

Bonos en mercados de capitales como medio de financiación de inversiones. Una aproximación a la securitización

Bonds in capital markets as a means of financing investments. An approach to securitization

Carlos Omar Bernal Altamirano*
Universidad Técnica de Oruro
Oruro - Bolivia
carlos.bernal.altamirano@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-6848-3201>

*Correspondencia:
carlos.bernal.altamirano@gmail.com

Cómo citar este artículo:
Bernal, C. (2025). Bonos en mercados de capitales como medio de financiación de inversiones. Una aproximación a la securitización. *Perspectivas Sociales y Administrativas*, 3(3), 233-257.
<https://doi.org/10.61347/psa.v3i3.121>

Recibido: 5 de septiembre de 2025

Proceso de evaluación:

9 de septiembre al 18 de octubre de 2025

Aceptado: 20 de octubre de 2025

Publicado: 26 de noviembre de 2025

Resumen: El estudio se enfocó en el proceso de la securitización de bonos en el mercado bursátil de Bolivia, con el objetivo de medir y establecer la correlación inversa existente entre el precio de los bonos y la tasa de interés. Para analizar esta relación, se aplicó un modelamiento econométrico uniecuacional y bidimensional. Los resultados evidenciaron que las tasas de interés del mercado bursátil determinan el precio de los bonos mediante un modelamiento de tipo exponencial, cuya linealización a través de logaritmos naturales mostró un alto nivel de verosimilitud. Asimismo, se observó que la variable moderadora o condicionante influye en la determinación del precio de los bonos en el mercado de capitales, destacando su relevancia como mecanismo de financiación no ortodoxo para productos tradicionales y no tradicionales, especialmente aquellos orientados a la exportación y que inciden en la balanza comercial y la balanza de pagos.

Palabras clave: Autocorrelación, linealización logarítmica, modelamiento exponencial, spread trading, titularización.

Abstract: The study focused on the process of bond securitization in the Bolivian stock market, with the objective of measuring and establishing the inverse correlation between bond prices and interest rates. To analyze this relationship, a uniequational and bidimensional econometric model was applied. The results showed that interest rates in the stock market determine bond prices through an exponential modeling approach, whose linearization using natural logarithms exhibited a high level of plausibility. Likewise, it was observed that the moderating or conditioning variable influences the determination of bond prices in the capital market, highlighting its relevance as a non-orthodox financing mechanism for both traditional and non-traditional products, particularly those oriented toward exports and that impact the trade balance and the balance of payments.

Keywords: Autocorrelation, exponential modeling, logarithmic linearization, securitization, spread trading.

Copyright: Derechos de autor 2025 Carlos Omar Bernal Altamirano.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NonComercial 4.0.

1. Introducción

La investigación matemático y econométrico del precio de los BONOS (activo financiero) se centra en dos componentes básicos: soporte teórico y su contrastación fáctica. El soporte teórico económico sobre finanzas ha permitido derivar el presente modelo que sintetiza la incógnita relevante de la variable endógena precio del Bono (P_{KB}) objeto de estudio y del cual deriva los modelamientos matemáticos y econométrico que permiten medirlo y contrastarlo (Brealey et al., 2020; Bodie & Merton, 2023). La contrastación fáctica se concreta en una serie de datos de información muestral de *corte longitudinal* del mercado bursátil de Bolivia. Especificado el modelo y la información estadística tratada, se operó el algoritmo o etapa siguiente del trabajo econométrico: la estimación (Brealey et al., 2020; Dumrauf, 2022; Durán, 2022). Los resultados de esta etapa de estimación han permitido acrecentar, aportar, medir y contrastar nuevo conocimiento relacionado por la teoría económica.

En los BONOS, el cupón^{1/} constituye el pago periódico de intereses que el emisor en la titularización (securitización) realiza al tenedor del BONO, calculado como un porcentaje del valor nominal (valor facial) del BONO. El cupón representa la ganancia que recibe el inversor por prestar dinero, y es un factor fundamental de la rentabilidad del BONO, y se expresa como un porcentaje donde los pagos pueden ser anuales, semestrales o trimestrales según el tipo de BONO (Fabozzi & Fabozzi, 2021; López & Luna, 2022; Emery et al., 2023)

Holísticamente, el modelamiento econométrico ha permitido describir cómo influye la variable tasa de interés del BONO K_B (variable predictora, exploratoria, exógena, observable, de control, de estímulo, moderadora, regresora, condicionante o simplemente independiente) sobre la variable precio del BONO P_{KB} (variable endógena, explicada, analógica, efecto, observable, de respuesta, rezagada, retardada, predicha, determinada, condicionada o simplemente dependiente). Por tanto, el objetivo del trabajo de investigación es obtener estimaciones matemáticas lo más razonables del comportamiento del precio de los BONOS en mercados bursátiles P_{KB} para distintos valores de tasas de interés de los BONOS K_B a partir de una muestra de *n-ésimos* valores observados. De los resultados de los modelamientos matemáticos, fue posible explicitar el modo en que la variable rezagada (condicionada) del precio de los BONOS en mercados bursátiles en procesos de securitización, es afectada por cambios en otros factores (Sheeba, 2024; Vernimmen et al., 2006). El modelo curvilíneo, al linealizarlo aplicando logaritmos, ha permitido converger en un modelamiento rectilíneo, es decir en el objeto de estudio con la determinación de dos parámetros, la pendiente y la ordenada en el origen del modelo rectilíneo, al modelar una variable observable, predictora, el *análisis converge en enfoque bivariado*, al incorporar en el modelamiento más variables exógenas, se trataría de un modelamiento para un *análisis multivariado* (Loza-Vega, 2023; Méndez et al., 2024; Caaveiro & Méndez, 2023; Macias et al., 2025; Solís et al., 2025; Ruiz et al., 2025).

Por tanto, es imperativo enfatizar que los modelamientos matemáticos se bifurcan en modelamientos simples (uniecuaionales bidimensionales, bivariantes, bidimensionales, rectilíneos o curvilíneos) y modelamientos múltiples (uniecuaionales multivariantes, multivariantes, multidimensionales, rectilíneos o curvilíneos) (Almaraz, 2023; Narváez-Zurita et al., 2023; Serrano et al., 2024; Martínez et al., 2025;). En el ámbito descrito, los instrumentos financieros, son activos financieros: de capital (acciones) o de deuda (obligaciones). Los activos financieros (títulos financieros) incorporan derechos sobre los activos reales (activos fijos y diferidos).

^{1/} El «CUPÓN, constituye el pago de intereses que un emisor de BONOS promete pagar a un tenedor de bonos regularmente desde la fecha de emisión hasta la fecha de vencimiento del bono». Los cupones se titularizan normalmente en términos de la tasa de cupón, que se calcula sumando los cupones pagados anualmente dividiéndola entre el valor nominal del bono. Por ejemplo, un bono con valor nominal de 1.000 U\$D. y una tasa de cupón del 6% paga un total de 60 U\$D. en cupones anuales, que normalmente consta de dos pagos semestrales de 30 U\$D cada uno.

En las operaciones de los activos financieros, surgen el spread financiero y el dealer financiero. El spread (diferencial) financiero, representa la diferencia entre el precio de compra y el de venta de un título en proceso de securitización o titularización, y por tanto, representan un margen que se utiliza para medir la liquidez del mercado (Albertí et al., 2023; Gregoire & Zurita, 2003). En este ámbito, un dealer financiero, constituye un mediador que actúa en los mercados financieros. El dealer, obtiene beneficios por el spread, es decir por la diferencia entre el precio de compra y el de venta del proceso de titularización (securitización) con los que realiza sus transacciones financieras en mercados de capital bursátiles (Berges et al., 2019). En el sistema financiero se desarrolla en los mercados financieros, donde operan los activos financieros; es decir títulos (BONOS del estado, BONOS corporativos, acciones), del proceso de la "securitización" (titularización) en mercados bursátiles (mercado secundario) de activos financieros (deuda, capital y derivados, forwards, opciones) (Cerrato, 2022; Molinari & Val, 2024).

En este enfoque, es vital la importancia de los strike o precio preestablecido de un activo financiero (BONO, acción) en el mercado bursátil y el precio del strike. El spread trading en activos financieros, constituye el spread o la diferencia entre los precios de compra (ASK) y venta (BID) de un determinado título financiero, debido que trading se refiere a negociación bursátil

En este enfoque, es vital la importancia de los strike o precio preestablecido de un activo financiero (BONO, acción) en el mercado bursátil y el precio del strike. El spread trading en activos financieros, constituye el spread o la diferencia entre los precios de compra (ASK) y venta (BID) de un determinado título financiero, debido que trading se refiere a negociación bursátil.

2. Metodología

Se estructuró un modelamiento econométrico del precio de los bonos como activo financiero en los mercados bursátiles, y en base a ello se postularon hipótesis básicas de modelamiento de regresión no lineal (MRNL). Asimismo, se esquematizaron diferentes métodos de estimación bajo ciertas hipótesis. Se contrastó que los estimadores obtenidos mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) son insesgados, eficientes y consistentes. Además, se utilizó la inferencia basada en los contrastes de hipótesis para apreciar estadísticamente la evidencia empírica. Finalmente, se incidió en la importancia del MRNL en la predicción del fenómeno comprendido por la variable endógena precio del bono (P_{K_B}).

