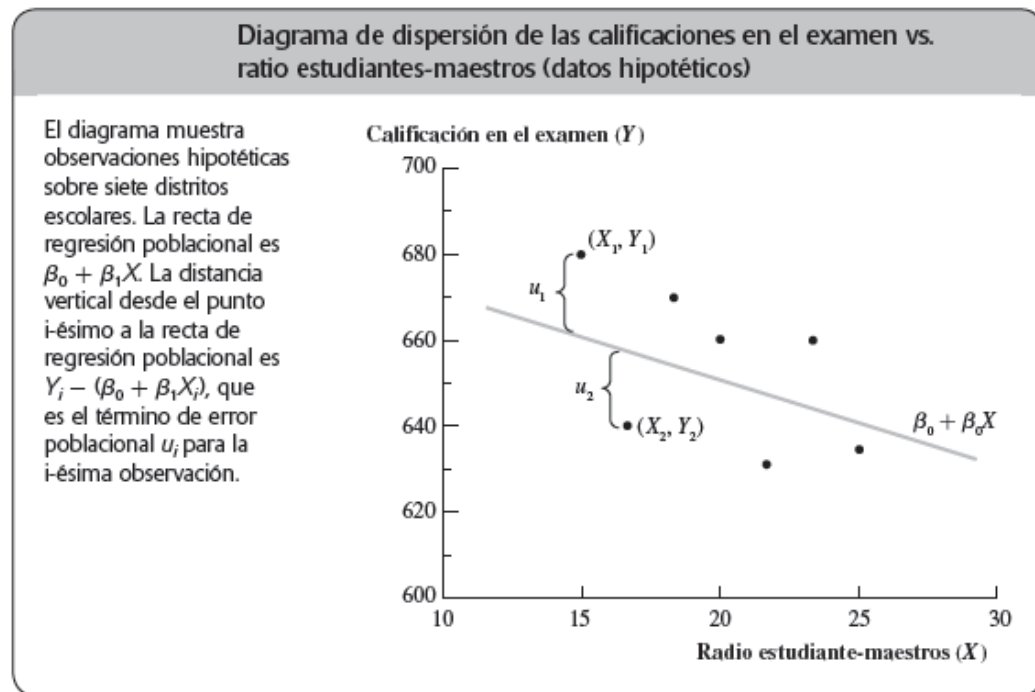


**Figura 4-1:** *Función de Regresión Lineal. Ejemplo de relación entre Calificaciones y Ratio Estudiantes-Maestros y (Stock, 2015).*

Los coeficientes de regresión proporcionarán información sobre la magnitud y dirección de la relación entre las variables. Asimismo, se evaluarán estadísticos relevantes como el coeficiente de determinación (**R<sup>2</sup>**), que indicará el grado de incidencia de las variables explicativas con relación a la variable dependiente. Este coeficiente está dado por:

$$R^2 = \frac{SCE}{SCT}$$

- **SCE** es la Suma de Cuadrados Explicados

- **SCT** es la Suma de Cuadrados Totales

Cuando el Valor de  $R^2$  es cercano a 1 entonces las variables independientes ( $X_i$ ) explican de buena forma a la variable dependiente ( $Y_t$ ), mientras que desde el valor menor a 0.5 indica que las Variables Independientes no explican de buena forma a la Variable Dependiente.

Además, para garantizar la validez del análisis, se realizarán pruebas de significancia estadística y contrastes de hipótesis, tales como la prueba “t” o la prueba “F”, que permitirán evaluar si los coeficientes de regresión son estadísticamente significativos. Además, se llevarán a cabo diagnósticos de los supuestos del modelo de regresión, incluyendo la normalidad de los residuos, la linealidad de la relación y la ausencia de multicolinealidad entre las variables independientes.

Si bien el análisis de regresión ofrece una perspectiva cuantitativa valiosa, es importante considerar otros factores y variables que puedan influir en la relación estudiada. Asimismo, se deberá tener en cuenta el contexto económico y otros elementos que podrían afectar los resultados. Su aplicación permitirá obtener resultados cuantitativos que contribuirán al entendimiento y análisis de las interacciones entre estas variables en el contexto de este estudio.

## **5.2. Correlación Estadística**

En general, se utiliza para cuantificar la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos o más variables. Se expresa como un coeficiente de correlación que puede oscilar entre -1 y 1. Un coeficiente de correlación de -1 indica una correlación negativa perfecta (es decir, cuando una variable aumenta, la otra disminuye en la misma proporción), mientras que un coeficiente de correlación de 1 indica una correlación positiva perfecta (es decir, cuando una variable aumenta,

la otra también aumenta en la misma proporción). Un coeficiente de correlación de 0 indica que no hay relación lineal entre las dos variables. Es una herramienta útil para analizar la dependencia entre dos variables, lo que puede ayudar a identificar patrones y tendencias en los datos y a tomar decisiones informadas en diferentes campos.

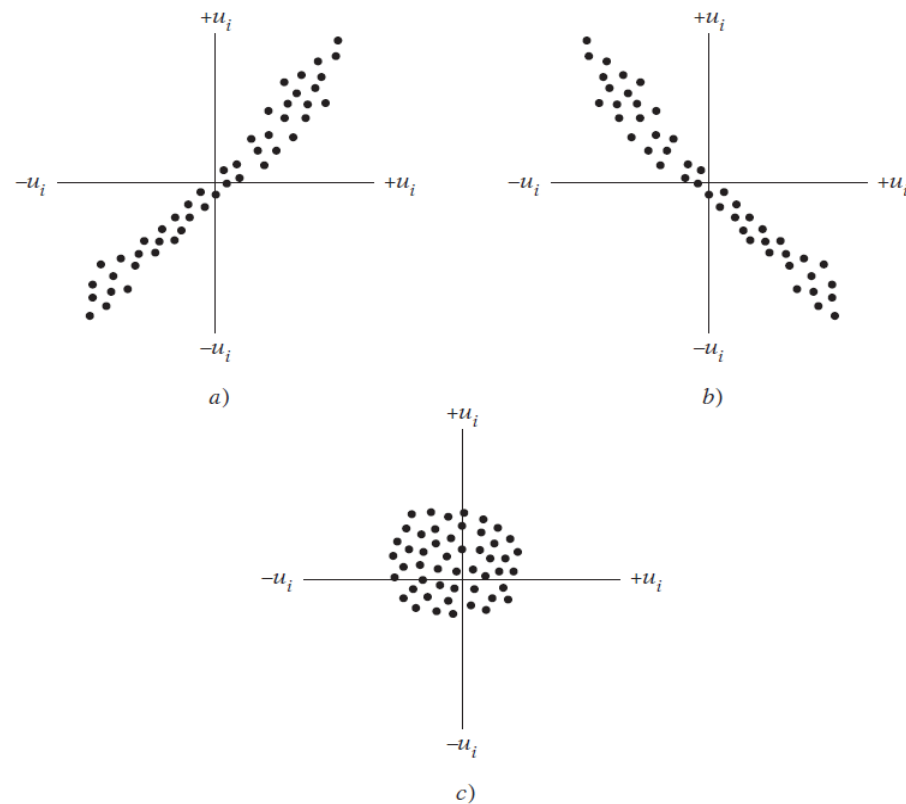


**Figura 4-2:** a) *Correlación Serial Positiva*, b) *Correlación Serial Negativa*, c) *Datos No Correlacionados* (gujarati, 2018).

### 5.3. Estacionariedad

Los procesos estocásticos estacionarios han sido un foco de intensa atención y examen por parte de los analistas de series de tiempo. En términos generales, se considera que un proceso estocástico es estacionario cuando su media y varianza permanecen constantes a lo largo del tiempo. Además, la covarianza entre dos períodos se define únicamente en función de

la distancia o rezago entre estos dos períodos, y no depende del tiempo en el que se realiza el cálculo de la covarianza.

Para explicar la estacionariedad, consideremos una serie de tiempo estocástica denotada como  $Y_t$ , que posee ciertas propiedades estadísticas. Estas propiedades son:

$$\begin{aligned} \text{Media:} & \quad E(Y_t) = \mu \\ \text{Varianza:} & \quad \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \\ \text{Covarianza:} & \quad \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \end{aligned}$$

**Figura 4-3:** *Propiedades de la Media, varianza y covarianza de una serie estacionaria (gujarati, 2018).*

Por lo tanto, la estacionariedad sugiere que, desde una perspectiva probabilística, el comportamiento futuro de la serie es similar al pasado. La estacionariedad es una propiedad importante en el análisis de series temporales, ya que muchas técnicas de modelado requieren que las series sean estacionarias o que se puedan convertir en estacionarias mediante diferenciación.

### ***Prueba de Raíz Unitaria***

Es una prueba estadística utilizada en econometría y análisis de series temporales para evaluar si una serie temporal tiene raíces unitarias, es decir, si es estacionaria o no.

El procedimiento de la Prueba de Raíz Unitaria (y en otras herramientas estadísticas) es el siguiente:

### ***Especificación del Modelo***

En primer lugar, se especifica un modelo de regresión que incluye el valor rezagado de la serie temporal (es decir, el valor en el periodo anterior) y, en algunos casos, términos adicionales como tendencias y estacionalidades. La forma específica del modelo depende de la versión de la prueba que se utilice (existen varias versiones de la Prueba de Raíz Unitaria).

### **5.4. Estimación del Modelo**

Se estima el modelo de regresión utilizando datos de la serie temporal.

### ***Prueba de Hipótesis***

La Prueba de Raíz Unitaria se basa en un análisis de hipótesis en la que se compara un estadístico de prueba con un valor crítico. La hipótesis nula ( $H_0$ ) en la Prueba de Raíz Unitaria es que la serie temporal tiene raíces unitarias, lo que significa que es no estacionaria. En otras palabras,  $H_0$  asume que la serie no es estacionaria y que exhibe alguna forma de dependencia temporal.

### ***Estadístico de Prueba***

El estadístico de prueba calculado en la Prueba de Raíz Unitaria se compara con un valor crítico específico. Si el estadístico de prueba es menor (o más negativo) que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa, lo que indica que la serie temporal

es estacionaria. Por el contrario, si el estadístico de prueba es mayor (o menos negativo) que el valor crítico, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que la serie es no estacionaria.

### 5.5. Criterios de Selección mediante Akaike (AIC, Akaike Information Criterion)

Es una medida utilizada en estadísticas y econometría para comparar y seleccionar modelos estadísticos. Su objetivo principal es seleccionar el modelo que mejor se ajusta a los datos, teniendo en cuenta tanto la capacidad de ajuste del modelo como su complejidad, evitando así el sobreajuste. El AIC se calcula como:

$$AIC_{(p)} = \ln \left[ \frac{SR_{(p)}}{T} \right] + (p + 1) \frac{2}{T}$$

Donde  $SR_{(p)}$  corresponde a la suma de cuadrados residuales del modelo Autorregresivo de orden p ( $AR_{(p)}$ ).

### 5.6. Modelo ARMA (Autoregressive Moving Average)

Es un tipo de modelo utilizado en estadísticas y análisis de series temporales para describir y predecir datos secuenciales a lo largo del tiempo. Este modelo se compone de dos componentes principales: el componente autorregresivo (AR) y el componente de media móvil (MA).

### **Componente Autorregresivo (AR)**

En un modelo ARMA, el componente autorregresivo representa la relación entre un valor en un momento dado y sus valores pasados (Griffiths, 2012). En otras palabras, el valor actual de la serie depende de sus valores anteriores. Esto se expresa como AR(p), donde "p" es el orden del componente autorregresivo y representa cuántos períodos pasados se tienen en cuenta.

La ecuación general de un modelo AR(p) se ve así:

$$Y_t = c + \varphi_1 * Y_{t-1} + \varphi_2 * Y_{t-2} + \dots + \varphi_p * Y_{t-p} + \epsilon_t$$

Donde:

$Y_t$  es el valor actual de la serie en el período "t".

$Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ , son los valores rezagados de la serie en los períodos anteriores.

$\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ , son los coeficientes de regresión que representan la influencia de los valores pasados en el valor actual.

$\epsilon_t$ , es el término de error que representa la parte no explicada o aleatoria de la serie en el tiempo "t".

$c$ , es una constante o intercepto de la función.

La función de un modelo AR es estimar los coeficientes  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$  de manera que minimicen el error de predicción y describan de manera adecuada la dinámica de la serie

temporal. Una vez que se ha ajustado el modelo, se puede utilizar para predecir valores futuros de la serie en función de sus valores pasados.

### **Componente de Media Móvil (MA)**

El componente de media móvil se relaciona con el error o la diferencia entre el valor observado y el valor predicho en períodos anteriores (Griffiths, 2012). En un modelo ARMA, se utiliza para modelar la dependencia de un valor actual en los errores pasados. Esto se expresa como MA(q), donde "q" es el orden del componente de media móvil y representa cuántos errores pasados se tienen en cuenta. La ecuación general de un modelo MA(q) se ve así:

$$Y_t = c + \varepsilon_t + \theta_1 * \varepsilon_{t-1} + \theta_2 * \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q * \varepsilon_{t-q}$$

$Y_t$  es el valor actual de la serie en el período "t".

$\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ , son los errores pasados en los períodos anteriores.

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ , son los coeficientes que representan la influencia de los errores pasados en el valor actual.

$c$ , es una constante o intercepto de la función.

La función de un modelo de medias móviles es estimar los coeficientes  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ , de manera que minimicen el error de predicción y describan de manera adecuada la estructura de dependencia en los errores de la serie temporal. Una vez que se ha ajustado el modelo, se puede utilizar para predecir valores futuros de la serie en función de los errores pasados.

### **5.7. Modelo ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)**

Se compone de las componentes Autorregresivas (AR) y de Media Móvil (MA) Similar al modelo ARMA, Pero agrega una componente de diferenciación Integrada.

#### ***Componente de Diferenciación (I - Integrated)***

La principal diferencia entre ARMA y ARIMA es la inclusión de un componente de diferenciación en ARIMA (Griffiths, 2012). Este componente se utiliza para hacer que una serie temporal no estacionaria sea estacionaria. La diferenciación implica calcular las diferencias entre los valores sucesivos de la serie hasta que se obtiene una serie estacionaria. La cantidad de diferenciación necesaria se indica como "d" en un modelo ARIMA (p, d, q), donde "d" es el orden de diferenciación.

Ejemplo: Un modelo ARIMA (1,1,1) incluye un componente autorregresivo de orden 1, un componente de media móvil de orden 1 y un componente de diferenciación de orden 1.

### **5.8. Homocedasticidad y Heterocedasticidad**

La homocedasticidad y la heterocedasticidad son términos que se refieren a la igualdad o desigualdad de las varianzas de los errores en un modelo estadístico. La homocedasticidad implica que la dispersión de los errores es constante a lo largo de todos los niveles de las variables independientes, mientras que la heterocedasticidad indica que la dispersión de los errores varía en función de las variables independientes.

Para determinar la homocedasticidad o heterocedasticidad en un conjunto de datos, se utilizan diversas técnicas, entre las cuales destacan Los Gráficos de Dispersión de Residuos, Pruebas Estadísticas y Análisis de Residuos Estandarizados.

### ***Gráficos de dispersión de residuos***

Estos gráficos representan los residuos (diferencia entre los valores observados y los valores predichos por el modelo) en el eje vertical y las variables independientes en el eje horizontal. Si los puntos en el gráfico se distribuyen de manera aleatoria alrededor de una línea horizontal, indica homocedasticidad. Por otro lado, si se observa un patrón en forma de abanico o embudo, sugiere la presencia de heterocedasticidad.

### ***Pruebas estadísticas***

Sirven para evaluar la presencia de homocedasticidad o heterocedasticidad. La prueba más común es la prueba de Breusch-Pagan, que se basa en un modelo de regresión auxiliar en el que la variable dependiente es la suma de los residuos al cuadrado y las variables independientes son las mismas que las del modelo original. Si el valor p de la prueba es significativo, se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad, lo que indica la presencia de heterocedasticidad.

### ***Análisis de residuos estandarizados***

Corresponden a los residuos divididos por la raíz cuadrada de la estimación de la varianza residual. Si la varianza de los residuos estandarizados es constante para todos los niveles de las

variables independientes, se cumple la hipótesis de homocedasticidad. Sin embargo, si la varianza varía significativamente, se confirma la presencia de heterocedasticidad.

En un modelo de regresión lineal, la homocedasticidad es un supuesto importante para poder confiar en los resultados obtenidos. Si la varianza de los errores no es constante, las estimaciones de los coeficientes pueden ser sesgadas y los intervalos de confianza y los contrastes de hipótesis pueden ser incorrectos. Por lo tanto, si se detecta heterocedasticidad en los residuos, se debe corregir antes de realizar inferencias estadísticas.

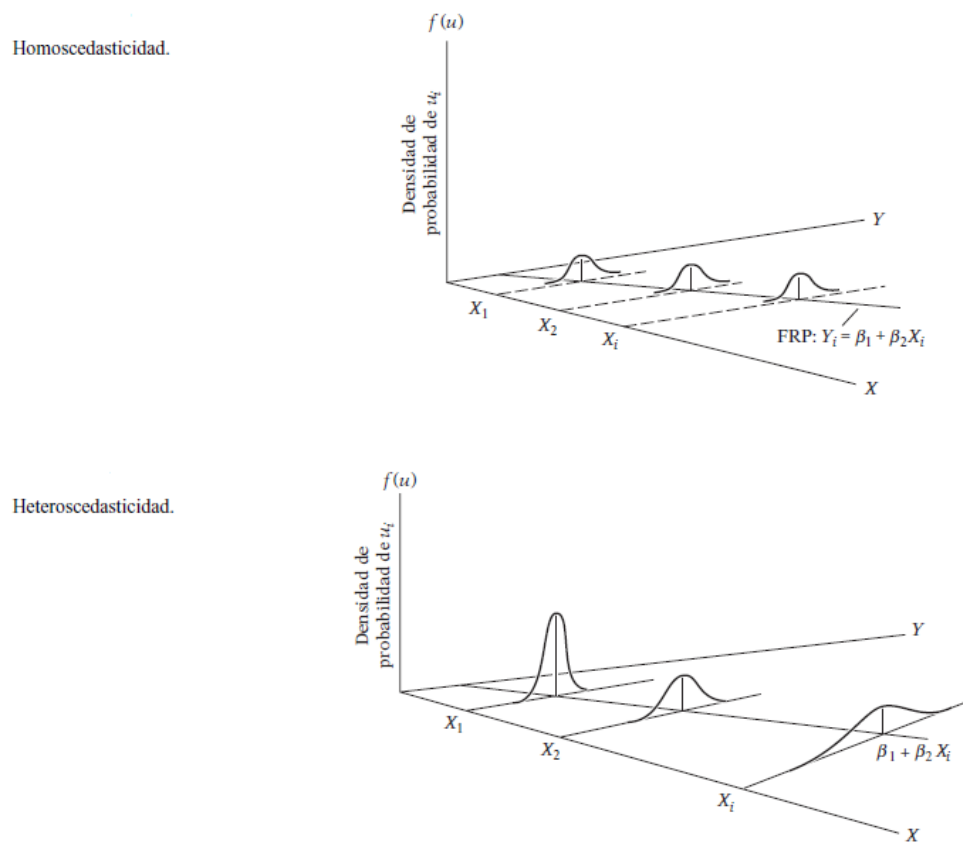


**Figura 4-4:** Homocedasticidad y Heterocedasticidad según la varianza de los errores observados (gujarati, 2018).

Existen diversas técnicas para detectar y corregir la heterocedasticidad, como la transformación de variables, el uso de modelos no lineales o la utilización de métodos de estimación de mínimos cuadrados ponderados. La elección de la técnica adecuada dependerá de las características del modelo y de los datos utilizados.

## 5.9. Series de Tiempo

Es una secuencia de datos observados a lo largo de un período, en intervalos regulares o irregulares. Estos datos pueden representar cualquier tipo de variable, como precios de acciones, ventas de productos, temperatura, población, entre otros.

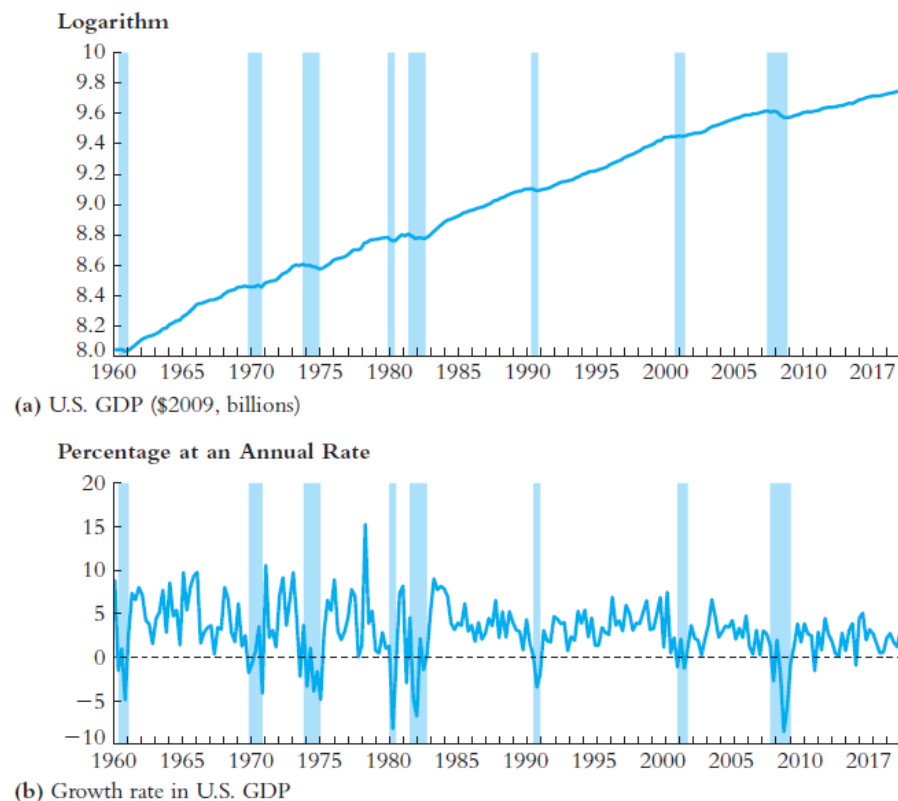


**Figura 4-5:** *Inflación y Desempleo en Estados Unidos mediante series de tiempo, período 1960 – 2005 (Stock, 2015).*

El análisis de estas series es útil para identificar patrones y tendencias en los datos a través del tiempo, y prever su comportamiento futuro. Se pueden utilizar diferentes técnicas, como la descomposición de series de tiempo, el análisis de autocorrelación, la modelización de series de tiempo y la predicción de series de tiempo.

### ***Análisis de series de tiempo***

El análisis de series de tiempo es una metodología estadística que se utilizará para predecir el comportamiento de una variable a lo largo del tiempo. En el contexto de este estudio, se aplicará el análisis de series de tiempo para examinar el patrón y la evolución de la variable de interés, que en este caso es el valor de las acciones, lo que permitirá identificar y modelar las tendencias, estacionalidades, ciclos y otros patrones temporales que pueden estar presentes en los datos. Se utilizará un enfoque de descomposición para separar la serie temporal en sus componentes fundamentales: tendencia, estacionalidad y componente residual.

El primer paso consistirá en recopilar una serie de datos históricos del valor de las acciones durante un período de tiempo específico. Estos datos se organizarán en una secuencia temporal y se realizará un análisis exploratorio inicial para identificar posibles patrones y características relevantes.

A continuación, se aplicarán técnicas de descomposición, como el método de promedios móviles o el método de suavización exponencial, para separar la serie temporal en sus componentes. La tendencia representa la dirección general y la trayectoria a largo plazo de la variable, mientras que la estacionalidad se refiere a los patrones que se repiten a intervalos

regulares. El componente residual captura cualquier variación no explicada por la tendencia y la estacionalidad.

Una vez que se hayan identificado los componentes de la serie temporal, se procederá a modelar y analizar cada uno de ellos por separado. Para modelar la tendencia, se emplearán técnicas como el modelo de regresión lineal. Para modelar la estacionalidad, se pueden utilizar métodos como el análisis de modelos autorregresivos estacionales.

Además, se realizarán pruebas de estacionariedad, como la prueba de Raíz Unitaria (Dickey - Fuller aumentada), para verificar si la serie temporal es estacionaria o si requiere de transformaciones adicionales, como la diferenciación. Dicha prueba de Raíz Unitaria es un análisis que detecta estadísticamente la presencia de conducta tendencial aleatoria en las series temporales de las variables mediante un contraste de hipótesis (Economipedia, s.f.).

La estacionariedad es una propiedad deseable en el análisis de series de tiempo, ya que facilita la modelización y permite hacer inferencias más sólidas.

Una vez que se hayan modelado y analizado los componentes de la serie temporal, se procederá a la reconstrucción de la serie original, integrando los resultados obtenidos de la tendencia, la estacionalidad y el componente residual. Esto permitirá tener una visión completa y comprensiva del comportamiento de la variable a lo largo del tiempo.

Es importante destacar que el análisis de series de tiempo no solo proporciona información descriptiva sobre el pasado, sino que también permite realizar pronósticos y proyecciones futuras. Se pueden utilizar modelos de pronóstico, como el modelo ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) o el modelo de suavización exponencial, para predecir el valor de las acciones del IPSA en un horizonte de tiempo futuro.

### 5.10. Regresión con Datos de Panel

Es una secuencia de datos observados a lo largo de un período, en intervalos regulares o irregulares. Estos datos pueden representar cualquier tipo de variable, como la descomposición del PIB respecto al Consumo, Ingreso, Gasto Público y Exportaciones Netas. Si no se dispone de datos para alguna de las variables, no pueden incluirse en la regresión y los estimadores de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) de la regresión podrían presentar sesgo de variable omitida (Stock, 2015).

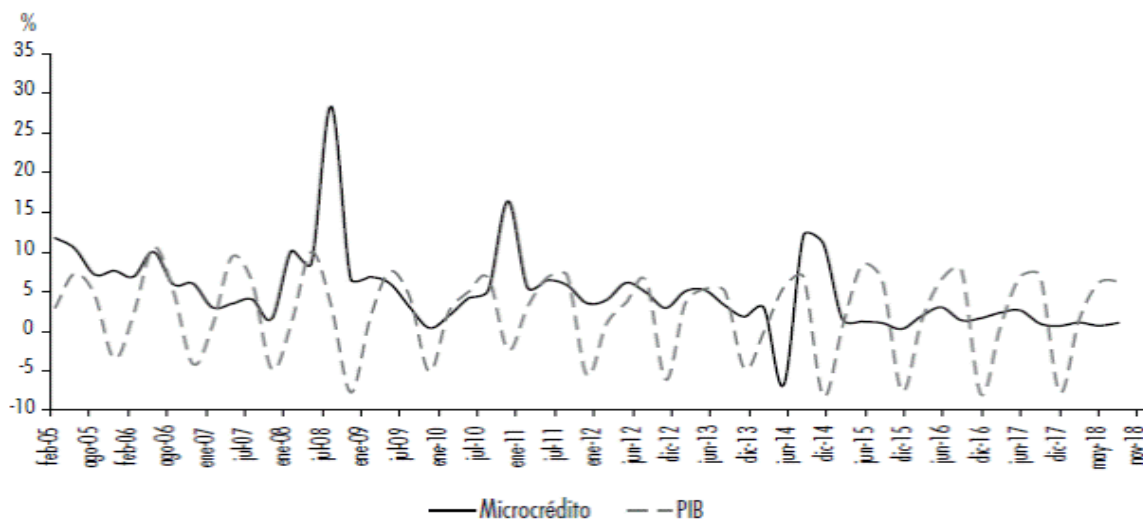


**Figura 4-6:** Tasa de Crecimiento: Microcrédito versus PIB mediante Datos de Panel (Lodoño, D., Garzon, C.,, 2021).

El análisis de estas series es útil para identificar patrones y tendencias en los datos a través del tiempo, y prever su comportamiento futuro. Se pueden utilizar diferentes técnicas, como la descomposición de series de tiempo, el análisis de autocorrelación, la modelización de series de tiempo y la predicción de series de tiempo.

### 5.11. Modelos ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)

Corresponde a un tipo de modelo utilizado en análisis de series temporales financieras para modelar la volatilidad o la heteroscedasticidad condicional en los datos de una serie de tiempo. La función principal de un modelo ARCH en una serie de tiempo es capturar y describir cómo la varianza de la serie cambia a lo largo del tiempo en respuesta a choques o perturbaciones pasadas.

El modelo ARCH se utiliza específicamente para modelar la volatilidad condicional en los datos (Enders, 2014), lo que significa que se enfoca en cómo la variabilidad o la dispersión de los datos cambia en función de los valores pasados de la serie. La idea central detrás del modelo ARCH es que los choques o perturbaciones pasados tienen un impacto en la volatilidad presente, lo que significa que los datos no tienen una varianza constante a lo largo del tiempo. La ecuación general de un modelo ARCH(p), donde "p" es el orden del modelo, se ve así:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 * \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 * \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p * \varepsilon_{t-p}^2$$

Donde:

$\sigma_t^2$  es la varianza condicional en el tiempo "t".

$\varepsilon_{t-1}^2, \varepsilon_{t-2}^2, \dots, \varepsilon_{t-p}^2$  son los errores cuadrados pasados en los períodos anteriores.

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  son los coeficientes que representan cómo los errores cuadrados pasados afectan la varianza condicional en el tiempo actual.

La función de un modelo ARCH es estimar los coeficientes  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  de manera que se ajusten adecuadamente a la varianza condicional de la serie temporal y describan cómo los choques pasados afectan la volatilidad presente.

#### 5.12. Modelos GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)

Es un tipo de modelo utilizado en el análisis de series temporales financieras para modelar y predecir la volatilidad condicional en los datos de una serie de tiempo. La función principal de un modelo GARCH en una serie de tiempo es capturar y describir cómo la varianza condicional cambia a lo largo del tiempo en respuesta a choques o perturbaciones pasadas (Enders, 2014).

El modelo GARCH es una extensión del modelo ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) que permite modelar la volatilidad condicional de manera más flexible y precisa. Al igual que en el modelo ARCH, la idea central detrás del modelo GARCH es que los choques o perturbaciones pasados tienen un impacto en la volatilidad presente. La ecuación general de un modelo GARCH (p, q), donde "p" es el orden del componente GARCH y "q" es el orden del componente ARMA (Autoregressive Moving Average), se ve así:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 * \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 * \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p * \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 * \sigma_{t-1}^2 + \beta_2 * \sigma_{t-2}^2 + \dots + \beta_q * \sigma_{t-q}^2$$

Donde:

$\sigma_t^2$  es la varianza condicional en el tiempo "t".

$\varepsilon_{t-1}^2, \varepsilon_{t-2}^2, \dots, \varepsilon_{t-p}^2$  son los errores cuadrados pasados en los períodos anteriores.

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  son los coeficientes que representan cómo los errores cuadrados pasados afectan la varianza condicional.

$\omega$  es una constante que representa la varianza condicional en el período actual.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$  son los coeficientes que representan cómo la varianza condicional en períodos pasados afecta la varianza condicional actual.

La función de un modelo GARCH es estimar los coeficientes  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  y  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$  de manera que se ajusten adecuadamente a la varianza condicional de la serie temporal y describan cómo los choques y las volatilidades pasadas afectan la volatilidad presente.

### **5.13. Modelo TGARCH (Threshold GARCH)**

También conocido como GARCH con umbrales, es un tipo de modelo utilizado en el análisis de series temporales financieras para modelar la volatilidad condicional en los datos de una serie de tiempo, pero con la capacidad de capturar cambios en la volatilidad bajo diferentes condiciones o estados.

La función principal de un modelo TGARCH en una serie de tiempo es similar a la de un modelo GARCH convencional, que es capturar y describir cómo la varianza condicional cambia a lo largo del tiempo en respuesta a choques o perturbaciones pasadas. Sin embargo, un modelo TGARCH agrega la capacidad de incorporar umbrales o estados en el proceso (Enders, 2014). Esto significa que el modelo reconoce que la volatilidad puede comportarse de manera diferente en diferentes condiciones o estados de la serie de tiempo.

La ecuación general de un modelo TGARCH (p, q), donde "p" es el orden del componente GARCH y "q" es el orden del componente ARMA (Autoregressive Moving Average), se ve similar a la de un modelo GARCH convencional:

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha_1 * \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 * \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p * \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_1 * \sigma_{t-1}^2 + \beta_2 * \sigma_{t-2}^2 + \dots + \beta_q * \sigma_{t-q}^2$$

Sin embargo, lo que diferencia al modelo TGARCH es la introducción de umbrales, que pueden tomar la forma de una función o condición que indica cuándo se activan diferentes regímenes de volatilidad. En otras palabras, el modelo TGARCH permite que los coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$  varíen según alguna condición o umbral en la serie de tiempo.

La función de un modelo TGARCH es estimar los coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$  de manera que se ajusten adecuadamente a la varianza condicional de la serie temporal y describan cómo los choques y las volatilidades pasadas afectan la volatilidad presente, considerando la presencia de umbrales. Esto es útil cuando se cree que la volatilidad es diferente en diferentes estados o condiciones del mercado.

#### **5.14. Modelo EGARCH (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)**

Es una extensión del modelo GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) y se utiliza para capturar y describir cómo la varianza condicional cambia a lo largo del tiempo en respuesta a choques o perturbaciones pasadas (Enders, 2014).

La función principal de un modelo EGARCH en una serie de tiempo es modelar la volatilidad condicional de manera más flexible y precisa que un modelo GARCH convencional. El modelo EGARCH utiliza una función exponencial para modelar la varianza condicional, lo que permite capturar mejor fenómenos como la asimetría en la respuesta de la volatilidad a los choques positivos y negativos. La ecuación general de un modelo EGARCH (p, q), donde "p" es el orden del componente EGARCH y "q" es el orden del componente ARMA (Autoregressive Moving Average), se ve de la siguiente manera:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \alpha_1 * |\epsilon_{t-1}^2| + \alpha_2 * |\epsilon_{t-2}^2| + \dots + \alpha_p * |\epsilon_{t-p}^2| + \beta_1 * \ln(\sigma_{t-1}^2) + \beta_2 * \ln(\sigma_{t-2}^2) + \dots + \beta_q * \ln(\sigma_{t-q}^2)$$

Donde:

$\ln(\sigma_t^2)$  representa el logaritmo natural de la varianza condicional en el tiempo "t".

$\epsilon_{t-1}^2, \epsilon_{t-2}^2, \dots, \epsilon_{t-p}^2$  son los errores pasados en los períodos anteriores.

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$  son los coeficientes que representan cómo los errores pasados afectan la varianza condicional de manera asimétrica.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q$  son los coeficientes que representan cómo la varianza condicional pasada afecta la varianza condicional actual.

La función de un modelo EGARCH es estimar los coeficientes  $\alpha_i$  y  $\beta_i$  de manera que se ajusten adecuadamente a la varianza condicional de la serie temporal y describan cómo los choques y las volatilidades pasadas afectan la volatilidad presente, tomando en cuenta la asimetría en la respuesta de la volatilidad.

### **5.15. Pronostico (Forecast)**

Se refiere a la estimación o predicción de valores futuros de una variable, basada en información y datos históricos. Es una herramienta esencial para anticipar eventos y tendencias futuras, lo que permite a las organizaciones y analistas tomar decisiones informadas. Los pronósticos se generan utilizando modelos matemáticos y estadísticos que utilizan datos previos para predecir el comportamiento futuro de una serie de tiempo (Enders, 2014). En el caso de modelos ARCH, GARCH y sus derivados, se emplean para estimar y pronosticar la volatilidad futura de los datos financieros, como los precios de las acciones.

Dentro de los pronósticos existe el RMS y el MAPE, que son métricas utilizadas para evaluar cuán precisos son estos pronósticos en comparación con los valores observados, proporcionando una medida de la calidad de los modelos de pronóstico. Estas métricas son fundamentales para determinar la idoneidad de un modelo de pronóstico en el análisis financiero y de series de tiempo.

#### ***Error medio Cuadrático (Root Mean Squared Error - RMSE)***

El RMSE es una métrica de evaluación de pronósticos que mide la raíz cuadrada del error cuadrado promedio entre los valores pronosticados y los valores observados en un conjunto de datos. Se utiliza para evaluar cuán cerca están los pronósticos de la realidad. Cuanto menor sea el valor de RMSE, mejor será el ajuste del modelo a los datos observados. La fórmula del RMSE es:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$$

Donde:

$n$  es el número de observaciones.

$Y_i$  es el valor observado.

$\hat{Y}_i$  es el valor pronosticado.

### **Error Porcentual Absoluto Medio (Mean Absolute Percent Error - MAPE)**

El MAPE es otra métrica de evaluación de pronósticos que mide el error porcentual promedio entre los valores pronosticados y los valores observados en un conjunto de datos. El MAPE se expresa como un porcentaje y cuantifica la precisión relativa de los pronósticos. Una vez más, un valor menor de MAPE indica una mejor precisión del modelo. La fórmula del MAPE es:

$$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100 \%$$

$n$  es el número de observaciones.

$Y_i$  es el valor observado.

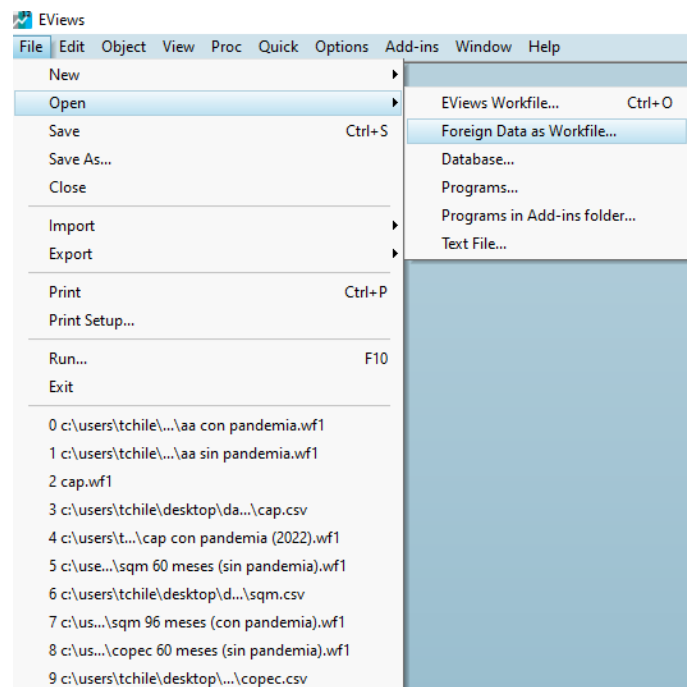
$\hat{Y}_i$  es el valor pronosticado.

### 5.16. Uso de Software EViews

Para llevar a cabo este estudio, se empleó el software EViews Versión 12, una herramienta de análisis econométrico y estadístico eficaz. EViews permite gestionar eficientemente datos de series temporales y proporciona capacidades para realizar pronósticos, simular modelos, realizar diagnósticos y generar gráficos y tablas para el análisis de datos (Software Shop, 2023).

### 5.17. Cargar Data en Eviews

Para cargar data, abrir Eviews 12. Luego ir a “File/Open/Foreign Data as Workfile...”. Esto permite cargar directamente un archivo Excel en el software.



La data está en formato .csv delimitada por comas con encabezado “Date” y “Adj Close”.

|    | A          | B         | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1  | Date       | Adj Close |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2  | 02-01-2015 | 190.03    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3  | 05-01-2015 | 186.24    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4  | 06-01-2015 | 186.2     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5  | 07-01-2015 | 187.76    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6  | 08-01-2015 | 187.05    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7  | 09-01-2015 | 188.62    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8  | 12-01-2015 | 189.06    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9  | 13-01-2015 | 187.17    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 10 | 14-01-2015 | 188.36    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 11 | 15-01-2015 | 189.21    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 12 | 16-01-2015 | 192.01    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 13 | 19-01-2015 | 193.21    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 14 | 20-01-2015 | 193.23    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 15 | 21-01-2015 | 192.01    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 16 | 22-01-2015 | 196.54    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 17 | 23-01-2015 | 194.87    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 18 | 26-01-2015 | 196.22    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 19 | 27-01-2015 | 196.67    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 20 | 28-01-2015 | 196.98    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Luego se debe comprobar que la delimitación por comas esta correctamente interpretada por Eviews, la cual debe ser similar a la que se tiene en el archivo de origen con formato .csv. En caso de estar correcto se debe dar clic en “siguiente”. Caso contrario se recomienda revisar la data del archivo nativo en Excel.

Please examine the preview window

If the rows and columns appear to be correct, click on the Finish button to read your data into EViews.

To adjust the column breaks, choose a column type from the list on the right, then click Next to continue.

To adjust the row breaks, click on the following

Show row options

Column specification

☒ Delimiter characters between values

☐ Fixed width fields

☐ An explicit format (to be provided)

Start of data/header

Skip lines: 0

Preview window:

| Date       | Adj Close |
|------------|-----------|
| 02-01-2015 | 190.03    |
| 05-01-2015 | 186.24    |
| 06-01-2015 | 186.20    |
| 07-01-2015 | 187.76    |
| 08-01-2015 | 187.05    |
| 09-01-2015 | 188.62    |
| 12-01-2015 | 189.06    |
| 13-01-2015 | 187.17    |
| 14-01-2015 | 188.36    |
| 15-01-2015 | 189.21    |

Buttons: Cancelar, < Atrás, Siguiete >, Finalizar

El siguiente paso es verificar como Eviews tabula los datos. En este caso el programa indica que la separación de columnas se realiza por una única coma. Luego dar clic en “Siguiente”.

Text Read - Step 2 of 5

**Delimiters**

☒ Standard delimiter: single comma

☐ Custom delimiters: Enter list of delimiters - Use 'T' for tab and 'A' for all alpha

☐ Treat consecutive delimiters as one

**Other options**

☒ Don't split quoted fields

Quote character(s): " or '

|    | Date       | Adj Close |
|----|------------|-----------|
| 1  |            |           |
| 2  | 02-01-2015 | 190.03    |
| 3  | 05-01-2015 | 186.24    |
| 4  | 06-01-2015 | 186.20    |
| 5  | 07-01-2015 | 187.76    |
| 6  | 08-01-2015 | 187.05    |
| 7  | 09-01-2015 | 188.62    |
| 8  | 12-01-2015 | 189.06    |
| 9  | 13-01-2015 | 187.17    |
| 10 | 14-01-2015 | 188.36    |
| 11 | 15-01-2015 | 189.21    |
| 12 | 16-01-2015 | 192.01    |

Cancelar < Atrás **Siguiente >** Finalizar

Luego se debe corroborar los encabezados de las columnas. Eviews muestra la interpretación de los encabezados tal como fueron descritos en el archivo nativo. Csv. En este caso se tiene una columna denominada “Date” y otra denominada “Adj Close”. Luego dar clic en “Siguiente”.

Text Read - Step 3 of 5

**Column headers**

Header lines: 1

Header type: Names only

Clear Edited Row Info

**Row information:**

After selecting a row in the preview, select a header type or enter a custom attribute name.

Type: Name

Name  
Description  
Date  
[Skip Row]

| Name | Date       | Adj Close |
|------|------------|-----------|
| 2    | 02-01-2015 | 190.03    |
| 3    | 05-01-2015 | 186.24    |
| 4    | 06-01-2015 | 186.20    |
| 5    | 07-01-2015 | 187.76    |
| 6    | 08-01-2015 | 187.05    |
| 7    | 09-01-2015 | 188.62    |
| 8    | 12-01-2015 | 189.06    |
| 9    | 13-01-2015 | 187.17    |
| 10   |            |           |

☐ Read series by row (transpose incoming data)

Cancelar < Atrás **Siguiente >** Finalizar

En el siguiente paso se debe configurar como reconocer la fecha en la columna “date” del archivo nativo. Luego dar clic en “Siguiente”.

Text Read - Step 4 of 5

Text representing NA:

Column info

Click in preview to select column for editing

Name:

Description:

Data type:

| Date       | Adj | Close  |
|------------|-----|--------|
| 02-01-2015 |     | 190.03 |
| 05-01-2015 |     | 186.24 |
| 06-01-2015 |     | 186.20 |
| 07-01-2015 |     | 187.76 |
| 08-01-2015 |     | 187.05 |
| 09-01-2015 |     | 188.62 |
| 12-01-2015 |     | 189.06 |
| 13-01-2015 |     | 187.17 |

Buttons: Cancelar, < Atrás, Siguiente >, Finalizar

Finalmente definir como está estructurada la data de las fechas. En este caso se trabajará con datos diarios, pero con la particularidad que los fines de semana (sábados y domingos) no están considerados.

Text Read - Step 5 of 5

Import method:

Import options:

Structure of the Data to be Imported

Basic structure:

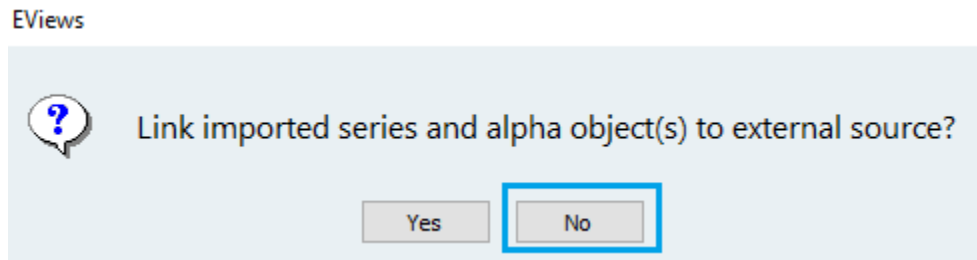
Frequency:

|    | DATE       | ADJ | CLOSE  |
|----|------------|-----|--------|
| 1  | 2015-01-02 |     | 190.03 |
| 2  | 2015-01-05 |     | 186.24 |
| 3  | 2015-01-06 |     | 186.20 |
| 4  | 2015-01-07 |     | 187.76 |
| 5  | 2015-01-08 |     | 187.05 |
| 6  | 2015-01-09 |     | 188.62 |
| 7  | 2015-01-12 |     | 189.06 |
| 8  | 2015-01-13 |     | 187.17 |
| 9  | 2015-01-14 |     | 188.36 |
| 10 |            |     |        |

Buttons: Cancel, <Back, Next>, Finish

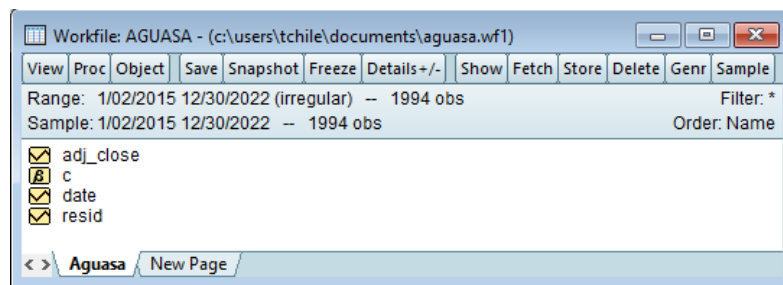
Por lo tanto, se debe seleccionar en “Basic Structure” la opción “Dated – specified by date series”. Luego dar clic en “Finish”.

Luego se desplegará la siguiente información en donde es recomendable seleccionar la opción “No”. Esto es, para no modificar el archivo nativo



## 5.18. Análisis Data Original en Eviews

Hasta este punto se tiene cargada la data en Eviews. Automáticamente el software genera 4 carpetas como sigue:



En este caso la carpeta “Adj Close” posee la data de los valores de cierre de las acciones ordenados por fecha desde la más antigua a la más reciente. Por otro lado, la carpeta “Date” simplemente posee las fechas a las cuales están asociadas dichas acciones. Para el caso de las

carpetas” $\beta$ ” y “Resid” estas se mantienen vacías por ahora y contendrán los valores de los coeficientes para los modelos econométricos obtenidos más adelante.