Objetivos del modelamiento matemático uniecuacional

- La estructura de MRNL
- Modelar la estimación de MRNL, el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y el de máxima verosimilitud (MV)
- Cuantificación e interpretación de la bondad de ajuste del modelo
- Evaluación de la contribución de cada variable exógena (tasa de interés del bono), contrastación de la significación individual de cada parámetro y la global del model

Hipótesis del MRNL

En el enfoque descrito (vid.supra), el MRNL se utilizó para probar hipótesis acerca de la relación entre la variable explicada, Precio del Bono (P_{K_B}), y la variable explicativa tasas de interés del bono (K_B), y para predicción del precio de los bonos. Mediante modelamiento econométrico no lineal (MRNL) se explica el comportamiento de la variable endógena (P_{K_B}) en función de la variable explicatoria K_B (tasa de interés del bono). Siendo μ el término de perturbación o error.

$$P_{K_B} = w_0 e^{w_1 K_B} + \mu$$

Por tanto, fue necesario hallar (estimar) el valor de los coeficientes w_0, w_1 . La linealidad de los parámetros posibilitó la interpretación correcta de los parámetros del modelo. Es decir que los parámetros midieron la intensidad media de los efectos de las variables explicativas sobre la variable a explicar (*precio del bono*) y se las obtuvo al tomar las derivadas parciales de las variables a explicar respecto a cada una de las variables explicativas.

$$w_1 = \frac{\partial P_{K_B}}{\partial K_B}$$

Por tanto; el estimador w_1 , midió el cambio en el precio del bono (P_{K_B}) por variaciones unitarias en la variable tasa de interés (K_B).

En consecuencia, un objetivo colateral fue linealizar el modelamiento econométrico curvilíneo con logaritmos y determinar los valores numéricos de los coeficientes w_0, w_1 , que son EOLI (estimadores óptimos lineales insesgados, es decir carencia de sesgo y óptimo insesgado o eficiente por varianza más pequeña. Se estimó el modelamiento econométrico de manera que, los valores ajustados de la variable endógena precio del bono (P_{K_B}) sean altamente significativos, y se realizó diferentes contrastes, especificando un conjunto de hipótesis sobre el MRNL que se ha formulado.

En este sentido, se planteó tres grupos de hipótesis: *hipótesis sobre el término de perturbación* (valor esperado de la perturbación cero, homoscedasticidad donde los términos de perturbación tengan varianza constante y consecuentemente todos los términos de la diagonal principal de la matriz de varianzas y covarianzas sean iguales, y presencia de no autocorrelación donde la matriz de varianzas y covarianzas sea matriz diagonal, donde fuera de la diagonal principal todos son ceros y donde el error o perturbación siga una distribución normal), *las hipótesis sobre las variables explicativa* (variables explicativas son fijas o determinísticas, variables explicativas no correlacionadas con la perturbación aleatoria, variables explicativas no presentan relación lineal exacta entre sí, y variables explicativas medidas sin error), y *las hipótesis sobre los parámetros del modelo*. (la única hipótesis que se hace acerca de los parámetros del modelo es la hipótesis de permanencia estructural, lo que quiere decir que los parámetros poblacionales, w_1 , se mantienen constantes a lo largo de toda la muestra.

Estimación del MRNL

Es necesario enfatizar, que estimar el modelo, equivale asignar valores numéricos a los parámetros desconocidos w_0, w_1 , a partir de la información muestral del mercado bursátil en Bolivia, que son las variables observadas de los modelamientos matemáticos. El trabajo considera el modelamiento econométrico uniecuacional variable de mínimos cuadrados ordinarios, para el establecimiento del precio de los bonos en función de las tasas de interés.

Estimación por MCO

Para la estimación del modelamiento econométrico por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) se analizó y determinó primero el precio de los bonos (P_{K_B}) en función de la variable tasa de interés (K_B) del bono, ajustado al MRNL.

$$P_{K_B} = w_0 e^{w_1 K_B} + \mu$$

En el modelamiento econométrico uniecuacional bidimensional y de su estimación se utilizó el software (SW) Econométrico EViews.

3. Resultados

Resultados del modelamiento econométrico del precio de los BONOS como activo financiero en los mercados bursátiles. El valor facial de un BONO en un mercado bursátil es equivalente a su valor nominal (también llamado valor a la par), que es el monto que el emisor se compromete a pagar al inversor en la fecha de vencimiento del BONO (Mascañares et al.,1997; Ross et al., 2020; Ross et al., 2010).

Un BONO puede revaluarse cuando las tasas de interés (K_B) cambian en los mercados bursátiles, es decir en los mercados de valores. Es importante analizar cómo afectan y cuál es el impacto de las tasas de interés en el Precio de los BONOS, como activo financiero en los mercados bursátiles.

En este sentido, se modela la securitización de un BONO en el mercado bursátil de Bolivia, con un valor nominal de 1.000.- USD, una tasa cupón del 8% del valor nominal o facial, con vencimiento a 10 años, una frecuencia anual de pagos de intereses, con una tasa de interés inicial del 3% y una tasa de interés final equivalente al 7%.

- Valor nominal del BONO : 1.000 USD
- Tasa de cupón : 8% del valor nominal.
- Vencimiento : 10 años.
- Frecuencia de pago : anual.
- Tasa de interés inicial : $K_B = 3\%$.
- Tasa de interés final : $K_B = 7\%$.

Para lo cual se calculó el Precio del BONO, cuando el costo (tasa de interés del BONO) del capital por la emisión de la deuda es 3%, y cuando el costo (tasa de interés del BONO) del capital por la emisión de la deuda es 7%.

De manera colateral es pertinente evaluar la sensibilidad del BONO ante cambios en el costo (tasa de interés del BONO) del capital por la emisión de deuda, y analizar el comportamiento ralentizado de la curvatura del precio del BONO con diferentes tasas de interés. En este sentido, para el cálculo del Precio del BONO cuando el costo (tasa de interés) del capital por la emisión de la deuda es 3% y cuando el costo (tasa de interés) del capital por la emisión de la deuda es 7%, se genera el siguiente algoritmo.

El precio del BONO (activo financiero) se genera como el valor presente de todos sus flujos de efectivo futuros. Precio del BONO con diferentes costos del capital (tasa de interés) por la emisión de deuda del activo financiero.

Cuando el costo del capital del BONO es 3% ($K_B = 0,03$).

$$P_{K_B\%} = \sum_{t=1}^N \frac{C}{(1 + K_B)^t} + \frac{F}{(1 + K_B)^N}$$

$$P_{3\%} = \sum_{t=1}^{10} \frac{80}{(1,03)^t} + \frac{1.000}{(1,03)^{10}}$$

Cálculo de cada término:

Suma de los CUPONES descontados.

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{80}{(1,03)^t} = 80 \sum_{t=1}^{10} \frac{1}{(1,03)^t}$$

$$\sum_{t=1}^N \frac{1}{(1 + K_B)^t} = \frac{1 - \frac{1}{(1 + K_B)^N}}{K_B}$$

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{1}{(1,03)^t} = \frac{1 - \frac{1}{(1,03)^{10}}}{0,03} = 8,53$$

Por tanto:

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{80}{(1,03)^{10}} = 80 \times 8,53 = 682,4 \text{ U\$D.}$$

Cálculo del Valor Presente del valor nominal del BONO.

$$\frac{1.000}{(1,03)^{10}} = \frac{1.000}{1,3439} = 744,1 \text{ U\$D.}$$

Sumando los términos, el Precio del BONO:

$$P_{3\%} = 682,4 + 744,1 = 1.426,5 \text{ U\$D.}$$

Cuando el costo del capital del BONO es 7% ($K_B = 0,07$).

$$P_{7\%} = \sum_{t=1}^{10} \frac{80}{(1,07)^t} + \frac{1.000}{(1,07)^{10}}$$

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{80}{(1,07)^t} = 80 \sum_{t=1}^{10} \frac{1}{(1,07)^t}$$

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{1}{(1,07)^t} = \frac{1 - \frac{1}{(1,07)^{10}}}{0,07} = 7,0236$$

Por tanto:

$$\sum_{t=1}^{10} \frac{80}{(1,07)^{10}} = 80 \times 7,0236 = 561,9 \text{ U\$D.}$$

Cálculo del Valor Presente del valor nominal del BONO.

$$\frac{1.000}{(1,07)^{10}} = \frac{1.000}{1,9672} = 508,3 \text{ U\$D.}$$

Sumando los términos, el Precio del BONO:

$$P_{7\%} = 561,9 + 508,3 = 1.070,24 \text{ U\$D.}$$

La **Tabla 1** muestra la **sensibilidad del precio de un bono** ante **diferentes niveles de tasas de interés** del mercado, ilustrando la **disminución** gradual del precio del bono (valor de mercado) a medida que las tasas de interés se **incrementan**, y viceversa (la relación entre precio y tasa).

Tabla 1

Comportamiento del precio del bono en función a tasas (%) de interés

| Tasas (%) de interés | Precio del bono |
|----------------------|-----------------|
| 1 | 1.662,99 |
| 2 | 1.538,96 |
| 3 | 1.426,54 |
| 4 | 1.324,44 |
| 5 | 1.231,65 |
| 6 | 1.147,20 |
| 7 | 1.070,20 |
| 8 | 1.000,00 |
| 9 | 934,82 |
| 10 | 877,01 |
| 11 | 935,82 |
| 12 | 728,60 |
| 13 | 788,64 |
| 14 | 680,03 |
| 15 | 681,79 |
| 16 | 613,39 |
| 17 | 580,69 |
| 18 | 550,60 |
| 19 | 503,50 |
| 20 | 470,60 |
| 21 | 470,99 |
| 22 | 580,75 |
| 23 | 430,11 |
| 24 | 410,90 |

Efectuando una evaluación de la sensibilidad del BONO ante cambios en el costo (tasa de interés) del capital por la emisión de deuda, o en otros términos realizando la prueba de tensión o grado de sensibilidad del BONO, que mide como cambia el Precio de los BONOS cuando cambia el costo del capital (tasa de interés) por la emisión de deuda, se infiere fácticamente los siguientes resultados.

$$\Delta\% \text{ Precio de BONOS} = \left[\frac{B_{i+1} - B_i}{B_i} \right] \times 100 = \left[\frac{B_{i+1}}{B_i} - 1 \right] \times 100$$

$$\Delta\% \text{ Precio de BONOS} = \frac{1.070,24 - 1.426,51}{1.426,51} \times 100 = -24,97\%$$

Eso significa; que cuando el costo del capital (tasa de interés) de deuda (K_B) por BONOS, sube del 3% al 7%, el precio del BONO disminuye un 24,97%.

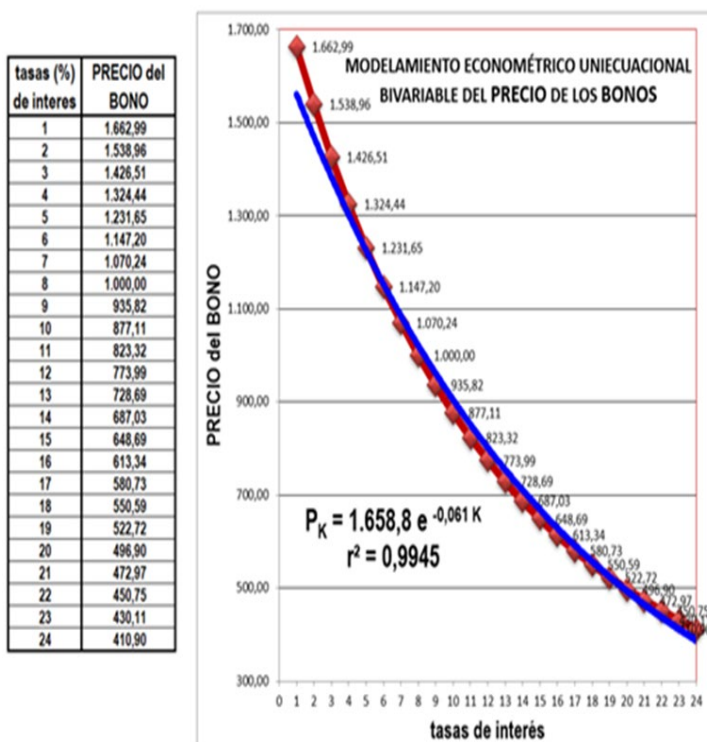
De manera contrafactual, se evidencia por el modelamiento matemático realizado, que el precio de los BONOS (P_{K_B}) tiene una relación inversamente proporcional a las tasas de interés (K_B).

Resultados del modelamiento curvilíneo

Para establecer la consistencia del cálculo del precio de los BONOS (P_{K_B}) con modelamiento matemático y establecer su comportamiento en función de la tasa de interés (K_B), se efectúa el modelamiento econométrico curvilíneo exponencial uniecuacional y bidimensional del PRECIO de un BONO en su etapa de securitización, aplicando software EViews (econométrico Views). A continuación tenemos la figura 1, que describe gráficamente la tendencia y ajuste del precio de los bonos en función de la tasa de interés, ilustrando la relación inversa y convexa que existe entre el precio del bono y las tasas de interés del mercado.

Figura 1

Tendencia y ajuste del precio de los bonos en función de la tasa de interés



La figura 2 presenta la tabla de regresión generada por el software EViews.

Figura 2

Salida del Software (SW)-EViews del modelamiento econométrico del PRECIO del BONO

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | 7.413877 | 0.013688 | 541.6499 | 0.0000 |
| K | -0.060620 | 0.000958 | -63.28221 | 0.0000 |

| | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.994536 | Mean dependent var | 6.656127 |
| Adjusted R-squared | 0.994288 | S.D. dependent var | 0.429824 |
| S.E. of regression | 0.032485 | Akaike info criterion | -3.936420 |
| Sum squared resid | 0.023216 | Schwarz criterion | -3.838249 |
| Log likelihood | 49.23704 | Hannan-Quinn criter. | -3.910375 |
| F-statistic | 4004.639 | Durbin-Watson stat | 0.092125 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

Modelo curvilíneo exponencial uniecuacional y bidimensional del precio del bono

$$P_{KB} = w_0 e^{w_1 K_B}$$

Especificación del modelo no lineal MRNLB del precio de los bonos en función de las tasas de interés.

$$P_{KB} = \text{Precio de un bono}$$

$$K_B = \text{tasas (\%) de interés de bonos}$$

Estimación del modelo no lineal MRNLB del precio de los bonos en función de las tasas de interés.

$$P_{KB} = w_0 e^{w_1 K_B}$$

Linealización de la función exponencial del precio del BONO.

$$\ln P_{KB} = \ln w_0 + w_1 K_B \ln e$$

La tabla “Modelamiento econométrico uniecuacional bivariable exponencial del precio de un BONO en función de tasas de interés” se encuentra en el **Anexo 1**.

Estimadores del modelamiento matemático exponencial uniecuacional bidimensional del PRECIO de un BONO, utilizando la técnica de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

$$w_0 = \bar{P}_{K_B} - \frac{S_{K_B P_{K_B}}}{S_{K_B}^2} \bar{K}_B = \bar{P}_{K_B} - \frac{\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)(P_{K_B} - \bar{P}_{K_B})}{n-1}}{\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)^2}{n-1}} \bar{K}_B$$

$$\hat{w}_0 = 6,66 - \frac{-69,713}{\frac{24-1}{1.150}} (12,5) = 7,41$$

Antilogaritmo:

$$e^{w_0} = e^{7,413877} = 1.658,8$$

$$\hat{w}_1 = r_{K_B P_{K_B}} \frac{S_{P_{K_B}}}{S_{K_B}} = r_{K_B P_{K_B}} \frac{\sqrt{\frac{\sum(P_{K_B} - \bar{P}_{K_B})^2}{n-1}}}{\sqrt{\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)^2}{n-1}}} = -0,9973 \frac{\sqrt{\frac{4,2492}{24-1}}}{\sqrt{\frac{1.150}{24-1}}} = -0,0606$$

Coefficiente de determinación ($r_{K_B P_{K_B}}^2$).

$$r_{K_B P_{K_B}}^2 = \frac{S_{K_B P_{K_B}}^2}{S_{K_B}^2 S_{P_{K_B}}^2} = \frac{\left[\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)(P_{K_B} - \bar{P}_{K_B})}{n-1} \right]^2}{\left[\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)^2}{n-1} \right] \left[\frac{\sum(P_{K_B} - \bar{P}_{K_B})^2}{n-1} \right]} = \frac{\left[\frac{-69,713}{24-1} \right]^2}{\left[\frac{1.150}{24-1} \right] \left[\frac{4,2492}{24-1} \right]} = 0,994$$

$r_{K_B P_{K_B}}^2 = 0.994$ significa que la ecuación de regresión expresa alrededor del 99% de la variación de P_{K_B} (variable en la ordenada) por la regresión de P_{K_B} sobre K_B . El restante 1% (=100 - 99) se atribuye a factores incluidos en el término de error (e_i).