Seguido de esto se debe hacer doble clic sobre la carpeta “adj\_close” de la ventana anterior, donde mostrará lo siguiente:

Series: ADJ\_CLOSE Workfile: AGUASA::Aguasa\

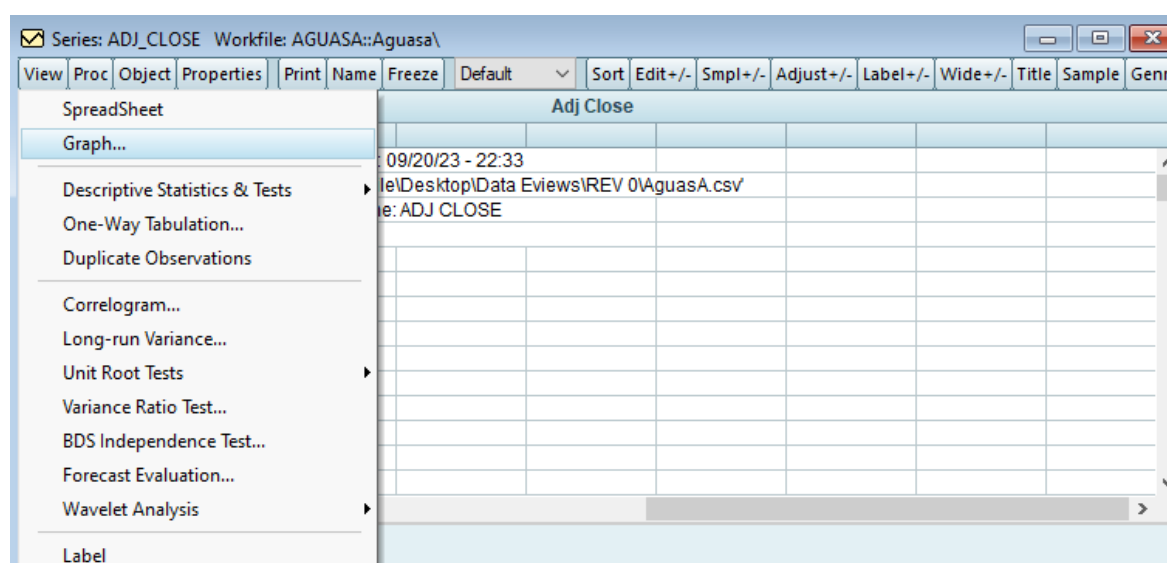
View Proc Object Properties Print Name Freeze Default Sort Edit+/- Smpl+/- Adjust+/- Label+/- Wide+/- Title Sample Genr

Adj Close

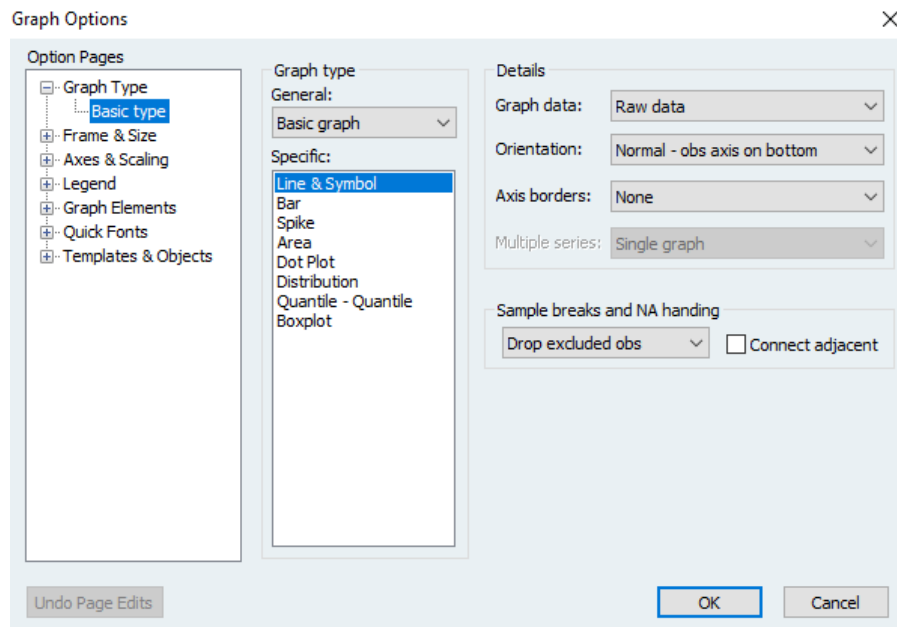
Last updated: 09/20/23 - 22:33  
 Imported from 'C:\Users\Tchile\Desktop\Data Eviews\REV 0\AguasA.csv'  
 Original name: ADJ CLOSE

|           |        |
|-----------|--------|
| 1/02/2015 | 190.03 |
| 1/05/2015 | 186.24 |
| 1/06/2015 | 186.20 |
| 1/07/2015 | 187.76 |
| 1/08/2015 | 187.05 |
| 1/09/2015 | 188.62 |
| 1/12/2015 | 189.06 |
| 1/13/2015 | 187.17 |
| 1/14/2015 | 188.36 |
| 1/15/2015 | 189.21 |
| 1/16/2015 |        |

Acá se aprecian los datos del valor de las acciones en orden cronológico. Ahora es posible conocer la gráfica de esa serie de tiempo haciendo clic en View/Graph tal como sigue:



Eviews mostrará la siguiente ventana:

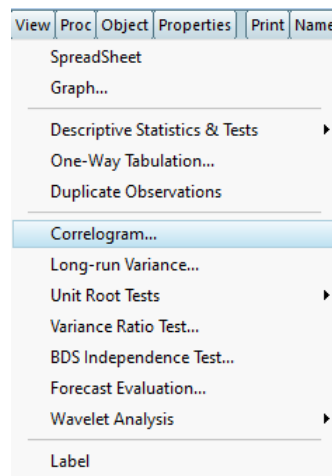


En esta instancia es posible configurar la apariencia del gráfico, así como también el tamaño del cuadro, los textos y los espesores de líneas. Caso contrario se puede dar clic en “OK” para obtener la gráfica por defecto que presenta Eviews, tal como sigue:

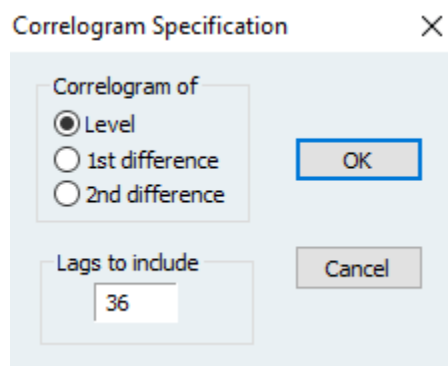


La ventana anterior muestra los valores del precio de las acciones ajustados para Aguas Andinas a lo largo del tiempo comprendiendo el periodo entre enero de 2015 hasta diciembre de 2022.

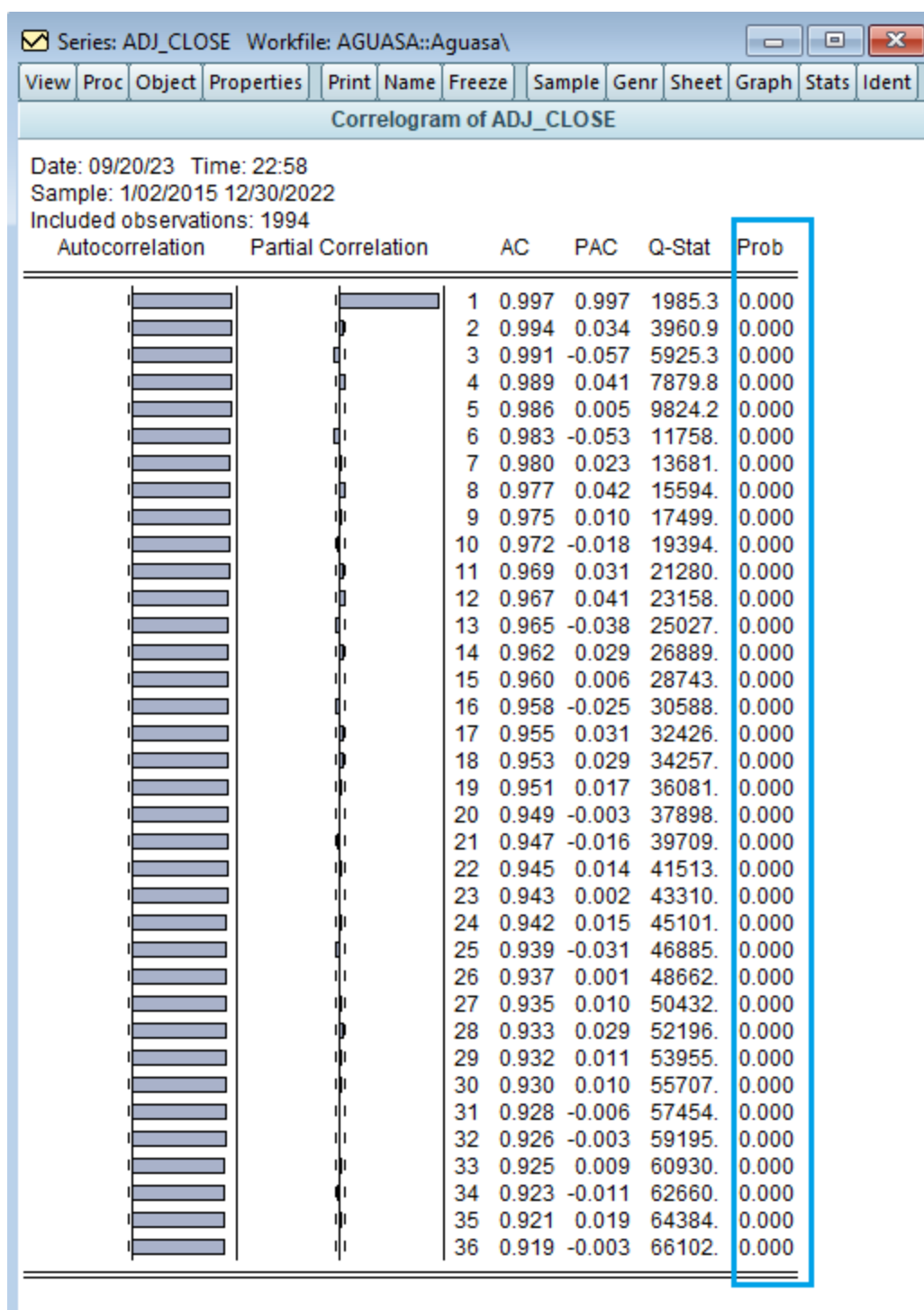
También se debe conocer el correlograma de esta serie de tiempo. Para esto se debe hacer clic en “View/Correlogram...” tal como sigue:



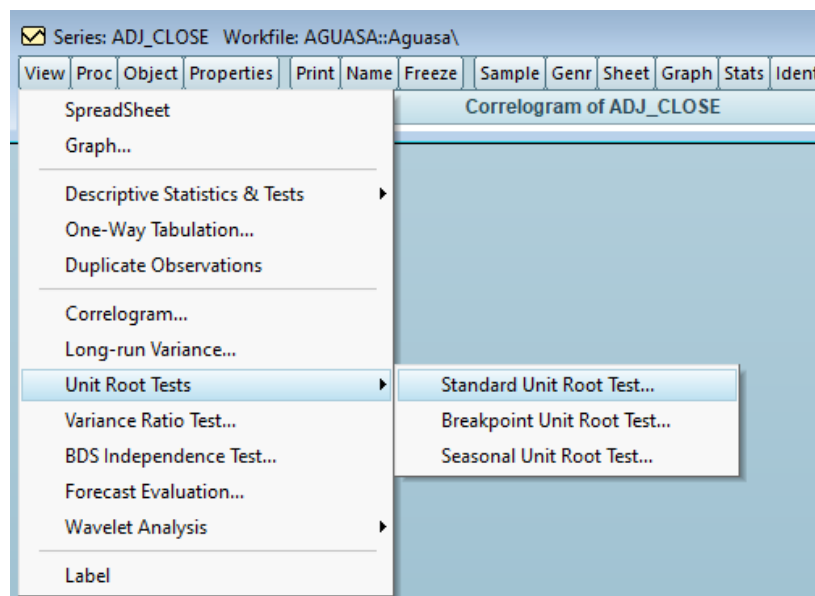
Se desplegará la siguiente ventana, en este caso se está trabajando la serie de tiempo en su mismo nivel con 36 rezagos, por lo tanto, solo se debe dar clic en “OK”



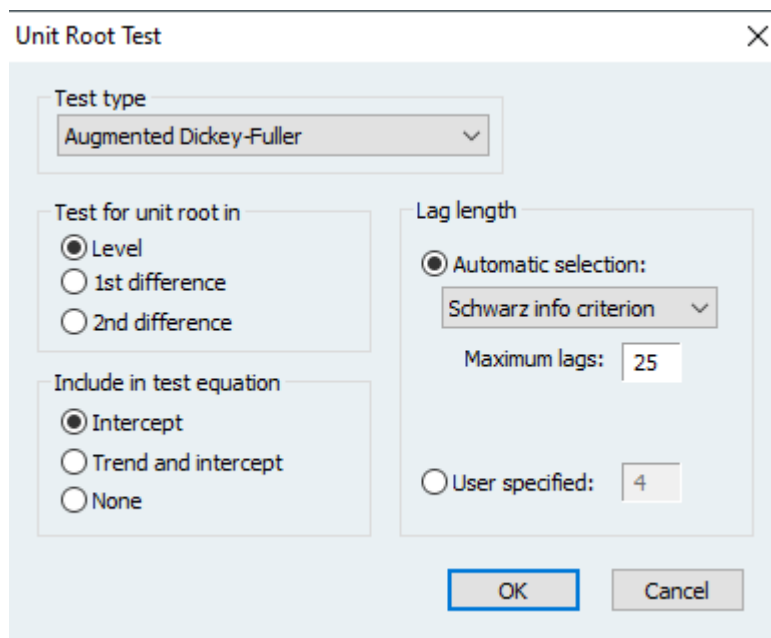
Como es de esperarse para los precios de las acciones, la serie no es estacionaria, puesto a que los valores de probabilidad obtenidos son todos menores al 5% como sigue:



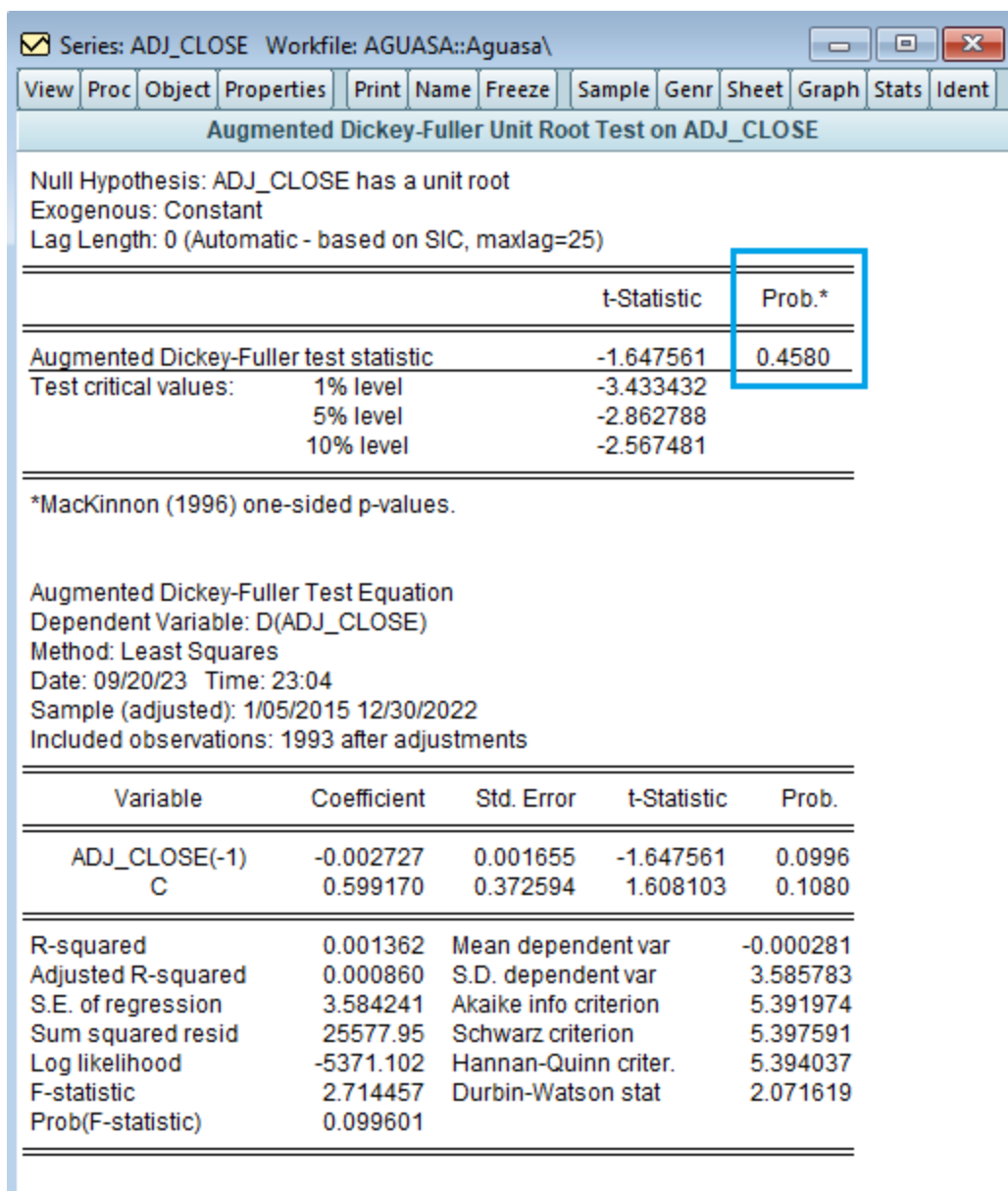
Además, para corroborar la estacionariedad Aplicar la Prueba de Raíz Unitaria haciendo clic en “View/Unit Root Test/Standard Unit Root Test...” de la siguiente manera:



Se desplegará la siguiente ventana en donde se debe dar clic en “OK”:



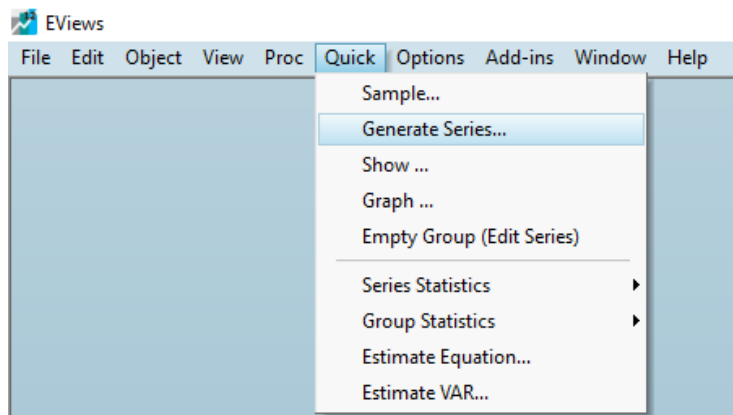
Al aplicar la Prueba de Raíz Unitaria mediante Dickey - Fuller Aumentado se obtiene lo siguiente:



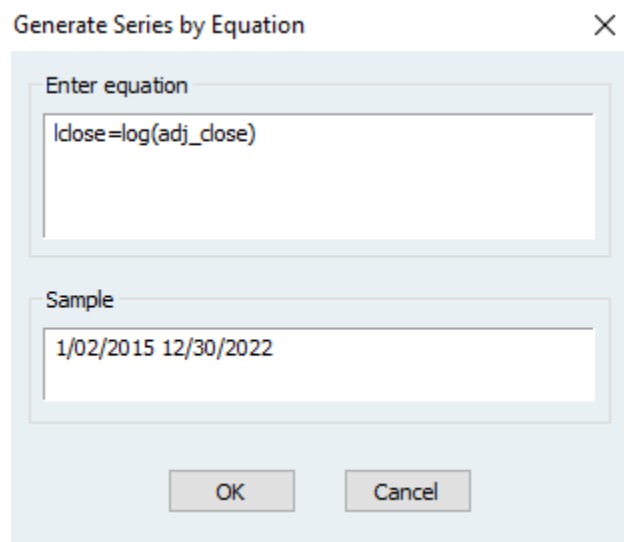
En este caso la Hipótesis nula ( $H_0$ ) según la figura anterior asegura que la serie ADJ\_CLOSE posee al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad entregada en el parámetro "Prob. \*" es mayor al 5%. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula. Luego la serie posee al menos una raíz unitaria, y por lo tanto No es estacionaria.

### 5.19. Obtener Primera Diferencia Logarítmica en Eviews

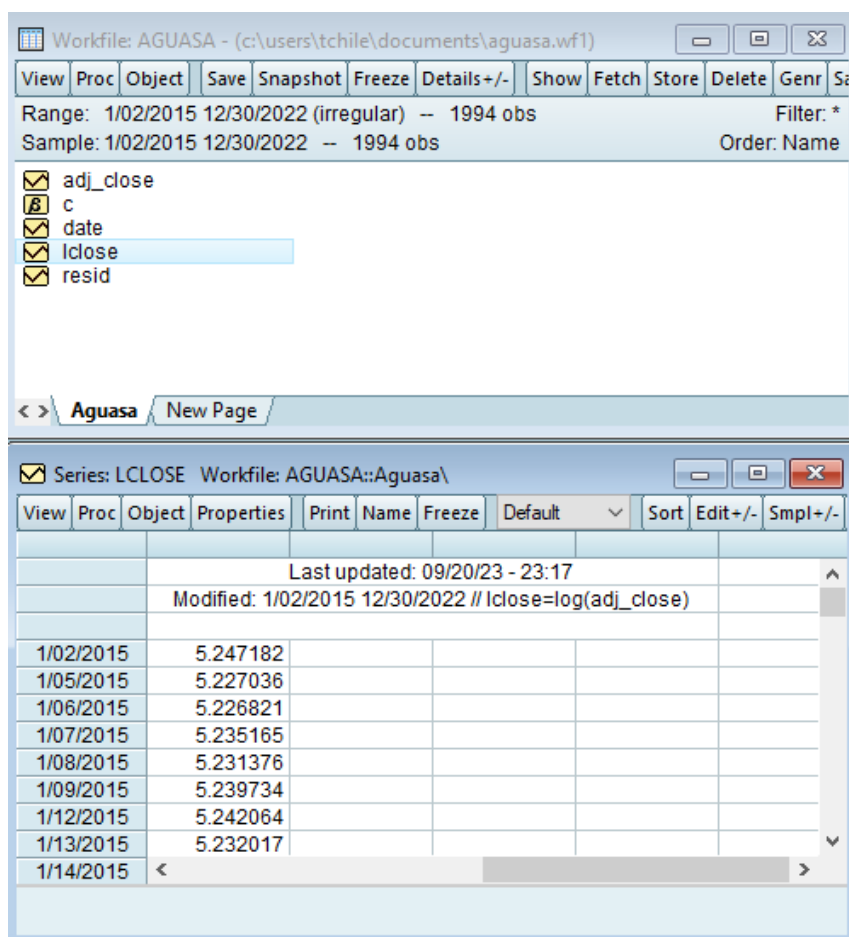
Dado lo anterior, es importante obtener una serie estacionaria para poder modelar los errores y obtener un modelo predictivo de las acciones a corto plazo. Para ello se debe obtener la primera diferencia logarítmica de la serie con los siguientes pasos: Hacer clic en “Quick/Generate Series...” como sigue:



Se desplegará la siguiente ventana. Luego se debe hacer logarítmica la serie. Para eso se debe generar una nueva serie “lclose” en donde se asignarán los valores de los logaritmos de la serie anterior. En “Enter equation” se debe escribir “lclose=log(adj\_close)” como sigue:



Eviews genera una nueva serie con los valores logarítmicos de la serie anterior (adj\_close)



Una vez realizada la serie logarítmica se debe obtener la primera diferencia logarítmica. Nuevamente en “Quick/Generate Series...” se debe seleccionar el cursor en “Enter Equation” y escribir el comando “crec=d(lclose)”.

Generate Series by Equation

Enter equation

$\text{crec} = d(\text{lclose})$

Sample

1/02/2015 12/30/2022

OK Cancel

Básicamente en la nueva serie “crec” se asignará la diferencia de la serie logarítmica “lclose” obtenida en el paso anterior.

Workfile: AGUASA - (c:\users\tchile\documents\aguasa.wf1)

View Proc Object Save Snapshot Freeze Details+/- Show Fetch Store Delete Genr Sample

Range: 1/02/2015 12/30/2022 (irregular) -- 1994 obs Filter: \*

Sample: 1/02/2015 12/30/2022 -- 1994 obs Order: Name

- ☒ adj\_close
- ☒ c
- ☒ crec
- ☒ date
- ☒ lclose
- ☒ resid

< > Aguasa New Page

Series: CREC Workfile: AGUASA::Aguasa

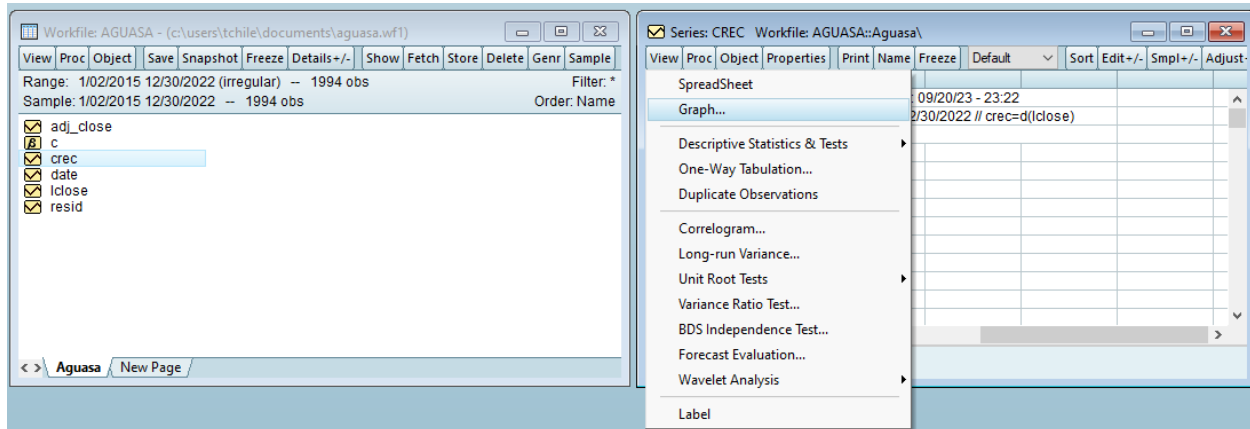
View Proc Object Properties Print Name Freeze Default Sort Edit+/- Smpl+/- Adjust-

Last updated: 09/20/23 - 23:22

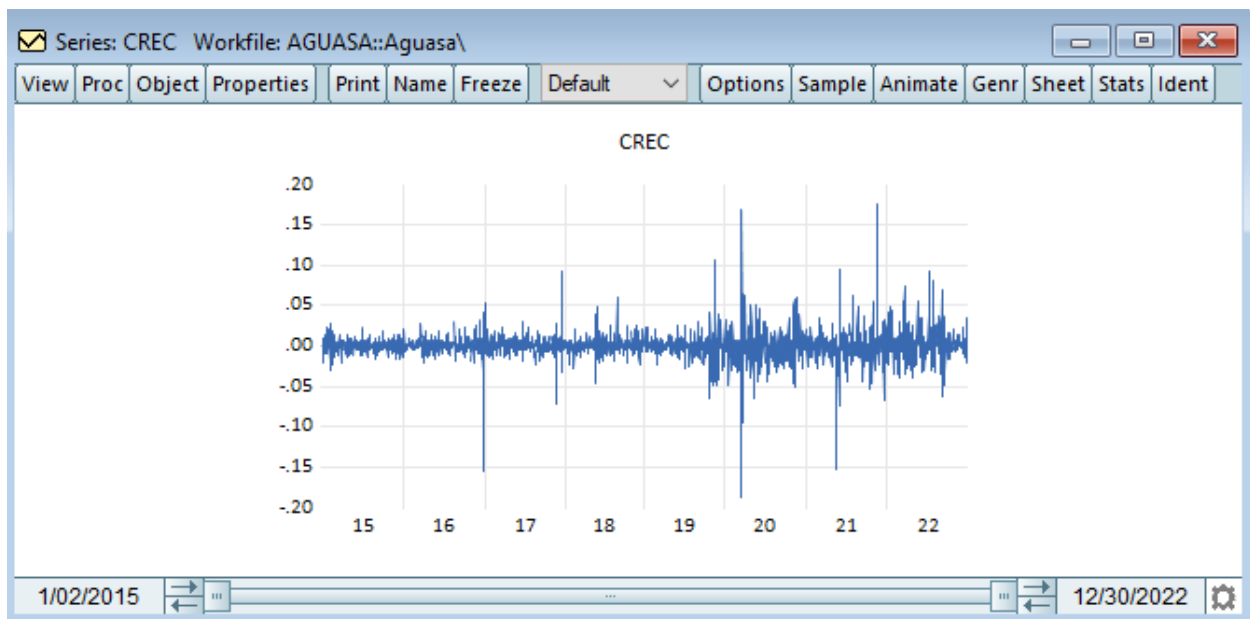
Modified: 1/02/2015 12/30/2022 // crec=d(lclose)

|           |           |  |  |   |
|-----------|-----------|--|--|---|
| 1/02/2015 | NA        |  |  |   |
| 1/05/2015 | -0.020146 |  |  |   |
| 1/06/2015 | -0.000215 |  |  |   |
| 1/07/2015 | 0.008343  |  |  |   |
| 1/08/2015 | -0.003789 |  |  |   |
| 1/09/2015 | 0.008358  |  |  |   |
| 1/12/2015 | 0.002330  |  |  |   |
| 1/13/2015 | -0.010047 |  |  |   |
| 1/14/2015 | 0.006338  |  |  |   |
| 1/15/2015 | <         |  |  | > |

Nuevamente se debe verificar si esta nueva serie es estacionaria. Como primer paso se debe verificar la gráfica de dicha serie como sigue: Hacer doble clic en la serie “crec”, luego en “View/Graph/OK”

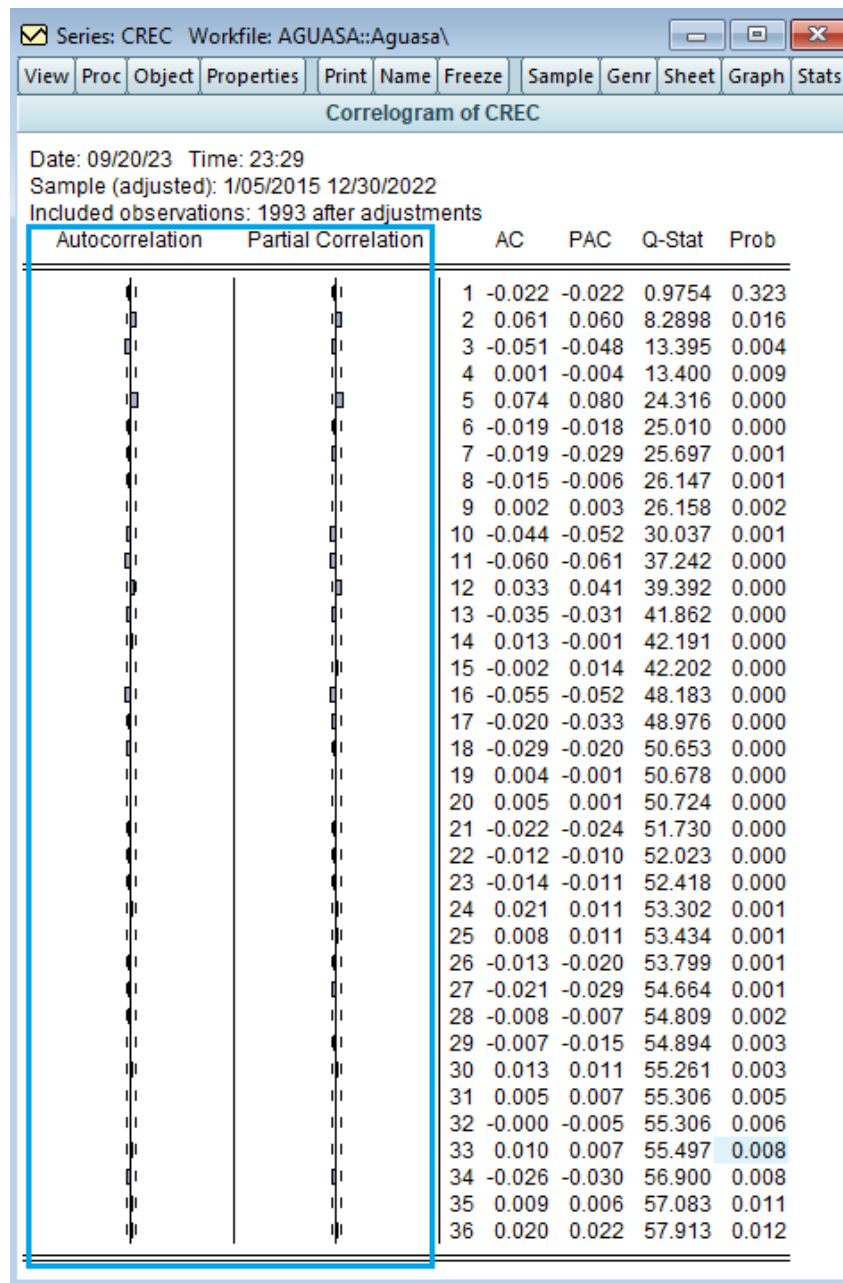


Se obtiene el grafico de la primera diferencia logarítmica



En este caso se aprecia una serie bastante más estacionaria, sin embargo, aún se debe verificar el correlograma y la Prueba de Raíz Unitaria.

Para aplicar el correlograma se hace de manera similar al aplicado en la serie inicial. Esto es haciendo clic en View/Correlograma/OK



Se aprecia que los valores están todos dentro de los límites de especificación, lo que nos tiende a demostrar que la serie es estacionaria.

Luego se debe corroborar aplicando test de Raíz Unitaria nuevamente. Esto es “View/Unit Root Test/Standard Unit Root Test.../OK”

Luego para la primera diferencia logarítmica se obtiene lo siguiente:

Series: CREC Workfile: AGUASA::Aguasa\

View Proc Object Properties Print Name Freeze Sample Genr Sheet Graph Stats Ident

**Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on CREC**

Null Hypothesis: CREC has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=25)

|                                        | t-Statistic | Prob.* |
|----------------------------------------|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -45.60666   | 0.0001 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.433433   |        |
| 5% level                               | -2.862788   |        |
| 10% level                              | -2.567481   |        |

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(CREC)  
Method: Least Squares  
Date: 09/20/23 Time: 23:32  
Sample (adjusted): 1/06/2015 12/30/2022  
Included observations: 1992 after adjustments

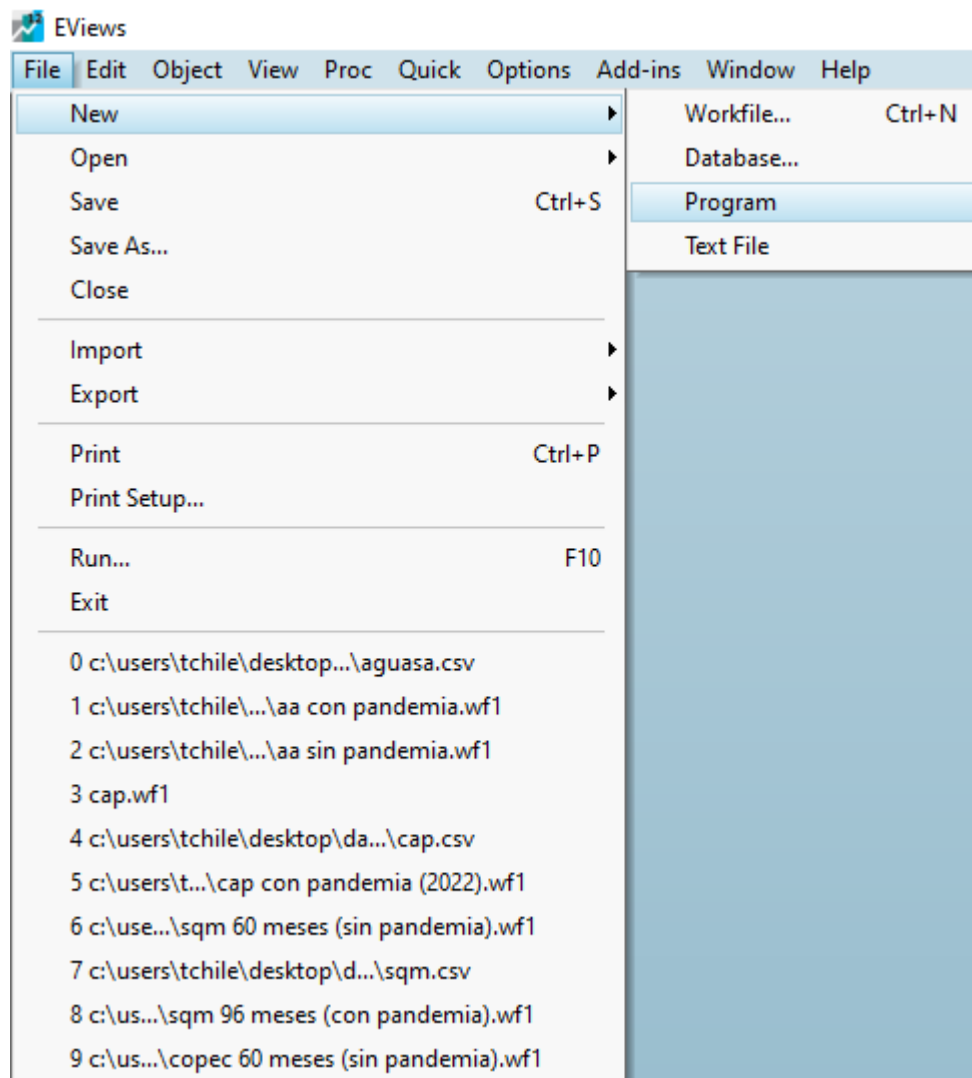
| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| CREC(-1)           | -1.022120   | 0.022412              | -45.60666   | 0.0000    |
| C                  | 8.83E-06    | 0.000407              | 0.021698    | 0.9827    |
| R-squared          | 0.511053    | Mean dependent var    |             | -2.45E-07 |
| Adjusted R-squared | 0.510807    | S.D. dependent var    |             | 0.025963  |
| S.E. of regression | 0.018159    | Akaike info criterion |             | -5.178265 |
| Sum squared resid  | 0.656222    | Schwarz criterion     |             | -5.172646 |
| Log likelihood     | 5159.552    | Hannan-Quinn criter.  |             | -5.176201 |
| F-statistic        | 2079.967    | Durbin-Watson stat    |             | 1.996780  |
| Prob(F-statistic)  | 0.000000    |                       |             |           |

Del resultado anterior se obtiene que la prueba de Raíz Unitaria mediante Dickey - Fuller Aumentado indica un valor de “Prob. \*” menor al 5%, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula que indica la existencia de alguna raíz unitaria. Esto nos indica que la serie Es Estacionaria.

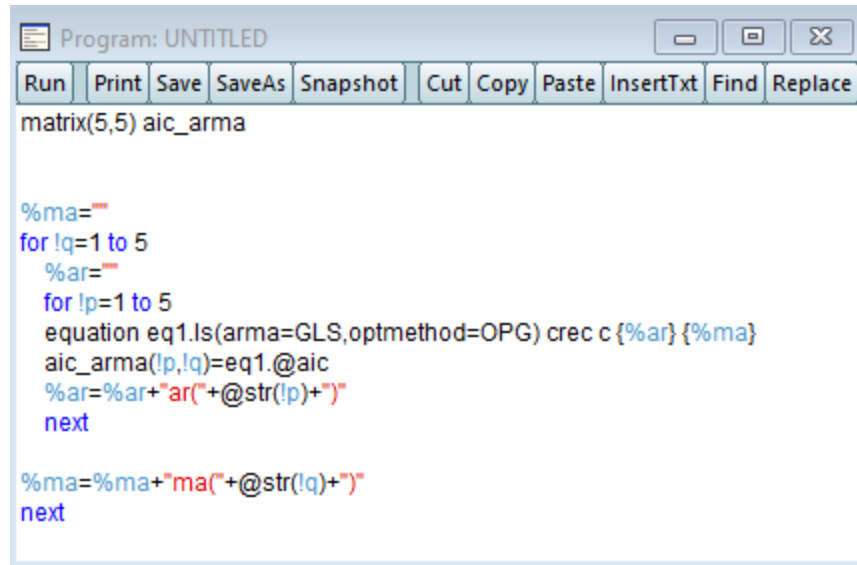
## 5.20. Obtener Modelo ARIMA para la serie en Eviews

El siguiente paso es buscar el mejor modelo Auto regresivo (AR), de Medias Móviles (MA) o bien un modelo Autorregresivo de Medias Móviles Integrado (ARIMA).

Para ello Aplicar generamos un Script que entregará el mejor ARIMA basado en el valor Akaike más bajo. El procedimiento es el siguiente: En Eviews ir a “New/Program” como sigue:



Se desplegará la siguiente ventana, donde se debe ingresar el siguiente código:

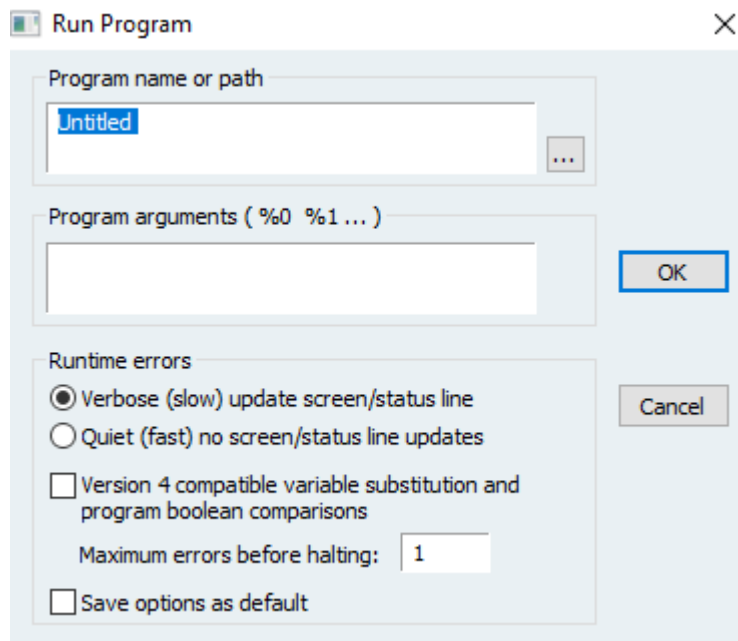


```
matrix(5,5) aic_arma

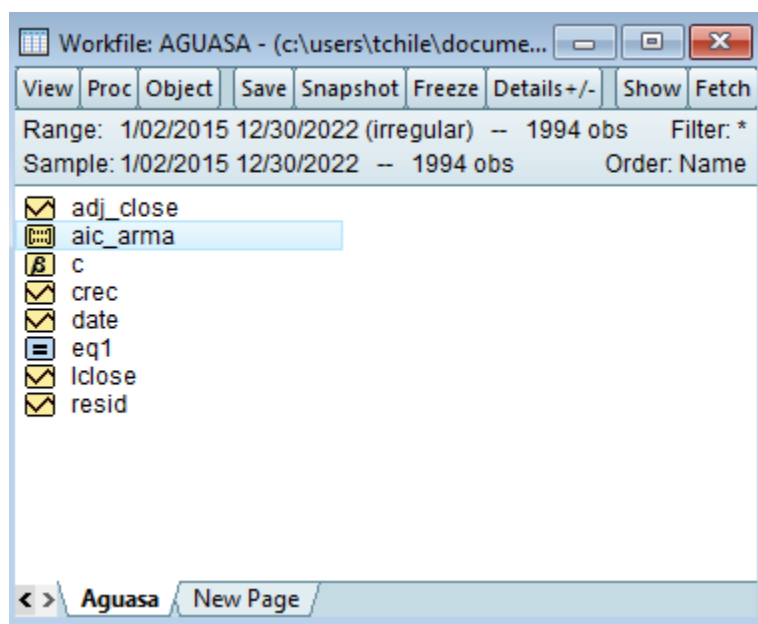
%ma=""
for !q=1 to 5
    %ar=""
    for !p=1 to 5
        equation eq1.ls(arma=GLS,optmethod=OPG) crec c {%ar} {%ma}
        aic_arma(!p,!q)=eq1.@aic
        %ar=%ar+"ar("+@str(!p)+")"
    next
    %ma=%ma+"ma("+@str(!q)+")"
next
```

Una vez listo dar clic en “Run”.

Luego se despliega la siguiente ventana donde debe cerciorarse de marcar la opción “Verbose (slow) update screen/status line” y luego dar “OK”. Esta opción obtendrá resultados más precisos.



El software iterará los distintos valores Akaike para los ARIMA 1,1,1 hasta 5,1,5 y los entregará en una tabla denominada “aic\_arma” como sigue:



Hacer doble clic en “aic\_arma” para obtener lo siguiente:

Matrix: AIC\_ARMA Workfile: AGUASA::Aguasa\

ViewProcObjectPrintNameFreezeEdit+/-Label+/-SheetStatsGraph

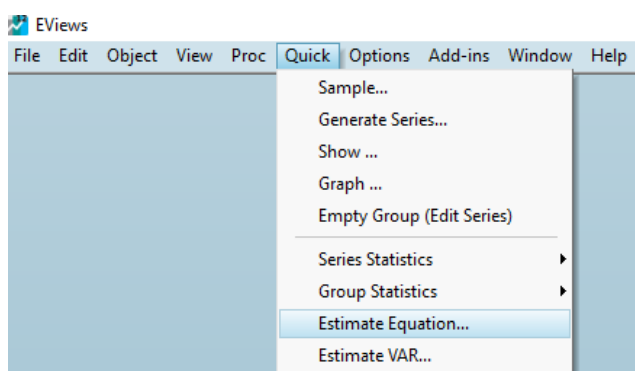
AIC\_ARMA

|    | C1                             | C2        | C3        | C4        | C5        |  |
|----|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
|    | Last updated: 09/20/23 - 23:55 |           |           |           |           |  |
|    |                                |           |           |           |           |  |
| R1 | -5.178664                      | -5.178097 | -5.180536 | -5.183332 | -5.182339 |  |
| R2 | -5.178149                      | -5.179301 | -5.181368 | -5.182331 | -5.182185 |  |
| R3 | -5.180770                      | -5.180868 | -5.189294 | -5.189635 | -5.188654 |  |
| R4 | -5.182099                      | -5.181100 | -5.189647 | -5.189256 | -5.187949 |  |
| R5 | -5.181113                      | -5.181954 | -5.188644 | -5.187813 | -5.189966 |  |
|    |                                |           |           |           |           |  |
|    |                                |           |           |           |           |  |

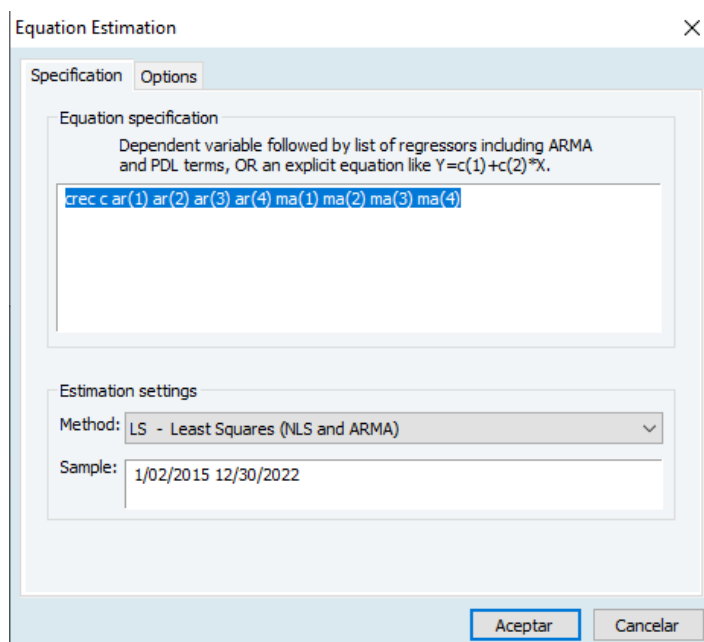
Los índices R1, R2, R3, R4 y R5 indican los rezagos para los Vectores Autorregresivos (AR). Mientras que los valores C1, C2, C3, C4 y C5 indican los valores de los vectores de Medias

Móviles (MA). En este caso el menor valor se obtiene en R5, C5, el cual se interpreta como un ARIMA (4,1,4). Se debe recordar que este valor es un ARIMA y no un ARMA 4,4 ya que la serie posee una primera diferencia logarítmica.

Se debe corroborar el Valor Akaike obtenido con el script. Para eso se debe hacer lo siguiente: En EViews ir a “Quick/Estimate equation” como sigue:



En la siguiente ventana poner el cursor en “Equation Specification” y escribir el ARIMA obtenido de la siguiente forma:



Luego ir a la pestaña “options” y seleccionar “GLS” y Aceptar

Equation Estimation

Specification Options

Coefficient covariance

Covariance method: Ordinary

Info matrix: OPG

☒ d.f. Adjustment

ARMA

Method: GLS

Starting AR: GLS

Optimization

Optimization method: Gauss-Newton

Step method: Marquardt

Maximum iterations: 500

Convergence tolerance: 0.0001

☐ Display settings in output

Coefficient name: c

Aceptar Cancelar

Como resultado, el software mostrará la siguiente ventana:

Equation: UNTITLED Workfile: AGUASA::Aguasa\

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: CREC  
Method: ARMA Generalized Least Squares (Gauss-Newton)  
Date: 09/21/23 Time: 00:08  
Sample: 1/05/2015 12/30/2022  
Included observations: 1993  
Failure to improve objective (non-zero gradients) after 116 iterations  
Coefficient covariance computed using outer product of gradients  
d.f. adjustment for standard errors & covariance

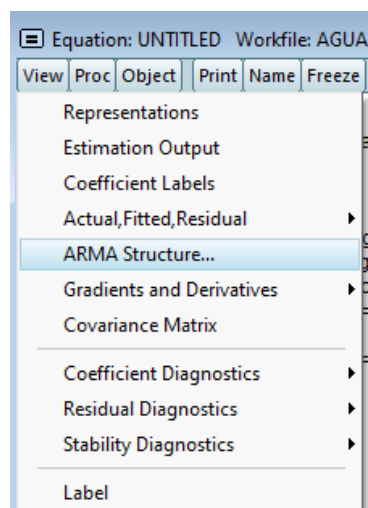
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob.  |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C        | -2.51E-06   | 0.000421   | -0.005954   | 0.9952 |
| AR(1)    | 0.874552    | 0.075809   | 11.53619    | 0.0000 |
| AR(2)    | -0.927797   | 0.106927   | -8.676959   | 0.0000 |
| AR(3)    | 0.490878    | 0.106348   | 4.615768    | 0.0000 |
| AR(4)    | -0.715040   | 0.074710   | -9.570915   | 0.0000 |
| MA(1)    | -0.877521   | 0.146028   | -6.009257   | 0.0000 |
| MA(2)    | 1.005036    | 0.379327   | 2.649522    | 0.0081 |
| MA(3)    | -0.602966   | 0.366387   | -1.645710   | 0.1000 |
| MA(4)    | 0.808934    | 0.658810   | 1.227871    | 0.2196 |

|                    |          |                       |           |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared          | 0.021286 | Mean dependent var    | -1.48E-06 |
| Adjusted R-squared | 0.017339 | S.D. dependent var    | 0.018160  |
| S.E. of regression | 0.018002 | Akaike info criterion | -5.189966 |
| Sum squared resid  | 0.642966 | Schwarz criterion     | -5.164689 |
| Log likelihood     | 5180.801 | Hannan-Quinn criter.  | -5.180683 |
| F-statistic        | 5.393680 | Durbin-Watson stat    | 2.033181  |
| Prob(F-statistic)  | 0.000001 |                       |           |

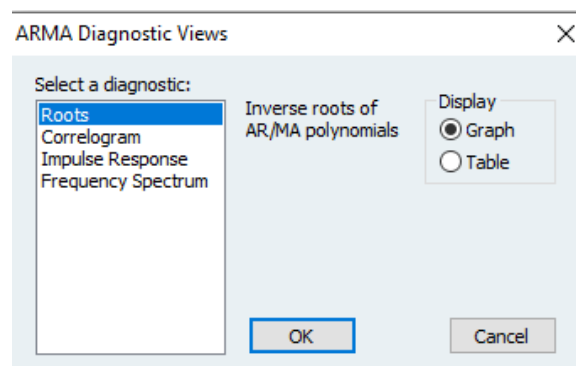
|                   |          |          |           |           |
|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| Inverted AR Roots | .71-.69i | .71+.69i | -.27+.81i | -.27-.81i |
| Inverted MA Roots | .72+.70i | .72-.70i | -.28-.85i | -.28+.85i |

Los Valores del parámetro “Prob.” Indican si los parámetros son o no significativos, en este caso el parámetro C, MA (2), MA (3) y MA (4) son mayores al 5%, por lo tanto, no son significativos, mientras que los restantes son todos menores el 5% por lo tanto son significativos. Además, se corrobora que el valor Akaike es idéntico al obtenido por el script anterior. Por otro lado, la tabla indica que existen 4 Raíces Unitarias Inversas (AR) y 4 Raíces Unitarias Inversas para (MA). Esto indica que el mejor modelo obtenido es un ARIMA 4,1,4.