Coefficiente de correlación lineal ($r_{K_B P_{K_B}}$).

$$r_{K_B P_{K_B}} = \frac{1}{n-1} \left[\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)(P_{K_B} - \bar{P}_{K_B})}{S_{K_B} S_{P_{K_B}}} \right] = \frac{1}{n-1} \left[\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)(P_{K_B} - \bar{P}_{K_B})}{\sqrt{\frac{\sum(K_B - \bar{K}_B)^2}{n-1}} \sqrt{\frac{\sum(P_{K_B} - \bar{P}_{K_B})^2}{n-1}}} \right]$$

$$r_{K_B P_{K_B}} = \frac{1}{24-1} \left[\frac{-69,713}{\sqrt{\frac{1.150}{24-1}} \sqrt{\frac{4,2492}{24-1}}} \right] = -0,9973$$

$$w_0 = 7,413877$$

$$w_1 = -0,0606$$

$$\ln P_{K_B} = \ln w_0 + w_1 K_B \ln e$$

Antilogaritmo:

$$e^{w_0} = e^{7,413877} = 1.658,8$$

$$\hat{w}_0 = 1.658,8$$

$$\hat{w}_1 = -0,0606$$

$$P_{K_B} = \hat{w}_0 e^{\hat{w}_1 K_B}$$

$$P_{K_B} = 1.658,8 e^{-0,061 K_B}$$

Ecuación final del modelamiento econométrico del precio del BONO:

$$P_{K_B} = w_0 e^{w_1 K_B}$$

$$\ln P_{K_B} = \ln w_0 + w_1 K_B \ln e$$

$$\ln(P_{K_B}) = 7,413877 - 0,060620 K_B$$

Volviendo al modelamiento exponencial:

$$P_{K_B} = 1.658,8 e^{-0,060620 K_B}$$

$$P_{K_B} = 1.658,8 e^{-0,060620 K_B}$$

Interpretación económica del precio del BONO:

$$P_{K_B} = w_0 e^{w_1 K_B}$$

$$\ln P_{K_B} = \ln w_0 + w_1 K_B \ln e$$

Interpretación del intercepto.

constante $C = 7,413877$ o intercepto.

Es $\ln(w_0) \rightarrow$ entonces:

$$w_0 = e^{7,413877} = 1.658,845239$$

El precio del BONO (P_{K_B}) estimado sería el antilogaritmo natural ($e^{7,413877}$). Es decir 1.658,8 U\$D. Este valor sirve como punto de referencia para el nivel base.

Interpretación de la pendiente.

$$pendiente w_1 = -0,060620$$

En el modelo *log – lineal*

$$\ln P_{K_B} = \ln w_0 + w_1 K_B \ln e$$

$$\ln P_{K_B} = \ln w_0 + w_1 K_B$$

$w_1 \rightarrow$ es una *semi – elasticidad*.

Al tratarse de un modelamiento exponencial, w_1 es una semi-elasticidad, y por tanto un aumento de una (1) unidad porcentual de la tasa de interés (K_B), reduce el PRECIO del BONO (P_{K_B}) en 6,06% ($100 \times w_1$).

Por cada incremento de la tasa de interés del BONO (K_B), el precio del BONO (P_{K_B}) disminuiría en promedio 0,060620 U\$D. Este coeficiente, es el núcleo del modelo que reporta una tendencia decreciente, pero suave. El signo del coeficiente de la variable estudiada tasa de interés del bono reporta una relación inversa con el precio del bono, y es estadísticamente significativo, es decir, diferente de cero a un nivel de significancia del 5%. El signo negativo de (K) → mayor tasa de interés → menor precio del bono (consistente con la teoría económica).

Std. Error → *error estándar*

El Std. Error es la desviación estándar (σ) o típica de los estimadores y mide siempre que los estimadores sean insesgados, es decir, la precisión con la que se estima los parámetros. Constituye la incertidumbre del estimador, cuanto más pequeño, la estimación es más precisa.

Std. Error 0,013688

Std. Error 0,000958

Error estándar, es una medida de la incertidumbre de un estadígrafo de prueba, como la media de una muestra.

Std. Error, indica que tan cerca es probable que un estadígrafo muestral se aproxime al verdadero valor del parámetro poblacional (como la media poblacional). En otras palabras, mide la variabilidad de las posibles medias muestrales si se tomaran múltiples muestras de la misma población.

$$\text{Error estándar} = \frac{\text{desviación estándar}}{\text{tamaño de la muestra}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Mayor tamaño de muestra (n), reporta una baja desviación estándar (σ)

Significancia estadística individual.

t – Statistic → *estadístico t*.

Coficiente ÷ error estándar. Mide cuanto (errores estándar) se aleja de 0.

El *t – Statistic* → *estadístico t*, se calculó como el cociente entre el estimador y su error o desviación estándar del estimador, que deben ser contrastados con la dócima de hipótesis (vid.infra).

$$t - \text{Statistic} = \frac{\text{Coefficient}}{\text{Std. Error}} = \frac{7,413877}{0,013688} = 541,65$$

$$t - \text{Statistic} = \frac{\text{Coefficient}}{\text{Std. Error}} = \frac{-0,060620}{0,000958} = -63,28$$

Intercepto C :

t – Statistic 541,6499

p – value = 0,0000 → altamente significativo al 1% (e incluso al 0,1%)

Esto significa que el intercepto difiere claramente de cero.

Pendiente t :

$$t - \text{Statistic} = 63,28221$$

$$p - \text{value} = 0,0000 \rightarrow \text{significativa al 1\% incluso.}$$

Esto confirma que la variable tasa de interés del BONO (K_B) es importante y estadísticamente relevante en el precio del BONO (P_{K_B}).

El estadígrafo t (o valor t) es un valor numérico que se utiliza en las pruebas t , para evaluar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. En esencia; t -Statistic, indica cuantas desviaciones estándar se encuentra la media de una muestra de la media de otra muestra o de un valor hipotético.

Un valor " t " alto, sugiere que la diferencia entre las medias es estadísticamente significativa mientras que un valor " t " cercano a cero, indica que la diferencia podría deberse al azar. El estadígrafo " t " se utiliza en una prueba " t " para determinar si se apoya o se rechaza una hipótesis nula.

Prob.

$p - \text{valor}$ → El valor p (p -valor) es la probabilidad de obtener los resultados si la hipótesis nula es verdadera. Un p -valor bajo indica que los datos observados son poco probables bajo la hipótesis nula, que sugiere una evidencia sólida para realizarlas a favor de una hipótesis alternativa.

$$\text{Prob. } 0,0000$$

$$\text{Prob. } 0,0000$$

Un p -valor menor a 0,05 es estadísticamente significativo el modelo. Por tanto; el modelamiento econométrico uniecuacional exponencial del precio de los BONO, es estadísticamente significativo

Medidas o bondad de ajuste:

$$R - \text{squared} = 0,994536$$

Coefficiente de determinación.

El coeficiente de determinación (R^2) de 0,994536 significa que el 99,45% de las variaciones del precio del bono (P_{K_B}) están explicadas por el comportamiento de la tasa de interés (K_B) del BONO, con un coeficiente de determinación ajustado (\bar{R}^2) de 0,994288 que también reporta un excelente valor significativo, obtenido a través del coeficiente de determinación, ajustado por los grados de libertad.

El coeficiente de determinación $R - \text{squared}$ (0,994536) determina el grado de ajuste obtenido del regresor (tasa de interés del bono) hacia la variable dependiente precio del bono, y constituye el cuadrado del coeficiente de correlación y toma los valores comprendidos entre los intervalos de $0 < R^2 < 1$

R^2 del 99,4% representa la variación de la variable dependiente (PRECIO del BONO) que explica el modelo, y por tanto un ajuste excelente.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum \hat{e}_i}{P_{K_B}^2} = 1 - \frac{0,023216}{6,656127} = 0,99$$

Este coeficiente indica que el 99,45% de las variaciones del precio del BONO (P_{K_B}) es explicado por la tasa de interés del bono (K_B), y el 0,55% a factores atribuibles al término de error.

Interpretando la suma total de cuadrados (STC), la suma de cuadrados de los residuos (SCE) y la suma de cuadrados de la regresión (SCR), en la tabla de salida del SW-EViews de la regresión exponencial, el S.D. dependent var, es la cuasi desviación típica del precio del BONO (P_{K_B}) y vale 0,429824 equivalente a 1,54 dólares aplicando su antilogaritmo. Por tanto, el precio del BONO (P_{K_B}).

$$0,429824 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{24} (P_K - \bar{P}_K)^2}{24 - 1}}$$

El numerador de la expresión señalada (vid.supra) es el radical de grado 2 de la STC, despejando:

$$STC = (0,429824)^2 \times 23 = 4,249219$$

La suma de cuadrados de los residuos (SCE) se encuentra directamente en la tabla de la salida del SW-EViews de la regresión exponencial en el apartado Sum squared resid. Es decir, SCE=0,023216.

Para calcular la suma de cuadrados de la regresión (SCR).

$$STC = SCE + SCR$$

$$SCR = STC - SCE$$

$$SCR = 4,249219 - 0,023216 = 4,226003$$

Con los valores precedentes (vid.supra), calculamos y validamos el coeficiente de determinación (r^2) de la tabla de SW-EViews de la regresión exponencial, en el apartado *R - squared*.

$$R^2 = 1 - \frac{SCE}{STC} = 1 - \frac{0,023216}{4,249219} = 0,994536$$

$R^2 = 0,994536$ es la fracción de la variación muestral del precio del BONO (PK) explicada por la función de regresión muestral, que en este modelamiento econométrico es del 99,45% de ajuste, dejando un margen de error de 0,55%.

$$\text{Adjusted } R - \text{squared} = 0,994288 \text{ (} R^2 \text{ ajustado)}.$$

R_A^2 ajustado, versión modificada del R^2 que ajusta los predictores (variables) que no contribuyen a la precisión predictiva del modelo de regresión.

El R_A^2 (coeficiente de determinación ajustado) es una medida de bondad de ajuste de un modelo de regresión que tiene en cuenta el número de variables explicativas (independientes) en el modelo y el tamaño de la muestra. A diferencia del coeficiente de determinación (r^2) que siempre aumenta al agregar variables al modelo, incluso si no son significativas, el R_A^2 (coeficiente de determinación ajustado) penaliza la inclusión de variables irrelevantes.

$$R_A^2 = 1 - \frac{\sum \frac{e_i^2}{n-1}}{\sum \frac{P_K^2}{n-p}} = 1 - \frac{\frac{0,023216}{24-1}}{\frac{6,656127}{24-1}} = 0,99$$

El modelo explica el 99,43% de la varianza de la variable dependiente (precio del BONO) de la variable independiente (tasa de interés) después de ajustar por el número de variables independientes ($k = 1$), y proporciona una estimación más realista del poder predictivo del modelo econométrico uniecuacional bidimensional de regresión exponencial.

Este coeficiente (R_A^2) toma en cuenta el número de parámetros y de las observaciones para incluirlos todos en una sola representación. Permite comparar la capacidad explicativa de modelos para una misma variable dependiente (P_{KB}) con diferentes números de variables explicativas.

$$R_A^2 \text{ ajustado} < R^2$$

$$0,994288 < 0,994536$$

Se tiene un valor muy cercano a uno (1), por tanto indica que el modelamiento econométrico exponencial, predice perfectamente las variables.

$$SE \text{ of } \textit{regresión} = 0,032485$$

Error estándar de la regresión.

Error de la desviación estándar de los errores/residuos.

Desviación típica de los residuos en unidades de $\ln(P_K)$; cuanto menor, mejor.

El *SE of regresión* (0,032485) o suma de errores de regresión, es el error estándar de la regresión, que constituye una medida del error del desvío estándar que tiene el presente modelo estimado para pronosticar.

El error estándar menor de 0,032485, indica que es más probable que la estimación del coeficiente se acerque al valor real de la población. Un menor error estándar, implica menor variabilidad y mayor confianza en la precisión de la estimación de los coeficientes del modelo econométrico realizado. El error estándar promedio de las predicciones es de $\pm 0,032485$ USD.; es decir que, en promedio, las predicciones se desvían $\pm 0,032485$ USD. del precio del BONO (P_{KB}). El error estándar (S) de la regresión, es el error estándar de la estimación, y representa la distancia promedio que los valores observados caen sobre la línea de regresión exponencial.

- *Sum squared resid* = 0,023216

Suma de residuos al cuadrado.

Métrica del error total (cuanto más bajo, mejor).

El *Sum squared resid* (0,023216), constituye la suma de los cuadrados de los residuos del modelo, es decir, la suma de cuadrados no explicados en el modelo.

Suma de cuadrados del error, es una medida estadística que indica la cantidad de variación en la variable dependiente (PRECIO del BONO) que no es explicada por el modelo de regresión exponencial.

El valor bajo obtenido de 0,023216, indica un buen ajuste del modelo econométrico exponencial a los datos. Un valor alto implicaría un ajuste deficiente.

$$\log \text{likelihood} = 49,23\ 704$$

Verosimilitud del modelo; criterio de información.

Es el (\ln) de la verosimilitud (confiabilidad), que es igual a la probabilidad de los datos observados.

El $\log \text{likelihood}$ (49,23 704), es el logaritmo de la función de verosimilitud, que consiste en elegir parámetros que maximicen la función de verosimilitud. Se infiere que la confiabilidad (verosimilitud) del modelo econométrico es mayor al referente 6,63 y que la probabilidad de que el resultado se produzca por casualidad es inferior al 1%. Por tanto, se tiene la certeza del 99% de que los resultados obtenidos por el modelamiento econométrico exponencial son significantes.

Esto suele expresarse como: $p < 0,01$

$$F - \text{statistic} = 4000,639$$

Estadígrafo F.

$$\text{Prob.}(F - \text{estaticistic}) = 0,0000$$

Prueba conjunta de estos estadígrafos, que señala que todos los coeficientes (salvo la constante) son 0. Esta prueba F constituye una prueba estadística que compara varianzas. Se utiliza para determinar si las varianzas de dos muestras, o si las razones de las varianzas entre varias muestras, son significativamente diferentes.

$p - \text{valor} \sim 0 \rightarrow$ el modelo es globalmente significativo.

En el contexto descrito, el valor de $\text{prob}(F - \text{statistic}) = 0,0000$, indica que el modelamiento econométrico exponencial es estadísticamente significativo en su conjunto. Es decir; significa que la variable predictora (variable independiente o explicativa), se utilizó para predecir y explicar el valor de la variable dependiente que es el PRECIO del BONO, llamada variable dependiente o variables objetivo.

En esencia, fue la variable tasa de interés del BONO que se utilizó como entrada para el modelamiento predictivo con el fin de obtener una predicción sobre el resultado de la variable dependiente (PRECIO del BONO).

Información auxiliar del modelamiento econométrico del precio del BONO:

- *Mean dependent var* = 6,656127

Media de $\ln P_{KB}$, no de P_{KB} .

El *Mean dependent var* (6,656127), es la medida muestral (promedio) de la variable dependiente precio del bono del modelamiento matemático de regresión.

Este valor de la variable dependiente (PRECIO del BONO), mide el efecto de la otra variable independiente (tasas de interés del BONO). Es decir que depende de la variable independiente, conocida como variable respuesta o variable de resultado.

El valor esperado del precio del BONO (P_{KB}) es de 777,53 dólares y se puede obtener de la tabla de regresión (vid.supra) aplicando antilogaritmo al valor 6,656127 del apartado Mean dependent var.

$$S. D. dependent var = 0,429824$$

Desviación estándar de $\ln P_K$.

El *S. D. dependent var* (0,429824), es el desvío estándar estimado de la variable dependiente (precio del bono) del modelamiento matemático de regresión. Es decir; 0,429824 es la desviación estándar (*S. D.*) de la variable dependiente (PRECIO del BONO). Es decir; es una medida de la dispersión o variabilidad de los de la variable dependiente (PRECIO del BONO) alrededor de su valor medio.

Un valor de más alto de 0,429824 indicará mayor dispersión (*S. D.*), mientras que un valor más bajo indicará menor dispersión (*S. D.*) como el presente modelamiento econométrico exponencial.

La desviación típica se obtiene de la tabla de regresión (vid.supra): El apartado *S.D.dependent var* es la cuasi desviación típica del precio del BONO (P_{KB}) que aparece en *S.D.dependent var*, y vale 1,54 dólares (antilogaritmo 0,429824).

$$0,429824 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{24} (P_{KB} - \bar{P}_{KB})^2}{24 - 1}}$$

Para obtener la desviación típica, basta con multiplicar esta expresión por $\sqrt{23}$ y dividirla por $\sqrt{24}$:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{24} (P_{KB} - \bar{P}_{KB})^2}{24 - 1}} = 0,429824 \frac{\sqrt{23}}{\sqrt{24}} = 0,420774$$

La desviación típica no es muy similar al valor medio del precio del BONO, lo que indica un bajo grado de dispersión entre los niveles del precio del BONO (P_{KB}).

- *Akaike info criterion* = -3,93

Criterio de información de Akaike (AIC).

Akaike info criterion (-3,93) y *Schwarz criterion* (-3,838249), son dos referentes del error del modelamiento matemático, y permite realizar la comparación con otros modelos, a menor valor el modelo es mejor.

Este criterio de Akaike (*AIC*) proporciona un medio de selección y para comparar modelos.

$$AIC = 2K + n \ln \left(\frac{SCe}{n} \right)$$

$$Akaike = 2K + n \ln \left(\frac{SCe}{n} \right)$$

$$Akaike = 2(2) + 24 \ln \left(\frac{17,2398}{24} \right)$$

$$Akaike = -3,93$$

$Akaike = -3,93$ permite inferir que el presente modelamiento econométrico exponencial bidimensional del precio del BONO es el mejor modelo porque reporta un valor mínimo.

$$Durbin - Watson Stat = 0,092125$$

El estadístico *Durbin – Watson Stat* (0,092125), permite testear si los residuos de la regresión están correlacionados, es decir, si presentan problema de autocorrelación. Es decir, que la aplicación del estadístico Durbin-Watson (DW) permite aplicar un contraste (o prueba de hipótesis) para validar la existencia o inexistencia de autocorrelación.

La autocorrelación, también conocida como correlación serial, es una medida estadística que examina la relación entre una variable y sus valores pasados en una serie temporal. En finanzas, se utiliza la autocorrelación para examinar las fluctuaciones históricas de los precios de BONO, acciones, dinero virtual, etc. y predecir sus comportamientos futuros.

Es decir, que la autocorrelación en finanzas significa que el precio de un BONO u ACCIÓN de hoy está muy relacionado con el precio del BONO u acción de ayer. Y el precio de un BONO u acción de ayer está muy relacionado con el precio de anteayer.