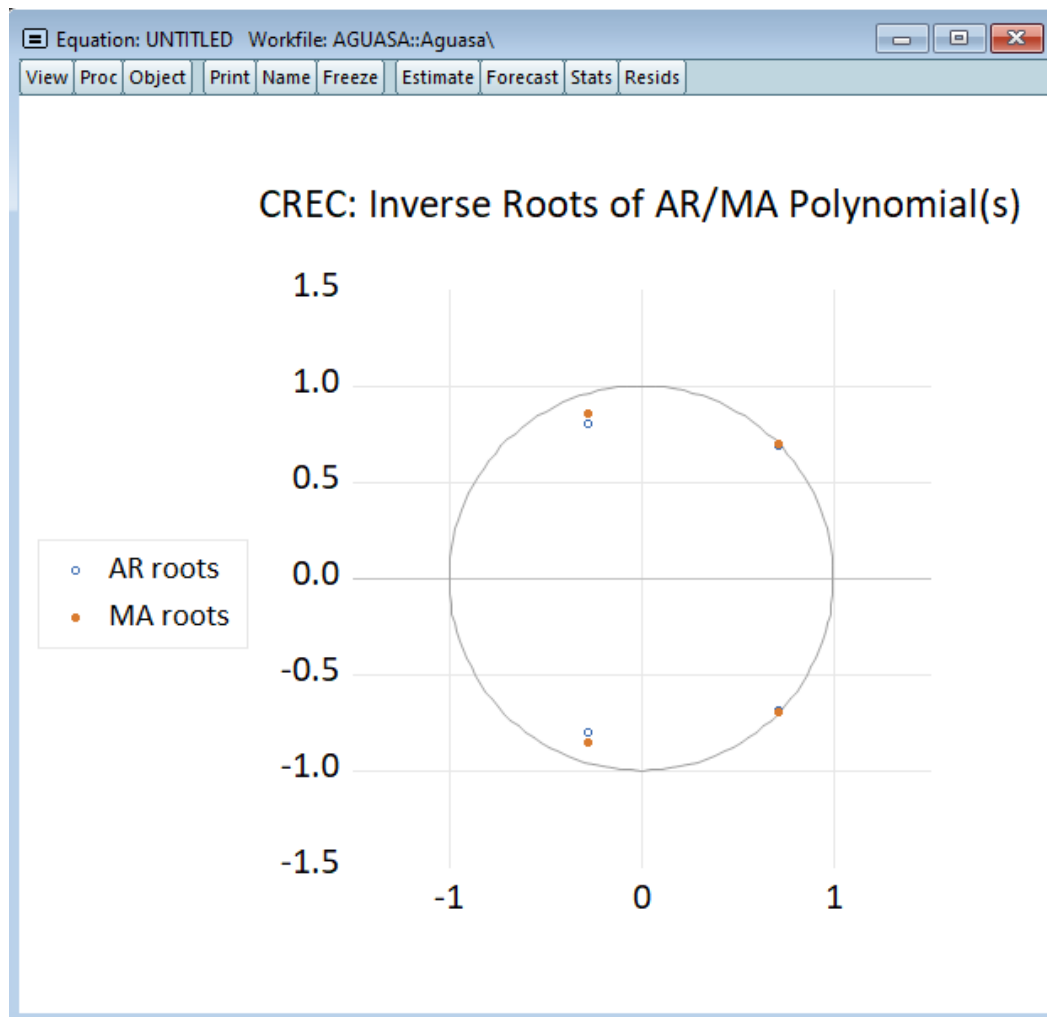
Gráficamente se puede verificar la existencia de las 4 raíces unitarias inversas para AR y MA haciendo lo siguiente: Dentro de la misma ventana de la ecuación estimada “eq1” dar clic en View/ARMA Structure:



Luego seleccionar “Graph” y dar clic en “OK”.



El software entregara lo siguiente.

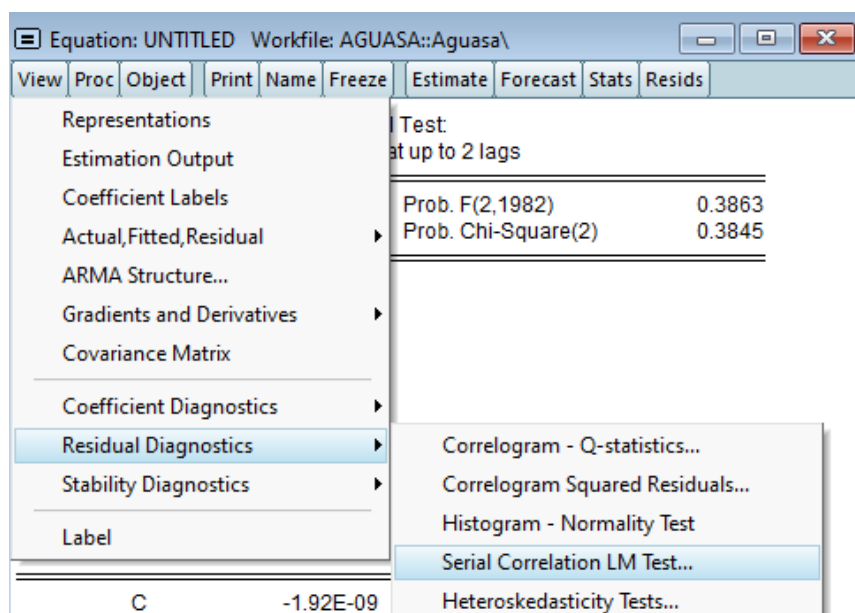


Con esto se comprueba la existencia de 4 raíces unitarias inversas tanto para AR como para MA dentro del círculo de radio unitario.

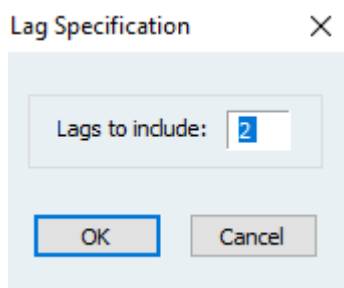
#### 5.21. Prueba de Ruido Blanco para Modelo ARIMA obtenido en Eviews

Dado todo lo anterior se debe verificar si el modelo es Homocedástico o Heterocedástico. Para ello verificamos las pruebas de correlación y Heterocedasticidad.

Inicialmente corroboramos la prueba de correlación mediante Breusch-Godfrey como sigue: “View/Residual Diagnostics/Serial Correlation LM Test...”



El software mostrará la siguiente ventana. Seleccionar “2” Lags to include y dar OK:



Esta vez el software arroja lo siguiente:

Equation: UNTITLED Workfile: AGUASA::Aguasa\

ViewProcObjectPrintNameFreezeEstimateForecastStatsResids

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

|               |          |                     |        |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic   | 0.951485 | Prob. F(2,1982)     | 0.3863 |
| Obs*R-squared | 1.911697 | Prob. Chi-Square(2) | 0.3845 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/21/23 Time: 00:29

Sample: 1/05/2015 12/30/2022

Included observations: 1993

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

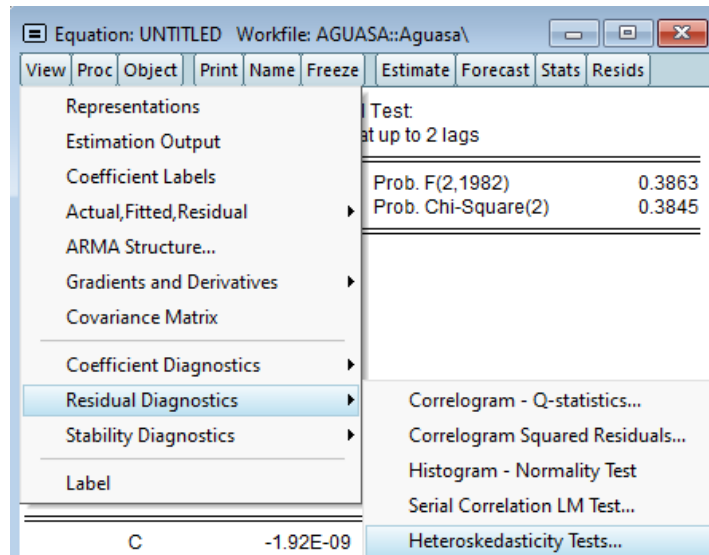
Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | -1.92E-09   | 7.56E-06              | -0.000253   | 0.9998 |
| AR(1)              | -0.001701   | 0.001906              | -0.892426   | 0.3723 |
| AR(2)              | 0.002059    | 0.002941              | 0.699957    | 0.4840 |
| AR(3)              | -0.001195   | 0.002832              | -0.422074   | 0.6730 |
| AR(4)              | -0.000334   | 0.001739              | -0.192241   | 0.8476 |
| MA(1)              | 0.000298    | 0.002663              | 0.112076    | 0.9108 |
| MA(2)              | -9.86E-06   | 0.007066              | -0.001396   | 0.9989 |
| MA(3)              | -0.000184   | 0.006891              | -0.026714   | 0.9787 |
| MA(4)              | 0.002362    | 0.012657              | 0.186621    | 0.8520 |
| RESID(-1)          | -0.051789   | 0.040727              | -1.271619   | 0.2037 |
| RESID(-2)          | -0.000680   | 0.039051              | -0.017413   | 0.9861 |
| R-squared          | 0.000959    | Mean dependent var    | -2.56E-07   |        |
| Adjusted R-squared | -0.004081   | S.D. dependent var    | 0.017966    |        |
| S.E. of regression | 0.018003    | Akaike info criterion | -5.191104   |        |
| Sum squared resid  | 0.642349    | Schwarz criterion     | -5.160210   |        |
| Log likelihood     | 5183.935    | Hannan-Quinn criter.  | -5.179758   |        |
| F-statistic        | 0.190297    | Durbin-Watson stat    | 1.998548    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.997012    |                       |             |        |

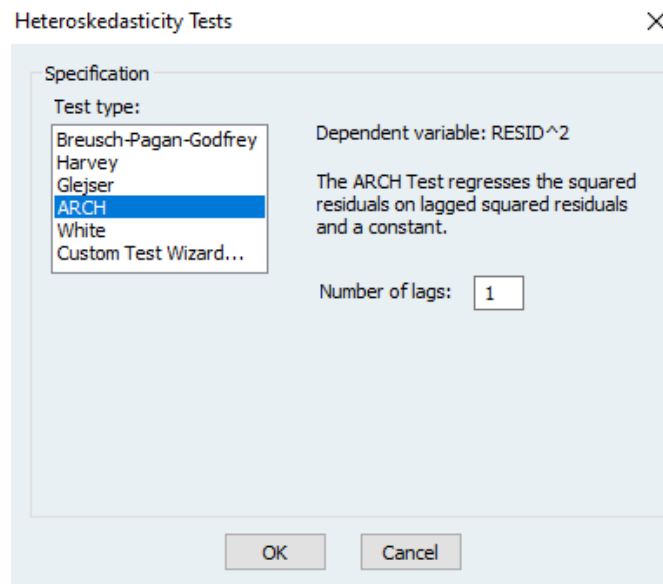
En este caso se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , ya el valor Prob. F (2, 1982) es mayor al 5%, y el valor de “Prob.” Chi-Square (2) también lo es, por lo tanto, Existe Correlación entre los parámetros.

Por otro lado, se debe verificar la Homocedasticidad. Para ello se debe hacer lo siguiente:

“View/Residual Diagnostics/Heteroskedasticity Test...”



Luego seleccionar ARCH, con Number of Lags: "1" como sigue y dar OK:

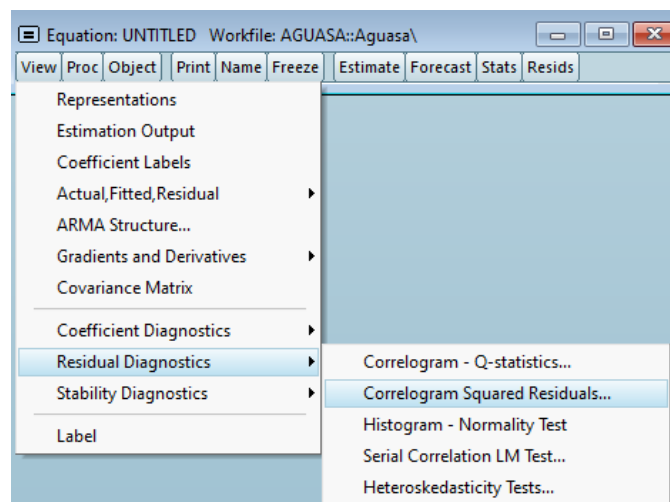


El software entregara lo siguiente:

|                                                 |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
|-------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|--------|----------|----------|-------|--------|
| Equation: UNTITLED    Workfile: AGUASA::Aguasa\ |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| View                                            | Proc        | Object                | Print       | Name   | Freeze | Estimate | Forecast | Stats | Resids |
| Heteroskedasticity Test: ARCH                   |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| F-statistic                                     | 151.3923    | Prob. F(1,1990)       | 0.0000      |        |        |          |          |       |        |
| Obs*R-squared                                   | 140.8305    | Prob. Chi-Square(1)   | 0.0000      |        |        |          |          |       |        |
| Test Equation:                                  |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| Dependent Variable: RESID^2                     |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| Method: Least Squares                           |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| Date: 09/21/23    Time: 00:35                   |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| Sample (adjusted): 1/06/2015 12/30/2022         |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| Included observations: 1992 after adjustments   |             |                       |             |        |        |          |          |       |        |
| Variable                                        | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |        |          |          |       |        |
| C                                               | 0.000237    | 3.33E-05              | 7.104227    | 0.0000 |        |          |          |       |        |
| RESID^2(-1)                                     | 0.265892    | 0.021610              | 12.30416    | 0.0000 |        |          |          |       |        |
| R-squared                                       | 0.070698    | Mean dependent var    | 0.000323    |        |        |          |          |       |        |
| Adjusted R-squared                              | 0.070231    | S.D. dependent var    | 0.001509    |        |        |          |          |       |        |
| S.E. of regression                              | 0.001455    | Akaike info criterion | -10.22669   |        |        |          |          |       |        |
| Sum squared resid                               | 0.004213    | Schwarz criterion     | -10.22107   |        |        |          |          |       |        |
| Log likelihood                                  | 10187.78    | Hannan-Quinn criter.  | -10.22463   |        |        |          |          |       |        |
| F-statistic                                     | 151.3923    | Durbin-Watson stat    | 2.038651    |        |        |          |          |       |        |
| Prob(F-statistic)                               | 0.000000    |                       |             |        |        |          |          |       |        |

En este caso se Acepta la hipótesis nula  $H_0$ , ya el valor Prob. F (2, 1982) es menor al 5%, y el valor de “Prob.” Chi-Square (2) también lo es, por lo tanto, existe Heterocedasticidad.

Lo anterior se puede corroborar con el correlograma de los residuales al cuadrado haciendo lo siguiente: “View/Residual Diagnostics/Correlogram Squared Residuals...”



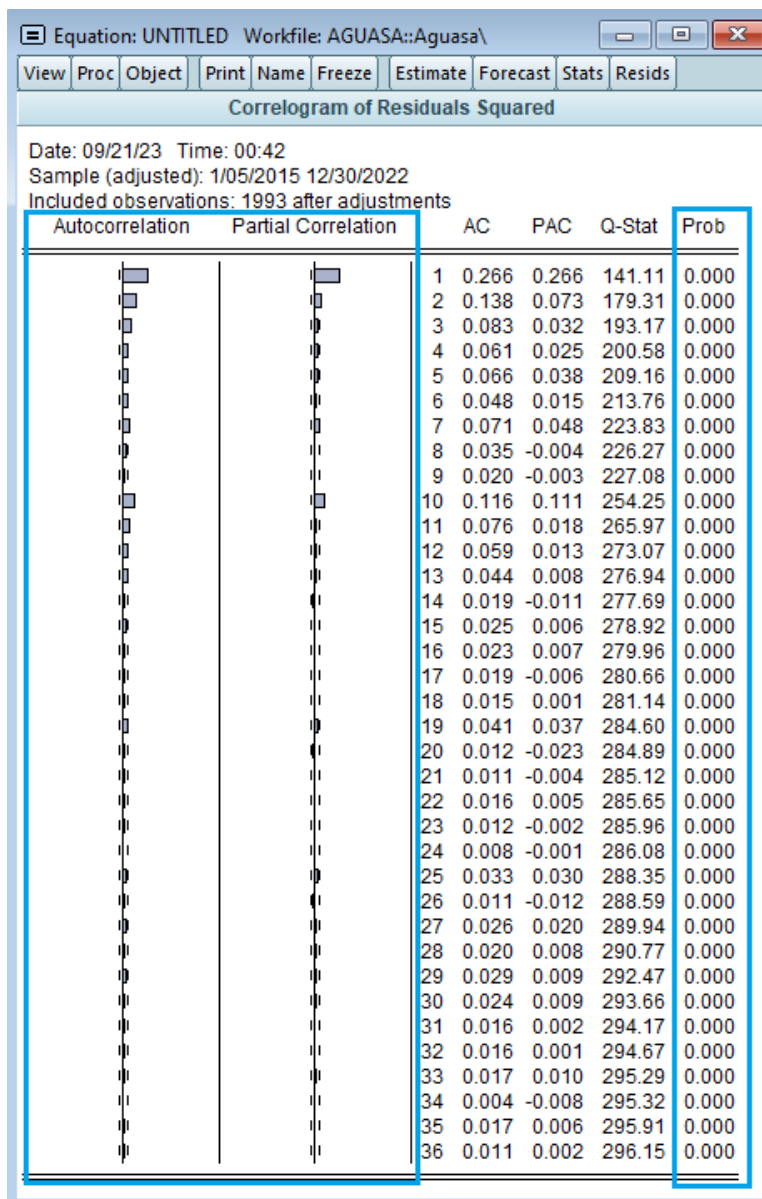
Luego seleccionar 36 “Lags “.

Lag Specification

Lags to include: 36

OK Cancel

El software entregara el siguiente resultado:

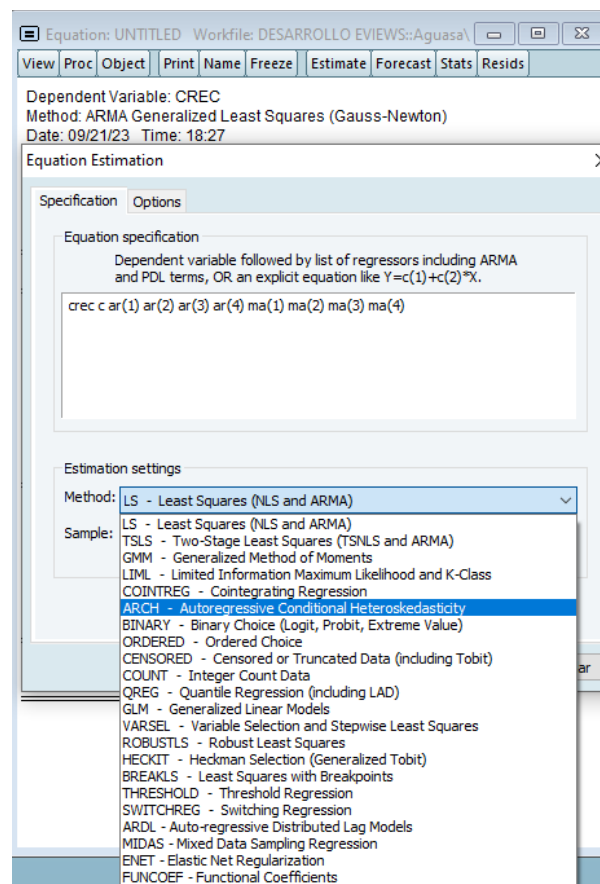


Del correlograma anterior se aprecia que existen varios rezagos fuera de los límites de especificación, además todos los valores de “Prob” son menores al 5%, por lo tanto, la serie es Heterocedástica.

## 5.22. Modelos ARCH, GARCH y Derivados en Eviews

Dada la presencia de heterocedasticidad del modelo ARIMA anterior se debe recurrir a modelos más avanzados ya que la serie no es ruido blanco. Esto implica modelar el error con modelos ARCH, GARCH y sus Derivados.

Para probar con estos modelos debemos hacer lo siguiente: Desde la Ecuación de estimación hacer clic en “Estimate” pero en la Opción Method se debe seleccionar “ARCH – Autoregressive Conditional Heteroskedasticity” tal como sigue:



Luego se desplegará la siguiente ventana:

Equation Estimation

Specification Options

Mean equation  
Dependent followed by regressors & ARMA terms OR explicit equation:  
crec c ar(1) ar(2) ar(3) ar(4) ma(1) ma(2) ma(3) ma(4) ARCH-M: None

Variance and distribution specification  
Model: GARCH/TARCH  
Order:  
ARCH: 1 Threshold order: 0  
GARCH: 1  
Restrictions: None  
Variance regressors:  
Error distribution: Normal (Gaussian)

Estimation settings  
Method: ARCH - Autoregressive Conditional Heteroskedasticity  
Sample: 1/02/2015 12/30/2022

Aceptar Cancelar

En “Mean Equation” se debe seleccionar la misma estimación de la Ecuación utilizada en el modelo ARIMA seleccionado previamente. En este caso corresponde al ARIMA 4,1,4 y corresponderá a la ecuación de la media que se utilizará para modelar el error de la serie. Además, en la opción “Variance and distribution specification” se puede seleccionar el tipo de distribución para modelar el error. En este caso esta seleccionado un modelo GARCH 1,1. Si se desea seleccionar un modelo ARCH 1 basta con establecer los valores de “Threshold order” y GARCH en cero “0”, Mientras que para un Modelo TGARCH, basta con cambiar los valores de “Threshold order” y GARCH en “1” u otro valor. No se recomienda usar valores superiores a “5” para todos estos parámetros.

De esta manera se debe iterar entre las distintas opciones desde ARCH (1 a 5). GARCH ((1,1) a (5,5)), TGARCH ((1,1,1) a (5,2,5)) y EGARCH ((1,1,1) a (5,1,5)).

Cabe mencionar que no existe un criterio como el utilizado para determinar un ARIMA en donde el menor valor Akaike determina la mejor ecuación de la media. En este caso se deben iterar los resultados, para luego contrarrestarlos con sus respectivos correlogramas Q-Statistics... y Correlograma Squared Residuals...

Para el ejemplo de este estudio se tienen los siguientes valores Akaike para cada iteración:

| RESUMEN ITERACION ARCH GARCH Y DERIVADOS - Aguas Andinas 96 Meses |                |                                           |                |                |                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ARCH 1                                                            | -5.477330      | Ecuación de la media Modelo ARIMA (4,1,4) |                |                |                |
| ARCH 2                                                            | -5.580817      |                                           |                |                |                |
| ARCH 3                                                            | -5.649353      |                                           |                |                |                |
| ARCH 4                                                            | -5.649686      |                                           |                |                |                |
| ARCH 5                                                            | -5.661642      |                                           |                |                |                |
| GARCH (X,Y)                                                       | GARCH (X,1)    | GARCH (X,2)                               | GARCH (X,3)    | GARCH (X,4)    | GARCH (X,5)    |
| GARCH (1,Y)                                                       | -5.674180      | -5.675910                                 | -5.686463      | -5.692885      | -5.699343      |
| GARCH (2,Y)                                                       | -5.678896      | -5.702805                                 | -5.708557      | -5.678862      | -5.691870      |
| GARCH (3,Y)                                                       | -5.703970      | -5.694417                                 | -5.700370      | -5.679296      | -5.706646      |
| GARCH (4,Y)                                                       | -5.712564      | -5.714564                                 | -5.668745      | -5.678295      | -5.679172      |
| GARCH (5,Y)                                                       | -5.682536      | -5.713455                                 | -5.722980      | -5.709543      | -5.705778      |
| TGARCH (X,1,Y)                                                    | TGARCH (X,1,1) | TGARCH (X,1,2)                            | TGARCH (X,1,3) | TGARCH (X,1,4) | TGARCH (X,1,5) |
| TGARCH (1,1,Y)                                                    | -5.694470      | -5.694927                                 | -5.705937      | -5.708165      | -5.713758      |
| TGARCH (2,1,Y)                                                    | -5.708371      | -5.717415                                 | -5.727214      | -5.703137      | -5.705938      |
| TGARCH (3,1,Y)                                                    | -5.722958      | -5.725022                                 | -5.725186      | -5.703531      | -5.720256      |
| TGARCH (4,1,Y)                                                    | -5.725182      | -5.715726                                 | -5.214284      | -5.661765      | -5.684641      |
| TGARCH (5,1,Y)                                                    | -5.683534      | -5.214413                                 | -5.711676      | -5.682219      | -5.693805      |
| TGARCH (X,2,Y)                                                    | TGARCH (X,2,1) | TGARCH (X,2,2)                            | TGARCH (X,2,3) | TGARCH (X,2,4) | TGARCH (X,2,5) |
| TGARCH (1,2,Y)                                                    | -5.694066      | -5.696850                                 | -5.704149      | -5.698735      | -5.716961      |
| TGARCH (2,2,Y)                                                    | -5.709964      | -5.723696                                 | -5.723754      | -5.693012      | -5.703881      |
| TGARCH (3,2,Y)                                                    | -5.721951      | -5.725606                                 | -5.720786      | -5.707968      | -5.705046      |
| TGARCH (4,2,Y)                                                    | -5.729036      | -5.671129                                 | -5.701893      | -5.667452      | -5.683685      |
| TGARCH (5,2,Y)                                                    | -5.690883      | -5.681055                                 | -5.703320      | -5.686695      | -5.688954      |
| EGARCH (X,1,Y)                                                    | EGARCH (X,1,1) | EGARCH (X,1,2)                            | EGARCH (X,1,3) | EGARCH (X,1,4) | EGARCH (X,1,5) |
| EGARCH (1,1,Y)                                                    | -5.703221      | -5.138128                                 | -5.739666      | -5.740070      | -5.742315      |
| EGARCH (2,1,Y)                                                    | -5.701833      | -5.702822                                 | -5.725112      | -5.742417      | -5.733587      |
| EGARCH (3,1,Y)                                                    | -5.698569      | -5.720075                                 | -5.137207      | -5.763880      | -5.765489      |
| EGARCH (4,1,Y)                                                    | -5.736572      | -5.744635                                 | -5.740445      | -5.762419      | -5.778388      |
| EGARCH (5,1,Y)                                                    | -5.736305      | -5.752848                                 | -5.758887      | -5.123160      | -5.761408      |

Del resultado anterior se tiene que el mejor modelo esta dado por EGARCH (2,1,2) marcado con texto en color rojo. La comprobación de este modelo esta dado por los valores de probabilidad obtenido en “Correlogram Q-Statistics...” y “Correlogram Squared Residuals...”, ambos con valores de probabilidad mayores a 5% en sus 36 rezagos tal como sigue:

Date: 09/05/23 Time: 00:36  
Sample (adjusted): 1/09/2015 12/20/2022  
Q-statistic probabilities adjusted for 8 ARMA terms

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob*  |       |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.016  | 0.016  | 0.5083 |       |
|                 |                     | 2  | 0.023  | 0.023  | 1.5778 |       |
|                 |                     | 3  | -0.000 | -0.001 | 1.5780 |       |
|                 |                     | 4  | 0.014  | 0.014  | 1.9817 |       |
|                 |                     | 5  | 0.003  | 0.003  | 2.0059 |       |
|                 |                     | 6  | 0.014  | 0.013  | 2.4050 |       |
|                 |                     | 7  | 0.002  | 0.002  | 2.4141 |       |
|                 |                     | 8  | -0.019 | -0.020 | 3.1413 |       |
|                 |                     | 9  | 0.002  | 0.003  | 3.1537 | 0.076 |
|                 |                     | 10 | -0.025 | -0.025 | 4.4334 | 0.109 |
|                 |                     | 11 | 0.023  | 0.023  | 5.4686 | 0.141 |
|                 |                     | 12 | -0.022 | -0.021 | 6.4287 | 0.169 |
|                 |                     | 13 | -0.016 | -0.016 | 6.9303 | 0.226 |
|                 |                     | 14 | -0.030 | -0.027 | 8.6916 | 0.192 |
|                 |                     | 15 | 0.029  | 0.030  | 10.323 | 0.171 |
|                 |                     | 16 | -0.044 | -0.043 | 14.245 | 0.076 |
|                 |                     | 17 | 0.008  | 0.008  | 14.371 | 0.110 |
|                 |                     | 18 | -0.031 | -0.029 | 16.247 | 0.093 |
|                 |                     | 19 | -0.015 | -0.013 | 16.699 | 0.117 |
|                 |                     | 20 | -0.029 | -0.027 | 18.378 | 0.105 |
|                 |                     | 21 | -0.001 | 0.001  | 18.380 | 0.144 |
|                 |                     | 22 | 0.019  | 0.019  | 19.106 | 0.161 |
|                 |                     | 23 | -0.015 | -0.014 | 19.551 | 0.190 |
|                 |                     | 24 | -0.003 | -0.005 | 19.571 | 0.240 |
|                 |                     | 25 | 0.026  | 0.030  | 20.918 | 0.230 |
|                 |                     | 26 | -0.019 | -0.026 | 21.665 | 0.247 |
|                 |                     | 27 | -0.013 | -0.011 | 22.030 | 0.283 |
|                 |                     | 28 | -0.025 | -0.029 | 23.325 | 0.273 |
|                 |                     | 29 | -0.000 | 0.003  | 23.325 | 0.327 |
|                 |                     | 30 | 0.014  | 0.011  | 23.702 | 0.363 |
|                 |                     | 31 | 0.004  | 0.005  | 23.731 | 0.419 |
|                 |                     | 32 | 0.030  | 0.026  | 25.522 | 0.378 |
|                 |                     | 33 | 0.002  | 0.002  | 25.532 | 0.433 |
|                 |                     | 34 | 0.013  | 0.009  | 25.886 | 0.469 |
|                 |                     | 35 | -0.019 | -0.017 | 26.579 | 0.487 |
|                 |                     | 36 | 0.008  | 0.001  | 26.700 | 0.535 |

Date: 09/05/23 Time: 00:38  
Sample (adjusted): 1/09/2015 12/20/2022  
Included observations: 1981 after adjustments

| included observations: 1981 after adjustments |                     |    |        |        |        |       |
|-----------------------------------------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
| Autocorrelation                               | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob*  |       |
|                                               |                     | 1  | -0.017 | -0.017 | 0.5568 | 0.456 |
|                                               |                     | 2  | 0.020  | 0.020  | 1.3670 | 0.505 |
|                                               |                     | 3  | -0.008 | -0.008 | 1.5091 | 0.680 |
|                                               |                     | 4  | -0.011 | -0.011 | 1.7327 | 0.785 |
|                                               |                     | 5  | -0.016 | -0.016 | 2.2522 | 0.811 |
|                                               |                     | 6  | 0.018  | 0.018  | 2.9107 | 0.820 |
|                                               |                     | 7  | 0.001  | 0.002  | 2.9142 | 0.893 |
|                                               |                     | 8  | -0.003 | -0.004 | 2.9303 | 0.939 |
|                                               |                     | 9  | -0.019 | -0.019 | 3.6139 | 0.935 |
|                                               |                     | 10 | 0.061  | 0.061  | 11.115 | 0.349 |
|                                               |                     | 11 | -0.030 | -0.027 | 12.865 | 0.302 |
|                                               |                     | 12 | -0.005 | -0.009 | 12.921 | 0.375 |
|                                               |                     | 13 | 0.007  | 0.008  | 13.016 | 0.447 |
|                                               |                     | 14 | 0.011  | 0.012  | 13.247 | 0.507 |
|                                               |                     | 15 | 0.020  | 0.022  | 14.045 | 0.522 |
|                                               |                     | 16 | 0.003  | 0.000  | 14.067 | 0.594 |
|                                               |                     | 17 | -0.008 | -0.008 | 14.196 | 0.653 |
|                                               |                     | 18 | -0.006 | -0.005 | 14.271 | 0.711 |
|                                               |                     | 19 | 0.088  | 0.091  | 29.604 | 0.057 |
|                                               |                     | 20 | -0.019 | -0.022 | 30.362 | 0.064 |
|                                               |                     | 21 | -0.020 | -0.022 | 31.147 | 0.071 |
|                                               |                     | 22 | 0.001  | 0.003  | 31.151 | 0.093 |
|                                               |                     | 23 | 0.006  | 0.009  | 31.230 | 0.117 |
|                                               |                     | 24 | 0.002  | 0.004  | 31.236 | 0.147 |
|                                               |                     | 25 | 0.037  | 0.031  | 33.933 | 0.109 |
|                                               |                     | 26 | -0.025 | -0.025 | 35.213 | 0.107 |
|                                               |                     | 27 | -0.025 | -0.024 | 36.431 | 0.106 |
|                                               |                     | 28 | -0.001 | 0.004  | 36.432 | 0.132 |
|                                               |                     | 29 | -0.019 | -0.031 | 37.146 | 0.143 |
|                                               |                     | 30 | -0.006 | -0.001 | 37.216 | 0.171 |
|                                               |                     | 31 | 0.009  | 0.011  | 37.386 | 0.199 |
|                                               |                     | 32 | -0.020 | -0.023 | 38.223 | 0.208 |
|                                               |                     | 33 | -0.008 | -0.011 | 38.342 | 0.240 |
|                                               |                     | 34 | -0.009 | -0.011 | 38.523 | 0.272 |
|                                               |                     | 35 | -0.011 | -0.015 | 38.766 | 0.304 |
|                                               |                     | 36 | 0.004  | 0.011  | 38.800 | 0.345 |

Luego el modelo obtenido para el GARCH 2,1,2 está dado por la siguiente ecuación:

```

Estimation Command:
=====
ARCH(2, 2, ASY=1, THRS=3, EGARCH) CREC C AR(1 TO 4) MA(1 TO 4)

Estimation Equation:
=====
CREC = C(1) + [AR(1)=C(2),AR(2)=C(3),AR(3)=C(4),AR(4)=C(5),MA(1)=C(6),MA(2)=C(7),MA(3)=C(8),MA(4)=C(9),BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

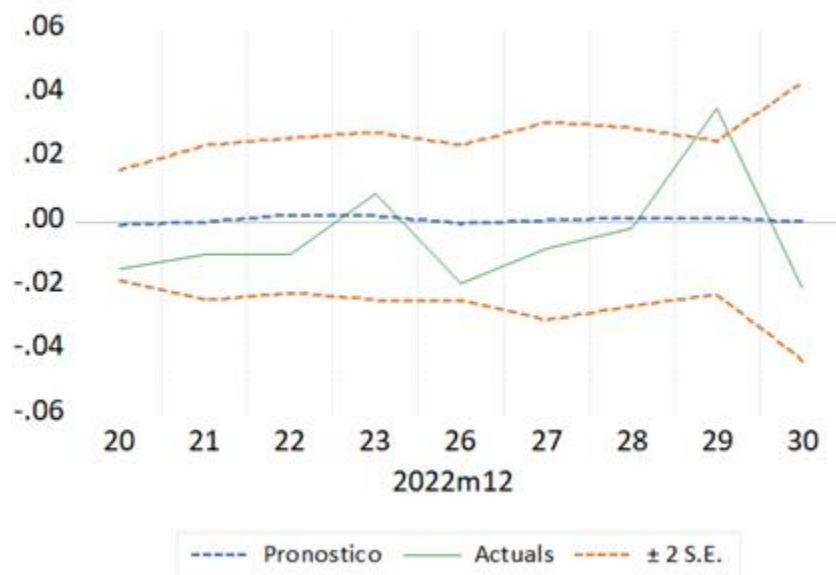
LOG(GARCH) = C(10) + C(11)*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) + C(12)*ABS(RESID(-2))/@SQRT(GARCH(-2))) + C(13)*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(14)*LOG(GARCH(-1)) + C(15)*LOG(GARCH(-2))

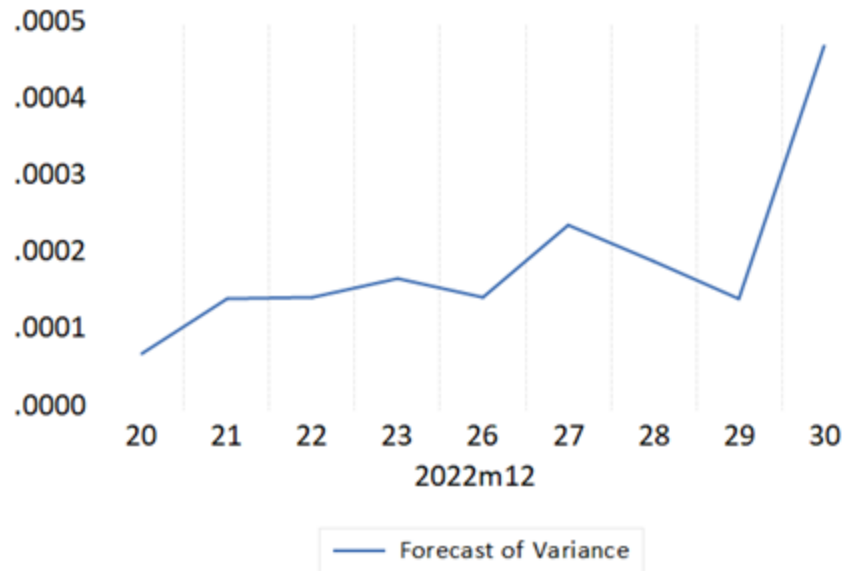
Substituted Coefficients:
=====
CREC = 0.00029443166156 + [AR(1)=-0.771089828092,AR(2)=-0.623626920242,AR(3)=-0.503726330588,AR(4)=0.341553634822,MA(1)=0.77032157138,MA(2)=0.611623608899,MA(3)=0.452827170144,MA(4)=-0.383135188677,BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

LOG(GARCH) = -0.0411982354113 + 0.566925221675*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) - 0.543305423955*ABS(RESID(-2))/@SQRT(GARCH(-2))) - 0.0322350852185*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + 1.63511908396*LOG(GARCH(-1)) - 0.637977106409*LOG(GARCH(-2))

```

Finalmente, el Pronóstico (Forecast) para Aguas Andinas a 96 meses con data diaria (Con pandemia) es el siguiente:





|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Forecast: CRECF                       |          |
| Actual: CREC                          |          |
| Forecast sample: 12/20/2022 12/30/... |          |
| Included observations: 9              |          |
| Root Mean Squared Error               | 0.016703 |
| Mean Absolute Error                   | 0.014235 |
| Mean Abs. Percent Error               | 105.3196 |
| Theil Inequality Coef.                | 0.917317 |
| Bias Proportion                       | 0.088243 |
| Variance Proportion                   | 0.861519 |
| Covariance Proportion                 | 0.050238 |
| Theil U2 Coefficient                  | 0.900058 |
| Symmetric MAPE                        | 186.1139 |

De este último grafico se obtienen los valores Root Mean Squared Error (RMS) y Mean Absolute Percent Error (MAPE) los cuales serán comparados con el modelo “Sin Pandemia” para Aguas Andinas considerando el periodo entre enero de 2015 y diciembre de 2019.

De manera análoga se comparan los modelos con y sin pandemia para CAP, CMPC, Copec y SQM.

## 6. Resultados

### 6.1. Aguas Andinas, data diaria a 96 meses (Con pandemia)

#### *Análisis precio de Cierre de las Acciones de Aguas Andinas a 96 meses con data diaria*

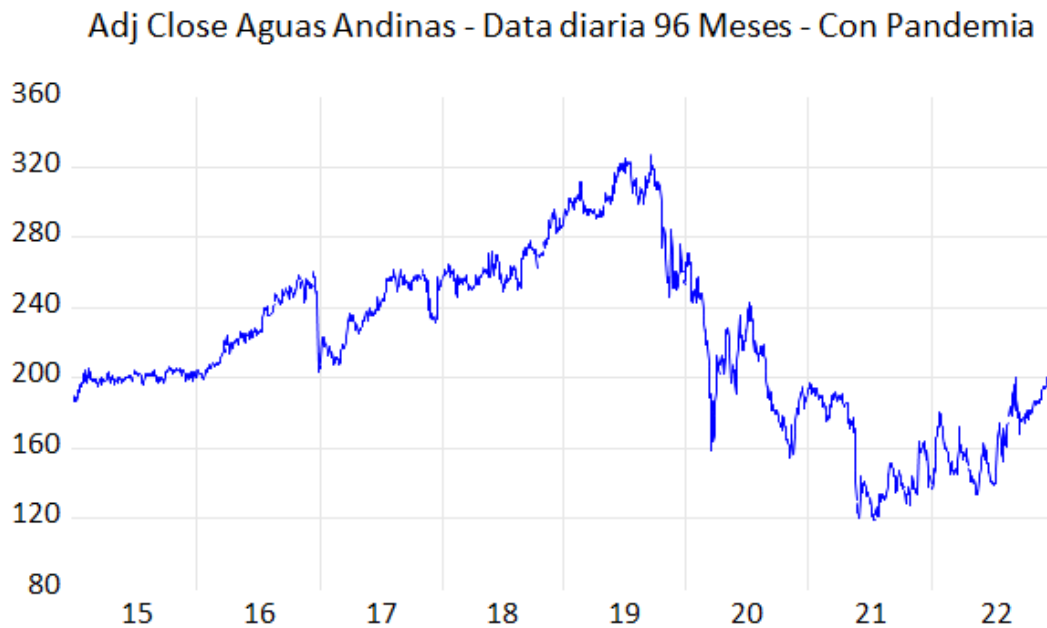


**Figura 5-1:** *Grafico Data Original Aguas Andinas - 96 Meses con data diaria*

Desde 2015 al 2019 se aprecia una cierta ciclicidad en la data, con tendencia a aumentar. desde el 2019 al 2022 se aprecia una gran volatilidad con tendencia a decrecer hasta el 2021 y con recuperación hacia el 2022. Luego se aprecia una alta volatilidad con recuperación en el 2021.

## Análisis del Correlograma de Aguas Andinas para el precio de Cierre de las acciones.

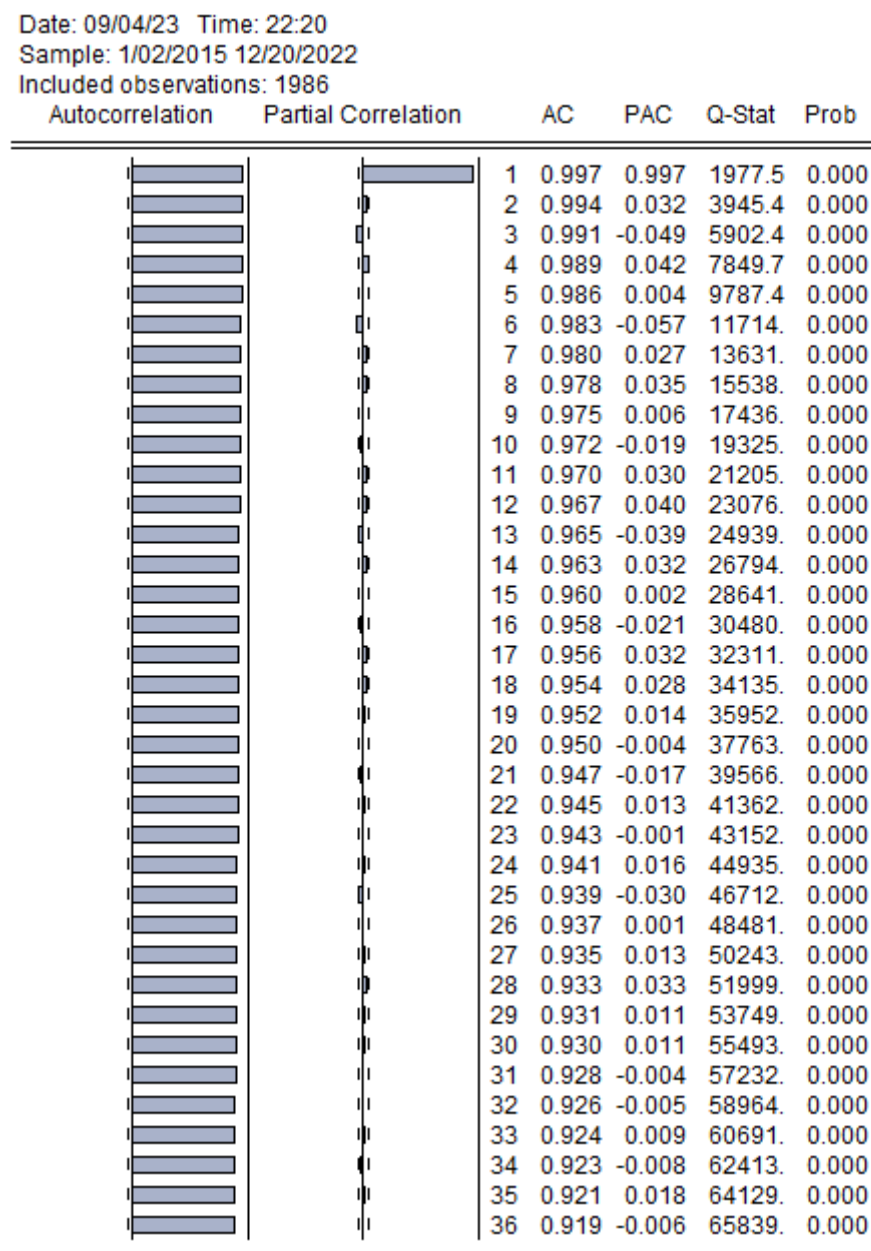


**Figura 5-2:** Grafico Data Original Aguas Andinas - 96 Meses con data diaria

Se aprecia que todos los rezagos están fuera de los límites de especificación. Además, todos los valores de los rezagos reflejan una probabilidad menor al 5% por lo tanto la serie No es Estacionaria.

### Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller)

|                                                     |             |                       |             |          |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: ADJ_CLOSE has a unit root          |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant                                 |             |                       |             |          |
| Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=25) |             |                       |             |          |
|                                                     |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |             |                       | -1.660461   | 0.4513   |
| Test critical values:                               | 1% level    |                       | -3.433445   |          |
|                                                     | 5% level    |                       | -2.862794   |          |
|                                                     | 10% level   |                       | -2.567484   |          |
| *Mackinnon (1996) one-sided p-values.               |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation               |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(ADJ_CLOSE)                    |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                               |             |                       |             |          |
| Date: 09/04/23 Time: 22:24                          |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 1/05/2015 12/20/2022             |             |                       |             |          |
| Included observations: 1985 after adjustments       |             |                       |             |          |
| Variable                                            | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| ADJ_CLOSE(-1)                                       | -0.002751   | 0.001657              | -1.660461   | 0.0970   |
| C                                                   | 0.607288    | 0.373188              | 1.627297    | 0.1038   |
| R-squared                                           | 0.001388    | Mean dependent var    |             | 0.002202 |
| Adjusted R-squared                                  | 0.000885    | S.D. dependent var    |             | 3.586853 |
| S.E. of regression                                  | 3.585266    | Akaike info criterion |             | 5.392549 |
| Sum squared resid                                   | 25489.74    | Schwarz criterion     |             | 5.398185 |
| Log likelihood                                      | -5350.105   | Hannan-Quinn criter.  |             | 5.394619 |
| F-statistic                                         | 2.757130    | Durbin-Watson stat    |             | 2.070335 |
| Prob(F-statistic)                                   | 0.096980    |                       |             |          |

**Figura 5-3:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) Aguas Andinas 96 Meses con data diaria

Esta prueba es complementaria a la obtenida en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se acepta dicha hipótesis nula, es decir, la serie no es estacionaria, luego la media y la varianza no son constantes.

### ***Primera diferencia logarítmica para la data Aguas Andinas***

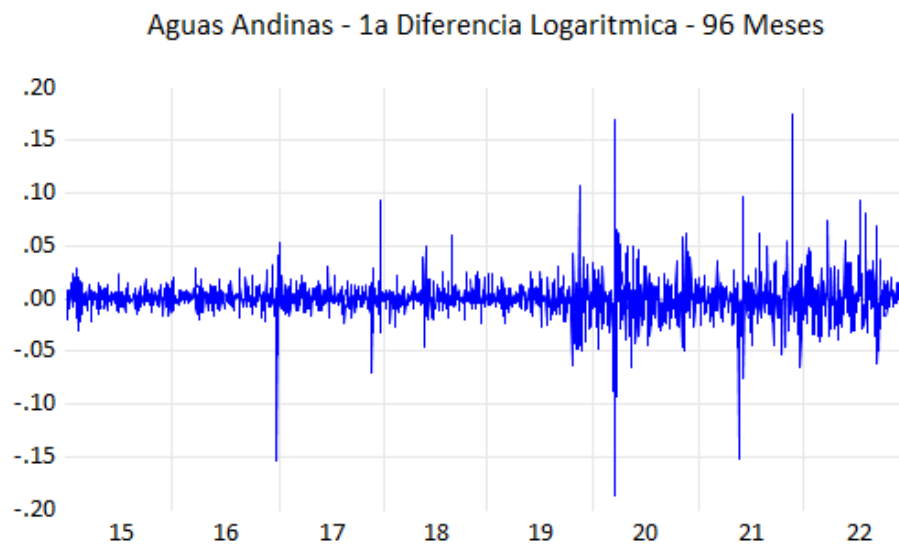


**Figura 5-4:** *Grafico 1a Diferencia Logarítmica para Aguas Andinas - 96 meses con data diaria*

La primera diferencia logarítmica es una transformación útil para estabilizar la varianza y convertir una serie de tiempo no estacionaria en una serie estacionaria, lo que facilita su análisis y modelado.