La tabla “Cálculo del estadístico Durbin-Watson(DW) para validar existencia o inexistencia de autocorrelación en el Precio del BONO” se encuentra en el **Anexo 2**.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^T (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T e_t^2} = DW = \frac{2.254,21}{24.469,04} = 0,092125$$

La autocorrelación examina la relación entre unas variables y sus valores pasados en una serie temporal.

$$0 < DW < 4$$

$DW = 2$; no detecta autocorrelación. Autocorrelación cero.

$0 \leq DW \leq 2$; correlación positiva.

$2 < DW < 4$; correlación negativa.

$$DW = 0,092125$$

$$n = 24$$

$K' = 1$ ← número de variables independientes (o explicativas).

Como conclusión señalar; que la hipótesis nula establece que no existe autocorrelación, pero los datos del modelamiento señalar con absoluta claridad que existe autocorrelación positiva (+), por tanto, se rechaza la hipótesis nula, aceptándose la hipótesis alterna.

Rechazo $H_0 \rightarrow \exists AC (+)$.

H_0 : no \exists AUTOCORRELACIÓN \rightarrow no se rechaza H_0

H_1 : \exists AUTOCORRELACIÓN

Entre d_L y d_U , Es una zona que no se tiene claro sobre la existencia o no de autocorrelación y por tanto se denomina Zona de Indecisión.

$$Si \rightarrow d_U \leq DW \leq 4 - d_U$$

No se rechaza la H_0 . Por tanto; NO \nexists autocorrelación.

$$Si \rightarrow d_L < DW < d_U$$

$$4 - d_U \leq DW \leq 4 - d_L \rightarrow \text{el CONTRASTE no es concluyente}$$

El valor de 0,092125 para el estadígrafo de Durbin-Watson, indica fuerte autocorrelación positiva en sus residuos del análisis de regresión exponencial. Esto significa que los errores en las predicciones del modelo están muy relacionados entre sí en el tiempo con un patrón donde los errores consecutivos tenderán a ser del mismo signo (ambos positivos o ambos negativos).

El precio de un BONO o una ACCIÓN con autocorrelación positiva (+) indicaría que el precio de un BONO o una acción de ayer tiene una correlación positiva con el precio de un BONO o una acción de hoy. Por tanto, si el precio de un BONO o una ACCIÓN cayó ayer en el mercado bursátil, es probable que también caiga hoy el precio de ese BONO o de una ACCIÓN.

Un valor con autocorrelación negativa, por otro lado, incide negativamente a largo tiempo; por lo tanto, si cayó el precio del BONO ayer, es más probable que el precio del BONO suba hoy.

La autocorrelación es bastante útil en el análisis técnico en las finanzas, que permite inferir tendencias de los precios de los activos financieros (BONO y acciones).

Para este caso; se utiliza la autocorrelación para determinar el impacto de los precios pasados del activo financiero (BONO y acciones) en su precio futuro.

En conclusión; la autocorrelación muestra si existe un factor de impulso a un activo financiero. Por ejemplo, si tiene conocimiento que un BONO o una acción históricamente tiene un alto valor de autocorrelación positiva (+) y reporta ganancias sólidas, es razonable esperar que los movimientos del mercado de los próximos días (serie temporal adelantada concedieran con la serie temporal retrasada) reportará movimientos de alza.

Si K (tasa de interés de los BONOS), sube un (1) punto porcentual, baja el PRECIO del BONO en 6,06%. Se estimaría que el precio del BONO (P_{K_B}) baje a 1.085,2 dólares, cuando la tasa de interés (K_B) se incremente al 7%. Si la tasa de interés baja a 3%, el precio del BONO (P_{K_B}) se incrementaría a 1.382,9 dólares.

Contrastes y pruebas de hipótesis

Las pruebas de hipótesis, incorporadas en el presente modelamiento del precio de los bonos, permiten determinar la relevancia o el orden de importancia de cada uno, y el conjunto de la variable independiente tasa de interés del Bono (K_B) sobre la variable dependiente precio de los BONO (P_{K_B}).

Prueba de significancia individual:

La prueba de significancia individual se focaliza en la prueba de hipótesis "t-Student" que se obtiene del cociente entre los coeficientes y la desviación estándar de los coeficientes.

Décima de no relación entre la variable P_{K_B} (precio del BONO) con la variable K_B (tasa de interés del BONO).

La hipótesis

$H_0: w_1 = 0 \therefore$ No existe relación entre la variables P_{K_B} con K_B

$H_1: w_1 \neq 0 \therefore$ Existe relación entre la variables P_{K_B} con K_B

Nivel de significación

$\lambda = 0,05 =$ nivel de significancia

$1 - \lambda = 1 - 0,05 = 0,95$ nivel de confianza

Estadístico a prueba

$$t_{(n-k)} = \frac{\hat{w}_1 - w_1}{\hat{\sigma}_{\hat{w}_1}}$$

Hipótesis $H_0: w_1 = 0$

$$t_{(24-2)CALCULADO} = \frac{-0,060620 - 0}{0,000958}$$

$$t_{(24-2)CALCULADO} = -63,2777$$

Regla de decisión

$|t_{CALCULADO}| > |t_{TABLAS}| \therefore$ se rechaza H_0

$|-63,2777| > |2,0739| \therefore$ se rechaza H_0

$63,2777 > 2,0739 \therefore$ se rechaza H_0

El valor calculado 63,2777 es mayor al valor de tablas 2,0739. Por tanto; se rechaza la hipótesis nula (H_0), y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Es decir, que existe relación entre la variable independiente tasa de interés del BONO (K_B), con la variable dependiente Precio del BONO (P_{K_B})

Prueba de significancia global del modelamiento econométrico:

La significación global del modelamiento econométrico bidimensional del precio del BONO se prueba con la relación de la varianza explicada a la varianza no explicada. Esta sigue una distribución F con $k - 1$ y $n - k$ grados de libertad, donde n es el numero de observaciones y k es el número de parámetros estimados.

La prueba F , mide la significancia general del modelamiento econométrico bidimensional del precio del BONO. Es decir, permite evaluar la relevancia general del modelamiento econométrico uniecuacional y bidimensional del precio del BONO.

En el modelamiento econométrico el estadístico F , permite la comparación entre la variabilidad explicada por el modelo y la variabilidad que no puede ser explicada.

Dócima (o prueba de hipótesis) de relación conjunta entre las variables, conocida como la dócima de *F de Fisher*.

La hipótesis

H_0 : $w_1 = 0$ ∴ La variable tasa de interés NO tiene ningún impacto en el modelamiento

H_1 : $w_1 \neq 0$ ∴ La variable tasa de interés tiene impacto significativo en el modelamiento

Nivel de significación

$\alpha = 0,05$ = nivel de significancia

$1 - \alpha = 1 - 0,05 = 0,95$ nivel de confianza

Estadístico a prueba

$$F_{[(k-1)(n-k)]} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{\frac{SSR}{k-1}}{\frac{SSE}{n-k}} = \frac{\frac{SRC}{k-1}}{\frac{SEC}{n-k}} = \frac{\frac{\sum(\hat{P}_K - \bar{P}_K)^2}{k-1}}{\frac{\sum(P_K - \hat{P}_K)^2}{n-k}}$$

$df = k - 1 = 2 - 1 = 1$ = grados de libertad

$df = n - k = 24 - 2 = 22$ = grados de libertad

F con df = 1; 22

$$F_{[(2-1)(24-2)]_{CALCULADO}} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{\frac{SSR}{k-1}}{\frac{SSE}{n-k}} = \frac{\frac{SRC}{k-1}}{\frac{SEC}{n-k}} = \frac{\frac{\sum(\hat{P}_K - \bar{P}_K)^2}{k-1}}{\frac{\sum(P_K - \hat{P}_K)^2}{n-k}}$$

La tabla "Prueba de Significancia Global del Modelamiento con el estadístico F de Fischer (en unidades monetarias)" se encuentra en el **Anexo 3**.

$$F_{[(2-1)(24-2)]_{CALCULADO}} = \frac{MSR}{MSE} = \frac{\frac{\sum(\hat{P}_K - \bar{P}_K)^2}{k-1}}{\frac{\sum(P_K - \hat{P}_K)^2}{n-k}} = \frac{\frac{2.938.133,84}{2-1}}{\frac{24.262,55}{24-2}} = 2.664,14$$

Razones grandes de *F*, son congruentes con la hipótesis alternativa que el modelamiento econométrico uniecuacional y bidimensional es significativa.

Regla de decisión

$F_{[(k-1)(n-k)]_{CALCULADO}} > F_{[(k-1)(n-k)]_{TABLAS}} \therefore$ se rechaza H_0

$F_{\alpha=0,95}$ con $df = 1; 22$

$f_{\alpha, V_1, V_2} = f_{0,95; 1; 22} = 4,30$ en tabla.

valor - $p = 4,30$

$F_{[(k-1)(n-k)]_{CALCULADO}} > 4,30 \therefore$ se rechaza H_0

El valor calculado 2.664,14 es mayor al valor en tablas 4,30. Por tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1). Es decir; existe impacto significativo entre la variable independiente tasa de interés del BONO (K_B) con la variable dependiente precio del BONO (P_{K_B}).