Acá se aprecia que la media tiende a ser lineal a lo largo del tiempo. Existen ciertos outliers a mediados del 2016, inicios del 2020 (inicio de la pandemia) y a mediados del 2021. Además, se puede ver que la varianza tiende a estabilizarse, sin embargo, se requiere de otras pruebas para ver si efectivamente la serie es estacionara.

### Correlograma para la primera diferencia logarítmica Aguas Andinas

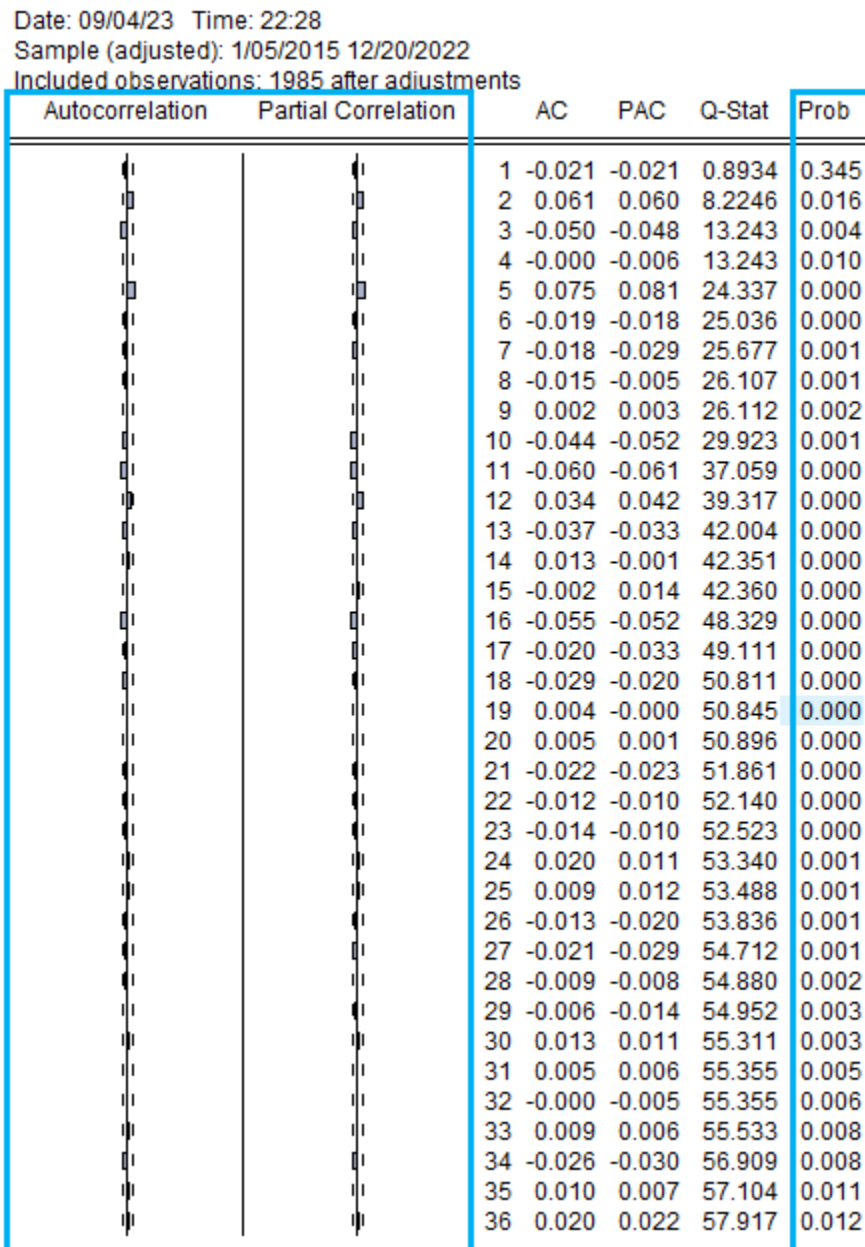


**Figura 5-5:** Correlograma de la 1ª Diferencia logarítmica Aguas Andinas – 96 meses con data diaria

Se aprecia que todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, lo que nos indica que la serie es Estacionaria, sin embargo, se debe corroborar con otras pruebas.

**Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para corroborar Estacionariedad en Primera Diferencia Logarítmica para Aguas Andinas**

|                                                     |             |                       |             |           |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: CREC has a unit root               |             |                       |             |           |
| Exogenous: Constant                                 |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=25) |             |                       |             |           |
|                                                     |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |             |                       | -45.48050   | 0.0001    |
| Test critical values:                               | 1% level    |                       | -3.433447   |           |
|                                                     | 5% level    |                       | -2.862794   |           |
|                                                     | 10% level   |                       | -2.567484   |           |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.               |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation               |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(CREC)                         |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                               |             |                       |             |           |
| Date: 09/04/23 Time: 22:31                          |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 1/06/2015 12/20/2022             |             |                       |             |           |
| Included observations: 1984 after adjustments       |             |                       |             |           |
| Variable                                            | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| CREC(-1)                                            | -1.021207   | 0.022454              | -45.48050   | 0.0000    |
| C                                                   | 2.20E-05    | 0.000408              | 0.053989    | 0.9569    |
| R-squared                                           | 0.510675    | Mean dependent var    |             | 2.69E-06  |
| Adjusted R-squared                                  | 0.510428    | S.D. dependent var    |             | 0.025958  |
| S.E. of regression                                  | 0.018163    | Akaike info criterion |             | -5.177879 |
| Sum squared resid                                   | 0.653834    | Schwarz criterion     |             | -5.172241 |
| Log likelihood                                      | 5138.456    | Hannan-Quinn criter.  |             | -5.175808 |
| F-statistic                                         | 2068.476    | Durbin-Watson stat    |             | 1.997141  |
| Prob(F-statistic)                                   | 0.000000    |                       |             |           |

**Figura 5-6:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) 1a diferencia Logarítmica Aguas Andinas – 96 meses con data diaria

Esta prueba es complementaria a la obtenida en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es menor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es estacionaria.

### Matriz Akaike, determinar mejor ARIMA para Aguas Andinas

| AIC_ARMA                       |           |           |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                | C1        | C2        | C3        | C4        | C5        |
| Last updated: 09/04/23 - 22:34 |           |           |           |           |           |
| R1                             | -5.178320 | -5.177714 | -5.180185 | -5.182942 | -5.181937 |
| R2                             | -5.177762 | -5.178842 | -5.180970 | -5.181935 | -5.181725 |
| R3                             | -5.180395 | -5.180456 | -5.189140 | -5.189387 | -5.188395 |
| R4                             | -5.181685 | -5.180685 | -5.189395 | -5.189031 | -5.187654 |
| R5                             | -5.180710 | -5.181661 | -5.188388 | -5.187535 | -5.189736 |

**Figura 5-7:** Matriz Akaike – Menor valor para ARIMA (4,1,4) para Aguas Andinas – 96 meses con data diaria

### Comprobación Akaike 4,1,4 para Aguas Andinas

| Dependent Variable: CREC                                         |             |                       |             |           |  |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|--|
| Method: ARMA Generalized Least Squares (Gauss-Newton)            |             |                       |             |           |  |
| Date: 09/04/23 Time: 22:43                                       |             |                       |             |           |  |
| Sample: 1/05/2015 12/20/2022                                     |             |                       |             |           |  |
| Included observations: 1985                                      |             |                       |             |           |  |
| Convergence achieved after 53 iterations                         |             |                       |             |           |  |
| Coefficient covariance computed using outer product of gradients |             |                       |             |           |  |
| d.f. adjustment for standard errors & covariance                 |             |                       |             |           |  |
| Variable                                                         | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |  |
| C                                                                | 1.13E-05    | 0.000419              | 0.027038    | 0.9784    |  |
| AR(1)                                                            | 0.851220    | 0.077535              | 10.97849    | 0.0000    |  |
| AR(2)                                                            | -0.927145   | 0.105903              | -8.754695   | 0.0000    |  |
| AR(3)                                                            | 0.474916    | 0.105511              | 4.501105    | 0.0000    |  |
| AR(4)                                                            | -0.687892   | 0.076336              | -9.011311   | 0.0000    |  |
| MA(1)                                                            | -0.857813   | 0.066666              | -12.86740   | 0.0000    |  |
| MA(2)                                                            | 1.001215    | 0.091919              | 10.89237    | 0.0000    |  |
| MA(3)                                                            | -0.592868   | 0.091447              | -6.483189   | 0.0000    |  |
| MA(4)                                                            | 0.783884    | 0.065217              | 12.01969    | 0.0000    |  |
| R-squared                                                        | 0.019429    | Mean dependent var    |             | 1.15E-05  |  |
| Adjusted R-squared                                               | 0.015459    | S.D. dependent var    |             | 0.018163  |  |
| S.E. of regression                                               | 0.018022    | Akaike info criterion |             | -5.189736 |  |
| Sum squared resid                                                | 0.641818    | Schwarz criterion     |             | -5.164376 |  |
| Log likelihood                                                   | 5159.813    | Hannan-Quinn criter.  |             | -5.180421 |  |
| F-statistic                                                      | 4.894086    | Durbin-Watson stat    |             | 2.021218  |  |
| Prob(F-statistic)                                                | 0.000005    |                       |             |           |  |
| Inverted AR Roots                                                | .70+.69i    | .70-.69i              | -.27-.80i   | -.27+.80i |  |
| Inverted MA Roots                                                | .70+.69i    | .70-.69i              | -.28-.85i   | -.28+.85i |  |

**Figura 5-8:** Corroboramos Akaike para ARIMA Y Raíces Unitarias Inversas – Aguas Andinas 96 Meses con data diaria

**Aplicar Arma Structure para corroborar que las soluciones están dentro del círculo de radio unitario**

| Dependent Variable: CREC                                         |             |                       |             |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: ARMA Generalized Least Squares (Gauss-Newton)            |             |                       |             |           |
| Date: 09/04/23 Time: 22:43                                       |             |                       |             |           |
| Sample: 1/05/2015 12/20/2022                                     |             |                       |             |           |
| Included observations: 1985                                      |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 53 iterations                         |             |                       |             |           |
| Coefficient covariance computed using outer product of gradients |             |                       |             |           |
| d.f. adjustment for standard errors & covariance                 |             |                       |             |           |
| Variable                                                         | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| C                                                                | 1.13E-05    | 0.000419              | 0.027038    | 0.9784    |
| AR(1)                                                            | 0.851220    | 0.077535              | 10.97849    | 0.0000    |
| AR(2)                                                            | -0.927145   | 0.105903              | -8.754695   | 0.0000    |
| AR(3)                                                            | 0.474916    | 0.105511              | 4.501105    | 0.0000    |
| AR(4)                                                            | -0.687892   | 0.076336              | -9.011311   | 0.0000    |
| MA(1)                                                            | -0.857813   | 0.066666              | -12.86740   | 0.0000    |
| MA(2)                                                            | 1.001215    | 0.091919              | 10.89237    | 0.0000    |
| MA(3)                                                            | -0.592868   | 0.091447              | -6.483189   | 0.0000    |
| MA(4)                                                            | 0.783884    | 0.065217              | 12.01969    | 0.0000    |
| R-squared                                                        | 0.019429    | Mean dependent var    | 1.15E-05    |           |
| Adjusted R-squared                                               | 0.015459    | S.D. dependent var    | 0.018163    |           |
| S.E. of regression                                               | 0.018022    | Akaike info criterion | -5.189736   |           |
| Sum squared resid                                                | 0.641818    | Schwarz criterion     | -5.164376   |           |
| Log likelihood                                                   | 5159.813    | Hannan-Quinn criter.  | -5.180421   |           |
| F-statistic                                                      | 4.894086    | Durbin-Watson stat    | 2.021218    |           |
| Prob(F-statistic)                                                | 0.000005    |                       |             |           |
| Inverted AR Roots                                                | .70+.69i    | .70-.69i              | -.27-.80i   | -.27+.80i |
| Inverted MA Roots                                                | .70+.69i    | .70-.69i              | -.28-.85i   | -.28+.85i |

**Figura 5-9: Inverse Root test para ARIMA 4,1,4 – Aguas Andinas 96 Meses con data diaria**

### Test de correlación para Aguas Andinas

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

|               |          |                     |        |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic   | 0.463781 | Prob. F(2,1974)     | 0.6290 |
| Obs*R-squared | 0.932292 | Prob. Chi-Square(2) | 0.6274 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/04/23 Time: 22:49

Sample: 1/05/2015 12/20/2022

Included observations: 1985

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | -3.89E-09   | 7.53E-06              | -0.000516   | 0.9996 |
| AR(1)              | -0.001375   | 0.002010              | -0.684245   | 0.4939 |
| AR(2)              | 0.001987    | 0.002996              | 0.663087    | 0.5074 |
| AR(3)              | -0.001455   | 0.002834              | -0.513405   | 0.6077 |
| AR(4)              | 0.000175    | 0.001764              | 0.099496    | 0.9208 |
| MA(1)              | 0.000828    | 0.001497              | 0.553394    | 0.5801 |
| MA(2)              | -0.001314   | 0.002211              | -0.594512   | 0.5522 |
| MA(3)              | 0.001002    | 0.002144              | 0.467170    | 0.6404 |
| MA(4)              | -0.000187   | 0.001386              | -0.134838   | 0.8928 |
| RESID(-1)          | -0.041349   | 0.043054              | -0.960419   | 0.3370 |
| RESID(-2)          | 0.012500    | 0.041778              | 0.299194    | 0.7648 |
| R-squared          | 0.000470    | Mean dependent var    | -5.36E-07   |        |
| Adjusted R-squared | -0.004594   | S.D. dependent var    | 0.017986    |        |
| S.E. of regression | 0.018027    | Akaike info criterion | -5.188334   |        |
| Sum squared resid  | 0.641516    | Schwarz criterion     | -5.157338   |        |
| Log likelihood     | 5160.422    | Hannan-Quinn criter.  | -5.176949   |        |
| F-statistic        | 0.092756    | Durbin-Watson stat    | 1.999229    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.999877    |                       |             |        |

**Figura 5-10:** Test Correlación – Aguas Andinas 96 Meses con data diaria

Esta prueba establece como hipótesis nula que No hay existe Correlación en la serie. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, existe correlación en la serie.

### Test Heterocedasticidad para Aguas Andinas

| Heteroskedasticity Test: ARCH                 |             |                       |             |        |
|-----------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| F-statistic                                   | 146.9838    | Prob. F(1,1982)       | 0.0000      |        |
| Obs*R-squared                                 | 136.9742    | Prob. Chi-Square(1)   | 0.0000      |        |
| Test Equation:                                |             |                       |             |        |
| Dependent Variable: RESID^2                   |             |                       |             |        |
| Method: Least Squares                         |             |                       |             |        |
| Date: 09/04/23 Time: 22:50                    |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 1/06/2015 12/20/2022       |             |                       |             |        |
| Included observations: 1984 after adjustments |             |                       |             |        |
| Variable                                      | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
| C                                             | 0.000238    | 3.34E-05              | 7.134196    | 0.0000 |
| RESID^2(-1)                                   | 0.262754    | 0.021673              | 12.12369    | 0.0000 |
| R-squared                                     | 0.069039    | Mean dependent var    | 0.000323    |        |
| Adjusted R-squared                            | 0.068570    | S.D. dependent var    | 0.001507    |        |
| S.E. of regression                            | 0.001455    | Akaike info criterion | -10.22683   |        |
| Sum squared resid                             | 0.004195    | Schwarz criterion     | -10.22119   |        |
| Log likelihood                                | 10147.02    | Hannan-Quinn criter.  | -10.22476   |        |
| F-statistic                                   | 146.9838    | Durbin-Watson stat    | 2.039186    |        |
| Prob(F-statistic)                             | 0.000000    |                       |             |        |

**Figura 5-11 - Test Heterocedasticidad – Aguas Andinas 96 Meses**

Esta prueba establece como hipótesis nula que existe Homocedasticidad. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es Heterocedástica.

Si bien no se cumple el principio de Homocedasticidad, se debe recurrir a modelos ARCH, GARCH y Derivados para modelar la volatilidad de la serie, es decir, la varianza de los rendimientos cambia con el tiempo y no se ajustan a las condiciones reales del mercado.

### Correlograma Squared Residuals para Akaike 2,1,3 para Aguas Andinas

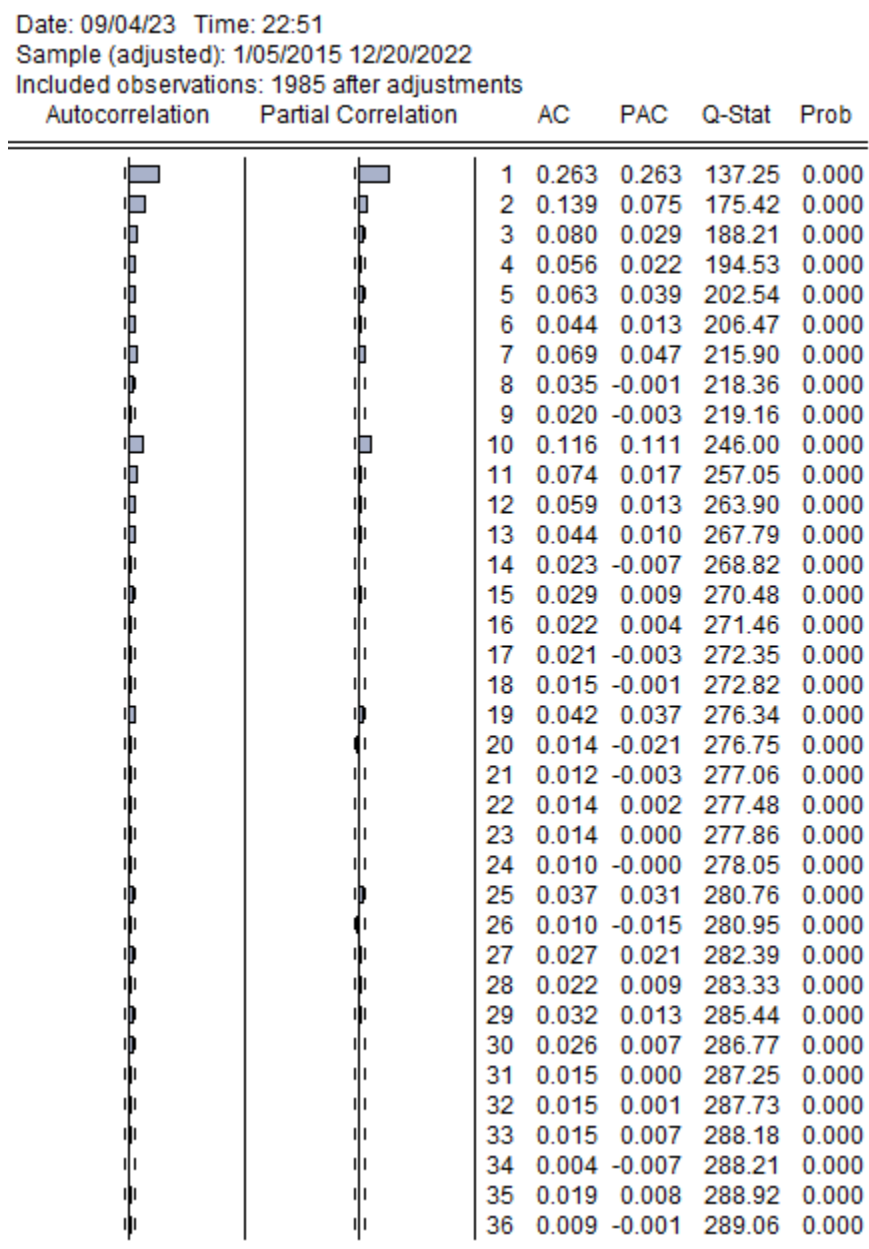


**Figura 5-12 - Test Squared Residuals – Aguas Andinas 96 Meses con data diaria**

Se aprecia que todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, lo que nos indica que la serie es Estacionaria, sin embargo, Los valores de Probabilidad son todos menores a 5%, por lo tanto, la serie no es Ruido Blanco.

### Iteración de Modelos ARCH, GARCH y Derivados para Aguas Andinas

| RESUMEN ITERACION ARCH GARCH Y DERIVADOS - Aguas Andinas 96 Meses |                |                                           |                |                |                |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ARCH 1                                                            | -5.477330      | Ecuación de la media Modelo ARIMA (4,1,4) |                |                |                |
| ARCH 2                                                            | -5.580817      |                                           |                |                |                |
| ARCH 3                                                            | -5.649353      |                                           |                |                |                |
| ARCH 4                                                            | -5.649686      |                                           |                |                |                |
| ARCH 5                                                            | -5.661642      |                                           |                |                |                |
|                                                                   |                |                                           |                |                |                |
| GARCH (X,Y)                                                       | GARCH (X,1)    | GARCH (X,2)                               | GARCH (X,3)    | GARCH (X,4)    | GARCH (X,5)    |
| GARCH (1,Y)                                                       | -5.674180      | -5.675910                                 | -5.686463      | -5.692885      | -5.699343      |
| GARCH (2,Y)                                                       | -5.678896      | -5.702805                                 | -5.708557      | -5.678862      | -5.691870      |
| GARCH (3,Y)                                                       | -5.703970      | -5.694417                                 | -5.700370      | -5.679296      | -5.706646      |
| GARCH (4,Y)                                                       | -5.712564      | -5.714564                                 | -5.668745      | -5.678295      | -5.679172      |
| GARCH (5,Y)                                                       | -5.682536      | -5.713455                                 | -5.722980      | -5.709543      | -5.705778      |
|                                                                   |                |                                           |                |                |                |
| TGARCH (X,1,Y)                                                    | TGARCH (X,1,1) | TGARCH (X,1,2)                            | TGARCH (X,1,3) | TGARCH (X,1,4) | TGARCH (X,1,5) |
| TGARCH (1,1,Y)                                                    | -5.694470      | -5.694927                                 | -5.705937      | -5.708165      | -5.713758      |
| TGARCH (2,1,Y)                                                    | -5.708371      | -5.717415                                 | -5.727214      | -5.703137      | -5.705938      |
| TGARCH (3,1,Y)                                                    | -5.722958      | -5.725022                                 | -5.725186      | -5.703531      | -5.720256      |
| TGARCH (4,1,Y)                                                    | -5.725182      | -5.715726                                 | -5.214284      | -5.661765      | -5.684641      |
| TGARCH (5,1,Y)                                                    | -5.683534      | -5.214413                                 | -5.711676      | -5.682219      | -5.693805      |
|                                                                   |                |                                           |                |                |                |
| TGARCH (X,2,Y)                                                    | TGARCH (X,2,1) | TGARCH (X,2,2)                            | TGARCH (X,2,3) | TGARCH (X,2,4) | TGARCH (X,2,5) |
| TGARCH (1,2,Y)                                                    | -5.694066      | -5.696850                                 | -5.704149      | -5.698735      | -5.716961      |
| TGARCH (2,2,Y)                                                    | -5.709964      | -5.723696                                 | -5.723754      | -5.693012      | -5.703881      |
| TGARCH (3,2,Y)                                                    | -5.721951      | -5.725606                                 | -5.720786      | -5.707968      | -5.705046      |
| TGARCH (4,2,Y)                                                    | -5.729036      | -5.671129                                 | -5.701893      | -5.667452      | -5.683685      |
| TGARCH (5,2,Y)                                                    | -5.690883      | -5.681055                                 | -5.703320      | -5.686695      | -5.688954      |
|                                                                   |                |                                           |                |                |                |
| EGARCH (X,1,Y)                                                    | EGARCH (X,1,1) | EGARCH (X,1,2)                            | EGARCH (X,1,3) | EGARCH (X,1,4) | EGARCH (X,1,5) |
| EGARCH (1,1,Y)                                                    | -5.703221      | -5.138128                                 | -5.739666      | -5.740070      | -5.742315      |
| EGARCH (2,1,Y)                                                    | -5.701833      | -5.702822                                 | -5.725112      | -5.742417      | -5.733587      |
| EGARCH (3,1,Y)                                                    | -5.698569      | -5.720075                                 | -5.137207      | -5.763880      | -5.765489      |
| EGARCH (4,1,Y)                                                    | -5.736572      | -5.744635                                 | -5.740445      | -5.762419      | -5.778388      |
| EGARCH (5,1,Y)                                                    | -5.736305      | -5.752848                                 | -5.758887      | -5.123160      | -5.761408      |

**Figura 5-13 - Iteración ARCH GARCH y Derivados – Aguas Andinas 96 Meses con data diaria**

El mejor modelo es un EGARCH 2,1,2 comprobado por Correlograma Q-Statistics y Correlograma Squared Residuals. Ambas pruebas poseen valores de probabilidad mayores al 5% con 36 rezagos.

**Modelo EGARCH 2,1,2 para Aguas Andinas a 96 meses con data diaria**

Dependent Variable: CREC  
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)  
Date: 09/05/23 Time: 00:34  
Sample (adjusted): 1/09/2015 12/20/2022  
Included observations: 1981 after adjustments  
Failure to improve likelihood (singular hessian) after 170 iterations  
Coefficient covariance computed using outer product of gradients  
MA Backcast: 1/05/2015 1/08/2015  
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)  
LOG(GARCH) = C(10) + C(11)\*ABS(RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1))) +  
C(12)\*ABS(RESID(-2)/@SQRT(GARCH(-2))) + C(13)\*RESID(-1)  
/@SQRT(GARCH(-1)) + C(14)\*LOG(GARCH(-1)) + C(15)\*LOG(GARCH(-2))

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C        | 0.000294    | 0.000218   | 1.348393    | 0.1775 |
| AR(1)    | -0.771090   | 0.309350   | -2.492615   | 0.0127 |
| AR(2)    | -0.623627   | 0.358964   | -1.737298   | 0.0823 |
| AR(3)    | -0.503726   | 0.326447   | -1.543056   | 0.1228 |
| AR(4)    | 0.341554    | 0.275980   | 1.237601    | 0.2159 |
| MA(1)    | 0.770322    | 0.301655   | 2.553647    | 0.0107 |
| MA(2)    | 0.611624    | 0.361139   | 1.693595    | 0.0903 |
| MA(3)    | 0.452827    | 0.333927   | 1.356064    | 0.1751 |
| MA(4)    | -0.383135   | 0.273471   | -1.401009   | 0.1612 |

Variance Equation

|       |           |          |           |        |
|-------|-----------|----------|-----------|--------|
| C(10) | -0.041198 | 0.005871 | -7.016973 | 0.0000 |
| C(11) | 0.566925  | 0.021633 | 26.20637  | 0.0000 |
| C(12) | -0.543305 | 0.021135 | -25.70646 | 0.0000 |
| C(13) | -0.032235 | 0.003755 | -8.585509 | 0.0000 |
| C(14) | 1.635119  | 0.029962 | 54.57230  | 0.0000 |
| C(15) | -0.637977 | 0.029766 | -21.43289 | 0.0000 |

|                    |          |                       |           |  |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|--|
| R-squared          | 0.005824 | Mean dependent var    | 1.95E-05  |  |
| Adjusted R-squared | 0.001791 | S.D. dependent var    | 0.018175  |  |
| S.E. of regression | 0.018159 | Akaike info criterion | -5.744763 |  |
| Sum squared resid  | 0.650235 | Schwarz criterion     | -5.702425 |  |
| Log likelihood     | 5705.187 | Hannan-Quinn criter.  | -5.729210 |  |
| Durbin-Watson stat | 2.032691 |                       |           |  |

|                   |     |           |           |       |
|-------------------|-----|-----------|-----------|-------|
| Inverted AR Roots | .38 | -.08+.95i | -.08-.95i | -1.00 |
| Inverted MA Roots | .42 | -.10+.95i | -.10-.95i | -1.00 |

**Figura 5-14 - Test EGARCH 2,1,2 - Aguas Andinas 96 Meses con data diaria**

### Correlograma Q Statistics, EGARCH 2,1,2 para Aguas Andinas

Date: 09/05/23 Time: 00:36  
Sample (adjusted): 1/09/2015 12/20/2022  
Q-statistic probabilities adjusted for 8 ARMA terms

| Autocorrelation | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob* |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.016  | 0.016  | 0.5083 |       |
|                 |                     | 2  | 0.023  | 0.023  | 1.5778 |       |
|                 |                     | 3  | -0.000 | -0.001 | 1.5780 |       |
|                 |                     | 4  | 0.014  | 0.014  | 1.9817 |       |
|                 |                     | 5  | 0.003  | 0.003  | 2.0059 |       |
|                 |                     | 6  | 0.014  | 0.013  | 2.4050 |       |
|                 |                     | 7  | 0.002  | 0.002  | 2.4141 |       |
|                 |                     | 8  | -0.019 | -0.020 | 3.1413 |       |
|                 |                     | 9  | 0.002  | 0.003  | 3.1537 | 0.076 |
|                 |                     | 10 | -0.025 | -0.025 | 4.4334 | 0.109 |
|                 |                     | 11 | 0.023  | 0.023  | 5.4686 | 0.141 |
|                 |                     | 12 | -0.022 | -0.021 | 6.4287 | 0.169 |
|                 |                     | 13 | -0.016 | -0.016 | 6.9303 | 0.226 |
|                 |                     | 14 | -0.030 | -0.027 | 8.6916 | 0.192 |
|                 |                     | 15 | 0.029  | 0.030  | 10.323 | 0.171 |
|                 |                     | 16 | -0.044 | -0.043 | 14.245 | 0.076 |
|                 |                     | 17 | 0.008  | 0.008  | 14.371 | 0.110 |
|                 |                     | 18 | -0.031 | -0.029 | 16.247 | 0.093 |
|                 |                     | 19 | -0.015 | -0.013 | 16.699 | 0.117 |
|                 |                     | 20 | -0.029 | -0.027 | 18.378 | 0.105 |
|                 |                     | 21 | -0.001 | 0.001  | 18.380 | 0.144 |
|                 |                     | 22 | 0.019  | 0.019  | 19.106 | 0.161 |
|                 |                     | 23 | -0.015 | -0.014 | 19.551 | 0.190 |
|                 |                     | 24 | -0.003 | -0.005 | 19.571 | 0.240 |
|                 |                     | 25 | 0.026  | 0.030  | 20.918 | 0.230 |
|                 |                     | 26 | -0.019 | -0.026 | 21.665 | 0.247 |
|                 |                     | 27 | -0.013 | -0.011 | 22.030 | 0.283 |
|                 |                     | 28 | -0.025 | -0.029 | 23.325 | 0.273 |
|                 |                     | 29 | -0.000 | 0.003  | 23.325 | 0.327 |
|                 |                     | 30 | 0.014  | 0.011  | 23.702 | 0.363 |
|                 |                     | 31 | 0.004  | 0.005  | 23.731 | 0.419 |
|                 |                     | 32 | 0.030  | 0.026  | 25.522 | 0.378 |
|                 |                     | 33 | 0.002  | 0.002  | 25.532 | 0.433 |
|                 |                     | 34 | 0.013  | 0.009  | 25.886 | 0.469 |
|                 |                     | 35 | -0.019 | -0.017 | 26.579 | 0.487 |
|                 |                     | 36 | 0.008  | 0.001  | 26.700 | 0.535 |

Figura 5-15 - Correlograma Q-Statistic (EGARCH 52,1,2) - Aguas Andinas 96 meses con data diaria

### Correlograma Squared Residuals, EGARCH 2,1,2 para Aguas Andinas

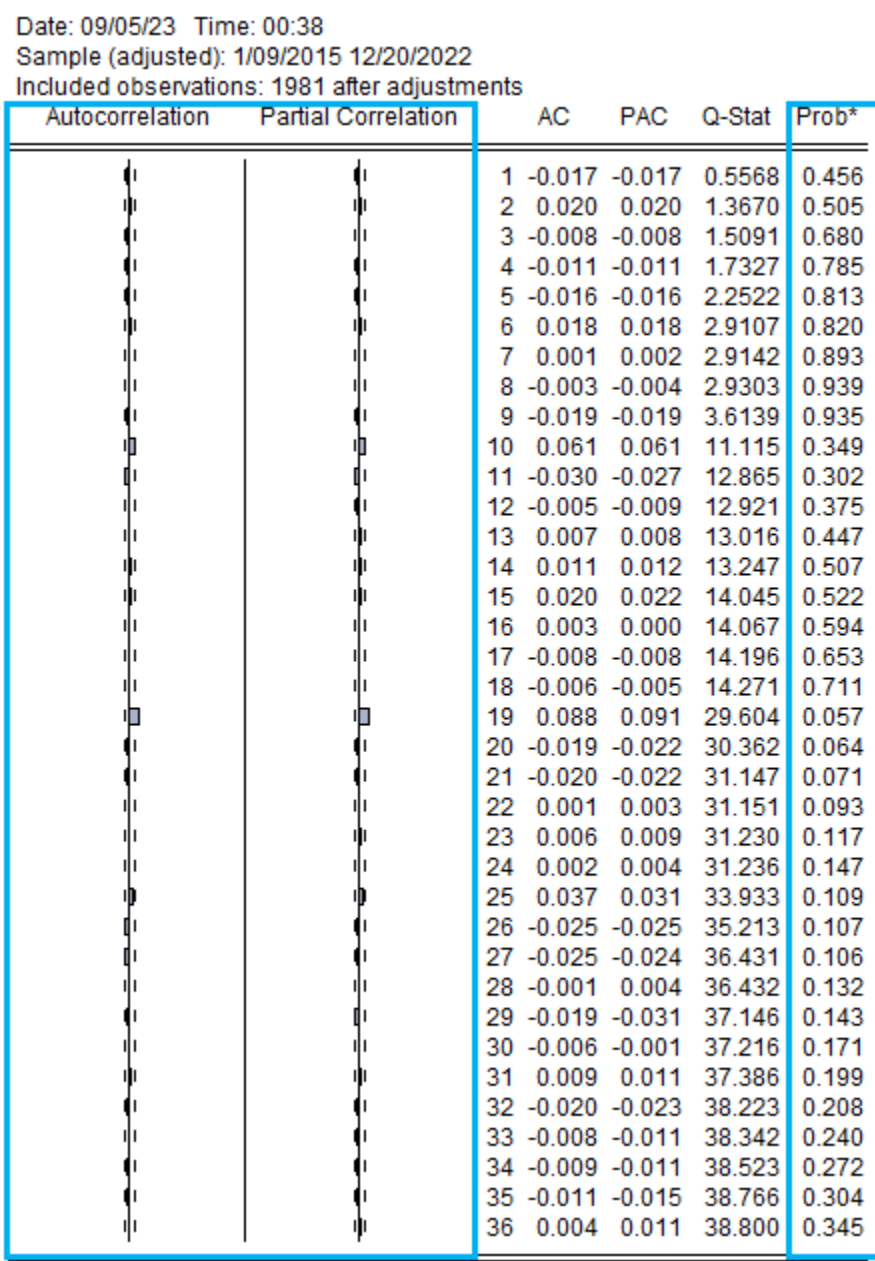


**Figura 5-15** - Correlograma Square Residuals (EGARCH 2,1,2) – Aguas Andinas 96 meses con data diaria.

### Resumen modelo obtenido para Aguas Andinas con EGARCH 2,1,2

```
Estimation Command:
=====
ARCH(2, 2, ASY=1, THRSH=3, EGARCH) CREC C AR(1 TO 4) MA(1 TO 4)

Estimation Equation:
=====
CREC = C(1) + [AR(1)=C(2),AR(2)=C(3),AR(3)=C(4),AR(4)=C(5),MA(1)=C(6),MA(2)=C(7),MA(3)=C(8),MA(4)=C(9),BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

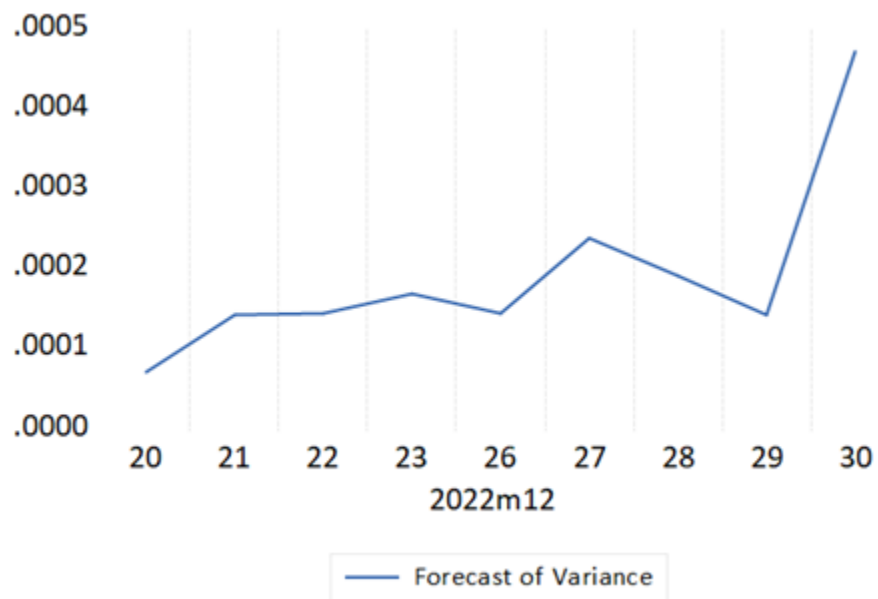
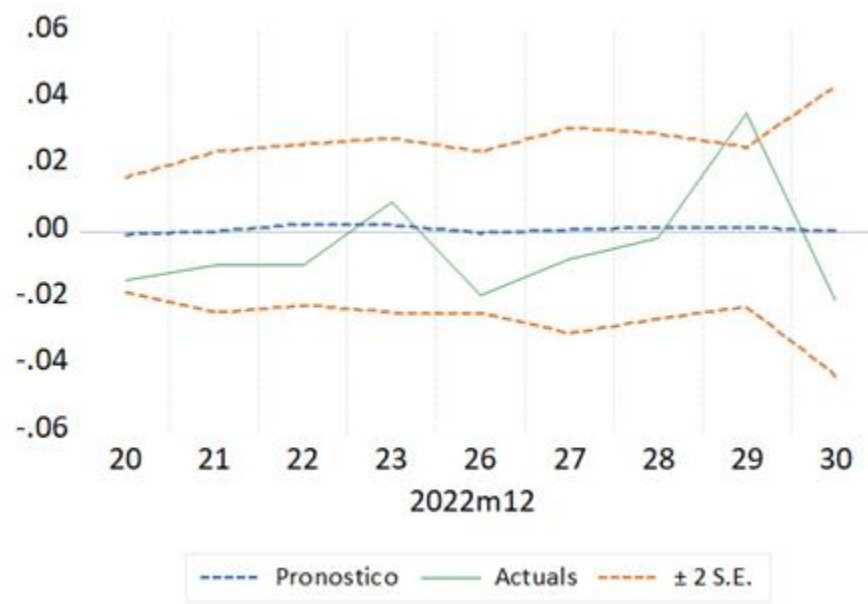
LOG(GARCH) = C(10) + C(11)*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) + C(12)*ABS(RESID(-2))/@SQRT(GARCH(-2))) + C(13)*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + C(14)*LOG(GARCH(-1)) + C(15)*LOG(GARCH(-2))

Substituted Coefficients:
=====
CREC = 0.00029443166156 + [AR(1)=-0.771089828092,AR(2)=-0.623626920242,AR(3)=-0.503726330588,AR(4)=0.341553634822,MA(1)=0.77032157138,MA(2)=0.611623608899,MA(3)=0.452827170144,MA(4)=-0.383135188677,BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

LOG(GARCH) = -0.0411982354113 + 0.566925221675*ABS(RESID(-1))/@SQRT(GARCH(-1))) - 0.543305423955*ABS(RESID(-2))/@SQRT(GARCH(-2))) - 0.0322350852185*RESID(-1)/@SQRT(GARCH(-1)) + 1.63511908396*LOG(GARCH(-1)) - 0.637977106409*LOG(GARCH(-2))
```

**Figura 5-17** - Representación del modelo (EGARCH 2,1,2) – Aguas Andinas 96 meses con data diaria.

***Pronóstico para Aguas Andinas últimos 10 periodos***



|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Forecast: CRECF                       |          |
| Actual: CREC                          |          |
| Forecast sample: 12/20/2022 12/30/... |          |
| Included observations: 9              |          |
| Root Mean Squared Error               | 0.016703 |
| Mean Absolute Error                   | 0.014235 |
| Mean Abs. Percent Error               | 105.3196 |
| Theil Inequality Coef.                | 0.917317 |
| Bias Proportion                       | 0.088243 |
| Variance Proportion                   | 0.861519 |
| Covariance Proportion                 | 0.050238 |
| Theil U2 Coefficient                  | 0.900058 |
| Symmetric MAPE                        | 186.1139 |

**Figura 5-18** - *Pronóstico período 20/12/2022 al 30/12/2022 para Aguas Andinas – 96 meses con data diaria*

## 6.2. CAP, data semanal a 60 meses (Con pandemia)

### *Análisis precio de Cierre de las Acciones de CAP a 36 meses con data semanal*

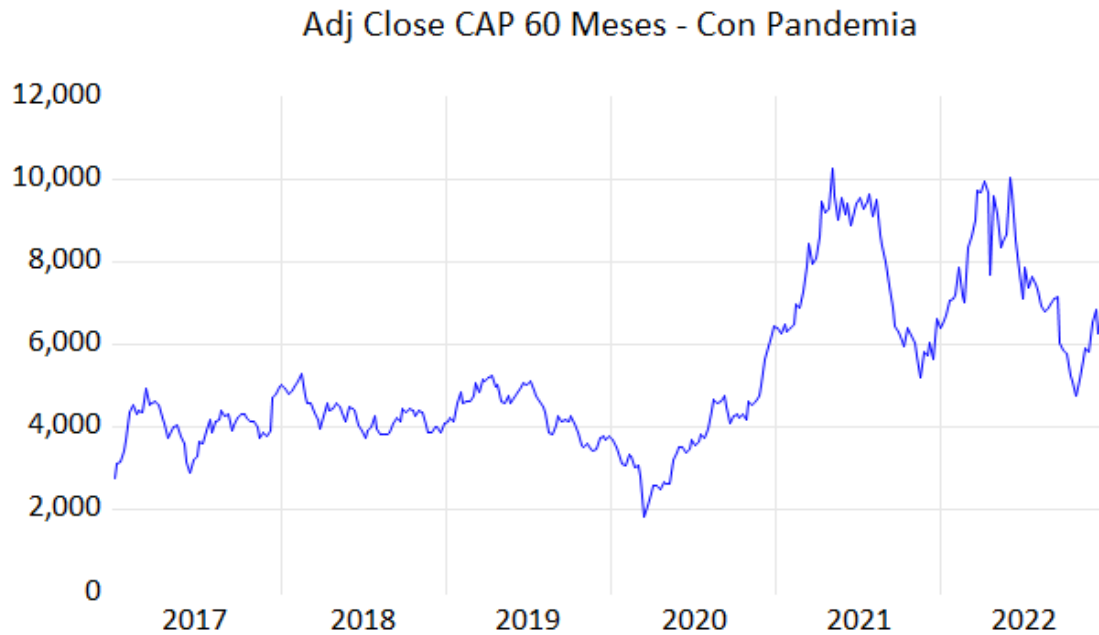


**Figura 5-19:** Grafico Data Original CAP - 60 meses con data semanal

Desde 2017 al 2019 se aprecia una cierta ciclicidad en la data, con tendencia a aumentar. Además, se aprecia una gran volatilidad con tendencia, pero lejos de ser presentar una media y variabilidad constante. Desde 2020 al 2021 se aprecia un aumento en los precios de las acciones, mostrando un patrón de ciclicidad hacia el 2022.

### ***Análisis del Correlograma de CAP para el precio de Cierre de las acciones.***

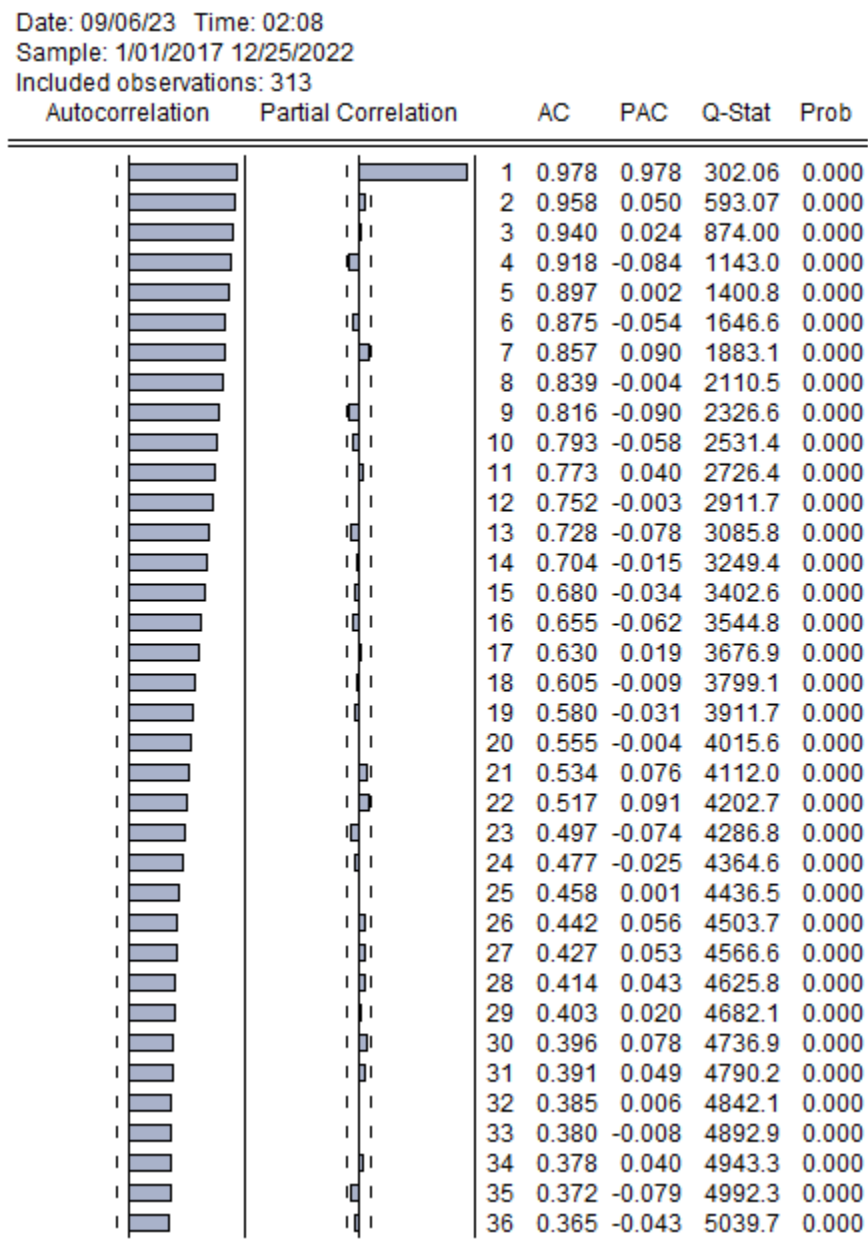


**Figura 5-20:** *Grafico Data Original CAP - 60 meses con data semanal*

Se aprecia que varios de los rezagos están fuera de los límites de especificación. Además, todos los valores de los rezagos reflejan una probabilidad menor al 5% por lo tanto la serie No es Estacionaria.

### Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para CAP

|                                                     |  |             |                       |             |          |
|-----------------------------------------------------|--|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: ADJ_CLOSE has a unit root          |  |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant                                 |  |             |                       |             |          |
| Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=15) |  |             |                       |             |          |
|                                                     |  |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |  |             |                       | -1.888589   | 0.3375   |
| Test critical values:                               |  |             |                       |             |          |
| 1% level                                            |  |             |                       | -3.451146   |          |
| 5% level                                            |  |             |                       | -2.870591   |          |
| 10% level                                           |  |             |                       | -2.571663   |          |
| *Mackinnon (1996) one-sided p-values.               |  |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation               |  |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(ADJ_CLOSE)                    |  |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                               |  |             |                       |             |          |
| Date: 09/06/23 Time: 02:09                          |  |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 1/08/2017 12/25/2022             |  |             |                       |             |          |
| Included observations: 312 after adjustments        |  |             |                       |             |          |
| Variable                                            |  | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| ADJ_CLOSE(-1)                                       |  | -0.020624   | 0.010920              | -1.888589   | 0.0599   |
| C                                                   |  | 120.9557    | 61.06560              | 1.980750    | 0.0485   |
| R-squared                                           |  | 0.011375    | Mean dependent var    |             | 12.38087 |
| Adjusted R-squared                                  |  | 0.008186    | S.D. dependent var    |             | 365.1759 |
| S.E. of regression                                  |  | 363.6783    | Akaike info criterion |             | 14.63681 |
| Sum squared resid                                   |  | 41001182    | Schwarz criterion     |             | 14.66080 |
| Log likelihood                                      |  | -2281.342   | Hannan-Quinn criter.  |             | 14.64640 |
| F-statistic                                         |  | 3.566768    | Durbin-Watson stat    |             | 2.087518 |
| Prob(F-statistic)                                   |  | 0.059880    |                       |             |          |

**Figura 5-21:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) CAP 60 meses con data semanal

Esta prueba es complementaria a lo obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se acepta la hipótesis nula, es decir, la serie No es estacionaria, luego la media y la varianza tienden a ser variables.

### ***Primera diferencia logarítmica para la data de CAP***

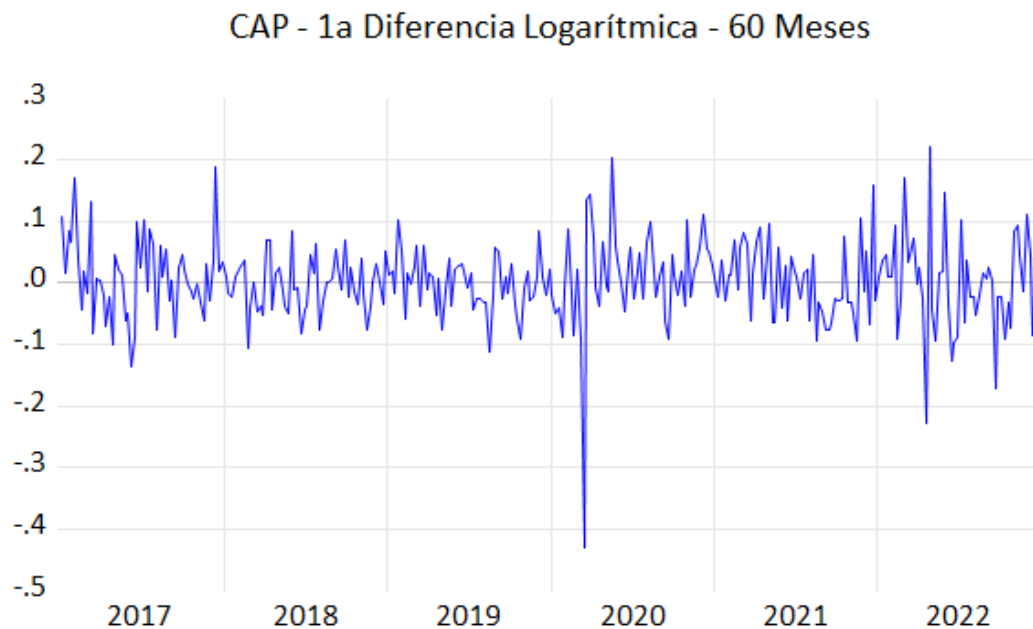


**Figura 5-22:** *Grafico 1a Diferencia Logarítmica para CAP - 60 meses con data semanal*

La primera diferencia logarítmica es una transformación útil para estabilizar la varianza y convertir una serie de tiempo no estacionaria en una serie estacionaria, lo que facilita su análisis y modelado.

Acá se aprecia que la media tiende a ser lineal a lo largo del tiempo. Se precia un outlier a fines del 2019. Además, se puede ver que la varianza tiende a estabilizarse, sin embargo, se requiere de otras pruebas para ver si efectivamente la serie es estacionara producto de la aplicación de la primera diferencia logarítmica.

### Correlograma para la primera diferencia logarítmica de CAP

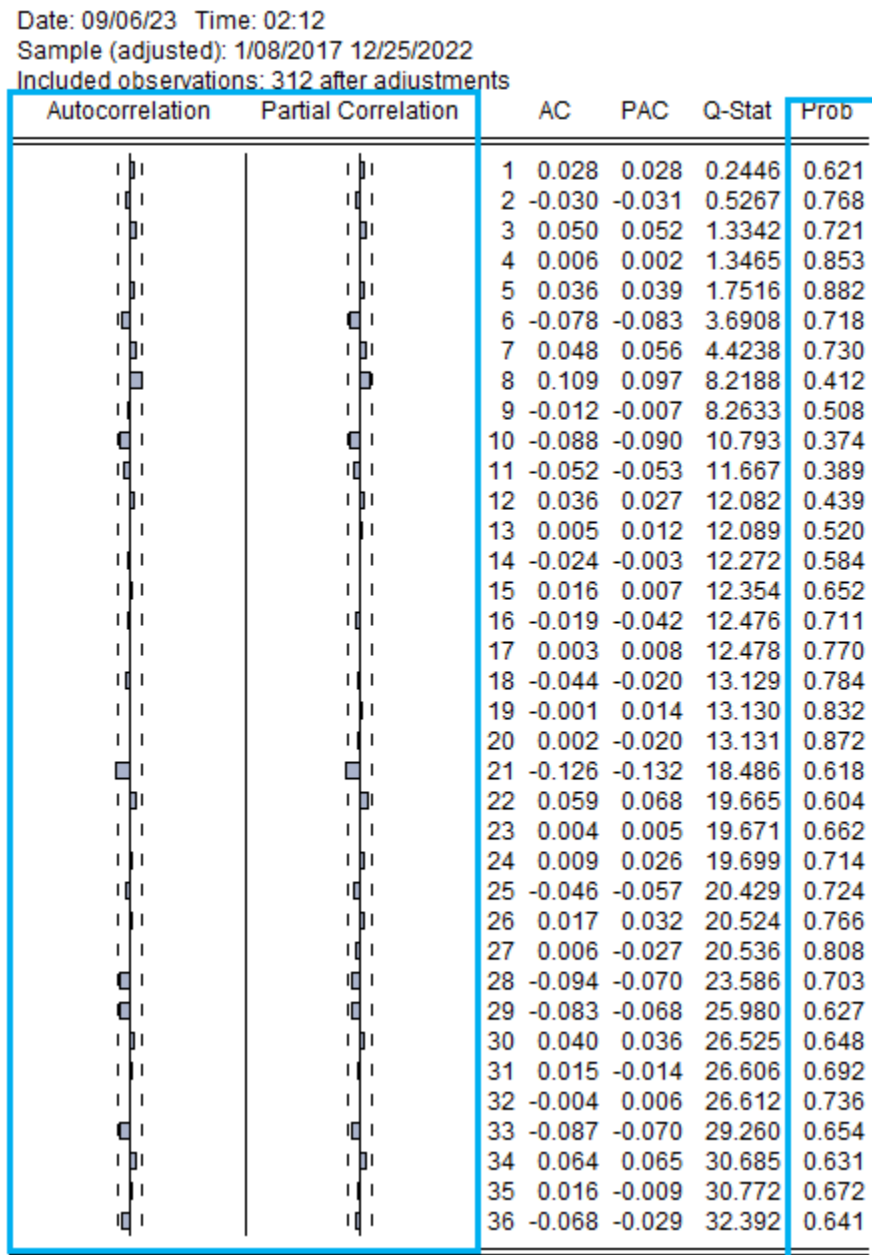


**Figura 5-23:** Correlograma de la 1ª Diferencia logarítmica CAP – 60 meses con data semanal

Se aprecia que todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, lo que nos indica que la serie es Estacionaria, sin embargo, se debe corroborar con otras pruebas.

**Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para corroborar Estacionariedad en Primera Diferencia Logarítmica para CAP**

|                                                     |             |                       |             |           |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: CREC has a unit root               |             |                       |             |           |
| Exogenous: Constant                                 |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=15) |             |                       |             |           |
|                                                     |             | t-Statistic           | Prob.*      |           |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |             | -17.16871             | 0.0000      |           |
| Test critical values:                               | 1% level    | -3.451214             |             |           |
|                                                     | 5% level    | -2.870621             |             |           |
|                                                     | 10% level   | -2.571679             |             |           |
| *Mackinnon (1996) one-sided p-values.               |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation               |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(CREC)                         |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                               |             |                       |             |           |
| Date: 09/06/23 Time: 02:13                          |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 1/15/2017 12/25/2022             |             |                       |             |           |
| Included observations: 311 after adjustments        |             |                       |             |           |
| Variable                                            | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| CREC(-1)                                            | -0.972134   | 0.056622              | -17.16871   | 0.0000    |
| C                                                   | 0.002369    | 0.003698              | 0.640480    | 0.5223    |
| R-squared                                           | 0.488211    | Mean dependent var    |             | -0.000347 |
| Adjusted R-squared                                  | 0.486555    | S.D. dependent var    |             | 0.090936  |
| S.E. of regression                                  | 0.065160    | Akaike info criterion |             | -2.617530 |
| Sum squared resid                                   | 1.311962    | Schwarz criterion     |             | -2.593480 |
| Log likelihood                                      | 409.0260    | Hannan-Quinn criter.  |             | -2.607917 |
| F-statistic                                         | 294.7647    | Durbin-Watson stat    |             | 2.000027  |
| Prob(F-statistic)                                   | 0.000000    |                       |             |           |

**Figura 5-24:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) 1a diferencia Logarítmica CAP – 60 meses con data semanal

Esta prueba es complementaria al obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es menor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es estacionaria.

**Matriz Akaike, determinar mejor ARIMA para CAP**

| AIC_ARMA                       |           |           |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                | C1        | C2        | C3        | C4        | C5        |
| Last updated: 09/06/23 - 02:14 |           |           |           |           |           |
| R1                             | -2.617830 | -2.612254 | -2.606943 | -2.603968 | -2.597609 |
| R2                             | -2.612201 | -2.610769 | -2.604848 | -2.598968 | -2.592710 |
| R3                             | -2.606735 | -2.604881 | -2.625452 | -2.607561 | -2.601153 |
| R4                             | -2.603123 | -2.599007 | -2.607433 | -2.602539 | -2.596944 |
| R5                             | -2.596717 | -2.592641 | -2.601178 | -2.596943 | -2.591033 |

**Figura 5-25:** Matriz Akaike – Menor valor para ARIMA (2,1,2) para CAP – 60 meses con data semanal

**Comprobación Akaike 2,1,2 para CAP**

Dependent Variable: CREC  
Method: ARMA Generalized Least Squares (Gauss-Newton)  
Date: 09/06/23 Time: 02:18  
Sample: 1/08/2017 12/25/2022  
Included observations: 312  
Failure to improve objective (non-zero gradients) after 96 iterations  
Coefficient covariance computed using outer product of gradients  
d.f. adjustment for standard errors & covariance

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| C                  | 0.002773    | 0.003745              | 0.740474    | 0.4596    |
| AR(1)              | -0.231184   | 0.017980              | -12.85804   | 0.0000    |
| AR(2)              | -0.976676   | 0.019028              | -51.32964   | 0.0000    |
| MA(1)              | 0.277205    | 1.701346              | 0.162933    | 0.8707    |
| MA(2)              | 1.000000    | 12.27831              | 0.081444    | 0.9351    |
| R-squared          | 0.046335    | Mean dependent var    |             | 0.002788  |
| Adjusted R-squared | 0.033909    | S.D. dependent var    |             | 0.065255  |
| S.E. of regression | 0.064139    | Akaike info criterion |             | -2.625452 |
| Sum squared resid  | 1.262941    | Schwarz criterion     |             | -2.565468 |
| Log likelihood     | 414.5705    | Hannan-Quinn criter.  |             | -2.601478 |
| F-statistic        | 3.728969    | Durbin-Watson stat    |             | 2.014153  |
| Prob(F-statistic)  | 0.005577    |                       |             |           |
| Inverted AR Roots  | -.12-.98i   | -.12+.98i             |             |           |
| Inverted MA Roots  | -.14-.99i   | -.14+.99i             |             |           |

**Figura 5-26:** Corroboramos Akaike para ARIMA Y Raíces Unitarias Inversas – CAP 60 meses con data semanal

*Aplicar Arma Structure para corroborar que las soluciones están dentro del círculo de radio unitario*

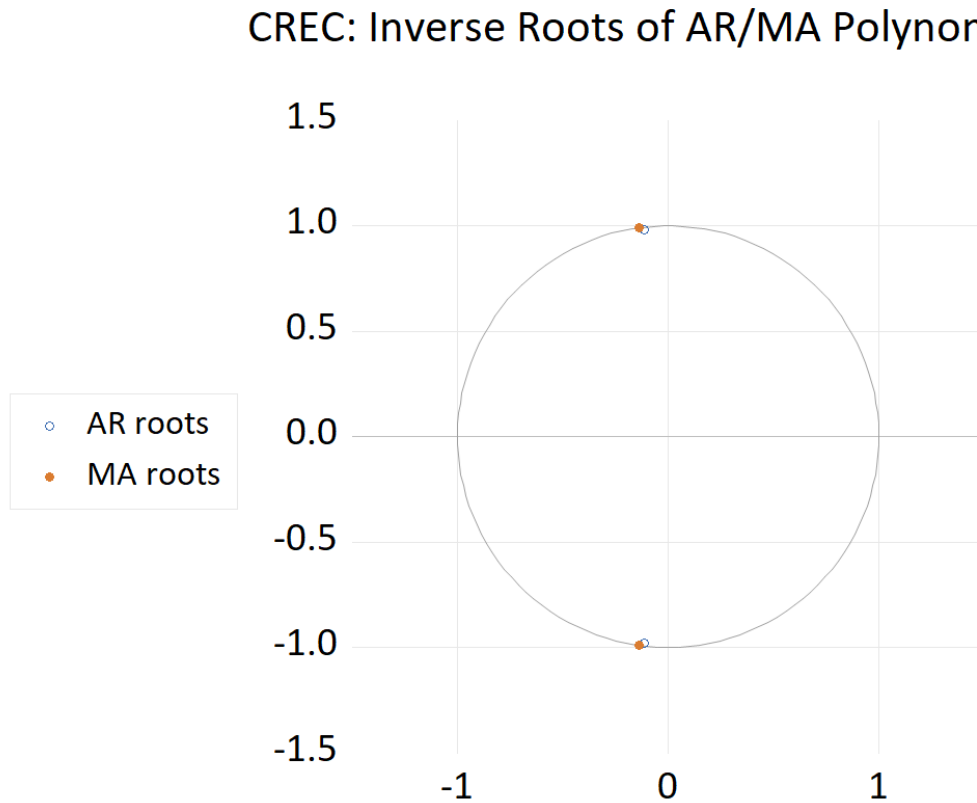


**Figura 5-27:** *Inverse Root test para ARIMA 2,1,2 – CAP 60 meses con data semanal*

### Test de correlación para CAP

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

|               |          |                     |        |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic   | 1.018013 | Prob. F(2,305)      | 0.3625 |
| Obs*R-squared | 2.068944 | Prob. Chi-Square(2) | 0.3554 |

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: Least Squares  
Date: 09/06/23 Time: 02:20  
Sample: 1/08/2017 12/25/2022  
Included observations: 312  
Coefficient covariance computed using outer product of gradients  
Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | -5.41E-08   | 0.000238              | -0.000227   | 0.9998 |
| AR(1)              | 0.001272    | 0.001193              | 1.065743    | 0.2874 |
| AR(2)              | 0.000753    | 0.001245              | 0.604989    | 0.5456 |
| MA(1)              | -0.148461   | 0.111274              | -1.334194   | 0.1831 |
| MA(2)              | -1.071676   | 0.803076              | -1.334464   | 0.1830 |
| RESID(-1)          | 0.009381    | 0.060027              | 0.156280    | 0.8759 |
| RESID(-2)          | -0.011597   | 0.059658              | -0.194385   | 0.8460 |
| R-squared          | 0.006631    | Mean dependent var    | -1.30E-05   |        |
| Adjusted R-squared | -0.012910   | S.D. dependent var    | 0.063725    |        |
| S.E. of regression | 0.064135    | Akaike info criterion | -2.633465   |        |
| Sum squared resid  | 1.254566    | Schwarz criterion     | -2.549487   |        |
| Log likelihood     | 417.8205    | Hannan-Quinn criter.  | -2.599901   |        |
| F-statistic        | 0.339336    | Durbin-Watson stat    | 1.993693    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.915747    |                       |             |        |

**Figura 5-28:** Test Correlación – CAP 60 meses con data semanal

Esta Prueba establece como hipótesis nula que No hay existe Correlación en la serie. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, existe correlación en la serie.

### Test Heterocedasticidad para CAP

| Heteroskedasticity Test: ARCH                |             |                       |             |        |
|----------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| F-statistic                                  | 6.785004    | Prob. F(1,309)        | 0.0096      |        |
| Obs*R-squared                                | 6.682193    | Prob. Chi-Square(1)   | 0.0097      |        |
| Test Equation:                               |             |                       |             |        |
| Dependent Variable: RESID^2                  |             |                       |             |        |
| Method: Least Squares                        |             |                       |             |        |
| Date: 09/06/23 Time: 02:21                   |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 1/15/2017 12/25/2022      |             |                       |             |        |
| Included observations: 311 after adjustments |             |                       |             |        |
| Variable                                     | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
| C                                            | 0.003431    | 0.000714              | 4.806544    | 0.0000 |
| RESID^2(-1)                                  | 0.146535    | 0.056256              | 2.604804    | 0.0096 |
| R-squared                                    | 0.021486    | Mean dependent var    | 0.004026    |        |
| Adjusted R-squared                           | 0.018319    | S.D. dependent var    | 0.012039    |        |
| S.E. of regression                           | 0.011928    | Akaike info criterion | -6.013443   |        |
| Sum squared resid                            | 0.043964    | Schwarz criterion     | -5.989393   |        |
| Log likelihood                               | 937.0904    | Hannan-Quinn criter.  | -6.003830   |        |
| F-statistic                                  | 6.785004    | Durbin-Watson stat    | 2.007449    |        |
| Prob(F-statistic)                            | 0.009637    |                       |             |        |

**Figura 5-29 - Test Heterocedasticidad – CAP 60 meses**

Esta Prueba establece como hipótesis nula que existe Homocedasticidad. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es Heterocedástica.

Si bien no se cumple el principio de Homocedasticidad, se debe recurrir a modelos ARCH, GARCH y Derivados para modelar la volatilidad de la serie, es decir, la varianza de los rendimientos cambia con el tiempo y no se ajustan a las condiciones reales del mercado.

### Correlograma Squared Residuals para Akaike 2,1,2 para CAP

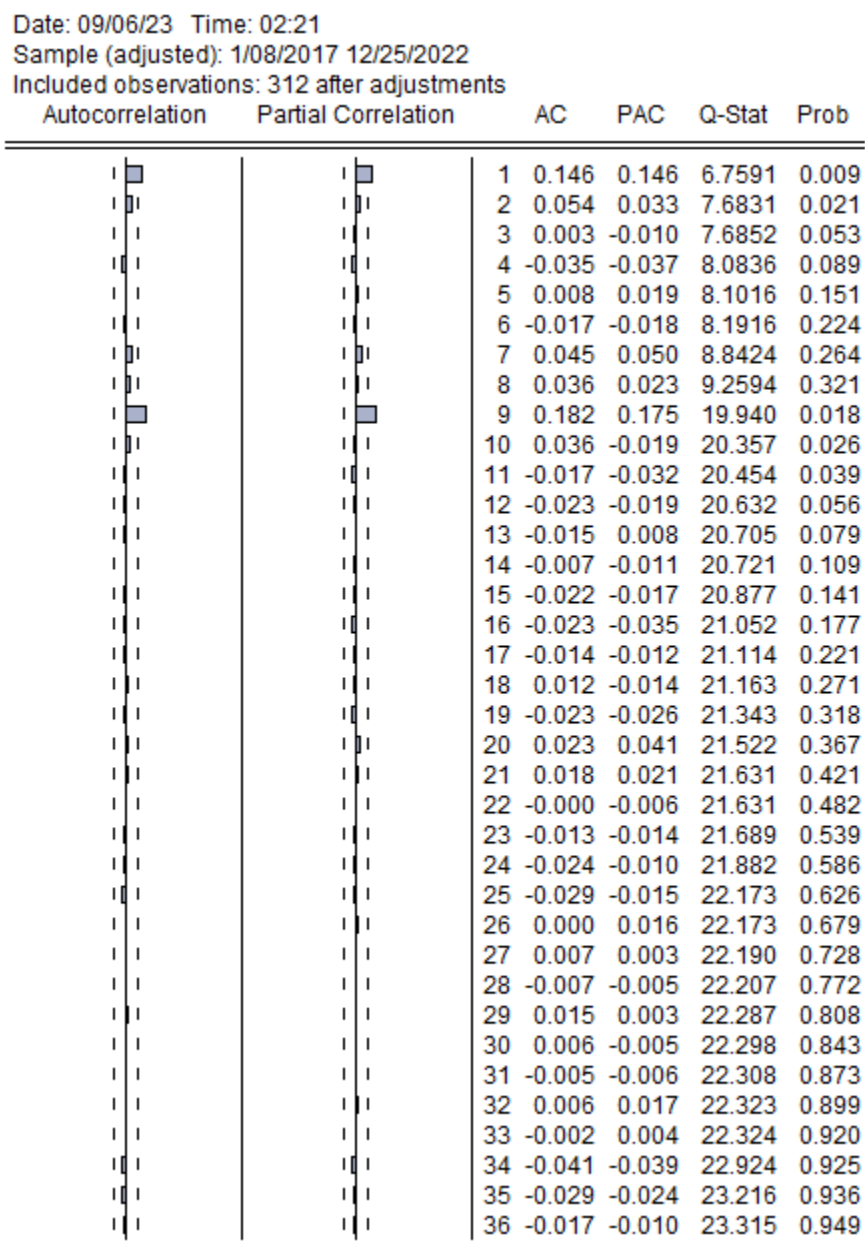


**Figura 5-30 - Test Squared Residuals – CAP 96 meses con data semanal.**

Se aprecia que no todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, lo que nos indica que la serie es Estacionaria, sin embargo, los valores de Probabilidad son todos mayores a 5%, por lo tanto, la serie no es Ruido Blanco.

### Iteración de Modelos ARCH, GARCH y Derivados para CAP

| RESUMEN ITERACION ARCH GARCH Y DERIVADOS - CAP 60 Meses |                |                                           |                |                |                |
|---------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ARCH 1                                                  | -2.666953      | Ecuación de la media Modelo ARIMA (2,1,2) |                |                |                |
| ARCH 2                                                  | -2.660632      |                                           |                |                |                |
| ARCH 3                                                  | -2.650984      |                                           |                |                |                |
| ARCH 4                                                  | -2.664511      |                                           |                |                |                |
| ARCH 5                                                  | -2.662026      |                                           |                |                |                |
| GARCH (X,Y)                                             | GARCH (X,1)    | GARCH (X,2)                               | GARCH (X,3)    | GARCH (X,4)    | GARCH (X,5)    |
| GARCH (1,Y)                                             | -2.641965      | -2.668225                                 | -2.669998      | -2.698394      | -2.687457      |
| GARCH (2,Y)                                             | -2.655813      | -2.654772                                 | -2.679422      | -2.693504      | -2.697232      |
| GARCH (3,Y)                                             | -2.650407      | -2.664652                                 | -2.645247      | -2.679332      | -2.679575      |
| GARCH (4,Y)                                             | -2.658748      | -2.641453                                 | -2.636036      | -2.628454      | -2.612893      |
| GARCH (5,Y)                                             | -2.613156      | -2.675580                                 | -2.598602      | -2.622291      | -2.600148      |
| TGARCH (X,1,Y)                                          | TGARCH (X,1,1) | TGARCH (X,1,2)                            | TGARCH (X,1,3) | TGARCH (X,1,4) | TGARCH (X,1,5) |
| TGARCH (1,1,Y)                                          | -2.713303      | -2.709162                                 | -2.708373      | -2.702871      | -2.707695      |
| TGARCH (2,1,Y)                                          | -2.705320      | -2.700094                                 | -2.707419      | -2.718026      | -2.720366      |
| TGARCH (3,1,Y)                                          | -2.711246      | -2.707831                                 | -2.678604      | -2.679671      | -2.668212      |
| TGARCH (4,1,Y)                                          | -2.677140      | -2.665862                                 | -2.616637      | -2.645268      | -2.599741      |
| TGARCH (5,1,Y)                                          | -2.659338      | -2.725927                                 | -2.661609      | -2.649518      | -2.658297      |
| TGARCH (X,2,Y)                                          | TGARCH (X,2,1) | TGARCH (X,2,2)                            | TGARCH (X,2,3) | TGARCH (X,2,4) | TGARCH (X,2,5) |
| TGARCH (1,2,Y)                                          | -2.730957      | -2.702779                                 | -2.711951      | -2.708453      | -2.697481      |
| TGARCH (2,2,Y)                                          | -2.725757      | -2.699901                                 | -2.699358      | -2.717618      | -2.727283      |
| TGARCH (3,2,Y)                                          | -2.704104      | -2.704221                                 | -2.689931      | -2.680131      | -2.671659      |
| TGARCH (4,2,Y)                                          | -2.632134      | -2.620151                                 | -2.619757      | -2.623079      | -2.695623      |
| TGARCH (5,2,Y)                                          | -2.692026      | -2.666980                                 | -2.622661      | -2.625965      | -2.614741      |
| EGARCH (X,1,Y)                                          | EGARCH (X,1,1) | EGARCH (X,1,2)                            | EGARCH (X,1,3) | EGARCH (X,1,4) | EGARCH (X,1,5) |
| EGARCH (1,1,Y)                                          | -2.710155      | -2.750396                                 | -2.743111      | -2.735292      | -2.761137      |
| EGARCH (2,1,Y)                                          | -2.703773      | -2.796640                                 | -2.753314      | -2.772276      | -2.815572      |
| EGARCH (3,1,Y)                                          | -2.734291      | -2.831046                                 | -2.762961      | -2.800113      | -2.750859      |
| EGARCH (4,1,Y)                                          | -2.727267      | -2.785790                                 | -2.785223      | -2.780502      | -2.763183      |
| EGARCH (5,1,Y)                                          | -2.685093      | -2.716420                                 | -2.804374      | -2.747183      | -2.749765      |

Figura 5-31 - Iteración ARCH GARCH y Derivados – CAP 60 meses con data semanal

El mejor modelo es un ARCH 1 comprobado por Correlograma Q-Statistics y Correlograma Squared Residuals. Ambas pruebas poseen valores de probabilidad mayores al 5% con 36 rezagos.

**Modelo ARCH 1 para CAP a 60 meses con data semanal**

Dependent Variable: CREC  
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)  
Date: 09/06/23 Time: 02:33  
Sample (adjusted): 1/22/2017 11/20/2022  
Included observations: 305 after adjustments  
Convergence achieved after 29 iterations  
Coefficient covariance computed using outer product of gradients  
MA Backcast: 1/08/2017 1/15/2017  
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)  
GARCH = C(6) + C(7)\*RESID(-1)^2

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C        | 0.003905    | 0.004383   | 0.890799    | 0.3730 |
| AR(1)    | 0.209061    | 0.396982   | 0.526626    | 0.5985 |
| AR(2)    | 0.468854    | 0.215453   | 2.176135    | 0.0295 |
| MA(1)    | -0.106313   | 0.379267   | -0.280312   | 0.7792 |
| MA(2)    | -0.532475   | 0.187426   | -2.840984   | 0.0045 |

| Variance Equation |          |          |          |        |
|-------------------|----------|----------|----------|--------|
| C                 | 0.003065 | 0.000256 | 11.99457 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2       | 0.280876 | 0.057938 | 4.847896 | 0.0000 |

|                    |          |                       |           |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared          | 0.013654 | Mean dependent var    | 0.002017  |
| Adjusted R-squared | 0.000502 | S.D. dependent var    | 0.065101  |
| S.E. of regression | 0.065085 | Akaike info criterion | -2.666953 |
| Sum squared resid  | 1.270821 | Schwarz criterion     | -2.581569 |
| Log likelihood     | 413.7104 | Hannan-Quinn criter.  | -2.632801 |
| Durbin-Watson stat | 2.150455 |                       |           |

|                   |     |      |
|-------------------|-----|------|
| Inverted AR Roots | .80 | -.59 |
| Inverted MA Roots | .78 | -.68 |

**Figura 5-32 - Test ARCH 1 - CAP 60 meses con data semanal**

# **Correlograma Q Statistics, ARCH 1 para CAP**

Date: 09/06/23 Time: 02:33

Sample (adjusted): 1/22/2017 11/20/2022

Q-statistic probabilities adjusted for 4 ARMA terms

| Autocorrelation                                                                     | Partial Correlation                                                                 | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob* |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|--------|-------|
|    |    | 1 -0.019  | -0.019 | 0.1074 |       |
|    |    | 2 0.027   | 0.027  | 0.3346 |       |
|    |    | 3 0.007   | 0.008  | 0.3519 |       |
|    |    | 4 -0.011  | -0.011 | 0.3883 |       |
|    |    | 5 0.016   | 0.015  | 0.4682 | 0.494 |
|    |    | 6 -0.068  | -0.067 | 1.9222 | 0.382 |
|    |    | 7 0.006   | 0.003  | 1.9333 | 0.586 |
|    |    | 8 0.116   | 0.121  | 6.2035 | 0.184 |
|    |    | 9 0.002   | 0.007  | 6.2043 | 0.287 |
|    |    | 10 -0.064 | -0.074 | 7.5119 | 0.276 |
|    |    | 11 -0.042 | -0.045 | 8.0615 | 0.327 |
|    |    | 12 0.022  | 0.024  | 8.2150 | 0.413 |
|    |    | 13 0.008  | 0.012  | 8.2378 | 0.510 |
|    |    | 14 -0.001 | 0.013  | 8.2383 | 0.606 |
|   |   | 15 0.017  | 0.017  | 8.3361 | 0.683 |
|  |  | 16 -0.021 | -0.045 | 8.4796 | 0.747 |
|  |  | 17 0.009  | -0.000 | 8.5080 | 0.809 |
|  |  | 18 -0.072 | -0.051 | 10.220 | 0.746 |
|  |  | 19 -0.008 | 0.002  | 10.243 | 0.804 |
|  |  | 20 0.011  | 0.006  | 10.282 | 0.852 |
|  |  | 21 -0.125 | -0.133 | 15.460 | 0.562 |
|  |  | 22 0.102  | 0.094  | 18.876 | 0.400 |
|  |  | 23 0.042  | 0.061  | 19.467 | 0.427 |
|  |  | 24 0.023  | 0.019  | 19.638 | 0.481 |
|  |  | 25 -0.038 | -0.048 | 20.108 | 0.514 |
|  |  | 26 0.010  | 0.024  | 20.141 | 0.574 |
|  |  | 27 -0.025 | -0.043 | 20.348 | 0.621 |
|  |  | 28 -0.088 | -0.090 | 22.953 | 0.523 |
|  |  | 29 -0.113 | -0.088 | 27.280 | 0.342 |
|  |  | 30 0.063  | 0.059  | 28.625 | 0.328 |
|  |  | 31 -0.012 | -0.036 | 28.672 | 0.377 |
|  |  | 32 0.023  | 0.017  | 28.848 | 0.420 |
|  |  | 33 -0.068 | -0.041 | 30.460 | 0.391 |
|  |  | 34 0.047  | 0.043  | 31.219 | 0.405 |
|  |  | 35 0.024  | 0.013  | 31.413 | 0.446 |
|  |  | 36 -0.072 | -0.055 | 33.205 | 0.408 |

**Figura 5-33 - Correlograma Q-Statistic (ARCH 1) - CAP 60 meses con data semanal**

# **Correlograma Squared Residuals, ARCH 1 para CAP**

Date: 09/06/23 Time: 02:35

Sample (adjusted): 1/22/2017 11/20/2022

Included observations: 305 after adjustments

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob*  |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |  |                     |  | 1  | 0.002  | 0.002  | 0.0017 | 0.968 |
|                 |  |                     |  | 2  | -0.016 | -0.016 | 0.0761 | 0.963 |
|                 |  |                     |  | 3  | 0.002  | 0.002  | 0.0778 | 0.994 |
|                 |  |                     |  | 4  | -0.047 | -0.047 | 0.7670 | 0.943 |
|                 |  |                     |  | 5  | 0.004  | 0.005  | 0.7727 | 0.979 |
|                 |  |                     |  | 6  | 0.046  | 0.044  | 1.4275 | 0.964 |
|                 |  |                     |  | 7  | 0.050  | 0.051  | 2.2264 | 0.946 |
|                 |  |                     |  | 8  | -0.010 | -0.011 | 2.2555 | 0.972 |
|                 |  |                     |  | 9  | 0.173  | 0.176  | 11.723 | 0.229 |
|                 |  |                     |  | 10 | 0.052  | 0.057  | 12.594 | 0.247 |
|                 |  |                     |  | 11 | -0.035 | -0.024 | 12.974 | 0.295 |
|                 |  |                     |  | 12 | -0.016 | -0.018 | 13.057 | 0.365 |
|                 |  |                     |  | 13 | 0.007  | 0.019  | 13.071 | 0.442 |
|                 |  |                     |  | 14 | 0.022  | 0.023  | 13.225 | 0.509 |
|                 |  |                     |  | 15 | -0.032 | -0.053 | 13.560 | 0.559 |
|                 |  |                     |  | 16 | 0.017  | -0.007 | 13.657 | 0.624 |
|                 |  |                     |  | 17 | 0.010  | 0.012  | 13.693 | 0.689 |
|                 |  |                     |  | 18 | 0.000  | -0.023 | 13.693 | 0.749 |
|                 |  |                     |  | 19 | -0.035 | -0.062 | 14.095 | 0.778 |
|                 |  |                     |  | 20 | -0.014 | -0.010 | 14.156 | 0.822 |
|                 |  |                     |  | 21 | 0.014  | 0.026  | 14.221 | 0.860 |
|                 |  |                     |  | 22 | 0.061  | 0.063  | 15.452 | 0.842 |
|                 |  |                     |  | 23 | 0.011  | -0.006 | 15.491 | 0.876 |
|                 |  |                     |  | 24 | -0.033 | -0.019 | 15.856 | 0.893 |
|                 |  |                     |  | 25 | -0.027 | -0.013 | 16.095 | 0.912 |
|                 |  |                     |  | 26 | -0.010 | -0.006 | 16.129 | 0.933 |
|                 |  |                     |  | 27 | 0.049  | 0.048  | 16.947 | 0.932 |
|                 |  |                     |  | 28 | -0.010 | -0.002 | 16.981 | 0.949 |
|                 |  |                     |  | 29 | 0.043  | 0.050  | 17.602 | 0.952 |
|                 |  |                     |  | 30 | 0.004  | -0.003 | 17.609 | 0.965 |
|                 |  |                     |  | 31 | -0.031 | -0.049 | 17.942 | 0.970 |
|                 |  |                     |  | 32 | -0.002 | -0.008 | 17.943 | 0.979 |
|                 |  |                     |  | 33 | 0.035  | 0.052  | 18.363 | 0.981 |
|                 |  |                     |  | 34 | -0.055 | -0.054 | 19.414 | 0.979 |
|                 |  |                     |  | 35 | -0.005 | -0.011 | 19.421 | 0.985 |
|                 |  |                     |  | 36 | -0.043 | -0.072 | 20.065 | 0.985 |

**Figura 5-34 - Correlograma Square Residuals (ARCH 1) – CAP 60 meses con data semanal**

### Resumen modelo obtenido para CAP con ARCH 1

---

Estimation Command:

=====

ARCH(2, 0, ASY=1) CREC C AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) MA(1) MA(2) MA(3)

Estimation Equation:

=====

CREC = C(1) + [AR(1)=C(2),AR(2)=C(3),AR(3)=C(4),AR(4)=C(5),MA(1)=C(6),MA(2)=C(7),MA(3)=C(8),BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

GARCH = C(9) + C(10)\*RESID(-1)^2 + C(11)\*RESID(-2)^2

Substituted Coefficients:

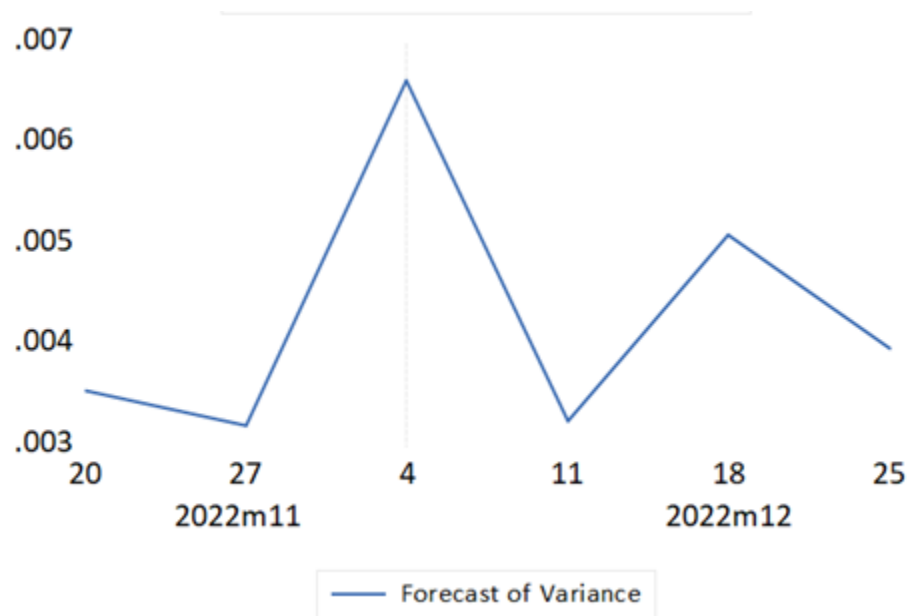
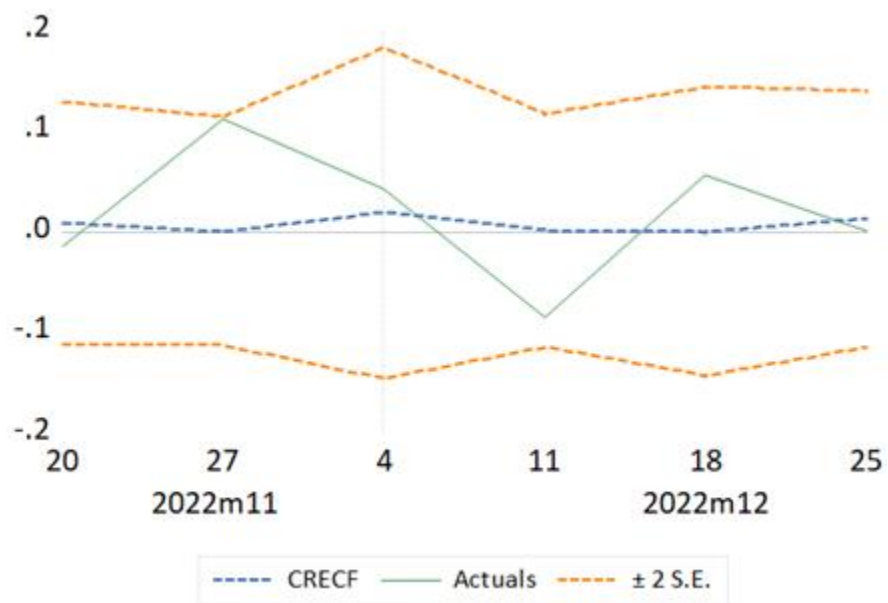
=====

CREC = 0.000931193250102 + [AR(1)=-0.864003100793,AR(2)=0.782983035602,AR(3)=0.79398684314,AR(4)=-0.0792497647758,MA(1)=0.940607042481,MA(2)=-0.737809336456,MA(3)=-0.875709010686,BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

GARCH = 0.000540365188063 + 0.127101252075\*RESID(-1)^2 + 0.198023867475\*RESID(-2)^2

**Figura 5-35** - Representación del modelo (ARCH 1) – CAP 60 meses con data semanal

**Pronóstico para CAP últimos 10 periodos**



|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Forecast: CRECF                       |          |
| Actual: CREC                          |          |
| Forecast sample: 11/20/2022 12/25/... |          |
| Included observations: 6              |          |
| Root Mean Squared Error               | 0.063864 |
| Mean Absolute Error                   | 0.052367 |
| Mean Abs. Percent Error               | 263.1509 |
| Theil Inequality Coef.                | 0.859413 |
| Bias Proportion                       | 0.039238 |
| Variance Proportion                   | 0.733616 |
| Covariance Proportion                 | 0.227145 |
| Theil U2 Coefficient                  | 0.851235 |
| Symmetric MAPE                        | 175.1138 |

**Figura 5-36** - *Pronóstico período 20/12/2022 al 30/12/2022 para CAP – 60 meses con data semanal*

### 6.3. CMPC, data diaria a 60 meses (Sin Pandemia)

#### *Análisis precio de Cierre de las Acciones de CMPC a 60 meses con data diaria*

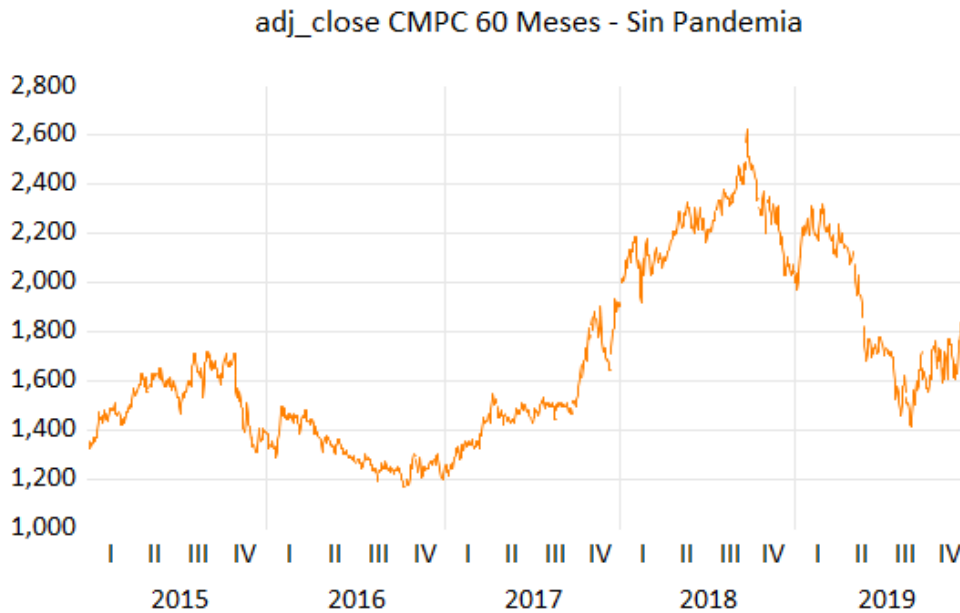


**Figura 5-37:** Grafico Data Original CMPC - 60 meses con data diaria

Desde 2015 a 2019 se aprecia una tendencia a disminuir. Desde 2016 a 2018 tiende a aumentar alcanzando su punto más alto. Además, se aprecia una gran volatilidad lejos de presentar una media y variabilidad constante.

### Análisis del Correlograma de CMPC para el precio de Cierre de las acciones.

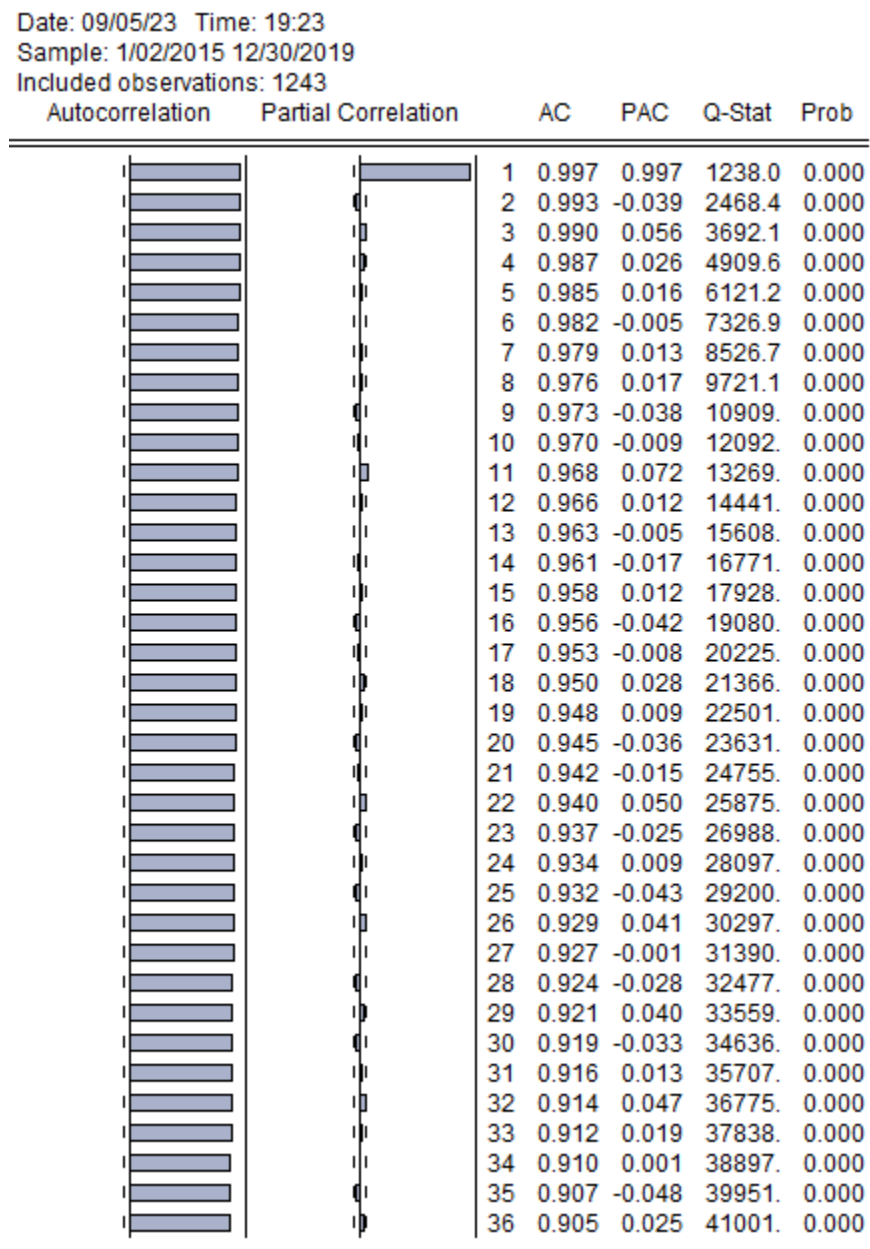


**Figura 5-38:** Grafico Data Original CMPC - 60 meses con data diaria

Se aprecia que todos de los rezagos están fuera de los límites de especificación. Además, todos los valores de los rezagos reflejan una probabilidad menor al 5% por lo tanto la serie No es Estacionaria.

### Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para CMPC

Null Hypothesis: ADJ\_CLOSE has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

|                                        | t-Statistic | Prob.* |
|----------------------------------------|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -1.493794   | 0.5367 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.435402   |        |
| 5% level                               | -2.863659   |        |
| 10% level                              | -2.567948   |        |

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(ADJ\_CLOSE)  
Method: Least Squares  
Date: 09/05/23 Time: 19:23  
Sample (adjusted): 1/05/2015 12/30/2019  
Included observations: 1242 after adjustments

| Variable      | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob.  |
|---------------|-------------|------------|-------------|--------|
| ADJ_CLOSE(-1) | -0.003210   | 0.002149   | -1.493794   | 0.1355 |
| C             | 5.724861    | 3.707033   | 1.544324    | 0.1228 |

|                    |           |                       |          |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|
| R-squared          | 0.001796  | Mean dependent var    | 0.308478 |
| Adjusted R-squared | 0.000991  | S.D. dependent var    | 27.19259 |
| S.E. of regression | 27.17911  | Akaike info criterion | 9.444384 |
| Sum squared resid  | 915993.1  | Schwarz criterion     | 9.452636 |
| Log likelihood     | -5862.962 | Hannan-Quinn criter.  | 9.447487 |
| F-statistic        | 2.231420  | Durbin-Watson stat    | 1.928915 |
| Prob(F-statistic)  | 0.135484  |                       |          |

**Figura 5-39:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) CMPC 96 meses con data diaria

Esta prueba es complementaria al obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se acepta dicha hipótesis nula, es decir, la serie No es estacionaria,

### ***Primera diferencia logarítmica para la data de CMPC***

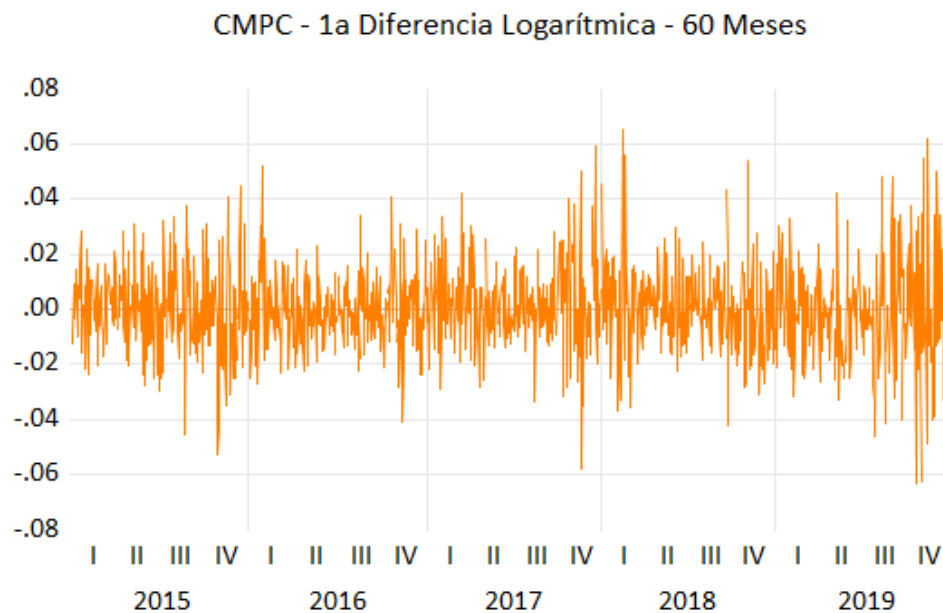


**Figura 5-40:** *Grafico 1a Diferencia Logarítmica para CMPC - 60 meses con data diaria*

La primera diferencia logarítmica es una transformación útil para estabilizar la varianza y convertir una serie de tiempo no estacionaria en una serie estacionaria, lo que facilita su análisis y modelado.

Acá se aprecia que la media tiende a ser lineal a lo largo del tiempo. No se aprecian outliers. Además, se puede ver que la varianza tiende a estabilizarse, sin embargo, se requiere de otras pruebas para ver si efectivamente la serie es estacionaria producto de la aplicación de la primera diferencia logarítmica.