4. Conclusiones

- A manera de conclusión, el BONO cupón cero, cuando no se paga cupones y por tanto, tienen una tasa de cupón del 0% y el precio del BONO es 1.659,84 U\$D.
- Cuando el costo del capital (tasa de interés) de BONOS es 3%, el precio del BONO es 1.426,5 U\$D.
- Cuando el costo del capital (tasa de interés) de BONOS sube al 7%, el precio del BONO baja a 1.069,9 U\$D.
- El precio del BONO es inversamente proporcional al costo del capital (tasa de interés) de BONOS.
- El BONO pierde 24,99% de su valor por el incremento de 4 puntos en la tasa de interés (costo del capital) de BONOS.
- Estas conclusiones fácticas, permiten comprender la sensibilidad de los BONOS a cambios en tasa de interés (costo del Capital) de BONOS, y su impacto en inversiones de renta fija.

Referencias

- Albertí, M., Berges, Á., & Rodríguez, M. (2023). Banca y mercado de capitales en la financiación empresarial. *Cuadernos de Información económica*, 292, 25-31. <https://n9.cl/ac5h4>
- Almaraz, I. (2023). *La titulización financiera en España: Análisis de la rentabilidad de los bonos de titulización (1993-2022)*. [Tesis de grado, Universidad del País Vasco]. addi. <https://hdl.handle.net/10810/63601>
- Berges, Á., López, Á., & Rojas, F. (2019). Bancos versus mercados de capitales: cuestionando el paradigma Europa-Estados Unidos. *Cuadernos de Información económica*, 271, 19-26. <https://n9.cl/bycix>
- Brealey, R., Myers, S. & Allen, F. (2020). *Principios de Finanzas Corporativas*. 13 Ed. McGraw-Hill. España. <https://is.gd/133m7Q>
- Bodie, Z., & Merton, R. (2004). *Finanzas*. Pearson Educación. <https://is.gd/5dOd3Z>
- Caaveiro, A., & Méndez, V. (2023). La incertidumbre de los mercados redirige la estrategia de financiación autonómica hacia el canal bancario. *Economistas*, 181, 193-202. <https://is.gd/5CQp6Q>
- Cerrato, E. (2022). El mercado de instrumentos financieros “verdes”, ¿paradoja o realidad? *Revista de Derecho del Sistema Financiero: mercados, operadores y contratos*, (4), 297-344. <https://is.gd/hKivqY>
- Dumrauf, G. (2022). *Finanzas Corporativas – Un enfoque latinoamericano* (4.^a ed.). Alfaomega. <https://is.gd/MtFPSu>
- Durán, J. (2022). *Economía y Dirección Financiera de la Empresa*. Pirámide. <https://is.gd/7avb3b>
- Emery, D., Finnerty, J. & Stowe, J. (2023). *Fundamentos de administración financiera*. <https://is.gd/sTmYzy>
- Fabozzi, F. & Fabozzi F. (2021). *Bond Markets, Analysis, and Strategies*. (10.^a ed.). The MIT Press. <https://is.gd/HeW7q2>

- García, M. (2025). Mercados financieros internacionales 2024: Economía, política monetaria y geopolítica. *Revista Cubana de Economía Internacional*, 12(1), 19-35. <https://is.gd/GzOvmS>
- Gregoire, J., & Zurita, S. (2003). *Desarrollo y perspectivas de la securitización en Chile*. Estudios Públicos, (92). <https://estudiospublicos.cl/index.php/cep/article/view/724>
- Martínez, J., López, E., & Lara, L. (2025). Una revisión histórica del modelo de riesgo de mercado, un dilema por resolver. *Perspectivas de las Ciencias Económicas y Jurídicas*, 15(1). <https://is.gd/gIAkJ6>
- Loza-Vega, I. (2023). Bonos soberanos mexicanos una oportunidad para el desarrollo sostenible y el impacto de su rentabilidad en el portafolio del inversionista. *Scientia et PRAXIS*, 3(6), 69-89. <https://is.gd/NzqUqM>
- López, F., & de Luna, W. (2022). *Finanzas Corporativas en la Práctica*. McGraw-Hill. <https://is.gd/jJZT4G>
- Macias, T., Salazar, A., Vera, L., & Macias, D. (2025). Modelos de valoración de activos en el mercado bursátil ecuatoriano: Oportunidades y limitaciones. *RECIAMUC*, 9(3), 344-353. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/9.\(3\).julio.2025.344-353](https://doi.org/10.26820/reciamuc/9.(3).julio.2025.344-353)
- Mascañares, J. López J. & Borrego, Á. (1997). *Acciones, BONOS y Fondos de Inversión*. <https://is.gd/dvqOEW>
- Méndez, T., Azanza, Y., García, J., Zubiaga, A., Brun, G., & Villalonga, J. (2024). Análisis de las novedades más relevantes introducidas en la normativa europea de mercado de capitales tras la aprobación de la Listing Act. *Revista Jurídica Pérez-Llorca*, (12), 34.65. <https://is.gd/wRHcuj>
- Molinari, A., & Val, M. (2024). Financiamiento de la transición energética en América Latina: el papel de los bancos multilaterales de desarrollo. *Desafíos*, 36(2), 45-56. <https://is.gd/IHJ3F6>
- Narváez-Zurita, X., Peñaloza, V., & Narváez, C. (2023). Mercado de capitales: una fuente de financiamiento alternativo para las cooperativas de ahorro y crédito. *Universidad y Sociedad*, 15(S3), 170-184. <https://is.gd/DNwDbP>
- Nasarre, T., Revilla, J., Álvarez-Cienfuegos, F., Barrientos, Á., Espín, D., Riopérez, B., & Ortiz, A. (2024). La Unión de los Mercados de Capitales. *ICE, Revista de Economía*, (937). <https://doi.org/10.32796/ice.2024.937.7861>
- Ross, S., Westerfield, R., & Jaffe, J. (2020). *Finanzas Corporativas*. McGraw-Hill. <https://is.gd/SQdZ7F>
- Ross, S., Westerfield, R., & Jordán, B. (2010). *Fundamentos de Finanzas Corporativas*. <https://is.gd/yEYSsT>
- Sheeba, N. (2024). *Entender el Mercado de BONOS*. Nuestro Conocimiento. <https://is.gd/YYZhKQ>
- Solís, S., Galarza, B., Hidalgo, W., & Poma, B. (2025). Influencia del ciclo económico en la inversión y el mercado financiero. *Revista Enfoques*, 9(34), 123-138. <https://is.gd/zVRide>
- Vernimmen, P. Le, Y. Dallochio M., Salvi, A. (2006). *Corporate Finance: Theory & Practice*. John Willey & Sons. Inglaterra. <https://is.gd/whkGnu>

Transparencia

Conflicto de interés

El autor declara que no existen conflictos de interés de naturaleza alguna como parte de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

El autor financia completamente la investigación.

Contribución de autoría

Carlos Omar Bernal Altamirano: Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, redacción - revisión y edición, financiamiento, administración del proyecto, recursos, supervisión.

El autor contribuye activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.

Anexos

Anexo 1: Modelamiento econométrico uniecuacional bivariable exponencial del precio de un BONO en función de tasas de interés de los bonos (en unidades monetarias)