### Correlograma para la primera diferencia logarítmica CMPC

Date: 09/05/23 Time: 19:25  
Sample (adjusted): 1/05/2015 12/30/2019  
Included observations: 1242 after adjustments

| Autocorrelation | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.036  | 0.036  | 1.6047 | 0.205 |
|                 |                     | 2  | -0.057 | -0.059 | 5.7164 | 0.057 |
|                 |                     | 3  | -0.032 | -0.027 | 6.9661 | 0.073 |
|                 |                     | 4  | -0.020 | -0.021 | 7.4741 | 0.113 |
|                 |                     | 5  | -0.003 | -0.005 | 7.4854 | 0.187 |
|                 |                     | 6  | -0.005 | -0.008 | 7.5161 | 0.276 |
|                 |                     | 7  | -0.016 | -0.017 | 7.8183 | 0.349 |
|                 |                     | 8  | 0.032  | 0.031  | 9.0608 | 0.337 |
|                 |                     | 9  | 0.016  | 0.011  | 9.3663 | 0.404 |
|                 |                     | 10 | -0.070 | -0.069 | 15.442 | 0.117 |
|                 |                     | 11 | -0.029 | -0.022 | 16.513 | 0.123 |
|                 |                     | 12 | 0.009  | 0.005  | 16.612 | 0.165 |
|                 |                     | 13 | 0.033  | 0.027  | 17.997 | 0.158 |
|                 |                     | 14 | -0.017 | -0.023 | 18.345 | 0.192 |
|                 |                     | 15 | 0.012  | 0.017  | 18.542 | 0.235 |
|                 |                     | 16 | 0.018  | 0.016  | 18.946 | 0.271 |
|                 |                     | 17 | -0.016 | -0.019 | 19.271 | 0.313 |
|                 |                     | 18 | -0.008 | -0.002 | 19.354 | 0.370 |
|                 |                     | 19 | 0.049  | 0.053  | 22.347 | 0.267 |
|                 |                     | 20 | 0.006  | -0.002 | 22.396 | 0.319 |
|                 |                     | 21 | -0.049 | -0.052 | 25.466 | 0.228 |
|                 |                     | 22 | 0.028  | 0.036  | 26.428 | 0.234 |
|                 |                     | 23 | 0.001  | 0.001  | 26.430 | 0.281 |
|                 |                     | 24 | 0.034  | 0.031  | 27.859 | 0.266 |
|                 |                     | 25 | -0.041 | -0.043 | 29.945 | 0.226 |
|                 |                     | 26 | -0.002 | 0.011  | 29.952 | 0.270 |
|                 |                     | 27 | 0.025  | 0.020  | 30.774 | 0.281 |
|                 |                     | 28 | -0.029 | -0.039 | 31.857 | 0.280 |
|                 |                     | 29 | 0.023  | 0.037  | 32.507 | 0.298 |
|                 |                     | 30 | -0.019 | -0.019 | 32.952 | 0.325 |
|                 |                     | 31 | -0.040 | -0.046 | 34.982 | 0.285 |
|                 |                     | 32 | -0.007 | -0.011 | 35.037 | 0.326 |
|                 |                     | 33 | -0.016 | -0.013 | 35.358 | 0.357 |
|                 |                     | 34 | 0.034  | 0.040  | 36.834 | 0.339 |
|                 |                     | 35 | 0.016  | -0.004 | 37.170 | 0.369 |
|                 |                     | 36 | -0.011 | -0.005 | 37.328 | 0.408 |

**Figura 5-41:** Correlograma de la 1ª Diferencia logarítmica CMPC – 60 meses con data diaria

Se aprecia que todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, lo que nos indica que la serie es Estacionaria, sin embargo, se debe corroborar con otras pruebas.

**Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para corroborar Estacionariedad en Primera Diferencia Logarítmica para CMPC**

|                                                     |             |                       |             |        |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| Null Hypothesis: CREC has a unit root               |             |                       |             |        |
| Exogenous: Constant                                 |             |                       |             |        |
| Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=22) |             |                       |             |        |
|                                                     | t-Statistic | Prob.*                |             |        |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              | -33.94642   | 0.0000                |             |        |
| Test critical values:                               | 1% level    | -3.435406             |             |        |
|                                                     | 5% level    | -2.863661             |             |        |
|                                                     | 10% level   | -2.567949             |             |        |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.               |             |                       |             |        |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation               |             |                       |             |        |
| Dependent Variable: D(CREC)                         |             |                       |             |        |
| Method: Least Squares                               |             |                       |             |        |
| Date: 09/05/23 Time: 19:25                          |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 1/06/2015 12/30/2019             |             |                       |             |        |
| Included observations: 1241 after adjustments       |             |                       |             |        |
| Variable                                            | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
| CREC(-1)                                            | -0.964059   | 0.028399              | -33.94642   | 0.0000 |
| C                                                   | 0.000203    | 0.000443              | 0.458565    | 0.6466 |
| R-squared                                           | 0.481885    | Mean dependent var    | -4.50E-06   |        |
| Adjusted R-squared                                  | 0.481467    | S.D. dependent var    | 0.021693    |        |
| S.E. of regression                                  | 0.015621    | Akaike info criterion | -5.478824   |        |
| Sum squared resid                                   | 0.302325    | Schwarz criterion     | -5.470567   |        |
| Log likelihood                                      | 3401.610    | Hannan-Quinn criter.  | -5.475719   |        |
| F-statistic                                         | 1152.360    | Durbin-Watson stat    | 1.995129    |        |
| Prob(F-statistic)                                   | 0.000000    |                       |             |        |

**Figura 5-42: Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) 1a diferencia Logarítmica CMPC – 60 meses con data diaria**

Esta prueba es complementaria al obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es menor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es estacionaria.

**Matriz Akaike, determinar mejor ARIMA para CMPC**

| AIC_ARMA                       |           |           |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                | C1        | C2        | C3        | C4        | C5        |
| Last updated: 09/05/23 - 19:26 |           |           |           |           |           |
| R1                             | -5.479403 | -5.479249 | -5.480833 | -5.480175 | -5.479008 |
| R2                             | -5.479083 | -5.478954 | -5.480652 | -5.479046 | -5.477448 |
| R3                             | -5.480938 | -5.480608 | -5.479045 | -5.477437 | -5.486129 |
| R4                             | -5.480083 | -5.479053 | -5.477468 | -5.475864 | -5.484523 |
| R5                             | -5.478934 | -5.477459 | -5.485944 | -5.484379 | -5.483295 |

**Figura 5-43:** Matriz Akaike – Menor valor para ARIMA (2,1,4) para CMPC – 60 meses con data diaria

**Comprobación Akaike 2,1,4 para CMPC**

| Dependent Variable: CREC                                         |             |                       |             |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: ARMA Generalized Least Squares (Gauss-Newton)            |             |                       |             |           |
| Date: 09/05/23 Time: 19:28                                       |             |                       |             |           |
| Sample: 1/05/2015 12/30/2019                                     |             |                       |             |           |
| Included observations: 1242                                      |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 36 iterations                         |             |                       |             |           |
| Coefficient covariance computed using outer product of gradients |             |                       |             |           |
| d.f. adjustment for standard errors & covariance                 |             |                       |             |           |
| Variable                                                         | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| C                                                                | 0.000200    | 0.000423              | 0.473530    | 0.6359    |
| AR(1)                                                            | -0.342016   | 0.033618              | -10.17375   | 0.0000    |
| AR(2)                                                            | -0.917967   | 0.032612              | -28.14830   | 0.0000    |
| MA(1)                                                            | 0.380545    | 0.043478              | 8.752484    | 0.0000    |
| MA(2)                                                            | 0.882745    | 0.044282              | 19.93448    | 0.0000    |
| MA(3)                                                            | -0.020810   | 0.032191              | -0.646445   | 0.5181    |
| MA(4)                                                            | -0.075249   | 0.030235              | -2.488827   | 0.0129    |
| R-squared                                                        | 0.016494    | Mean dependent var    |             | 0.000201  |
| Adjusted R-squared                                               | 0.011716    | S.D. dependent var    |             | 0.015623  |
| S.E. of regression                                               | 0.015531    | Akaike info criterion |             | -5.486129 |
| Sum squared resid                                                | 0.297886    | Schwarz criterion     |             | -5.457247 |
| Log likelihood                                                   | 3413.886    | Hannan-Quinn criter.  |             | -5.475267 |
| F-statistic                                                      | 3.451931    | Durbin-Watson stat    |             | 1.998150  |
| Prob(F-statistic)                                                | 0.002188    |                       |             |           |
| Inverted AR Roots                                                | -.17+.94i   | -.17-.94i             |             |           |
| Inverted MA Roots                                                | .28         | -.19-.96i             | -.19+.96i   | -.28      |

**Figura 5-44:** Corroboramos Akaike para ARIMA Y Raíces Unitarias Inversas – CMPC 60 meses con data diaria

*Aplicar Arma Structure para corroborar que las soluciones están dentro del círculo de radio unitario*

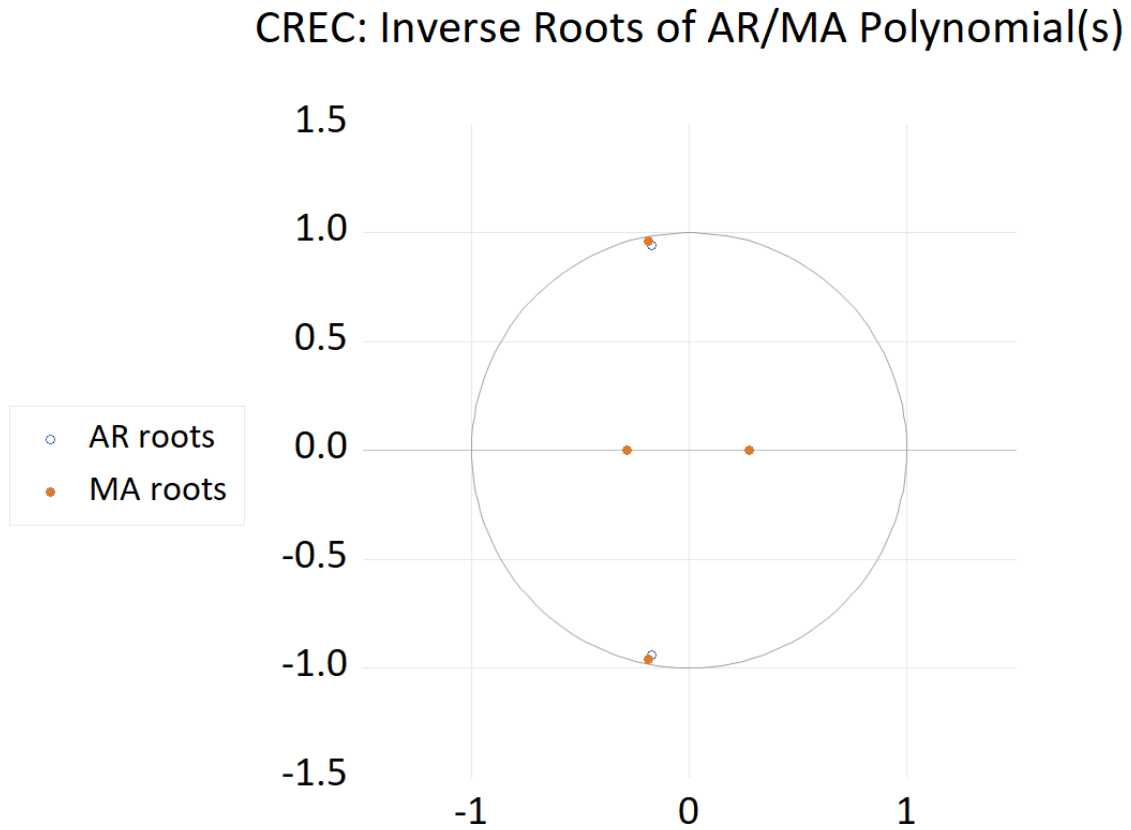


**Figura 5-45:** *Inverse Root test para ARIMA 2,1,4 – CMPC 60 meses con data diaria*

### Test de correlación para CMPC

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

|               |          |                     |        |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic   | 0.100169 | Prob. F(2,1233)     | 0.9047 |
| Obs*R-squared | 0.201768 | Prob. Chi-Square(2) | 0.9040 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/05/23 Time: 19:29

Sample: 1/05/2015 12/30/2019

Included observations: 1242

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | -5.43E-09   | 6.55E-06              | -0.000829   | 0.9993 |
| AR(1)              | -7.63E-05   | 0.000577              | -0.132386   | 0.8947 |
| AR(2)              | 3.99E-05    | 0.000543              | 0.073584    | 0.9414 |
| MA(1)              | 0.000334    | 0.006257              | 0.053393    | 0.9574 |
| MA(2)              | 0.002886    | 0.006848              | 0.421475    | 0.6735 |
| MA(3)              | 0.001300    | 0.006650              | 0.195493    | 0.8450 |
| MA(4)              | 0.002655    | 0.006007              | 0.442067    | 0.6585 |
| RESID(-1)          | 0.016589    | 0.414267              | 0.040043    | 0.9681 |
| RESID(-2)          | 0.183295    | 0.413068              | 0.443740    | 0.6573 |
| R-squared          | 0.000162    | Mean dependent var    | -8.55E-08   |        |
| Adjusted R-squared | -0.006325   | S.D. dependent var    | 0.015493    |        |
| S.E. of regression | 0.015542    | Akaike info criterion | -5.483314   |        |
| Sum squared resid  | 0.297838    | Schwarz criterion     | -5.446180   |        |
| Log likelihood     | 3414.138    | Hannan-Quinn criter.  | -5.469350   |        |
| F-statistic        | 0.025042    | Durbin-Watson stat    | 1.999090    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.999996    |                       |             |        |

**Figura 5-46** Test Correlación – CMPC 60 meses con data diaria

Esta Prueba establece como hipótesis nula que No hay existe Correlación en la serie. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, existe correlación en la serie.

### Test Heterocedasticidad para CMPC

| Heteroskedasticity Test: ARCH |          |                     |        |
|-------------------------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic                   | 24.13240 | Prob. F(1,1239)     | 0.0000 |
| Obs*R-squared                 | 23.70956 | Prob. Chi-Square(1) | 0.0000 |

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID^2  
Method: Least Squares  
Date: 09/05/23 Time: 19:30  
Sample (adjusted): 1/06/2015 12/30/2019  
Included observations: 1241 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | 0.000207    | 1.40E-05              | 14.73893    | 0.0000 |
| RESID^2(-1)        | 0.138226    | 0.028138              | 4.912474    | 0.0000 |
| R-squared          | 0.019105    | Mean dependent var    | 0.000240    |        |
| Adjusted R-squared | 0.018314    | S.D. dependent var    | 0.000437    |        |
| S.E. of regression | 0.000433    | Akaike info criterion | -12.64853   |        |
| Sum squared resid  | 0.000233    | Schwarz criterion     | -12.64028   |        |
| Log likelihood     | 7850.415    | Hannan-Quinn criter.  | -12.64543   |        |
| F-statistic        | 24.13240    | Durbin-Watson stat    | 2.022823    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.000001    |                       |             |        |

**Figura 5-47 - Test Heterocedasticidad – CMPC 60 meses**

Esta Prueba establece como hipótesis nula que existe Homocedasticidad. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es Heterocedástica.

Si bien no se cumple el principio de Homocedasticidad, se debe recurrir a modelos ARCH, GARCH y Derivados para modelar la volatilidad de la serie, es decir, la varianza de los rendimientos cambia con el tiempo y no se ajustan a las condiciones reales del mercado.

### Correlograma Squared Residuals para Akaike 3,1,3 para CMPC

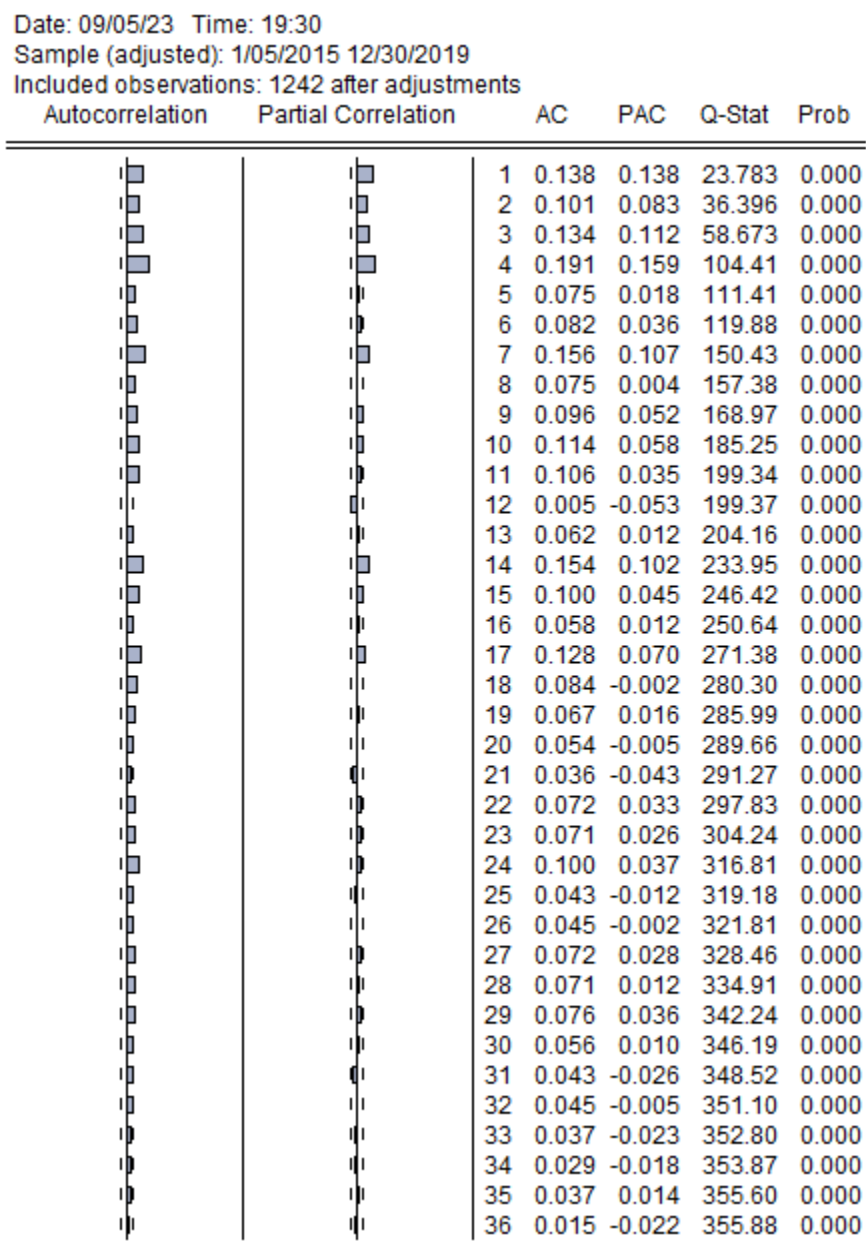


**Figura 5-48 - Test Squared Residuals – CMPC 60 meses con data diaria**

Se aprecia que no todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, sin embargo, los valores de Probabilidad son todos menores a 5%, por lo tanto, la serie no es Ruido Blanco.

### Iteración de Modelos ARCH, GARCH y Derivados para CMPC

| RESUMEN ITERACION ARCH GARCH Y DERIVADOS - CMPC 60 Meses |                |                                         |                |                |                |
|----------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ARCH 1                                                   | -5.518998      | Ecuación de la media Modelo ARIMA 2,1,4 |                |                |                |
| ARCH 2                                                   | -5.533553      |                                         |                |                |                |
| ARCH 3                                                   | -5.560982      |                                         |                |                |                |
| ARCH 4                                                   | -5.584244      |                                         |                |                |                |
| ARCH 5                                                   | -5.583482      |                                         |                |                |                |
| GARCH (X,Y)                                              | GARCH (X,1)    | GARCH (X,2)                             | GARCH (X,3)    | GARCH (X,4)    | GARCH (X,5)    |
| GARCH (1,Y)                                              | -5.597767      | -5.596831                               | -5.596660      | -5.591024      | -5.584757      |
| GARCH (2,Y)                                              | -5.597678      | -5.592548                               | -5.592207      | -5.589331      | -5.582265      |
| GARCH (3,Y)                                              | -5.591883      | -5.581995                               | -5.592914      | -5.593035      | -5.580633      |
| GARCH (4,Y)                                              | -5.581580      | -5.581385                               | -5.593714      | -5.598825      | -5.576903      |
| GARCH (5,Y)                                              | -5.581964      | -5.580553                               | -5.579073      | -5.579634      | -5.576597      |
| TGARCH (X,1,Y)                                           | TGARCH (X,1,1) | TGARCH (X,1,2)                          | TGARCH (X,1,3) | TGARCH (X,1,4) | TGARCH (X,1,5) |
| TGARCH (1,1,Y)                                           | -5.593514      | -5.335622                               | -5.592155      | -5.591002      | -5.584123      |
| TGARCH (2,1,Y)                                           | -5.598461      | -5.597018                               | -5.595639      | -5.591278      | -5.584919      |
| TGARCH (3,1,Y)                                           | -5.364873      | -5.590405                               | -5.615568      | -5.591085      | -5.589747      |
| TGARCH (4,1,Y)                                           | -5.593686      | -5.592971                               | -5.592388      | -5.597216      | -5.588137      |
| TGARCH (5,1,Y)                                           | -5.592220      | -5.583043                               | -5.581818      | -5.586903      | -5.587198      |
| TGARCH (X,2,Y)                                           | TGARCH (X,2,1) | TGARCH (X,2,2)                          | TGARCH (X,2,3) | TGARCH (X,2,4) | TGARCH (X,2,5) |
| TGARCH (1,2,Y)                                           | -5.597125      | -5.596698                               | -5.596935      | -5.598757      | -5.585819      |
| TGARCH (2,2,Y)                                           | -5.596892      | -5.597887                               | -5.598191      | -5.594049      | -5.584223      |
| TGARCH (3,2,Y)                                           | -5.590880      | -5.590918                               | -5.602065      | -5.596169      | -5.599318      |
| TGARCH (4,2,Y)                                           | -5.592162      | -5.589287                               | -5.600615      | -5.590348      | -5.588652      |
| TGARCH (5,2,Y)                                           | -5.582931      | -5.589836                               | -5.582364      | -5.598216      | -5.595723      |
| EGARCH (X,1,Y)                                           | EGARCH (X,1,1) | EGARCH (X,1,2)                          | EGARCH (X,1,3) | EGARCH (X,1,4) | EGARCH (X,1,5) |
| EGARCH (1,1,Y)                                           | -5.579325      | -5.579387                               | -5.577716      | -5.580031      | -5.578694      |
| EGARCH (2,1,Y)                                           | -5.579209      | -5.590759                               | -5.576997      | -5.583503      | -5.349800      |
| EGARCH (3,1,Y)                                           | -5.577608      | -5.576848                               | -5.575573      | -5.583862      | -5.585169      |
| EGARCH (4,1,Y)                                           | -5.579369      | -5.575608                               | -5.574370      | -5.600712      | -5.587023      |
| EGARCH (5,1,Y)                                           | -5.579190      | -5.588303                               | -5.430151      | -5.585136      | -5.588585      |

Figura 5-49 - Iteración ARCH GARCH y Derivados – CMPC 60 meses con data diaria

El mejor modelo es un GARCH 1,1 comprobado por Correlograma Q-Statistics y Correlograma Squared Residuals. Ambas pruebas poseen valores de probabilidad mayores al 5% con 36 rezagos.

**Modelo GARCH 1,1 para CMPC a 60 meses con data diaria**

Dependent Variable: CREC  
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)  
Date: 09/05/23 Time: 19:35  
Sample (adjusted): 1/07/2015 12/30/2019  
Included observations: 1240 after adjustments  
Failure to improve likelihood (singular hessian) after 77 iterations  
Coefficient covariance computed using outer product of gradients  
MA Backcast: 1/01/2015 1/06/2015  
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)  
GARCH = C(8) + C(9)\*RESID(-1)^2 + C(10)\*GARCH(-1)

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C        | 0.000293    | 0.000370   | 0.791024    | 0.4289 |
| AR(1)    | -0.319901   | 0.005934   | -53.90589   | 0.0000 |
| AR(2)    | -0.976494   | 0.005680   | -171.9169   | 0.0000 |
| MA(1)    | 0.333835    | 0.029650   | 11.25935    | 0.0000 |
| MA(2)    | 0.940148    | 0.032312   | 29.09625    | 0.0000 |
| MA(3)    | -0.021824   | 0.030630   | -0.712511   | 0.4761 |
| MA(4)    | -0.054080   | 0.031086   | -1.739704   | 0.0819 |

| Variance Equation |          |          |          |        |
|-------------------|----------|----------|----------|--------|
| C                 | 1.22E-05 | 3.01E-06 | 4.064707 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2       | 0.107406 | 0.017173 | 6.254303 | 0.0000 |
| GARCH(-1)         | 0.843201 | 0.024022 | 35.10075 | 0.0000 |

|                    |          |                       |           |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared          | 0.022110 | Mean dependent var    | 0.000219  |
| Adjusted R-squared | 0.017351 | S.D. dependent var    | 0.015629  |
| S.E. of regression | 0.015492 | Akaike info criterion | -5.597767 |
| Sum squared resid  | 0.295938 | Schwarz criterion     | -5.556454 |
| Log likelihood     | 3480.616 | Hannan-Quinn criter.  | -5.582230 |
| Durbin-Watson stat | 1.947808 |                       |           |

|                   |           |           |           |      |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|------|
| Inverted AR Roots | -.16+.98i | -.16-.98i |           |      |
| Inverted MA Roots | .23       | -.17+.98i | -.17-.98i | -.23 |

**Figura 5-50 - Test GARCH 1,1 - CMPC 60 meses con data diaria**

# **Correlograma Q Statistics, GARCH 2,2 para CMPC**

Date: 09/05/23 Time: 19:43  
Sample (adjusted): 1/07/2015 12/30/2019  
Q-statistic probabilities adjusted for 6 ARMA terms

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob*  |       |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.026  | 0.026  | 0.8379 |       |
|                 |                     | 2  | 0.011  | 0.011  | 0.9975 |       |
|                 |                     | 3  | -0.020 | -0.020 | 1.4736 |       |
|                 |                     | 4  | -0.020 | -0.019 | 1.9909 |       |
|                 |                     | 5  | -0.028 | -0.026 | 2.9580 |       |
|                 |                     | 6  | 0.007  | 0.009  | 3.0234 |       |
|                 |                     | 7  | 0.008  | 0.008  | 3.1095 | 0.078 |
|                 |                     | 8  | 0.007  | 0.005  | 3.1797 | 0.204 |
|                 |                     | 9  | 0.027  | 0.026  | 4.0999 | 0.251 |
|                 |                     | 10 | -0.027 | -0.028 | 4.9905 | 0.288 |
|                 |                     | 11 | -0.023 | -0.021 | 5.6292 | 0.344 |
|                 |                     | 12 | -0.007 | -0.003 | 5.6827 | 0.460 |
|                 |                     | 13 | 0.049  | 0.050  | 8.6818 | 0.276 |
|                 |                     | 14 | -0.027 | -0.030 | 9.5758 | 0.296 |
|                 |                     | 15 | 0.007  | 0.004  | 9.6391 | 0.380 |
|                 |                     | 16 | 0.001  | 0.001  | 9.6396 | 0.473 |
|                 |                     | 17 | -0.013 | -0.013 | 9.8670 | 0.542 |
|                 |                     | 18 | -0.010 | -0.008 | 10.002 | 0.616 |
|                 |                     | 19 | 0.023  | 0.024  | 10.673 | 0.638 |
|                 |                     | 20 | 0.011  | 0.010  | 10.821 | 0.700 |
|                 |                     | 21 | -0.020 | -0.023 | 11.327 | 0.729 |
|                 |                     | 22 | 0.033  | 0.030  | 12.665 | 0.697 |
|                 |                     | 23 | -0.009 | -0.006 | 12.774 | 0.751 |
|                 |                     | 24 | 0.023  | 0.025  | 13.460 | 0.764 |
|                 |                     | 25 | -0.033 | -0.034 | 14.865 | 0.731 |
|                 |                     | 26 | 0.001  | -0.000 | 14.865 | 0.784 |
|                 |                     | 27 | -0.001 | 0.005  | 14.866 | 0.830 |
|                 |                     | 28 | -0.014 | -0.019 | 15.110 | 0.857 |
|                 |                     | 29 | 0.049  | 0.050  | 18.108 | 0.752 |
|                 |                     | 30 | -0.032 | -0.034 | 19.439 | 0.728 |
|                 |                     | 31 | -0.017 | -0.018 | 19.789 | 0.758 |
|                 |                     | 32 | 0.001  | 0.002  | 19.790 | 0.801 |
|                 |                     | 33 | -0.021 | -0.021 | 20.373 | 0.815 |
|                 |                     | 34 | 0.025  | 0.034  | 21.204 | 0.817 |
|                 |                     | 35 | 0.017  | 0.008  | 21.594 | 0.837 |
|                 |                     | 36 | 0.002  | 0.001  | 21.598 | 0.868 |

**Figura 5-51 - Correlograma Q-Statistic (GARCH 1,1) - CMPC 60 meses con data diaria**

### Correlograma Squared Residuals, GARCH 1,1 para CMPC

Date: 09/05/23 Time: 19:44  
Sample (adjusted): 1/07/2015 12/30/2019  
Included observations: 1240 after adjustments

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob*  |       |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.036  | 0.036  | 1.6336 | 0.201 |
|                 |                     | 2  | -0.013 | -0.014 | 1.8401 | 0.398 |
|                 |                     | 3  | 0.023  | 0.024  | 2.4809 | 0.479 |
|                 |                     | 4  | 0.004  | 0.002  | 2.4978 | 0.645 |
|                 |                     | 5  | -0.031 | -0.031 | 3.7048 | 0.593 |
|                 |                     | 6  | -0.025 | -0.023 | 4.4700 | 0.613 |
|                 |                     | 7  | 0.025  | 0.026  | 5.2484 | 0.630 |
|                 |                     | 8  | -0.054 | -0.055 | 8.8427 | 0.356 |
|                 |                     | 9  | -0.028 | -0.022 | 9.8107 | 0.366 |
|                 |                     | 10 | -0.009 | -0.011 | 9.9137 | 0.448 |
|                 |                     | 11 | 0.030  | 0.031  | 11.046 | 0.439 |
|                 |                     | 12 | -0.043 | -0.043 | 13.324 | 0.346 |
|                 |                     | 13 | -0.027 | -0.025 | 14.261 | 0.356 |
|                 |                     | 14 | 0.047  | 0.042  | 17.020 | 0.255 |
|                 |                     | 15 | 0.008  | 0.007  | 17.108 | 0.312 |
|                 |                     | 16 | 0.001  | 0.002  | 17.109 | 0.379 |
|                 |                     | 17 | 0.032  | 0.027  | 18.382 | 0.365 |
|                 |                     | 18 | -0.004 | -0.014 | 18.405 | 0.429 |
|                 |                     | 19 | -0.043 | -0.036 | 20.718 | 0.353 |
|                 |                     | 20 | -0.003 | -0.001 | 20.730 | 0.413 |
|                 |                     | 21 | -0.016 | -0.023 | 21.062 | 0.455 |
|                 |                     | 22 | 0.041  | 0.048  | 23.171 | 0.392 |
|                 |                     | 23 | -0.019 | -0.017 | 23.621 | 0.425 |
|                 |                     | 24 | 0.028  | 0.029  | 24.599 | 0.428 |
|                 |                     | 25 | 0.016  | 0.009  | 24.936 | 0.466 |
|                 |                     | 26 | -0.006 | -0.002 | 24.984 | 0.520 |
|                 |                     | 27 | 0.038  | 0.039  | 26.831 | 0.473 |
|                 |                     | 28 | -0.008 | -0.015 | 26.917 | 0.523 |
|                 |                     | 29 | 0.047  | 0.048  | 29.718 | 0.428 |
|                 |                     | 30 | -0.001 | 0.004  | 29.719 | 0.480 |
|                 |                     | 31 | -0.001 | -0.008 | 29.721 | 0.532 |
|                 |                     | 32 | 0.037  | 0.040  | 31.447 | 0.494 |
|                 |                     | 33 | -0.017 | -0.018 | 31.805 | 0.526 |
|                 |                     | 34 | -0.001 | 0.006  | 31.807 | 0.576 |
|                 |                     | 35 | 0.003  | 0.010  | 31.823 | 0.622 |
|                 |                     | 36 | -0.030 | -0.034 | 32.994 | 0.612 |

Figura 5-52 - Correlograma Square Residuals (GARCH 1,1) – CMPC 60 meses con data diaria

**Resumen modelo obtenido para CMPC con GARCH 1,1**

Estimation Command:

=====

ARCH CREC C AR(1) AR(2) MA(1) MA(2) MA(3) MA(4)

Estimation Equation:

=====

CREC = C(1) + [AR(1)=C(2),AR(2)=C(3),MA(1)=C(4),MA(2)=C(5),MA(3)=C(6),MA(4)=C(7),BACKCAST=1/07/2015,ESTSMPL="1/07/2015 12/30/2019"]

GARCH = C(8) + C(9)\*RESID(-1)^2 + C(10)\*GARCH(-1)

Substituted Coefficients:

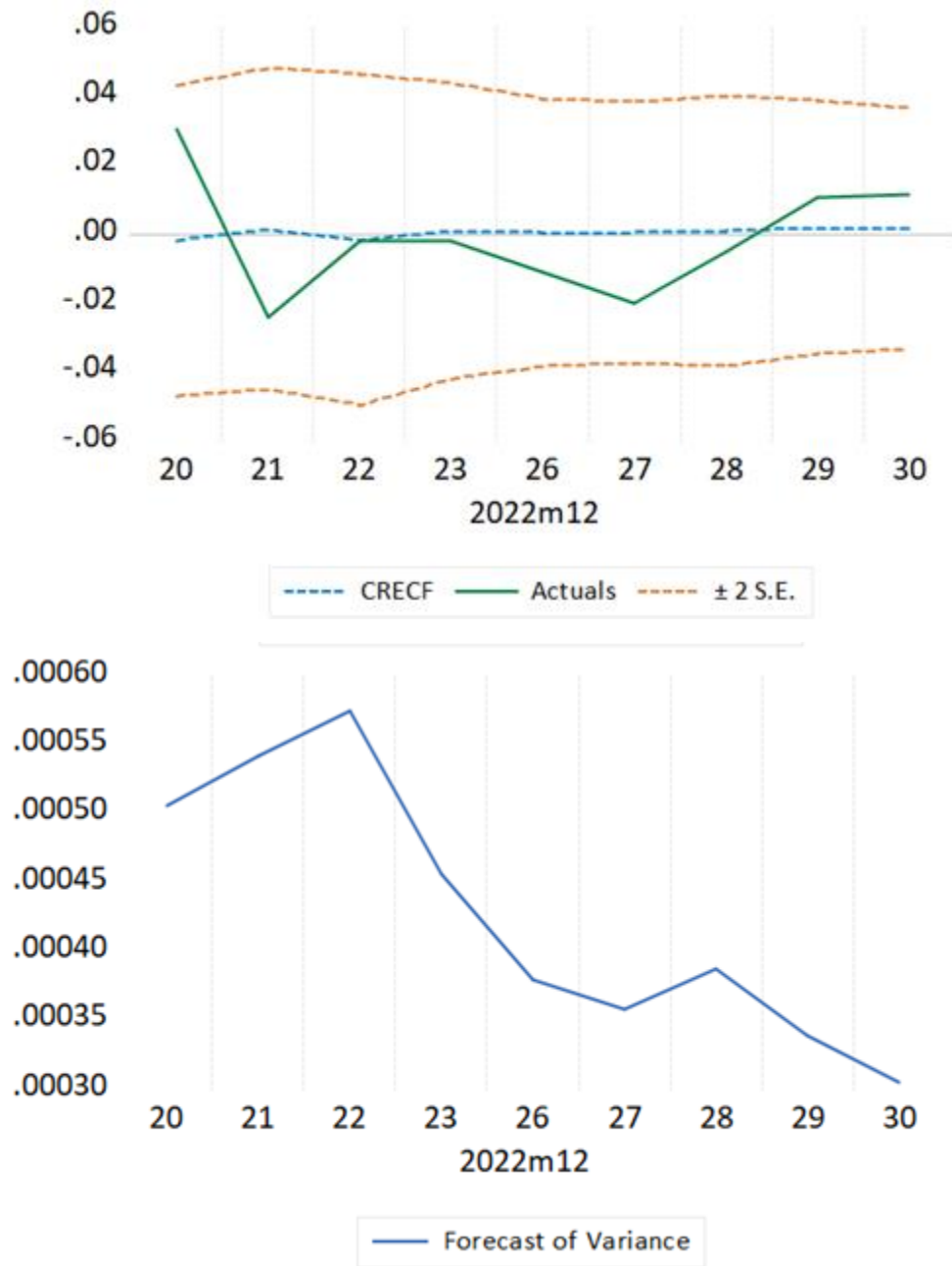
=====

CREC = 0.000292540205773 + [AR(1)=-0.319901346026,AR(2)=-0.976494186069,MA(1)=0.333835027303,MA(2)=0.940148469683,MA(3)=-0.0218244688208,MA(4)=-0.0540796763378,BACKCAST=1/07/2015,ESTSMPL="1/07/2015 12/30/2019"]

GARCH = 1.22273601079e-05 + 0.107405938299\*RESID(-1)^2 + 0.84320126751\*GARCH(-1)

**Figura 5-53** - Representación del modelo (GARCH 1,1) – CMPC 60 meses con data diaria

**Pronóstico para CMPC últimos 10 periodos**



|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Forecast: CRECF                       |          |
| Actual: CREC                          |          |
| Forecast sample: 12/20/2022 12/30/... |          |
| Included observations: 9              |          |
| Root Mean Squared Error               | 0.016598 |
| Mean Absolute Error                   | 0.013057 |
| Mean Abs. Percent Error               | 94.40171 |
| Theil Inequality Coef.                | 0.954360 |
| Bias Proportion                       | 0.009087 |
| Variance Proportion                   | 0.783317 |
| Covariance Proportion                 | 0.207596 |
| Theil U2 Coefficient                  | 1.078359 |
| Symmetric MAPE                        | 168.2325 |

**Figura 5-54** - *Pronóstico período 20/12/2022 al 30/12/2022 para CMPC – 60 meses con data diaria*

#### 6.4. COPEC, data diaria a 60 meses (Sin Pandemia)

##### *Análisis precio de Cierre de las Acciones de COPEC a 60 meses con data diaria*

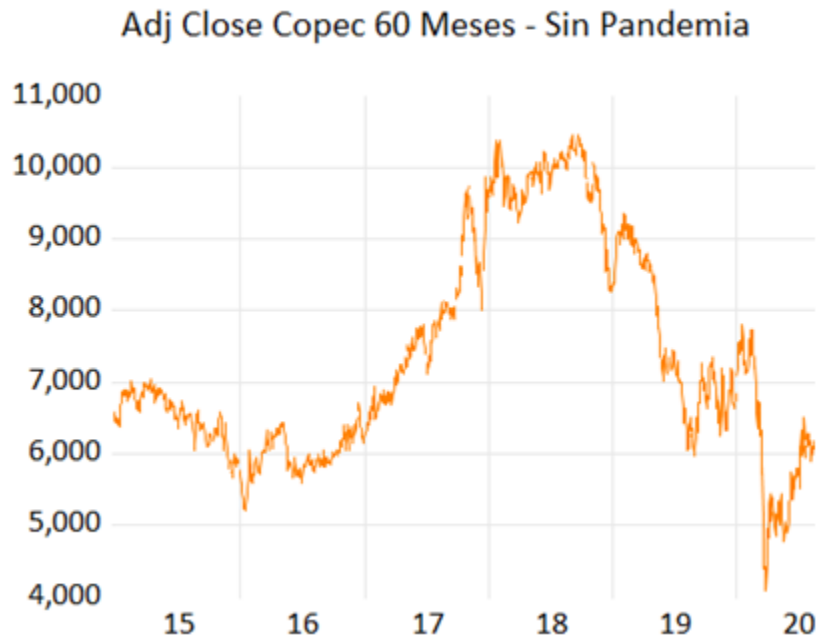


**Figura 5-55:** Grafico Data Original COPEC - 60 meses con data diaria

Desde 2015 a 2019 se aprecia una tendencia a disminuir. Desde 2016 a 2018 tiende a aumentar alcanzando su punto más alto. En 2020 se aprecia un outliers producto del inicio de la pandemia. Además, se aprecia una gran volatilidad lejos de presentar una media y variabilidad constante.

### Análisis del Correlograma de COPEC para el precio de Cierre de las acciones.

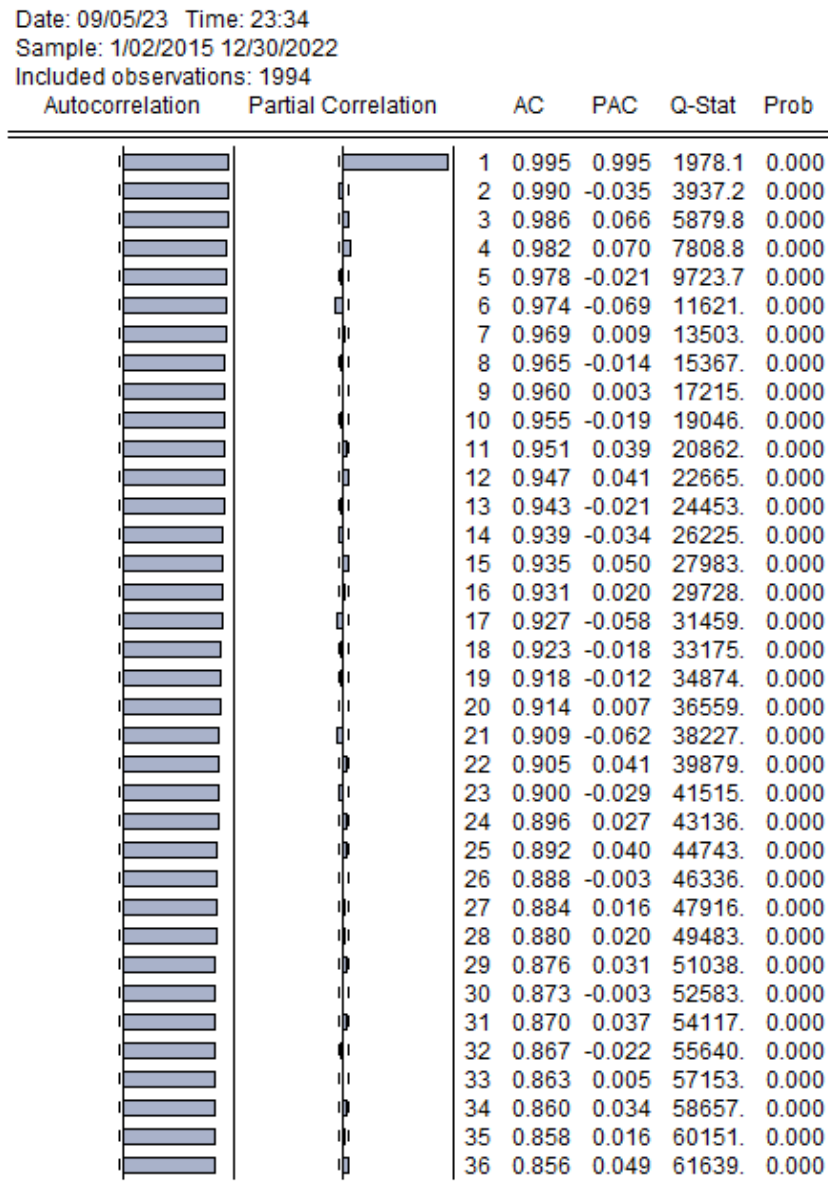


**Figura 5-56:** Grafico Data Original COPEC - 60 meses con data diaria

Se aprecia que todos de los rezagos están fuera de los límites de especificación. Además, todos los valores de los rezagos reflejan una probabilidad menor al 5% por lo tanto la serie No es Estacionaria.

### Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para COPEC

Null Hypothesis: ADJ\_CLOSE has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=25)

|                                        | t-Statistic | Prob.* |
|----------------------------------------|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -2.114555   | 0.2390 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.433432   |        |
| 5% level                               | -2.862788   |        |
| 10% level                              | -2.567481   |        |

\*Mackinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(ADJ\_CLOSE)  
Method: Least Squares  
Date: 09/05/23 Time: 23:34  
Sample (adjusted): 1/05/2015 12/30/2022  
Included observations: 1993 after adjustments

| Variable      | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob.  |
|---------------|-------------|------------|-------------|--------|
| ADJ_CLOSE(-1) | -0.004533   | 0.002144   | -2.114555   | 0.0346 |
| C             | 32.51658    | 15.70845   | 2.070005    | 0.0386 |

|                    |           |                       |           |
|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| R-squared          | 0.002241  | Mean dependent var    | -0.128491 |
| Adjusted R-squared | 0.001740  | S.D. dependent var    | 129.6177  |
| S.E. of regression | 129.5049  | Akaike info criterion | 12.56632  |
| Sum squared resid  | 33392102  | Schwarz criterion     | 12.57193  |
| Log likelihood     | -12520.34 | Hannan-Quinn criter.  | 12.56838  |
| F-statistic        | 4.471341  | Durbin-Watson stat    | 1.932561  |
| Prob(F-statistic)  | 0.034592  |                       |           |

**Figura 5-57:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) COPEC 60 meses con data diaria

Esta prueba es complementaria al obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se acepta dicha hipótesis nula, es decir, la serie No es estacionaria,

### **Primera diferencia logarítmica para la data de COPEC**

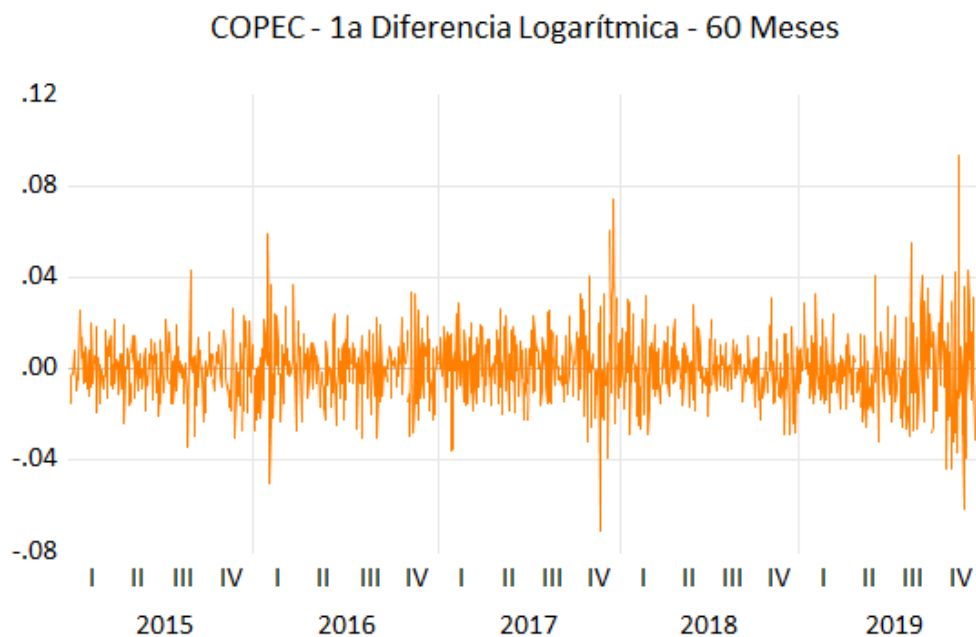


**Figura 5-58:** *Grafico 1a Diferencia Logarítmica para COPEC - 60 meses con data diaria*

La primera diferencia logarítmica es una transformación útil para estabilizar la varianza y convertir una serie de tiempo no estacionaria en una serie estacionaria, lo que facilita su análisis y modelado.

Acá se aprecia que la media tiende a ser lineal a lo largo del tiempo. Se aprecia un outlier en 2020 producto de la pandemia. Además, se puede ver que la varianza tiende a estabilizarse, sin embargo, se requiere de otras pruebas para ver si efectivamente la serie es estacionara producto de la aplicación de la primera diferencia logarítmica.

### Correlograma para la primera diferencia logarítmica de COPEC

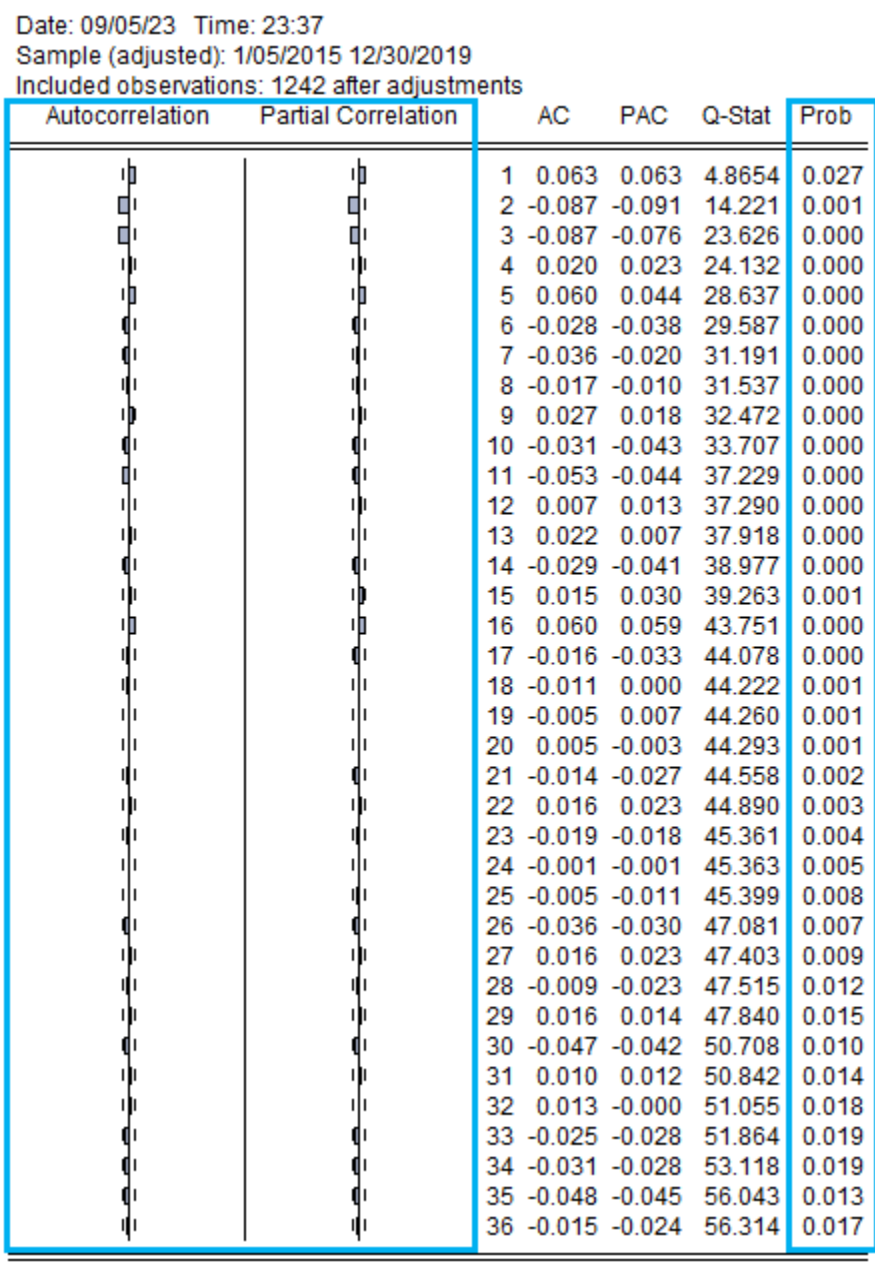


**Figura 5-59:** Correlograma de la 1ª Diferencia logarítmica COPEC – 60 meses con data diaria

Se aprecia que todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, lo que nos indica que la serie es Estacionaria, sin embargo, se debe corroborar con otras pruebas.

**Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para corroborar Estacionariedad en Primera Diferencia Logarítmica para COPEC**

|                                                     |             |                       |             |        |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| Null Hypothesis: CREC has a unit root               |             |                       |             |        |
| Exogenous: Constant                                 |             |                       |             |        |
| Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=22) |             |                       |             |        |
|                                                     |             | t-Statistic           | Prob.*      |        |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |             | -22.76592             | 0.0000      |        |
| Test critical values:                               | 1% level    | -3.435415             |             |        |
|                                                     | 5% level    | -2.863664             |             |        |
|                                                     | 10% level   | -2.567951             |             |        |
| *Mackinnon (1996) one-sided p-values.               |             |                       |             |        |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation               |             |                       |             |        |
| Dependent Variable: D(CREC)                         |             |                       |             |        |
| Method: Least Squares                               |             |                       |             |        |
| Date: 09/05/23 Time: 23:37                          |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 1/08/2015 12/30/2019             |             |                       |             |        |
| Included observations: 1239 after adjustments       |             |                       |             |        |
| Variable                                            | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
| CREC(-1)                                            | -1.101053   | 0.048364              | -22.76592   | 0.0000 |
| D(CREC(-1))                                         | 0.162314    | 0.038710              | 4.193093    | 0.0000 |
| D(CREC(-2))                                         | 0.076304    | 0.028387              | 2.688029    | 0.0073 |
| C                                                   | 3.64E-05    | 0.000400              | 0.090905    | 0.9276 |
| R-squared                                           | 0.476064    | Mean dependent var    | -1.09E-05   |        |
| Adjusted R-squared                                  | 0.474791    | S.D. dependent var    | 0.019448    |        |
| S.E. of regression                                  | 0.014094    | Akaike info criterion | -5.682925   |        |
| Sum squared resid                                   | 0.245318    | Schwarz criterion     | -5.666389   |        |
| Log likelihood                                      | 3524.572    | Hannan-Quinn criter.  | -5.676706   |        |
| F-statistic                                         | 374.0520    | Durbin-Watson stat    | 1.995659    |        |
| Prob(F-statistic)                                   | 0.000000    |                       |             |        |

**Figura 5-60:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) 1a diferencia Logarítmica COPEC – 60 meses con data diaria

Esta prueba es complementaria al obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es menor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es estacionaria.

**Matriz Akaike, determinar mejor ARIMA apara COPEC**

| AIC_ARMA                       |           |           |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                | C1        | C2        | C3        | C4        | C5        |
| Last updated: 09/05/23 - 23:38 |           |           |           |           |           |
| R1                             | -5.671188 | -5.674273 | -5.678358 | -5.683632 | -5.682039 |
| R2                             | -5.673497 | -5.674318 | -5.680228 | -5.682029 | -5.680749 |
| R3                             | -5.680203 | -5.681665 | -5.687677 | -5.686781 | -5.687968 |
| R4                             | -5.684412 | -5.683037 | -5.686669 | -5.687240 | -5.686408 |
| R5                             | -5.683339 | -5.682150 | -5.687984 | -5.686481 | -5.684765 |

**Figura 5-61:** Matriz Akaike – Menor valor para ARIMA (4,1,2) para COPEC – 60 meses con data diaria

**Comprobación Akaike 4,1,2 para COPEC**

| Dependent Variable: CREC                                         |             |                       |             |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: ARMA Generalized Least Squares (Gauss-Newton)            |             |                       |             |           |
| Date: 09/05/23 Time: 23:40                                       |             |                       |             |           |
| Sample: 1/05/2015 12/30/2019                                     |             |                       |             |           |
| Included observations: 1242                                      |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 11 iterations                         |             |                       |             |           |
| Coefficient covariance computed using outer product of gradients |             |                       |             |           |
| d.f. adjustment for standard errors & covariance                 |             |                       |             |           |
| Variable                                                         | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| C                                                                | 1.93E-05    | 0.000380              | 0.050764    | 0.9595    |
| AR(1)                                                            | -0.182425   | 0.100215              | -1.820336   | 0.0689    |
| AR(2)                                                            | -0.879498   | 0.083118              | -10.58126   | 0.0000    |
| AR(3)                                                            | -0.035318   | 0.034913              | -1.011601   | 0.3119    |
| AR(4)                                                            | -0.072512   | 0.035570              | -2.038559   | 0.0417    |
| MA(1)                                                            | 0.246686    | 0.096073              | 2.567695    | 0.0104    |
| MA(2)                                                            | 0.821451    | 0.078916              | 10.40919    | 0.0000    |
| R-squared                                                        | 0.026207    | Mean dependent var    | 1.98E-05    |           |
| Adjusted R-squared                                               | 0.021476    | S.D. dependent var    | 0.014194    |           |
| S.E. of regression                                               | 0.014041    | Akaike info criterion | -5.687984   |           |
| Sum squared resid                                                | 0.243472    | Schwarz criterion     | -5.659102   |           |
| Log likelihood                                                   | 3539.238    | Hannan-Quinn criter.  | -5.677123   |           |
| F-statistic                                                      | 5.539536    | Durbin-Watson stat    | 1.999887    |           |
| Prob(F-statistic)                                                | 0.000011    |                       |             |           |
| Inverted AR Roots                                                | -.01-.30i   | -.01+.30i             | -.08+.88i   | -.08-.88i |
| Inverted MA Roots                                                | -.12-.90i   | -.12+.90i             |             |           |

**Figura 5-62:** Corroboramos Akaike para ARIMA Y Raíces Unitarias Inversas – COPEC 60 meses con data diaria

*Aplicar Arma Structure para corroborar que las soluciones están dentro del círculo de radio unitario*

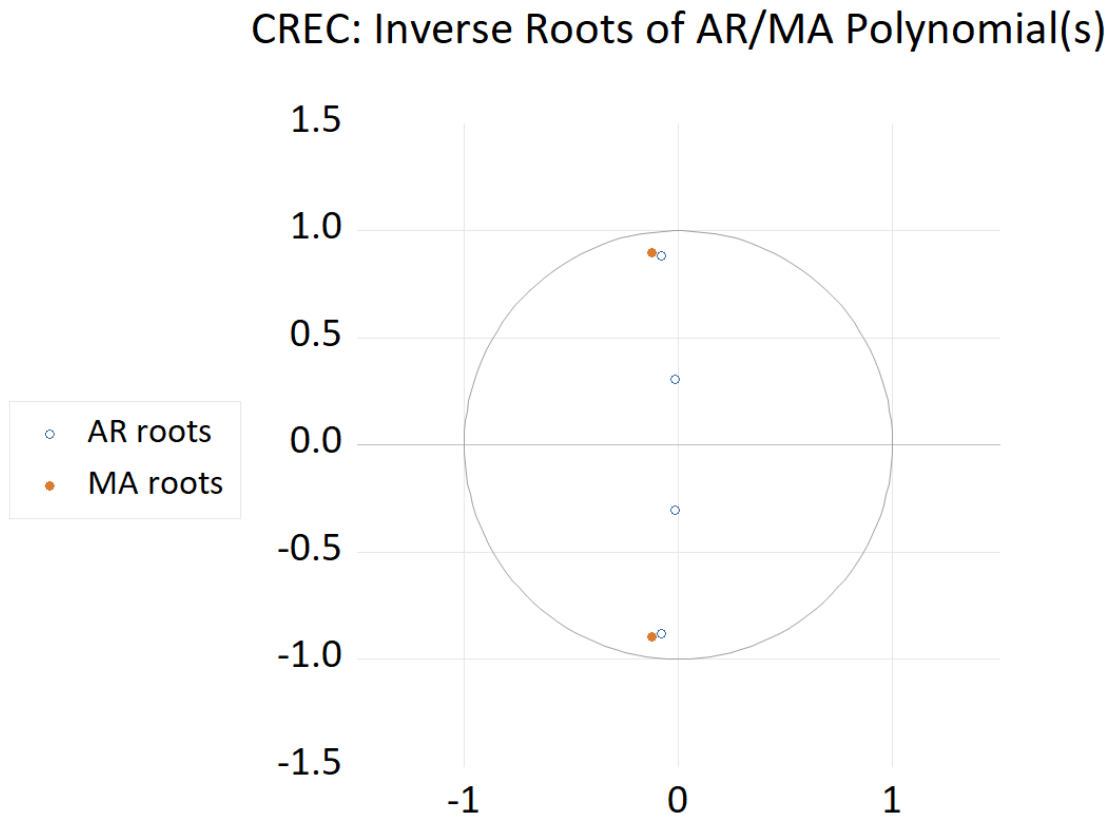


**Figura 5-63:** *Inverse Root test para ARIMA 4,1,2 – COPEC 60 meses con data diaria*

### Test de correlación para COPEC

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

|               |          |                     |        |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic   | 0.126060 | Prob. F(2,1233)     | 0.8816 |
| Obs*R-squared | 0.253909 | Prob. Chi-Square(2) | 0.8808 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/05/23 Time: 23:41

Sample: 1/05/2015 12/30/2019

Included observations: 1242

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | 5.16E-09    | 5.32E-06              | 0.000969    | 0.9992 |
| AR(1)              | -0.003218   | 0.007012              | -0.458910   | 0.6464 |
| AR(2)              | 0.001589    | 0.006570              | 0.241917    | 0.8089 |
| AR(3)              | -0.002594   | 0.005722              | -0.453309   | 0.6504 |
| AR(4)              | 0.001504    | 0.005618              | 0.267741    | 0.7889 |
| MA(1)              | -0.000235   | 0.001630              | -0.143968   | 0.8855 |
| MA(2)              | -0.000381   | 0.001364              | -0.279502   | 0.7799 |
| RESID(-1)          | -0.247249   | 0.507297              | -0.487386   | 0.6261 |
| RESID(-2)          | 0.132652    | 0.478524              | 0.277210    | 0.7817 |
| R-squared          | 0.000204    | Mean dependent var    | -4.93E-07   |        |
| Adjusted R-squared | -0.006282   | S.D. dependent var    | 0.014007    |        |
| S.E. of regression | 0.014051    | Akaike info criterion | -5.685067   |        |
| Sum squared resid  | 0.243422    | Schwarz criterion     | -5.647933   |        |
| Log likelihood     | 3539.426    | Hannan-Quinn criter.  | -5.671102   |        |
| F-statistic        | 0.031515    | Durbin-Watson stat    | 1.998238    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.999990    |                       |             |        |

**Figura 5-64** Test Correlación – COPEC 60 meses con data diaria

Esta Prueba establece como hipótesis nula que No hay existe Correlación en la serie. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, existe correlación en la serie.

### Test Heterocedasticidad para COPEC

| Heteroskedasticity Test: ARCH                 |             |                       |             |        |
|-----------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| F-statistic                                   | 44.16879    | Prob. F(1,1239)       | 0.0000      |        |
| Obs*R-squared                                 | 42.71727    | Prob. Chi-Square(1)   | 0.0000      |        |
| Test Equation:                                |             |                       |             |        |
| Dependent Variable: RESID^2                   |             |                       |             |        |
| Method: Least Squares                         |             |                       |             |        |
| Date: 09/05/23 Time: 23:41                    |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 1/06/2015 12/30/2019       |             |                       |             |        |
| Included observations: 1241 after adjustments |             |                       |             |        |
| Variable                                      | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
| C                                             | 0.000160    | 1.31E-05              | 12.17926    | 0.0000 |
| RESID^2(-1)                                   | 0.185531    | 0.027916              | 6.645961    | 0.0000 |
| R-squared                                     | 0.034422    | Mean dependent var    | 0.000196    |        |
| Adjusted R-squared                            | 0.033642    | S.D. dependent var    | 0.000427    |        |
| S.E. of regression                            | 0.000420    | Akaike info criterion | -12.71290   |        |
| Sum squared resid                             | 0.000218    | Schwarz criterion     | -12.70464   |        |
| Log likelihood                                | 7890.355    | Hannan-Quinn criter.  | -12.70980   |        |
| F-statistic                                   | 44.16879    | Durbin-Watson stat    | 2.044992    |        |
| Prob(F-statistic)                             | 0.000000    |                       |             |        |

**Figura 5-65 - Test Heterocedasticidad – COPEC 60 meses**

Esta Prueba establece como hipótesis nula que existe Homocedasticidad. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es Heterocedástica.

Si bien no se cumple el principio de Homocedasticidad, se debe recurrir a modelos ARCH, GARCH y Derivados para modelar la volatilidad de la serie, es decir, la varianza de los rendimientos cambia con el tiempo y no se ajustan a las condiciones reales del mercado.

### Correlograma Squared Residuals, Akaike 4,1,2 para COPEC

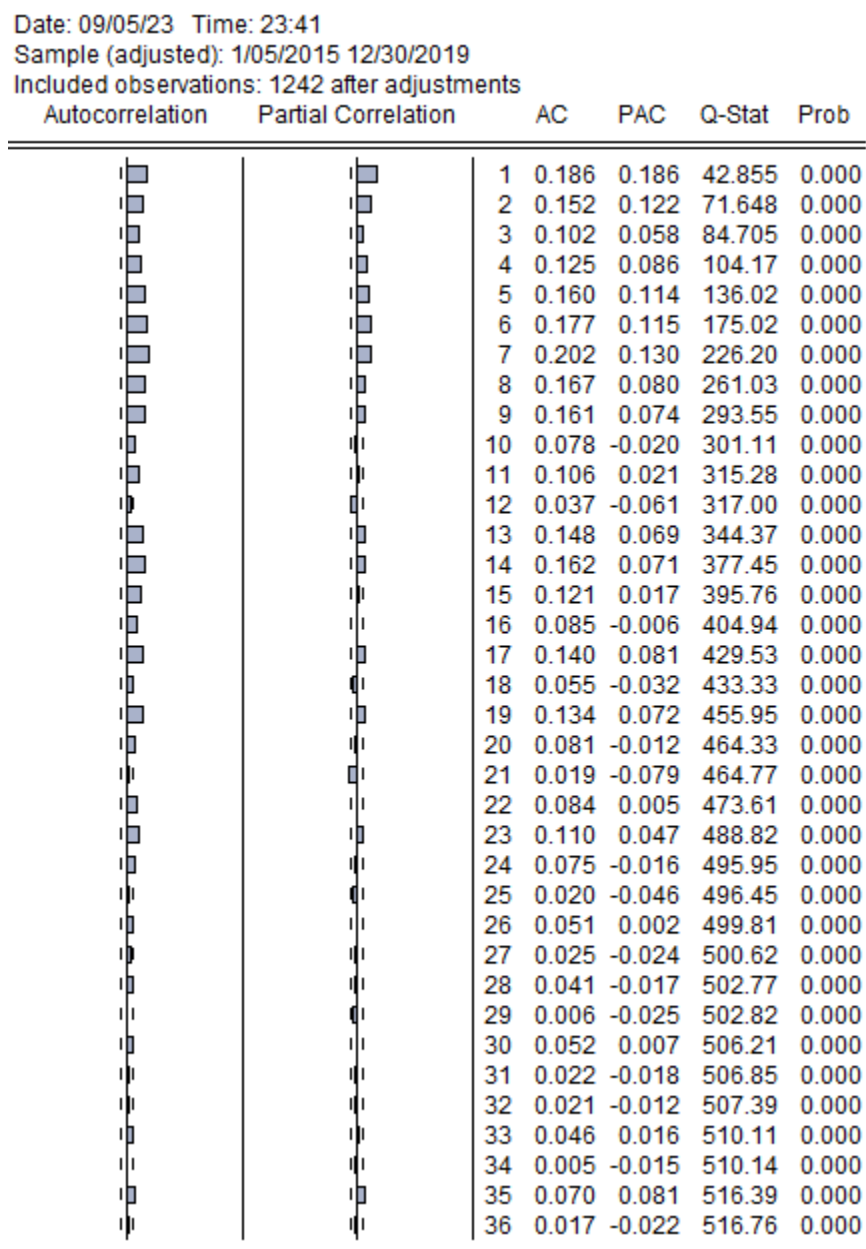


**Figura 5-66 - Test Squared Residuals – COPEC 60 meses con data diaria**

Se aprecia que no todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, sin embargo, los valores de Probabilidad son todos menores a 5%, por lo tanto, la serie no es Ruido Blanco.

### Iteración de Modelos ARCH, GARCH y Derivados para COPEC

| RESUMEN ITERACION ARCH GARCH Y DERIVADOS - Copec 60 Meses |                |                                         |                |                |                |
|-----------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ARCH 1                                                    | -5.764963      | Ecuación de la media Modelo ARIMA 4,1,2 |                |                |                |
| ARCH 2                                                    | -5.787751      |                                         |                |                |                |
| ARCH 3                                                    | -5.795458      |                                         |                |                |                |
| ARCH 4                                                    | -5.816513      |                                         |                |                |                |
| ARCH 5                                                    | -5.836820      |                                         |                |                |                |
| GARCH (X,Y)                                               | GARCH (X,1)    | GARCH (X,2)                             | GARCH (X,3)    | GARCH (X,4)    | GARCH (X,5)    |
| GARCH (1,Y)                                               | -5.850713      | -5.851126                               | -5.865815      | -5.855907      | -5.855228      |
| GARCH (2,Y)                                               | -5.852507      | -5.859628                               | -5.852602      | -5.854905      | -5.853860      |
| GARCH (3,Y)                                               | -5.865206      | -5.858022                               | -5.854960      | -5.849766      | -5.846013      |
| GARCH (4,Y)                                               | -5.849470      | -5.847938                               | -5.849770      | -5.845342      | -5.849115      |
| GARCH (5,Y)                                               | -5.847746      | -5.846163                               | -5.850868      | -5.842979      | -5.852542      |
| TGARCH (X,1,Y)                                            | TGARCH (X,1,1) | TGARCH (X,1,2)                          | TGARCH (X,1,3) | TGARCH (X,1,4) | TGARCH (X,1,5) |
| TGARCH (1,1,Y)                                            | -5.846420      | -5.864184                               | -5.855672      | -5.854442      | -5.853634      |
| TGARCH (2,1,Y)                                            | -5.859612      | -5.853162                               | -5.850819      | -5.849494      | -5.848529      |
| TGARCH (3,1,Y)                                            | -5.856623      | -5.850951                               | -5.850309      | -5.863415      | -5.854280      |
| TGARCH (4,1,Y)                                            | -5.855898      | -5.855703                               | -5.847947      | -5.861807      | -5.855173      |
| TGARCH (5,1,Y)                                            | -5.848202      | -5.847922                               | -5.861755      | -5.859570      | -5.854874      |
| TGARCH (X,2,Y)                                            | TGARCH (X,2,1) | TGARCH (X,2,2)                          | TGARCH (X,2,3) | TGARCH (X,2,4) | TGARCH (X,2,5) |
| TGARCH (1,2,Y)                                            | -5.851342      | -5.856961                               | -5.851030      | -5.855457      | -5.855643      |
| TGARCH (2,2,Y)                                            | -5.866212      | -5.864634                               | -5.856317      | -5.860284      | -5.858804      |
| TGARCH (3,2,Y)                                            | -5.864098      | -5.870154                               | -5.868601      | -5.866923      | -5.860700      |
| TGARCH (4,2,Y)                                            | -5.865120      | -5.869355                               | -5.860928      | -5.866533      | -5.857986      |
| TGARCH (5,2,Y)                                            | -5.861877      | -5.860424                               | -5.866340      | -5.858071      | -5.856456      |
| EGARCH (X,1,Y)                                            | EGARCH (X,1,1) | EGARCH (X,1,2)                          | EGARCH (X,1,3) | EGARCH (X,1,4) | EGARCH (X,1,5) |
| EGARCH (1,1,Y)                                            | -5.846445      | -5.856431                               | -5.855563      | -5.849689      | -5.854093      |
| EGARCH (2,1,Y)                                            | -5.853380      | -5.854022                               | -5.853178      | -5.855740      | -5.850227      |
| EGARCH (3,1,Y)                                            | -5.853020      | -5.852093                               | -5.873541      | -5.860632      | -5.856924      |
| EGARCH (4,1,Y)                                            | -5.857769      | -5.847636                               | -5.853093      | -5.868279      | -5.869012      |
| EGARCH (5,1,Y)                                            | -5.847988      | -5.848171                               | -5.852162      | -5.861777      | -5.872080      |

Figura 5-67 - Iteración ARCH GARCH y Derivados – COPEC 96 meses con data diaria

El mejor modelo es un GARCH 1,1 comprobado por Correlograma Q-Statistics y Correlograma Squared Residuals. Ambas pruebas poseen valores de probabilidad mayores al 5% con 36 rezagos.

**Modelo GARCH 1,1 para COPEC a 60 meses con data diaria**

|                                                                  |             |                       |             |        |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| Dependent Variable: CREC                                         |             |                       |             |        |
| Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)   |             |                       |             |        |
| Date: 09/05/23 Time: 23:57                                       |             |                       |             |        |
| Sample (adjusted): 1/09/2015 12/30/2019                          |             |                       |             |        |
| Included observations: 1238 after adjustments                    |             |                       |             |        |
| Convergence not achieved after 500 iterations                    |             |                       |             |        |
| Coefficient covariance computed using outer product of gradients |             |                       |             |        |
| MA Backcast: 1/07/2015 1/08/2015                                 |             |                       |             |        |
| Presample variance: backcast (parameter = 0.7)                   |             |                       |             |        |
| GARCH = C(8) + C(9)*RESID(-1)^2 + C(10)*GARCH(-1)                |             |                       |             |        |
| Variable                                                         | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.  |
| C                                                                | 0.000128    | 0.000304              | 0.420128    | 0.6744 |
| AR(1)                                                            | -0.991430   | 0.379098              | -2.615237   | 0.0089 |
| AR(2)                                                            | -0.076359   | 0.355362              | -0.214876   | 0.8299 |
| AR(3)                                                            | -0.156481   | 0.044018              | -3.554915   | 0.0004 |
| AR(4)                                                            | -0.085308   | 0.043315              | -1.969498   | 0.0489 |
| MA(1)                                                            | 1.054436    | 0.379697              | 2.777046    | 0.0055 |
| MA(2)                                                            | 0.056229    | 0.378945              | 0.148382    | 0.8820 |
| Variance Equation                                                |             |                       |             |        |
| C                                                                | 5.80E-06    | 1.70E-06              | 3.413825    | 0.0006 |
| RESID(-1)^2                                                      | 0.104043    | 0.017773              | 5.853951    | 0.0000 |
| GARCH(-1)                                                        | 0.868431    | 0.020888              | 41.57553    | 0.0000 |
| R-squared                                                        | 0.015582    | Mean dependent var    | 3.74E-05    |        |
| Adjusted R-squared                                               | 0.010784    | S.D. dependent var    | 0.014210    |        |
| S.E. of regression                                               | 0.014133    | Akaike info criterion | -5.850713   |        |
| Sum squared resid                                                | 0.245896    | Schwarz criterion     | -5.809346   |        |
| Log likelihood                                                   | 3631.592    | Hannan-Quinn criter.  | -5.835155   |        |
| Durbin-Watson stat                                               | 2.004989    |                       |             |        |
| Inverted AR Roots                                                | .19-.43i    | .19+.43i              | -.39        | -.99   |
| Inverted MA Roots                                                | -.06        | -1.00                 |             |        |

**Figura 5-68 - Test GARCH 1,1 - COPEC 60 meses con data diaria**

# **Correlograma Q Statistics, GARCH 1,1 para COPEC**

Date: 09/06/23 Time: 00:00

Sample (adjusted): 1/09/2015 12/30/2019

Q-statistic probabilities adjusted for 6 ARMA terms

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob*  |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|
|                 |                     | 1  | 0.019  | 0.019  | 0.4390 |
|                 |                     | 2  | 0.013  | 0.013  | 0.6571 |
|                 |                     | 3  | 0.008  | 0.008  | 0.7408 |
|                 |                     | 4  | 0.013  | 0.013  | 0.9508 |
|                 |                     | 5  | 0.026  | 0.025  | 1.7738 |
|                 |                     | 6  | -0.008 | -0.009 | 1.8449 |
|                 |                     | 7  | 0.014  | 0.014  | 2.0930 |
|                 |                     | 8  | -0.020 | -0.021 | 2.5891 |
|                 |                     | 9  | 0.027  | 0.027  | 3.4713 |
|                 |                     | 10 | 0.012  | 0.010  | 3.6373 |
|                 |                     | 11 | -0.051 | -0.052 | 6.9339 |
|                 |                     | 12 | 0.007  | 0.008  | 7.0022 |
|                 |                     | 13 | 0.004  | 0.006  | 7.0226 |
|                 |                     | 14 | -0.042 | -0.044 | 9.2183 |
|                 |                     | 15 | 0.021  | 0.025  | 9.7938 |
|                 |                     | 16 | 0.053  | 0.055  | 13.343 |
|                 |                     | 17 | -0.024 | -0.027 | 14.073 |
|                 |                     | 18 | -0.011 | -0.009 | 14.219 |
|                 |                     | 19 | -0.002 | -0.002 | 14.223 |
|                 |                     | 20 | -0.006 | -0.006 | 14.269 |
|                 |                     | 21 | -0.006 | -0.006 | 14.321 |
|                 |                     | 22 | 0.014  | 0.012  | 14.584 |
|                 |                     | 23 | -0.014 | -0.012 | 14.838 |
|                 |                     | 24 | 0.004  | 0.007  | 14.856 |
|                 |                     | 25 | -0.007 | -0.015 | 14.918 |
|                 |                     | 26 | -0.039 | -0.037 | 16.887 |
|                 |                     | 27 | -0.003 | 0.006  | 16.896 |
|                 |                     | 28 | -0.011 | -0.014 | 17.049 |
|                 |                     | 29 | 0.025  | 0.027  | 17.875 |
|                 |                     | 30 | -0.027 | -0.021 | 18.813 |
|                 |                     | 31 | 0.026  | 0.022  | 19.684 |
|                 |                     | 32 | 0.011  | 0.007  | 19.828 |
|                 |                     | 33 | -0.052 | -0.048 | 23.239 |
|                 |                     | 34 | -0.014 | -0.016 | 23.476 |
|                 |                     | 35 | -0.021 | -0.015 | 24.031 |
|                 |                     | 36 | -0.015 | -0.015 | 24.304 |

**Figura 5-69 - Correlograma Q-Statistic (GARCH 1,1) - COPEC 60 meses con data diaria**

# **Correlograma Squared Residuals, GARCH 1,1 para COPEC**

Date: 09/06/23 Time: 00:01

Sample (adjusted): 1/09/2015 12/30/2019

Included observations: 1238 after adjustments

| Autocorrelation | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob* |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.044  | 0.044  | 2.4167 | 0.120 |
|                 |                     | 2  | -0.047 | -0.049 | 5.1526 | 0.076 |
|                 |                     | 3  | 0.007  | 0.011  | 5.2152 | 0.157 |
|                 |                     | 4  | -0.012 | -0.015 | 5.3978 | 0.249 |
|                 |                     | 5  | -0.002 | 0.000  | 5.4032 | 0.369 |
|                 |                     | 6  | 0.001  | 0.000  | 5.4056 | 0.493 |
|                 |                     | 7  | -0.018 | -0.018 | 5.7926 | 0.564 |
|                 |                     | 8  | 0.009  | 0.010  | 5.8829 | 0.660 |
|                 |                     | 9  | -0.013 | -0.016 | 6.0995 | 0.730 |
|                 |                     | 10 | -0.061 | -0.058 | 10.711 | 0.381 |
|                 |                     | 11 | 0.015  | 0.019  | 11.001 | 0.443 |
|                 |                     | 12 | -0.018 | -0.025 | 11.386 | 0.496 |
|                 |                     | 13 | -0.020 | -0.016 | 11.891 | 0.537 |
|                 |                     | 14 | 0.069  | 0.067  | 17.902 | 0.211 |
|                 |                     | 15 | 0.010  | 0.003  | 18.025 | 0.261 |
|                 |                     | 16 | 0.001  | 0.006  | 18.026 | 0.322 |
|                 |                     | 17 | 0.022  | 0.019  | 18.626 | 0.350 |
|                 |                     | 18 | -0.016 | -0.015 | 18.957 | 0.394 |
|                 |                     | 19 | 0.049  | 0.051  | 22.024 | 0.283 |
|                 |                     | 20 | 0.024  | 0.014  | 22.761 | 0.301 |
|                 |                     | 21 | -0.018 | -0.010 | 23.163 | 0.335 |
|                 |                     | 22 | -0.009 | -0.011 | 23.275 | 0.386 |
|                 |                     | 23 | 0.020  | 0.020  | 23.778 | 0.416 |
|                 |                     | 24 | 0.023  | 0.030  | 24.434 | 0.437 |
|                 |                     | 25 | -0.026 | -0.031 | 25.306 | 0.445 |
|                 |                     | 26 | 0.035  | 0.045  | 26.853 | 0.417 |
|                 |                     | 27 | -0.006 | -0.008 | 26.901 | 0.469 |
|                 |                     | 28 | -0.003 | -0.004 | 26.911 | 0.523 |
|                 |                     | 29 | -0.032 | -0.026 | 28.191 | 0.508 |
|                 |                     | 30 | -0.037 | -0.034 | 29.932 | 0.469 |
|                 |                     | 31 | -0.025 | -0.029 | 30.749 | 0.479 |
|                 |                     | 32 | -0.028 | -0.026 | 31.720 | 0.481 |
|                 |                     | 33 | -0.017 | -0.020 | 32.107 | 0.511 |
|                 |                     | 34 | -0.016 | -0.022 | 32.446 | 0.544 |
|                 |                     | 35 | 0.053  | 0.052  | 35.986 | 0.422 |
|                 |                     | 36 | -0.038 | -0.041 | 37.810 | 0.387 |

**Figura 5-70 - Correlograma Square Residuals (GARCH 1,1) – COPEC 60 meses con data diaria**

**Resumen modelo obtenido para COPEC con GARCH 1,1**

Estimation Command:

=====

ARCH CREC C AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) MA(1) MA(2)

Estimation Equation:

=====

CREC = C(1) + [AR(1)=C(2),AR(2)=C(3),AR(3)=C(4),AR(4)=C(5),MA(1)=C(6),MA(2)=C(7),BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/30/2019"]

GARCH = C(8) + C(9)\*RESID(-1)^2 + C(10)\*GARCH(-1)

Substituted Coefficients:

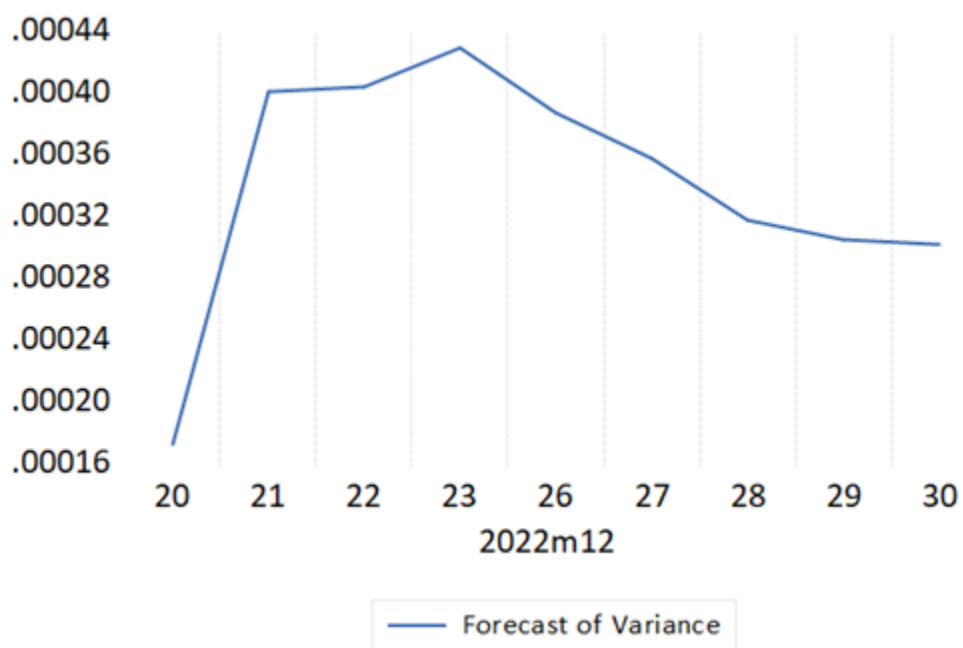
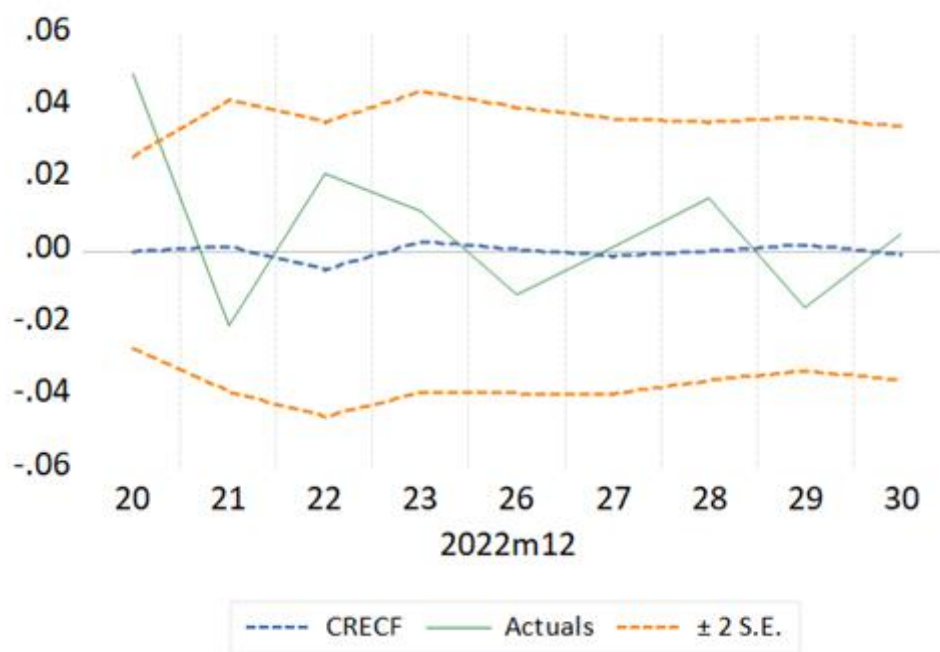
=====

CREC = 0.000127741444974 + [AR(1)=-0.991430260478,AR(2)=-0.0763587380103,AR(3)=-0.156480694692,AR(4)=-0.085308474656,MA(1)=1.05443646909,MA(2)=0.0562286275474,BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/30/2019"]

GARCH = 5.79609221793e-06 + 0.104042771559\*RESID(-1)^2 + 0.868430918142\*GARCH(-1)

**Figura 5-71 - Representación del modelo (EGARCH 1,1) – COPEC 60 meses con data diaria**

**Pronóstico para COPEC últimos 10 periodos**



|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Forecast: CRECF                       |          |
| Actual: CREC                          |          |
| Forecast sample: 12/20/2022 12/30/... |          |
| Included observations: 9              |          |
| Root Mean Squared Error               | 0.022088 |
| Mean Absolute Error                   | 0.017666 |
| Mean Abs. Percent Error               | 124.5311 |
| Theil Inequality Coef.                | 0.949009 |
| Bias Proportion                       | 0.080118 |
| Variance Proportion                   | 0.675329 |
| Covariance Proportion                 | 0.244552 |
| Theil U2 Coefficient                  | 1.049564 |
| Symmetric MAPE                        | 192.1324 |

**Figura 5-72** - *Pronóstico período 20/12/2022 al 30/12/2022 para COPEC – 60 meses con data diaria*

## 6.5. SQM, data diaria a 96 meses (Con Pandemia)

### *Análisis precio de Cierre de las Acciones de SQM a 96 meses con data diaria*

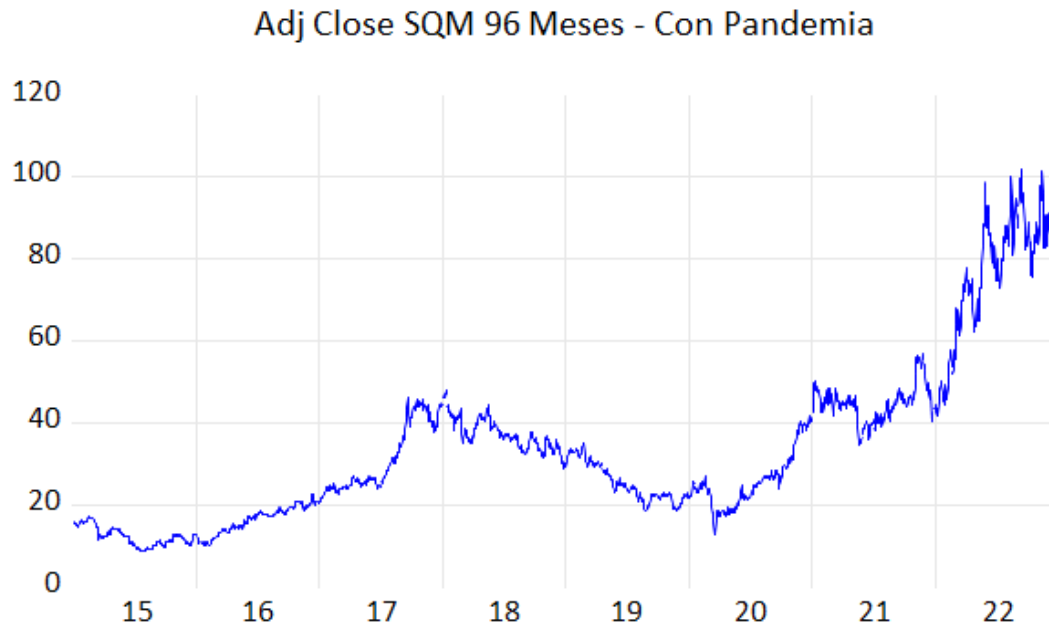


**Figura 5-73:** Grafico Data Original SQM - 96 meses con data diaria

Desde 2015 a 2017 se aprecia una tendencia a aumentar. Desde 2017 a 2019 tiende a disminuir alcanzando su punto más alto en 2018. Desde 2020 en adelante se observa una tendencia de crecimiento con cierta ciclicidad anual. Además, se aprecia una gran volatilidad lejos de presentar una media y variabilidad constante.

### Análisis del Correlograma de SQM para el precio de Cierre de las acciones.

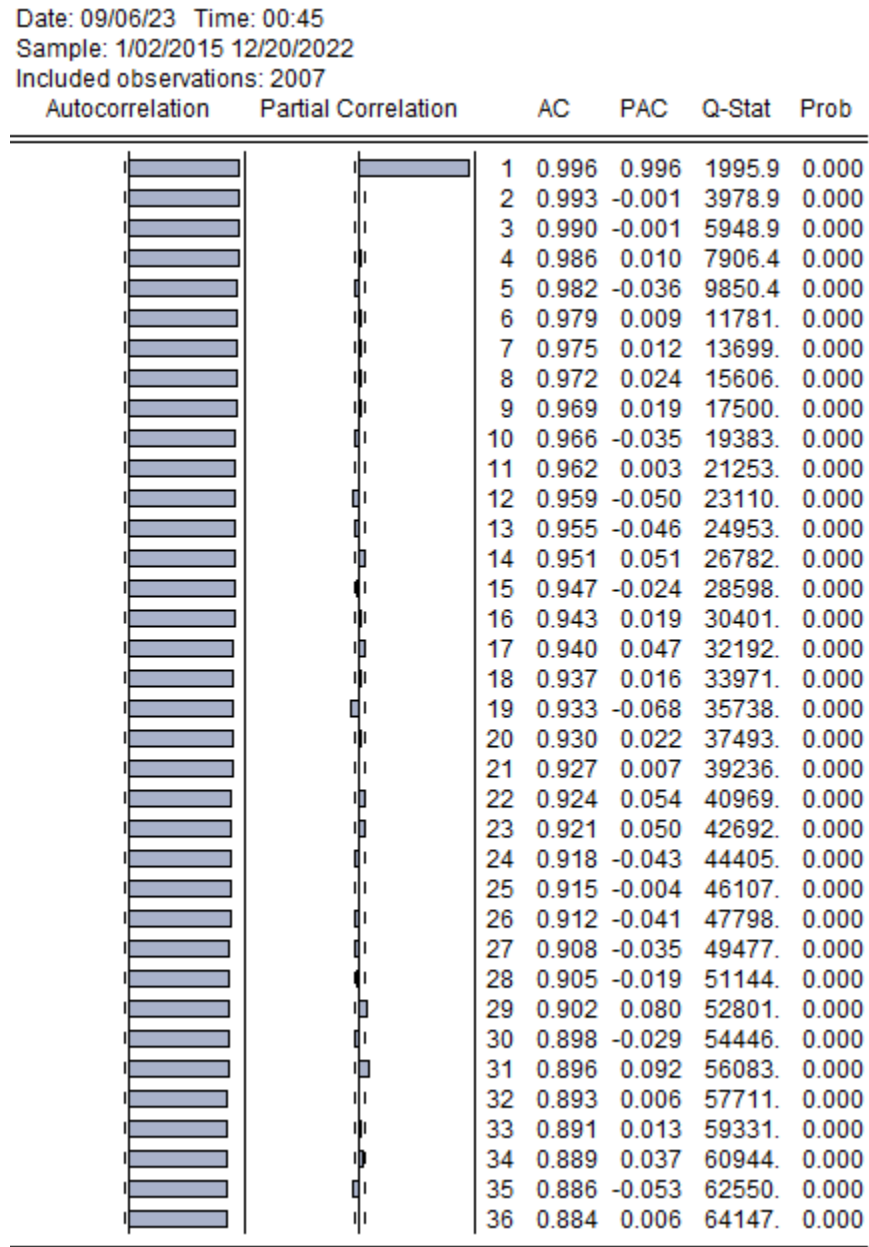


**Figura 5-74:** Grafico Data Original SQM - 96 meses con data diaria

Se aprecia que todos de los rezagos están fuera de los límites de especificación. Además, todos los valores de los rezagos reflejan una probabilidad menor al 5% por lo tanto la serie No es Estacionaria.

**Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para SQM**

Null Hypothesis: ADJ\_CLOSE has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=25)

|                                        | t-Statistic | Prob.* |
|----------------------------------------|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -0.551558   | 0.8785 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.433411   |        |
| 5% level                               | -2.862778   |        |
| 10% level                              | -2.567476   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(ADJ\_CLOSE)  
Method: Least Squares  
Date: 09/06/23 Time: 00:45  
Sample (adjusted): 1/05/2015 12/20/2022  
Included observations: 2006 after adjustments

| Variable      | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob.  |
|---------------|-------------|------------|-------------|--------|
| ADJ_CLOSE(-1) | -0.000768   | 0.001393   | -0.551558   | 0.5813 |
| C             | 0.058054    | 0.054423   | 1.066724    | 0.2862 |

|                    |           |                       |          |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|
| R-squared          | 0.000152  | Mean dependent var    | 0.032300 |
| Adjusted R-squared | -0.000347 | S.D. dependent var    | 1.251868 |
| S.E. of regression | 1.252086  | Akaike info criterion | 3.288495 |
| Sum squared resid  | 3141.708  | Schwarz criterion     | 3.294082 |
| Log likelihood     | -3296.361 | Hannan-Quinn criter.  | 3.290546 |
| F-statistic        | 0.304216  | Durbin-Watson stat    | 1.968525 |
| Prob(F-statistic)  | 0.581313  |                       |          |

**Figura 5-75:** Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) SQM 96 meses con data diaria

Esta prueba es complementaria al obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se acepta dicha hipótesis nula, es decir, la serie No es estacionaria,

### ***Primera diferencia logarítmica para la data de SQM***

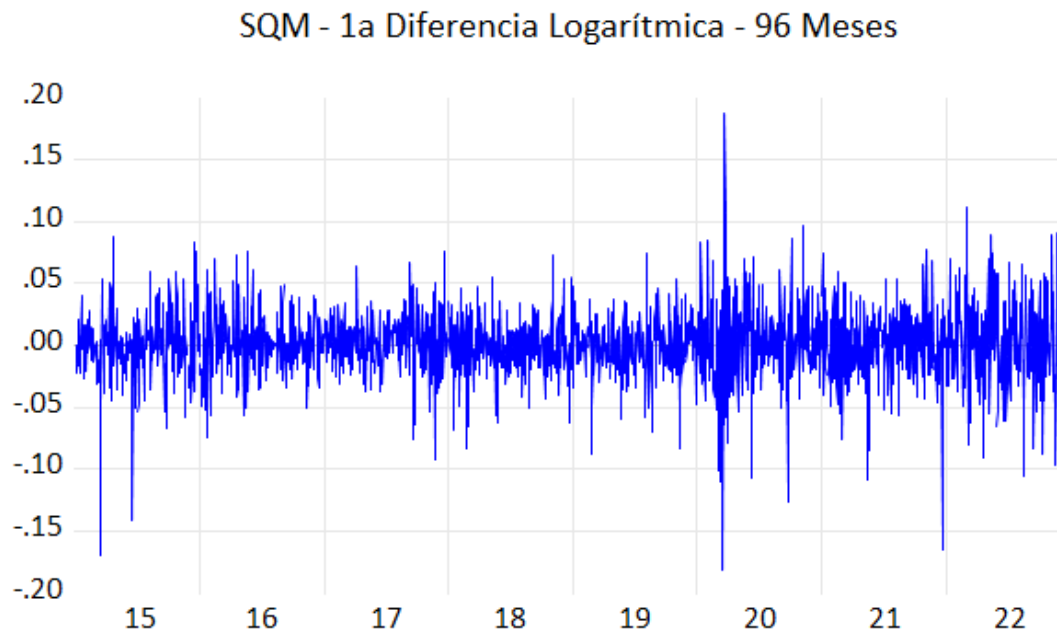


**Figura 5-76:** *Grafico 1a Diferencia Logarítmica para SQM - 96 meses con data diaria*

La primera diferencia logarítmica es una transformación útil para estabilizar la varianza y convertir una serie de tiempo no estacionaria en una serie estacionaria, lo que facilita su análisis y modelado.

Acá se aprecia que la media tiende a ser lineal a lo largo del tiempo. Además, se puede ver que la varianza tiende a estabilizarse, sin embargo, se requiere de otras pruebas para ver si efectivamente la serie es estacionara producto de la aplicación de la primera diferencia logarítmica.

### Correlograma para la primera diferencia logarítmica de SQM

Date: 09/06/23 Time: 00:47  
Sample (adjusted): 1/05/2015 12/20/2022  
Included observations: 2006 after adjustments

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | 0.027  | 0.027  | 1.4515 | 0.228 |
|                 |                     | 2  | 0.014  | 0.013  | 1.8255 | 0.401 |
|                 |                     | 3  | -0.014 | -0.015 | 2.2368 | 0.525 |
|                 |                     | 4  | -0.004 | -0.003 | 2.2689 | 0.686 |
|                 |                     | 5  | -0.012 | -0.012 | 2.5725 | 0.766 |
|                 |                     | 6  | -0.031 | -0.030 | 4.4758 | 0.613 |
|                 |                     | 7  | 0.025  | 0.026  | 5.6936 | 0.576 |
|                 |                     | 8  | -0.052 | -0.053 | 11.174 | 0.192 |
|                 |                     | 9  | 0.003  | 0.005  | 11.198 | 0.262 |
|                 |                     | 10 | -0.015 | -0.013 | 11.644 | 0.310 |
|                 |                     | 11 | 0.014  | 0.013  | 12.059 | 0.359 |
|                 |                     | 12 | 0.014  | 0.013  | 12.462 | 0.409 |
|                 |                     | 13 | -0.011 | -0.012 | 12.690 | 0.472 |
|                 |                     | 14 | 0.031  | 0.028  | 14.666 | 0.401 |
|                 |                     | 15 | -0.012 | -0.010 | 14.942 | 0.456 |
|                 |                     | 16 | -0.010 | -0.013 | 15.126 | 0.515 |
|                 |                     | 17 | -0.028 | -0.024 | 16.736 | 0.472 |
|                 |                     | 18 | -0.004 | -0.004 | 16.761 | 0.540 |
|                 |                     | 19 | -0.046 | -0.045 | 20.998 | 0.337 |
|                 |                     | 20 | -0.008 | -0.003 | 21.122 | 0.390 |
|                 |                     | 21 | 0.008  | 0.006  | 21.251 | 0.444 |
|                 |                     | 22 | -0.018 | -0.017 | 21.914 | 0.465 |
|                 |                     | 23 | -0.008 | -0.011 | 22.044 | 0.518 |
|                 |                     | 24 | -0.020 | -0.019 | 22.845 | 0.529 |
|                 |                     | 25 | -0.006 | -0.012 | 22.927 | 0.582 |
|                 |                     | 26 | -0.021 | -0.020 | 23.807 | 0.587 |
|                 |                     | 27 | 0.061  | 0.058  | 31.290 | 0.259 |
|                 |                     | 28 | -0.049 | -0.055 | 36.193 | 0.138 |
|                 |                     | 29 | 0.008  | 0.010  | 36.340 | 0.164 |
|                 |                     | 30 | -0.012 | -0.012 | 36.627 | 0.188 |
|                 |                     | 31 | -0.018 | -0.017 | 37.294 | 0.202 |
|                 |                     | 32 | 0.019  | 0.018  | 38.052 | 0.213 |
|                 |                     | 33 | -0.006 | -0.003 | 38.125 | 0.248 |
|                 |                     | 34 | 0.020  | 0.010  | 38.915 | 0.258 |
|                 |                     | 35 | -0.011 | -0.004 | 39.145 | 0.289 |
|                 |                     | 36 | 0.018  | 0.010  | 39.830 | 0.304 |

**Figura 5-77:** Correlograma de la 1ª Diferencia logarítmica SQM – 96 meses con data diaria

Se aprecia que todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, lo que nos indica que la serie es Estacionaria, sin embargo, se debe corroborar con otras pruebas.

**Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) para corroborar Estacionariedad en Primera Diferencia Logarítmica**

|                                                     |             |                       |             |           |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: CREC has a unit root               |             |                       |             |           |
| Exogenous: Constant                                 |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=22) |             |                       |             |           |
|                                                     |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic              |             |                       | -33.82861   | 0.0000    |
| Test critical values:                               | 1% level    |                       | -3.435348   |           |
|                                                     | 5% level    |                       | -2.863635   |           |
|                                                     | 10% level   |                       | -2.567935   |           |
| *Mackinnon (1996) one-sided p-values.               |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation               |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(CREC)                         |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                               |             |                       |             |           |
| Date: 09/06/23 Time: 01:21                          |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 1/06/2015 12/30/2019             |             |                       |             |           |
| Included observations: 1255 after adjustments       |             |                       |             |           |
| Variable                                            | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| CREC(-1)                                            | -0.954594   | 0.028219              | -33.82861   | 0.0000    |
| C                                                   | 0.000250    | 0.000666              | 0.375021    | 0.7077    |
| R-squared                                           | 0.477345    | Mean dependent var    |             | 2.54E-06  |
| Adjusted R-squared                                  | 0.476928    | S.D. dependent var    |             | 0.032619  |
| S.E. of regression                                  | 0.023591    | Akaike info criterion |             | -4.654297 |
| Sum squared resid                                   | 0.697348    | Schwarz criterion     |             | -4.646114 |
| Log likelihood                                      | 2922.572    | Hannan-Quinn criter.  |             | -4.651222 |
| F-statistic                                         | 1144.375    | Durbin-Watson stat    |             | 1.999860  |
| Prob(F-statistic)                                   | 0.000000    |                       |             |           |

**Figura 5-78: Prueba de Raíz Unitaria (Unit Root Test - Dickey Fuller) 1a diferencia Logarítmica SQM – 96 meses con data diaria**

Esta prueba es complementaria al obtenido en el correlograma anterior. Establece como hipótesis nula que existe al menos una raíz unitaria. En este caso la probabilidad es menor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es estacionaria.

### Matriz Akaike, determinar mejor ARIMA para SQM

| AIC_ARMA                       |           |           |           |           |           |
|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                | C1        | C2        | C3        | C4        | C5        |
| Last updated: 09/06/23 - 00:48 |           |           |           |           |           |
| R1                             | -4.285721 | -4.285428 | -4.284639 | -4.283846 | -4.282852 |
| R2                             | -4.285447 | -4.284524 | -4.283748 | -4.283883 | -4.284668 |
| R3                             | -4.284617 | -4.283724 | -4.285140 | -4.282892 | -4.284637 |
| R4                             | -4.283845 | -4.283891 | -4.282905 | -4.283885 | -4.288835 |
| R5                             | -4.282860 | -4.284670 | -4.284641 | -4.288913 | -4.288060 |

**Figura 5-79:** Matriz Akaike – Menor valor para ARIMA (4,1,3) para SQM – 96 meses con data diaria

### Comprobación Akaike 4,1,3 para SQM

| Dependent Variable: CREC                                         |             |                       |             |           |
|------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: ARMA Generalized Least Squares (Gauss-Newton)            |             |                       |             |           |
| Date: 09/06/23 Time: 00:49                                       |             |                       |             |           |
| Sample: 1/05/2015 12/20/2022                                     |             |                       |             |           |
| Included observations: 2006                                      |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 43 iterations                         |             |                       |             |           |
| Coefficient covariance computed using outer product of gradients |             |                       |             |           |
| d.f. adjustment for standard errors & covariance                 |             |                       |             |           |
| Variable                                                         | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| C                                                                | 0.000822    | 0.000549              | 1.495523    | 0.1349    |
| AR(1)                                                            | -0.870234   | 0.086526              | -10.05751   | 0.0000    |
| AR(2)                                                            | 0.799750    | 0.156829              | 5.099513    | 0.0000    |
| AR(3)                                                            | 0.860344    | 0.091475              | 9.405237    | 0.0000    |
| AR(4)                                                            | -0.055079   | 0.023396              | -2.354257   | 0.0187    |
| MA(1)                                                            | 0.904126    | 0.084063              | 10.75538    | 0.0000    |
| MA(2)                                                            | -0.772842   | 0.152123              | -5.080384   | 0.0000    |
| MA(3)                                                            | -0.900875   | 0.082069              | -10.97710   | 0.0000    |
| R-squared                                                        | 0.010246    | Mean dependent var    |             | 0.000812  |
| Adjusted R-squared                                               | 0.006779    | S.D. dependent var    |             | 0.028381  |
| S.E. of regression                                               | 0.028284    | Akaike info criterion |             | -4.288913 |
| Sum squared resid                                                | 1.598401    | Schwarz criterion     |             | -4.266565 |
| Log likelihood                                                   | 4309.780    | Hannan-Quinn criter.  |             | -4.280709 |
| F-statistic                                                      | 2.954839    | Durbin-Watson stat    |             | 2.000780  |
| Prob(F-statistic)                                                | 0.004404    |                       |             |           |
| Inverted AR Roots                                                | .93         | .06                   | -.93+.34i   | -.93-.34i |
| Inverted MA Roots                                                | .94         | -.92-.33i             | -.92+.33i   |           |

**Figura 5-80:** Corroboramos Akaike para ARIMA Y Raíces Unitarias Inversas – SQM 96 meses con data diaria

*Aplicar Arma Structure para corroborar que las soluciones están dentro del círculo de radio unitario*

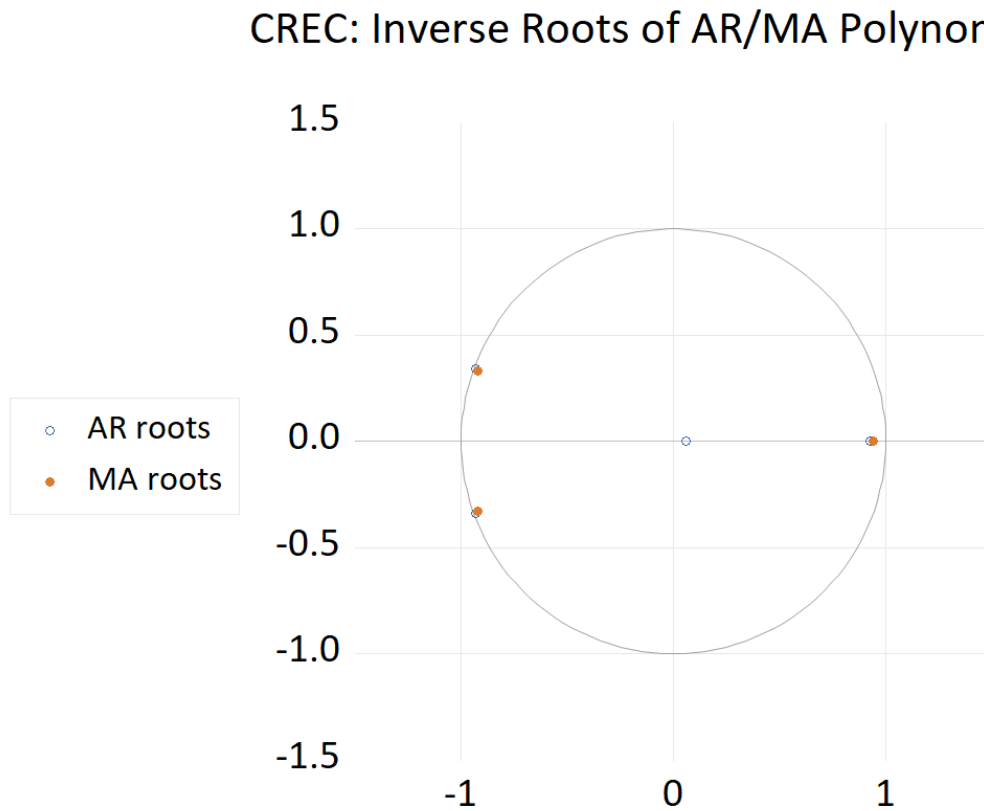


**Figura 5-81:** *Inverse Root test para ARIMA 4,1,3 – SQM 96 meses con data diaria*

### Test de correlación para SQM

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 2 lags

|               |          |                     |        |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic   | 0.183896 | Prob. F(2,1996)     | 0.8320 |
| Obs*R-squared | 0.369566 | Prob. Chi-Square(2) | 0.8313 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/06/23 Time: 00:50

Sample: 1/05/2015 12/20/2022

Included observations: 2006

Coefficient covariance computed using outer product of gradients

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | -8.04E-08   | 1.55E-05              | -0.005180   | 0.9959 |
| AR(1)              | 0.053026    | 0.181153              | 0.292714    | 0.7698 |
| AR(2)              | 0.049537    | 0.167778              | 0.295250    | 0.7678 |
| AR(3)              | -0.039013   | 0.136273              | -0.286290   | 0.7747 |
| AR(4)              | -0.047818   | 0.164890              | -0.290000   | 0.7718 |
| MA(1)              | -0.000258   | 0.002659              | -0.097037   | 0.9227 |
| MA(2)              | -0.000313   | 0.004786              | -0.065305   | 0.9479 |
| MA(3)              | -0.000151   | 0.002547              | -0.059416   | 0.9526 |
| RESID(-1)          | 1.868907    | 6.443641              | 0.290039    | 0.7718 |
| RESID(-2)          | 0.127022    | 0.389213              | 0.326356    | 0.7442 |
| R-squared          | 0.000184    | Mean dependent var    | -3.62E-06   |        |
| Adjusted R-squared | -0.004324   | S.D. dependent var    | 0.028235    |        |
| S.E. of regression | 0.028296    | Akaike info criterion | -4.287231   |        |
| Sum squared resid  | 1.598107    | Schwarz criterion     | -4.259296   |        |
| Log likelihood     | 4310.093    | Hannan-Quinn criter.  | -4.276975   |        |
| F-statistic        | 0.040862    | Durbin-Watson stat    | 1.999514    |        |
| Prob(F-statistic)  | 0.999992    |                       |             |        |

**Figura 5-82** Test Correlación – SQM 96 meses con data diaria

Esta Prueba establece como hipótesis nula que No hay existe Correlación en la serie. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, existe correlación en la serie.

### Test Heterocedasticidad para SQM

#### Heteroskedasticity Test: ARCH

|               |          |                     |        |
|---------------|----------|---------------------|--------|
| F-statistic   | 16.41109 | Prob. F(1,2003)     | 0.0001 |
| Obs*R-squared | 16.29398 | Prob. Chi-Square(1) | 0.0001 |

#### Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/06/23 Time: 00:51

Sample (adjusted): 1/06/2015 12/20/2022

Included observations: 2005 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| C                  | 0.000725    | 4.80E-05              | 15.09753    | 0.0000    |
| RESID^2(-1)        | 0.090151    | 0.022254              | 4.051061    | 0.0001    |
| R-squared          | 0.008127    | Mean dependent var    |             | 0.000797  |
| Adjusted R-squared | 0.007631    | S.D. dependent var    |             | 0.002006  |
| S.E. of regression | 0.001998    | Akaike info criterion |             | -9.591953 |
| Sum squared resid  | 0.007999    | Schwarz criterion     |             | -9.586363 |
| Log likelihood     | 9617.932    | Hannan-Quinn criter.  |             | -9.589901 |
| F-statistic        | 16.41109    | Durbin-Watson stat    |             | 2.040416  |
| Prob(F-statistic)  | 0.000053    |                       |             |           |

**Figura 5-83 - Test Heterocedasticidad – SQM 96 meses**

Esta Prueba establece como hipótesis nula que existe Homocedasticidad. En este caso la probabilidad es mayor al 5% por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la serie es Heterocedástica.

Si bien no se cumple el principio de Homocedasticidad, se debe recurrir a modelos ARCH, GARCH y Derivados para modelar la volatilidad de la serie, es decir, la varianza de los rendimientos cambia con el tiempo y no se ajustan a las condiciones reales del mercado.

### Correlograma Squared Residuals, Akaike 1,1,1 para SQM

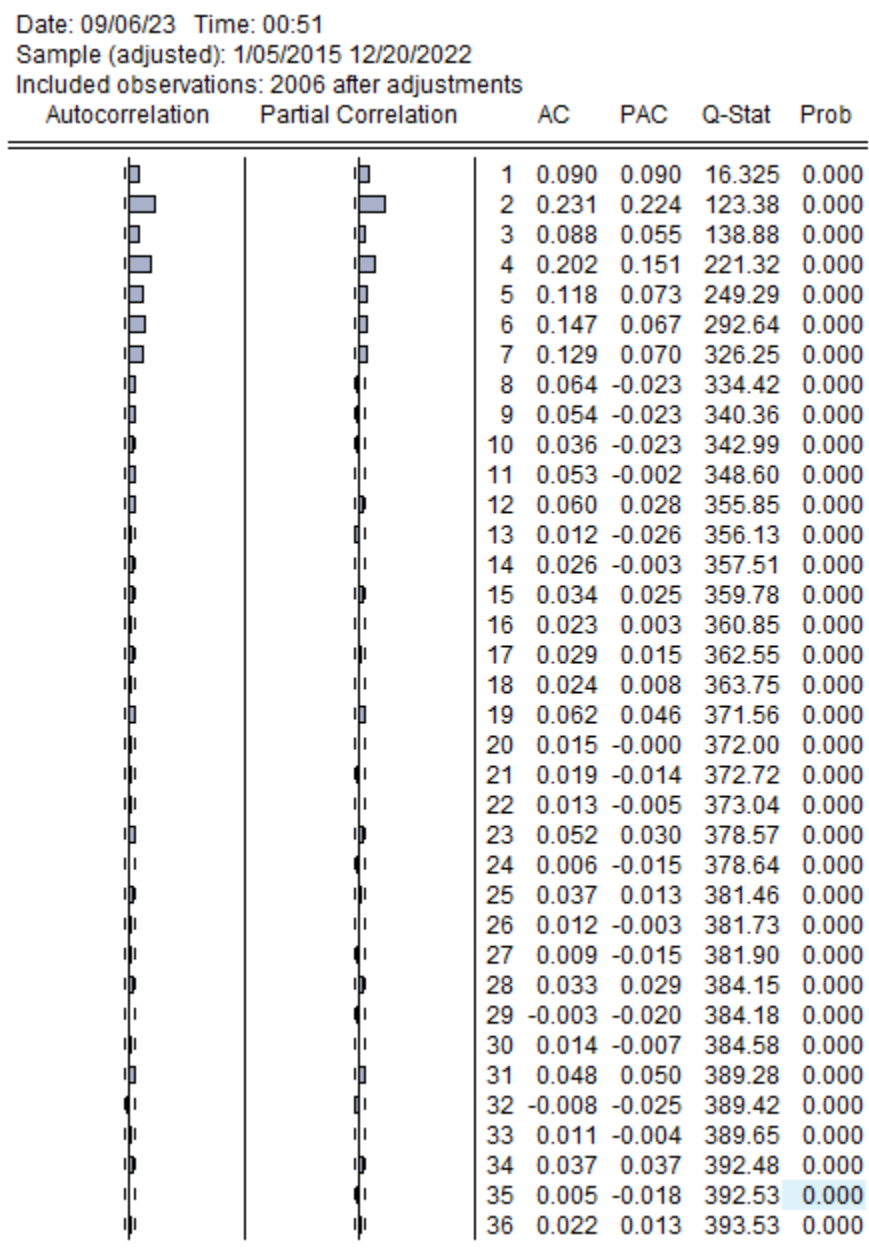


**Figura 5-84 - Test Squared Residuals – SQM 96 meses con data diaria**

Se aprecia que no todos los rezagos están dentro de los límites de especificación, sin embargo, los valores de Probabilidad son todos menores a 5%, por lo tanto, la serie no es Ruido Blanco.

### Iteración de Modelos ARCH, GARCH y Derivados para SQM

| RESUMEN ITERACION ARCH GARCH Y DERIVADOS - SQM 96 Meses |                |                                           |                |                |                |
|---------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| ARCH 1                                                  | -4.305547      | Ecuación de la media Modelo ARIMA (4,1,3) |                |                |                |
| ARCH 2                                                  | -4.364018      |                                           |                |                |                |
| ARCH 3                                                  | -4.373119      |                                           |                |                |                |
| ARCH 4                                                  | -4.372226      |                                           |                |                |                |
| ARCH 5                                                  | -4.379458      |                                           |                |                |                |
| GARCH (X,Y)                                             | GARCH (X,1)    | GARCH (X,2)                               | GARCH (X,3)    | GARCH (X,4)    | GARCH (X,5)    |
| GARCH (1,Y)                                             | -4.380207      | -4.382037                                 | -4.380928      | -4.377898      | -4.384116      |
| GARCH (2,Y)                                             | -4.374756      | -4.380288                                 | -4.383130      | -4.399225      | -4.404021      |
| GARCH (3,Y)                                             | -4.376831      | -4.387458                                 | -4.404100      | -4.402253      | -4.394645      |
| GARCH (4,Y)                                             | -4.378181      | -4.382937                                 | -4.399235      | -4.397629      | -4.397127      |
| GARCH (5,Y)                                             | -4.387687      | -4.378256                                 | -4.379157      | -4.398500      | -4.386449      |
| TGARCH (X,1,Y)                                          | TGARCH (X,1,1) | TGARCH (X,1,2)                            | TGARCH (X,1,3) | TGARCH (X,1,4) | TGARCH (X,1,5) |
| TGARCH (1,1,Y)                                          | -4.381223      | -4.381993                                 | -4.381090      | -4.382500      | -4.411261      |
| TGARCH (2,1,Y)                                          | -4.381835      | -4.381226                                 | -4.386698      | -4.410573      | -4.401656      |
| TGARCH (3,1,Y)                                          | -4.385136      | -4.385932                                 | -4.384325      | -4.399455      | -4.391501      |
| TGARCH (4,1,Y)                                          | -4.377193      | -4.384790                                 | -4.379489      | -4.427877      | -4.397369      |
| TGARCH (5,1,Y)                                          | -4.402791      | -4.377670                                 | -4.387060      | -4.409229      | -4.397072      |
| TGARCH (X,2,Y)                                          | TGARCH (X,2,1) | TGARCH (X,2,2)                            | TGARCH (X,2,3) | TGARCH (X,2,4) | TGARCH (X,2,5) |
| TGARCH (1,2,Y)                                          | -4.386504      | -4.384998                                 | -4.389355      | -4.404653      | -4.389509      |
| TGARCH (2,2,Y)                                          | -4.385819      | -4.384837                                 | -4.386487      | -4.385423      | -4.387038      |
| TGARCH (3,2,Y)                                          | -4.386549      | -4.385563                                 | -4.380457      | -4.385220      | -4.390281      |
| TGARCH (4,2,Y)                                          | -4.385676      | -4.384692                                 | -4.388652      | -4.384199      | -4.398378      |
| TGARCH (5,2,Y)                                          | -4.388098      | -4.383965                                 | -4.384648      | -4.383293      | -4.405209      |
| EGARCH (X,1,Y)                                          | EGARCH (X,1,1) | EGARCH (X,1,2)                            | EGARCH (X,1,3) | EGARCH (X,1,4) | EGARCH (X,1,5) |
| EGARCH (1,1,Y)                                          | -4.262197      | -4.389153                                 | -4.391213      | -4.395461      | -4.391382      |
| EGARCH (2,1,Y)                                          | -4.388348      | -4.388789                                 | -4.405332      | -4.412257      | -4.411885      |
| EGARCH (3,1,Y)                                          | -4.385101      | -4.392506                                 | -4.409251      | -4.408351      | -4.411021      |
| EGARCH (4,1,Y)                                          | -4.384513      | -4.391645                                 | -4.250883      | -4.403052      | -4.204488      |
| EGARCH (5,1,Y)                                          | -4.270999      | -4.393139                                 | -4.409925      | -4.235916      | -4.418755      |

**Figura 5-85 - Iteración ARCH GARCH y Derivados – SQM 96 meses con data diaria**

El mejor modelo es un ARCH 2 comprobado por Correlograma Q-Statistics y Correlograma Squared Residuals. Ambas pruebas poseen valores de probabilidad mayores al 5% con 36 rezagos.

### Modelo ARCH 1 para SQM a 60 meses con data diaria

Dependent Variable: CREC  
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)  
Date: 09/06/23 Time: 01:01  
Sample (adjusted): 1/09/2015 12/20/2022  
Included observations: 2002 after adjustments  
Convergence achieved after 84 iterations  
Coefficient covariance computed using outer product of gradients  
MA Backcast: 1/06/2015 1/08/2015  
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)  
GARCH = C(9) + C(10)\*RESID(-1)^2 + C(11)\*RESID(-2)^2

| Variable | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C        | 0.000931    | 0.000526   | 1.768829    | 0.0769 |
| AR(1)    | -0.864003   | 0.091375   | -9.455568   | 0.0000 |
| AR(2)    | 0.782983    | 0.164537   | 4.758694    | 0.0000 |
| AR(3)    | 0.793987    | 0.089750   | 8.846608    | 0.0000 |
| AR(4)    | -0.079250   | 0.023773   | -3.333606   | 0.0009 |
| MA(1)    | 0.940607    | 0.086199   | 10.91205    | 0.0000 |
| MA(2)    | -0.737809   | 0.161737   | -4.561775   | 0.0000 |
| MA(3)    | -0.875709   | 0.087281   | -10.03322   | 0.0000 |

| Variance Equation |          |          |          |        |
|-------------------|----------|----------|----------|--------|
| C                 | 0.000540 | 1.72E-05 | 31.39800 | 0.0000 |
| RESID(-1)^2       | 0.127101 | 0.028210 | 4.505517 | 0.0000 |
| RESID(-2)^2       | 0.198024 | 0.024483 | 8.088118 | 0.0000 |

|                    |          |                       |           |  |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|--|
| R-squared          | 0.006012 | Mean dependent var    | 0.000834  |  |
| Adjusted R-squared | 0.002523 | S.D. dependent var    | 0.028402  |  |
| S.E. of regression | 0.028366 | Akaike info criterion | -4.364018 |  |
| Sum squared resid  | 1.604459 | Schwarz criterion     | -4.333238 |  |
| Log likelihood     | 4379.382 | Hannan-Quinn criter.  | -4.352717 |  |
| Durbin-Watson stat | 2.092422 |                       |           |  |

|                   |     |           |           |           |
|-------------------|-----|-----------|-----------|-----------|
| Inverted AR Roots | .89 | .09       | -.93+.32i | -.93-.32i |
| Inverted MA Roots | .91 | -.93+.31i | -.93-.31i |           |

**Figura 5-86 - Test ARCH 2 - SQM 96 meses con data diaria**

# **Correlograma Q Statistics, ARCH 1 para SQM**

Date: 09/06/23 Time: 01:01  
Sample (adjusted): 1/09/2015 12/20/2022  
Q-statistic probabilities adjusted for 7 ARMA terms

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob*  |       |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1  | -0.023 | -0.023 | 1.0764 |       |
|                 |                     | 2  | 0.005  | 0.004  | 1.1264 |       |
|                 |                     | 3  | -0.004 | -0.004 | 1.1545 |       |
|                 |                     | 4  | 0.025  | 0.024  | 2.3632 |       |
|                 |                     | 5  | -0.006 | -0.005 | 2.4292 |       |
|                 |                     | 6  | 0.016  | 0.016  | 2.9485 |       |
|                 |                     | 7  | 0.013  | 0.014  | 3.3106 |       |
|                 |                     | 8  | -0.015 | -0.016 | 3.7866 | 0.052 |
|                 |                     | 9  | 0.003  | 0.003  | 3.8096 | 0.149 |
|                 |                     | 10 | -0.009 | -0.010 | 3.9902 | 0.263 |
|                 |                     | 11 | 0.026  | 0.025  | 5.3447 | 0.254 |
|                 |                     | 12 | 0.009  | 0.011  | 5.5098 | 0.357 |
|                 |                     | 13 | 0.013  | 0.013  | 5.8649 | 0.438 |
|                 |                     | 14 | 0.022  | 0.024  | 6.8414 | 0.446 |
|                 |                     | 15 | 0.005  | 0.005  | 6.8881 | 0.549 |
|                 |                     | 16 | -0.021 | -0.021 | 7.7815 | 0.556 |
|                 |                     | 17 | -0.011 | -0.013 | 8.0110 | 0.628 |
|                 |                     | 18 | -0.001 | -0.003 | 8.0115 | 0.712 |
|                 |                     | 19 | -0.034 | -0.034 | 10.335 | 0.587 |
|                 |                     | 20 | 0.001  | -0.001 | 10.337 | 0.666 |
|                 |                     | 21 | 0.012  | 0.013  | 10.616 | 0.716 |
|                 |                     | 22 | 0.001  | 0.002  | 10.617 | 0.779 |
|                 |                     | 23 | -0.023 | -0.021 | 11.722 | 0.763 |
|                 |                     | 24 | -0.002 | -0.004 | 11.728 | 0.816 |
|                 |                     | 25 | -0.029 | -0.030 | 13.418 | 0.766 |
|                 |                     | 26 | 0.002  | 0.000  | 13.429 | 0.816 |
|                 |                     | 27 | 0.045  | 0.046  | 17.580 | 0.615 |
|                 |                     | 28 | -0.039 | -0.037 | 20.653 | 0.480 |
|                 |                     | 29 | 0.013  | 0.014  | 21.011 | 0.520 |
|                 |                     | 30 | -0.013 | -0.008 | 21.339 | 0.560 |
|                 |                     | 31 | -0.009 | -0.010 | 21.487 | 0.610 |
|                 |                     | 32 | 0.012  | 0.015  | 21.757 | 0.650 |
|                 |                     | 33 | 0.017  | 0.014  | 22.327 | 0.671 |
|                 |                     | 34 | -0.004 | -0.001 | 22.353 | 0.719 |
|                 |                     | 35 | -0.000 | 0.000  | 22.353 | 0.765 |
|                 |                     | 36 | 0.005  | 0.004  | 22.402 | 0.803 |

**Figura 5-87 - Correlograma Q-Statistic (ARCH 2) - SQM 96 meses con data diaria**

# **Correlograma Squared Residuals, ARCH 1 para SQM**

Date: 09/06/23 Time: 01:01

Sample (adjusted): 1/09/2015 12/20/2022

Included observations: 2002 after adjustments

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |        | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob* |
|-----------------|--|---------------------|--------|--------|--------|--------|-------|
|                 |  | 1                   | -0.021 | -0.021 | 0.8962 | 0.344  |       |
|                 |  | 2                   | -0.015 | -0.015 | 1.3242 | 0.516  |       |
|                 |  | 3                   | 0.013  | 0.012  | 1.6381 | 0.651  |       |
|                 |  | 4                   | 0.017  | 0.017  | 2.1984 | 0.699  |       |
|                 |  | 5                   | 0.035  | 0.036  | 4.6060 | 0.466  |       |
|                 |  | 6                   | 0.017  | 0.019  | 5.2185 | 0.516  |       |
|                 |  | 7                   | 0.049  | 0.051  | 10.136 | 0.181  |       |
|                 |  | 8                   | 0.009  | 0.011  | 10.304 | 0.244  |       |
|                 |  | 9                   | -0.003 | -0.003 | 10.322 | 0.325  |       |
|                 |  | 10                  | 0.002  | -0.001 | 10.333 | 0.412  |       |
|                 |  | 11                  | 0.029  | 0.025  | 11.984 | 0.365  |       |
|                 |  | 12                  | 0.028  | 0.025  | 13.545 | 0.331  |       |
|                 |  | 13                  | 0.001  | 0.001  | 13.549 | 0.406  |       |
|                 |  | 14                  | 0.004  | 0.001  | 13.579 | 0.482  |       |
|                 |  | 15                  | 0.029  | 0.027  | 15.322 | 0.429  |       |
|                 |  | 16                  | 0.013  | 0.011  | 15.640 | 0.478  |       |
|                 |  | 17                  | 0.003  | 0.002  | 15.660 | 0.548  |       |
|                 |  | 18                  | 0.011  | 0.007  | 15.890 | 0.600  |       |
|                 |  | 19                  | 0.055  | 0.051  | 21.911 | 0.289  |       |
|                 |  | 20                  | 0.002  | 0.002  | 21.921 | 0.345  |       |
|                 |  | 21                  | -0.005 | -0.006 | 21.980 | 0.401  |       |
|                 |  | 22                  | -0.004 | -0.009 | 22.005 | 0.460  |       |
|                 |  | 23                  | 0.040  | 0.035  | 25.267 | 0.337  |       |
|                 |  | 24                  | -0.022 | -0.025 | 26.207 | 0.343  |       |
|                 |  | 25                  | 0.052  | 0.050  | 31.677 | 0.168  |       |
|                 |  | 26                  | 0.007  | 0.002  | 31.791 | 0.200  |       |
|                 |  | 27                  | -0.008 | -0.009 | 31.911 | 0.235  |       |
|                 |  | 28                  | 0.022  | 0.019  | 32.853 | 0.241  |       |
|                 |  | 29                  | -0.020 | -0.021 | 33.642 | 0.253  |       |
|                 |  | 30                  | -0.017 | -0.028 | 34.232 | 0.272  |       |
|                 |  | 31                  | 0.045  | 0.040  | 38.304 | 0.172  |       |
|                 |  | 32                  | -0.014 | -0.017 | 38.702 | 0.193  |       |
|                 |  | 33                  | 0.023  | 0.022  | 39.746 | 0.195  |       |
|                 |  | 34                  | 0.025  | 0.023  | 41.049 | 0.189  |       |
|                 |  | 35                  | -0.010 | -0.011 | 41.252 | 0.216  |       |
|                 |  | 36                  | 0.025  | 0.023  | 42.498 | 0.211  |       |

**Figura 5-88 - Correlograma Square Residuals (ARCH 2) – SQM 96 meses con data diaria**

### Resumen modelo obtenido para SQM con ARCH 2

---

Estimation Command:

=====

ARCH(2, 0, ASY=1) CREC C AR(1) AR(2) AR(3) AR(4) MA(1) MA(2) MA(3)

Estimation Equation:

=====

CREC = C(1) + [AR(1)=C(2),AR(2)=C(3),AR(3)=C(4),AR(4)=C(5),MA(1)=C(6),MA(2)=C(7),MA(3)=C(8),BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

GARCH = C(9) + C(10)\*RESID(-1)^2 + C(11)\*RESID(-2)^2

Substituted Coefficients:

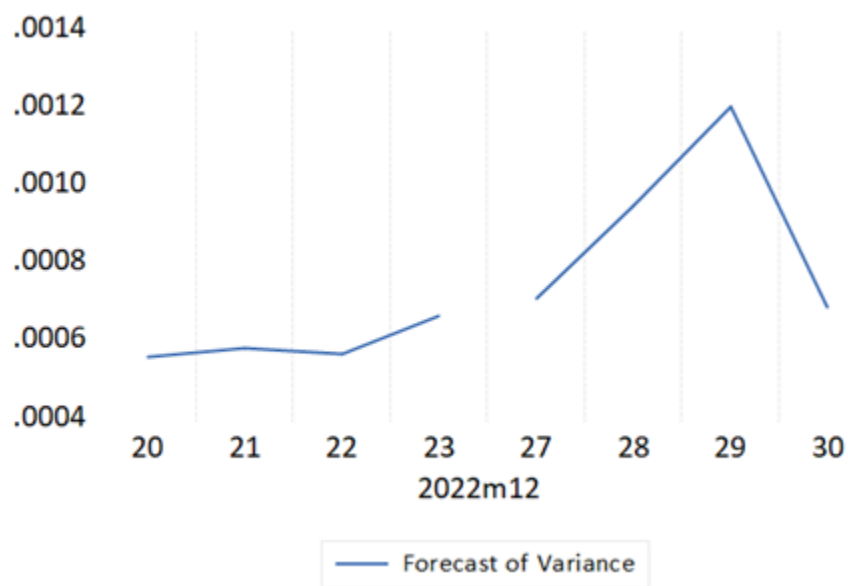
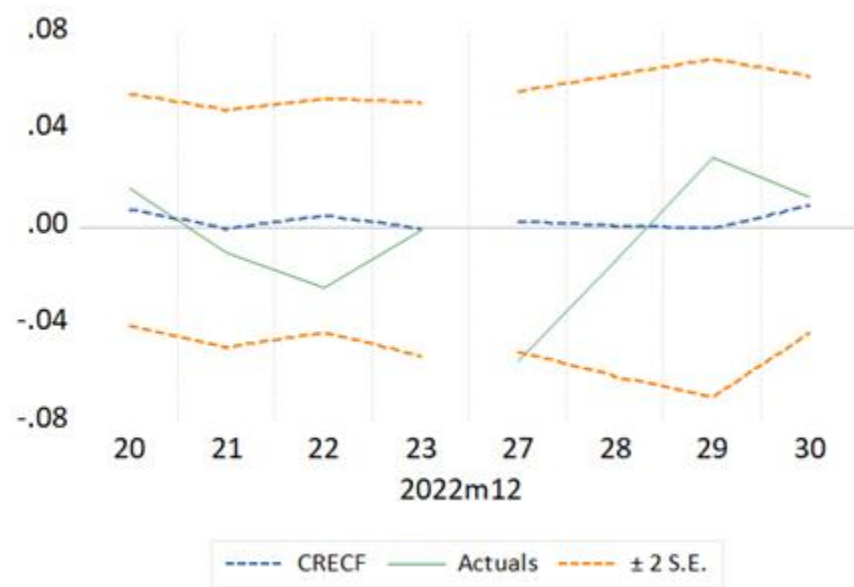
=====

CREC = 0.000931193250102 + [AR(1)=-0.864003100793,AR(2)=0.782983035602,AR(3)=0.79398684314,AR(4)=-0.0792497647758,MA(1)=0.940607042481,MA(2)=-0.737809336456,MA(3)=-0.875709010686,BACKCAST=1/09/2015,ESTSMPL="1/09/2015 12/20/2022"]

GARCH = 0.000540365188063 + 0.127101252075\*RESID(-1)^2 + 0.198023867475\*RESID(-2)^2

**Figura 5-89** - Representación del modelo (ARCH 2) – SQM 96 meses con data diaria

***Pronóstico para SQM últimos 10 periodos***



|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Forecast: CRECF                       |          |
| Actual: CREC                          |          |
| Forecast sample: 12/20/2022 12/30/... |          |
| Included observations: 8              |          |
| Root Mean Squared Error               | 0.025897 |
| Mean Absolute Error                   | 0.019061 |
| Mean Abs. Percent Error               | 76.37581 |
| Theil Inequality Coef.                | 0.868030 |
| Bias Proportion                       | 0.111372 |
| Variance Proportion                   | 0.660940 |
| Covariance Proportion                 | 0.227688 |
| Theil U2 Coefficient                  | 1.060936 |
| Symmetric MAPE                        | 136.1384 |

**Figura 5-90** - Pronóstico período 20/12/2022 al 30/12/2022 para SQM – 96 meses con data diaria

Los cálculos se llevaron a cabo de manera uniforme para todas las empresas. Del ejercicio anterior se realizó la comparación de las empresas con y sin pandemia, luego se compararon los pronósticos a corto plazo y se determinó cual fue el modelo que mejor se adapta a la predicción basado en los parámetros RMS y MAPE. A continuación, se presenta el resumen de los modelos obtenidos.

| Resumen Comparacion modelos Con pandemia y Sin Pandemia |           |       |              |       |         |              |
|---------------------------------------------------------|-----------|-------|--------------|-------|---------|--------------|
| Empresa                                                 | Periodo   | ARIMA | ARCH - GARCH | RMS   | MAPE    | Mejor Modelo |
| Aguas Andinas                                           | 2015-2019 | 2,1,3 | GARCH 5,3    | 0.017 | 115.534 | Con pandemia |
|                                                         | 2015-2022 | 4,1,4 | EGARCH 2,1,2 | 0.017 | 105.320 |              |
| CAP                                                     | 2017-2019 | 2,1,2 | GARCH 1,1    | 0.060 | 308.751 | Con pandemia |
|                                                         | 2017-2022 | 2,1,2 | ARCH 1       | 0.064 | 263.151 |              |
| CMPC                                                    | 2015-2019 | 2,1,4 | GARCH 1,1    | 0.017 | 94.402  | Sin pandemia |
|                                                         | 2015-2022 | 3,1,3 | GARCH 2,2    | 0.016 | 109.545 |              |
| Copec                                                   | 2015-2019 | 4,1,2 | GARCH 1,1    | 0.022 | 124.531 | Sin pandemia |
|                                                         | 2015-2022 | 2,1,2 | EGARCH 2,1,2 | 0.022 | 129.091 |              |
| SQM                                                     | 2015-2019 | 1,1,1 | ARCH 1       | 0.025 | 89.106  | Con pandemia |
|                                                         | 2015-2022 | 4,1,3 | ARCH 2       | 0.026 | 76.376  |              |

Para todas las consideraciones, se optaron por los modelos que exhiben un MAPE (Error Porcentual Absoluto Medio) más bajo. Es importante destacar que a menor MAPE se corresponde una mayor calidad en la precisión de las predicciones.



## 7. Análisis y Conclusiones

El presente estudio se enfocó en analizar el impacto de la pandemia del COVID-19 en la predicción de precios de acciones en empresas de recursos naturales que cotizan en el IPSA, utilizando diversas técnicas econométricas y modelos de volatilidad. A continuación, se presentan los análisis y conclusiones derivados de este trabajo de investigación.

### Impacto de la Pandemia en la Predicción de Precios de Acciones

Se aprecia que la predicción de precios de acciones varía significativamente según la empresa y el período analizado. En el caso de **Aguas Andinas**, se encontró que el mejor pronóstico se obtiene utilizando datos con pandemia (enero de 2015 a diciembre de 2022). El modelo ARIMA 4,1,4 combinado con un modelo EGARCH 2,1,2 demostró ser más efectivo, con un RMS de 0.017 y un MAPE de 105,320.

En contraste, para **CAP**, nuevamente se observó que el período con pandemia (enero de 2015 a diciembre de 2022) proporciona un mejor pronóstico. El modelo ARIMA 2,1,2 combinado con un modelo ARCH 1 tuvo un RMS de 0.064 y un MAPE de 263,151.

Para **CMPC**, la situación es diferente ya que el mejor pronóstico se obtuvo utilizando datos que No incluyen el período de la pandemia (enero de 2015 a diciembre de 2019). El modelo ARIMA 2,1,4 combinado con un modelo GARCH 1,1 mostró un RMS de 0.017 y un MAPE de 94,402.

En el caso de **COPEC**, nuevamente se encontró que los datos que incluyen el período sin pandemia (enero de 2015 a diciembre de 2019) proporcionan un mejor pronóstico. El modelo ARIMA 4,1,2 con un modelo GARCH 1,1 obtuvo un RMS de 0.022 y un MAPE de 124,531.

Por último, para SQM, se confirmó que el mejor pronóstico se basa en datos con pandemia (enero de 2015 a diciembre de 2022). El modelo ARIMA 4,1,3 combinado con un modelo ARCH 2 obtuvo un RMS de 0.026 y un MAPE de 76,376.

Cabe recordad que un menor valor en el MAPE refleja que el pronóstico se acerca más a los valores reales. Por lo tanto, si ordenamos los modelos desde el mejor al menor nivel de predicción sería como sigue:

- SQM
- CMPC
- AGUAS ANDINAS
- COPEC
- CAP

### **Selección de Modelos y Validación**

Se realizó mediante criterios de Akaike, lo que permitió identificar las estructuras de modelos más adecuadas para cada empresa y período. En la práctica, se busca minimizar el valor del AIC para seleccionar el mejor modelo. La razón detrás de esto es que el criterio Akaike penaliza los modelos que son más complejos en términos de parámetros, es decir, aquellos que tienen un mayor número de grados de libertad. Esto es, penaliza modelos más complejos, y favorece a modelos más simples que puedan explicar los datos de manera efectiva.

Aunque no se puede determinar que un modelo ARIMA sea superior a otro simplemente por su nivel de complejidad o la cantidad de rezagos que involucra, la elección entre ellos debe basarse en su capacidad para ajustarse de manera efectiva a las predicciones finales. Sin

embargo, es aconsejable siempre considerar modelos lo más simplificados posible. Esto significa que si dos modelos, uno con ARIMA (1,1,1) y otro con ARIMA (5,1,5), muestran valores de Akaike similares, es preferible optar por el primero debido a su menor número de rezagos y, en consecuencia, su mayor simplicidad.

Además, se utilizó la prueba de Q-Statistics y Square Residuals para validar los modelos ARCH, GARCH y sus derivados, confirmando su validez y pertinencia en todos los casos. Cabe mencionar que no existe un modelo único que sea el mejor en todas las situaciones. La elección del modelo ARCH, GARCH, TGARCH o EGARCH dependerá de la naturaleza de los datos. Cada uno de estos modelos tiene sus propias características y puede ser más adecuado en diferentes situaciones, que dependen del análisis de residuos, ajuste del modelo, objetivos de pronóstico a corto o largo plazo, heterocedasticidad y cambios estructurales. Es importante realizar un análisis exhaustivo y comparar el rendimiento de estos modelos en los datos específicos antes de tomar una decisión.

### **Limitaciones Potenciales y Recomendaciones Futuras**

Es importante destacar que este estudio tiene limitaciones. Las predicciones de precios de acciones siempre están sujetas a incertidumbre, y factores imprevistos pueden influir en los resultados. Además, los modelos econométricos utilizados pueden no capturar completamente la complejidad de los mercados financieros.

En este estudio, se prefiere la predicción de valores de acciones a corto plazo, típicamente de 5 a 10 días, debido a su mayor precisión y menor susceptibilidad a eventos imprevistos. Modelos econométricos como ARIMA y GARCH son más adecuados para

pronosticar en este horizonte temporal, ya que tienden a ser menos propensos a errores acumulativos y a la influencia de factores imprevisibles. Además, a corto plazo, es más fácil mantener los datos actualizados y realizar ajustes constantes para mejorar la precisión de las predicciones.

A medida que se extiende el horizonte de tiempo, la incertidumbre aumenta, los errores se acumulan y la variabilidad de los datos se vuelve más pronunciada, lo que hace que las predicciones a largo plazo sean menos confiables estadísticamente. Factores imprevistos, como eventos económicos globales o cambios políticos, tienen un mayor impacto en predicciones a largo plazo. Si bien las predicciones a largo plazo pueden proporcionar orientación general, se deben tomar con precaución y no se recomiendan para decisiones comerciales específicas.

Para futuras investigaciones, se recomienda explorar la inclusión de variables macroeconómicas y eventos específicos de la industria en los modelos para una predicción más precisa. Además, sería valioso investigar cómo las estrategias de inversión podrían adaptarse a los hallazgos de este estudio.

## **Contribuciones y Relevancia**

Este estudio contribuye al entendimiento de cómo eventos económicos inesperados, como la pandemia, pueden afectar la anticipación de los valores accionarios y la volatilidad en un entorno financiero cambiante. Los resultados tienen aplicaciones prácticas para inversores y analistas financieros en la toma de decisiones informadas en un mercado caracterizado por la volatilidad en el corto plazo.

Este trabajo de investigación proporciona información valiosa sobre la influencia de la pandemia en los mercados financieros chilenos y destaca la importancia de considerar

cuidadosamente el período de análisis y los modelos econométricos utilizados para obtener pronósticos más precisos en un entorno incierto y cambiante.

Las similitudes y diferencias en la capacidad de predicción entre las empresas pueden estar relacionadas con la forma en que responden a los eventos económicos, los datos utilizados para el modelado y la elección de modelos específicos. Este análisis detallado permite comprender mejor cómo cada empresa se comporta en un contexto de crisis y cómo eso afecta su capacidad de predicción.

No se puede generalizar si los modelos son mejores o peores simplemente considerando la pandemia. La evaluación de la calidad de un modelo debe basarse en métricas de rendimiento, como el error medio cuadrado (RMS) o el error porcentual absoluto medio (MAPE), y en cómo se adapta a los datos disponibles y al comportamiento histórico de las acciones de una empresa específica. La inclusión de datos de la pandemia o la exclusión de estos debe basarse en un análisis detallado de su relevancia para cada caso particular, ya que en algunos casos resulto ser positivo y en otros no.

## 8. Referencias

- Bai, L. W. (2020). *Infectious disease pandemic and permanent volatility of international stock markets: A long-term perspective*. *Finance Research Letters*, 40, 101709 - 101709. .  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101709>.
- Banco Central. (2023). <https://si3.bcentral.cl/setgraficos/#>
- Banco Mundial. (s.f.). <http://www.bancomundial.org/es/country/chile/overview>
- Bolsa de Santiago. (2023). [www.bolsadesantiago.com](http://www.bolsadesantiago.com).
- Boubaker, H. &. (2017). A wavelet analysis of mean and volatility spillovers between oil and BRICS stock markets. *Energy Economics*, 64, 105-117.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2017.01.026>.
- Canal, M. (2015). Efecto del comportamiento de acciones del sector financiero sobre el producto interno bruto sectorial 2008 y 2014.  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1176&context=finanzas\\_comercio](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1176&context=finanzas_comercio)
- Canto, D. (2015). *Determinantes Comunes entre el IMACEC y el IPSA: Un enfoque de largo plazo en base a la teoría de cointegración*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/129696>
- Cmf Chile. (2023). [www.cmfchile.cl/educa/621/w3-article-826.html](http://www.cmfchile.cl/educa/621/w3-article-826.html).
- Davis, S. L. (2020). Stock Prices and Economic Activity in the Time of Coronavirus. *IMF Economic Review*, 70, 32 - 67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1057/s41308-021-00146-4>.
- De Gregorio, J. (2007). *Macroeconomía - Teoría y Políticas*. Pearson.
- Economipedia. (s.f.). <https://economipedia.com/definiciones/contraste-de-dickey-fuller.html>
- Enders, W. (2014). *Applied Econometric Time Series*. Wiley.
- Endri, E. A. (2021). Stock price volatility during the COVID-19 pandemic: The GARCH model. *Investment Management and Financial Innovations*.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.21511/imfi.18\(4\).2021.02](https://doi.org/https://doi.org/10.21511/imfi.18(4).2021.02).
- Galindo, M. F. (2006). *Política Económica en la Unión Europea*. Delta Publicaciones.
- García, C. G. (2013). *Proyecciones macroeconómicas en Chile: una aproximación estructural y bayesiana*.  
<https://ideas.repec.org/a/chb/bcchec/v16y2013i1p24-63.html>
- Giménez Fernández, R. &. (2014). *Modelos predictivos de índices bursátiles relevantes para la economía chilena*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117444>
- Gregoire C, J. y. (2011). Comportamiento de la IPSA y valor fundamental: un análisis de la cointegración 2004-2011. *Estudios de administración*, 18(2), 79–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.5354/0719-0816.2011.56378>.
- Griffiths, W. E. (2012). *Using EVIEWS For Principles of Econometrics*. John Wiley & Sons, inc.

- gujarati, D. N. (2018). *Econometría (6a ed.)*. McGraw-Hill.
- Investing.com*. (2023). [www.investing.com](http://www.investing.com).
- Liu, K. (2020). The effects of COVID-19 on Chinese stock markets: an EGARCH approach. *Economic and Political Studies*, 9, 148 - 165. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/20954816.2020.1814548>.
- Lodoño, D., Garzon, C.,. (2021). El efecto del microcrédito en el PIB de Colombia, 2005-2018. *El Efecto del Microcrédito en el PIB de Colombia 2005-2018*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2021.204.69630>
- Mankiw, N. G. (2007). *Macroeconomía*. Antoni Bosch.
- Ministerio de Hacienda*. (s.f). <https://old.hacienda.cl/glosario/ipsa.html>
- Ministerio Hacienda*. (s.f.). <https://old.hacienda.cl/glosario/tipo-de-cambio.html>
- Mishra, P. &. (2020). Corona Pandemic and Stock Market Behaviour: Empirical Insights from Selected Asian Countries. . *Millennial Asia*, 11, 341 - 365.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0976399620952354>.
- Olivares, J. E. (2021). *Impacto de la incertidumbre de la Política económica y del tipo de cambio en el mercado accionario a nivel internacional (2001-2020): un análisis de causalidad y cointegración de panel*. *Paradigma económico*.  
<https://www.redalyc.org/journal/4315/431567919003/431567919003.pdf>
- Software Shop*. (2023). <https://www.software-shop.com/producto/eviews>.
- Solnik, B. &. (2013). *Global Investments*. Pearson.
- Stock, J. H. (2015). *Introducción a la Econometría (3a ed.)*. Pearson.
- Yahoo Finance*. (2023). <https://finance.yahoo.com/quote/AGUAS-A.SN?p=AGUAS-A.SN>