| PRECIO del BONO | tasas (%) de interés | $\ln P_K$ | $K \ln P_K$ | K^2 | V | $(K - \bar{K})^2$ | $(V - \bar{V})^2$ | $(K - \bar{K})$ | $(V - \bar{V})$ | $(K - \bar{K})(V - \bar{V})$ |
|-----------------|----------------------|-----------|-------------|----------|----------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|
| 1.662,99 | 1 | 7,4164 | 7,4164 | 1,00 | 7,4164 | 132,2500 | 0,5780 | -11,50 | 0,7602 | -8,7428 |
| 1.538,96 | 2 | 7,3389 | 14,6777 | 4,00 | 7,3389 | 110,2500 | 0,4661 | -10,50 | 0,6827 | -7,1687 |
| 1.426,51 | 3 | 7,2630 | 21,7890 | 9,00 | 7,2630 | 90,2500 | 0,3683 | -9,50 | 0,6069 | -5,7652 |
| 1.324,44 | 4 | 7,1887 | 28,7550 | 16,00 | 7,1887 | 72,2500 | 0,2837 | -8,50 | 0,5326 | -4,5273 |
| 1.231,65 | 5 | 7,1161 | 35,5806 | 25,00 | 7,1161 | 56,2500 | 0,2116 | -7,50 | 0,4600 | -3,4499 |
| 1.147,20 | 6 | 7,0451 | 42,2705 | 36,00 | 7,0451 | 42,2500 | 0,1513 | -6,50 | 0,3890 | -2,5282 |
| 1.070,24 | 7 | 6,9756 | 48,8295 | 49,00 | 6,9756 | 30,2500 | 0,1021 | -5,50 | 0,3195 | -1,7573 |
| 1.000,00 | 8 | 6,9078 | 55,2620 | 64,00 | 6,9078 | 20,2500 | 0,0633 | -4,50 | 0,2516 | -1,1323 |
| 935,82 | 9 | 6,8414 | 61,5728 | 81,00 | 6,8414 | 12,2500 | 0,0343 | -3,50 | 0,1853 | -0,6485 |
| 877,11 | 10 | 6,7766 | 67,7663 | 100,00 | 6,7766 | 6,2500 | 0,0145 | -2,50 | 0,1205 | -0,3013 |
| 823,32 | 11 | 6,7133 | 73,8468 | 121,00 | 6,7133 | 2,2500 | 0,0033 | -1,50 | 0,0572 | -0,0858 |
| 773,99 | 12 | 6,6516 | 79,8187 | 144,00 | 6,6516 | 0,2500 | 0,0000 | -0,50 | -0,0046 | 0,0023 |
| 728,69 | 13 | 6,5912 | 85,6862 | 169,00 | 6,5912 | 0,2500 | 0,0042 | 0,50 | -0,0649 | -0,0324 |
| 687,03 | 14 | 6,5324 | 91,4533 | 196,00 | 6,5324 | 2,2500 | 0,0153 | 1,50 | -0,1237 | -0,1856 |
| 648,69 | 15 | 6,4750 | 97,1243 | 225,00 | 6,4750 | 6,2500 | 0,0328 | 2,50 | -0,1812 | -0,4529 |
| 613,34 | 16 | 6,4189 | 102,7027 | 256,00 | 6,4189 | 12,2500 | 0,0563 | 3,50 | -0,2372 | -0,8302 |
| 580,73 | 17 | 6,3643 | 108,1929 | 289,00 | 6,3643 | 20,2500 | 0,0852 | 4,50 | -0,2918 | -1,3133 |
| 550,59 | 18 | 6,3110 | 113,5978 | 324,00 | 6,3110 | 30,2500 | 0,1191 | 5,50 | -0,3451 | -1,8983 |
| 522,72 | 19 | 6,2590 | 118,9219 | 361,00 | 6,2590 | 42,2500 | 0,1577 | 6,50 | -0,3971 | -2,5810 |
| 496,90 | 20 | 6,2084 | 124,1678 | 400,00 | 6,2084 | 56,2500 | 0,2005 | 7,50 | -0,4477 | -3,3580 |
| 472,97 | 21 | 6,1590 | 129,3397 | 441,00 | 6,1590 | 72,2500 | 0,2471 | 8,50 | -0,4971 | -4,2253 |
| 450,75 | 22 | 6,1109 | 134,4401 | 484,00 | 6,1109 | 90,2500 | 0,2973 | 9,50 | -0,5452 | -5,1795 |
| 430,11 | 23 | 6,0640 | 139,4729 | 529,00 | 6,0640 | 110,2500 | 0,3506 | 10,50 | -0,5921 | -6,2169 |
| 410,90 | 24 | 6,0183 | 144,4404 | 576,00 | 6,0183 | 132,2500 | 0,4068 | 11,50 | -0,6378 | -7,3344 |
| 20.405,65 | 300 | 159,7471 | 1.927,125 | 4.900,00 | 159,7471 | 1.150,0000 | 4,2492 | 0,00 | 0,0000 | -69,7130 |

Anexo 2: Cálculo del estadístico Durbin-Watson (DW) para validar existencia o inexistencia de autocorrelación en el Precio del BONO.

| PRECIO del BONO P_K | \hat{P}_K | $e_t = P_K - \hat{P}_K$ | e_t^2 | e_{t-1} | $e_t - e_{t-1}$ | $(e_t - e_{t-1})^2$ |
|--------------------------|-------------|-------------------------|------------------|-----------|-----------------|---------------------|
| 1.662,99 | 1.561,27 | 101,72 | 10.346,28 | | | |
| 1.538,96 | 1.469,44 | 69,52 | 4.832,96 | 101,72 | -32,20 | 1.036,66 |
| 1.426,51 | 1.383,01 | 43,50 | 1.892,32 | 69,52 | -26,02 | 676,97 |
| 1.324,44 | 1.301,66 | 22,78 | 518,85 | 43,50 | -20,72 | 129,42 |
| 1.231,65 | 1.225,10 | 6,55 | 42,91 | 22,78 | -16,23 | 63,33 |
| 1.147,20 | 1.153,04 | -5,84 | 34,10 | 6,55 | -12,39 | 53,53 |
| 1.070,24 | 1.085,22 | -14,98 | 224,37 | -5,84 | -9,14 | 43,52 |
| 1.000,00 | 1.021,39 | -21,39 | 457,41 | -14,98 | -6,41 | 21,07 |
| 935,82 | 961,31 | -25,49 | 649,74 | -21,39 | -4,10 | 16,83 |
| 877,11 | 904,77 | -27,66 | 764,89 | -25,49 | -2,17 | 4,69 |
| 823,32 | 851,55 | -28,23 | 796,87 | -27,66 | -0,57 | 0,33 |
| 773,99 | 801,46 | -27,47 | 754,69 | -28,23 | 0,76 | 0,57 |
| 728,69 | 754,32 | -25,63 | 656,91 | -27,47 | 1,84 | 3,39 |
| 687,03 | 709,95 | -22,92 | 525,41 | -25,63 | 2,71 | 7,34 |
| 648,69 | 668,19 | -19,50 | 380,37 | -22,92 | 3,42 | 11,69 |
| 613,34 | 628,89 | -15,55 | 241,82 | -19,50 | 3,95 | 15,62 |
| 580,73 | 591,90 | -11,17 | 124,76 | -15,55 | 4,38 | 19,19 |
| 550,59 | 557,08 | -6,49 | 42,18 | -11,17 | 4,68 | 11,86 |
| 522,72 | 524,32 | -1,60 | 2,55 | -6,49 | 4,90 | 13,98 |
| 496,90 | 493,48 | 3,42 | 11,71 | -1,60 | 5,02 | 21,63 |
| 472,97 | 464,45 | 8,52 | 72,57 | 3,42 | 5,10 | 25,97 |
| 450,75 | 437,13 | 13,62 | 185,43 | 8,52 | 5,10 | 26,00 |
| 430,11 | 411,42 | 18,69 | 349,28 | 13,62 | 5,07 | 25,72 |
| 410,90 | 387,22 | 23,68 | 560,67 | 18,69 | 4,99 | 24,89 |
| | | | 24.469,04 | | | 2.254,21 |

Anexo 3: Prueba de Significancia Global del Modelamiento con el estadístico F de Fischer (en unidades monetarias)

| PRECIO del BONO P_K | \hat{P}_k | $\hat{P}_k - \bar{P}_k$ | $(\hat{P}_k - \bar{P}_k)^2$ | $P_K - \hat{P}_K$ | $(P_K - \hat{P}_K)^2$ |
|--------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1.662,99 | 1.562,21 | 711,98 | 506.914,22 | 100,78 | 10.155,70 |
| 1.538,96 | 1.470,33 | 620,09 | 384.512,74 | 68,63 | 4.710,58 |
| 1.426,51 | 1.383,84 | 533,61 | 284.736,99 | 42,67 | 1.820,48 |
| 1.324,44 | 1.302,45 | 452,21 | 204.494,80 | 21,99 | 483,72 |
| 1.231,65 | 1.225,84 | 375,60 | 141.077,00 | 5,81 | 33,78 |
| 1.147,20 | 1.153,73 | 303,50 | 92.111,90 | -6,53 | 42,70 |
| 1.070,24 | 1.085,87 | 235,64 | 55.525,12 | -15,63 | 244,39 |
| 1.000,00 | 1.022,00 | 171,77 | 29.504,08 | -22,00 | 484,13 |
| 935,82 | 961,89 | 111,65 | 12.466,65 | -26,07 | 679,62 |
| 877,11 | 905,31 | 55,08 | 3.033,43 | -28,20 | 795,35 |
| 823,32 | 852,06 | 1,83 | 3,34 | -28,74 | 826,12 |
| 773,99 | 801,94 | -48,29 | 2.331,99 | -27,95 | 781,47 |
| 728,69 | 754,77 | -95,46 | 9.112,70 | -26,08 | 680,43 |
| 687,03 | 710,38 | -139,86 | 19.559,62 | -23,35 | 545,21 |
| 648,69 | 668,60 | -181,64 | 32.992,96 | -19,91 | 396,24 |
| 613,34 | 629,27 | -220,97 | 48.825,93 | -15,93 | 253,75 |
| 580,73 | 592,26 | -257,98 | 66.553,17 | -11,53 | 132,86 |
| 550,59 | 557,42 | -292,82 | 85.740,66 | -6,83 | 46,65 |
| 522,72 | 524,63 | -325,60 | 106.016,70 | -1,91 | 3,66 |
| 496,90 | 493,77 | -356,46 | 127.064,13 | 3,13 | 9,77 |
| 472,97 | 464,73 | -385,50 | 148.613,33 | 8,24 | 67,87 |
| 450,75 | 437,40 | -412,84 | 170.436,14 | 13,35 | 178,32 |
| 430,11 | 411,67 | -438,57 | 192.340,49 | 18,44 | 340,07 |
| 410,90 | 387,45 | -462,78 | 214.165,74 | 23,45 | 549,67 |
| 20.405,65 | | | 2.938.133,84 | | 24.262,55 |