



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
ICADE

# **MODELIZACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN EL MERCADO DEL ORO: ANÁLISIS DE SUS FACTORES DETERMINANTES**

Autor: Álvaro Sáez de Roda  
Director: Elena María Díaz Aguiluz

MADRID | Junio 2025

## INDICE

<b>0.0 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4-5</b>
0.1 Motivación	
0.2 Objetivo	
0.3 Revisión breve de la literatura	
0.4 Contribuciones	
0.5 Metodología	
0.6 Resultados principales	
0.7 Estructura del estudio	
<b>1.0 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5-10</b>
1.1 El papel histórico del oro y su relevancia como activo	
1.1.1 La historia del oro como activo	
1.1.2 El oro como cobertura y activo refugio	
1.2 El oro en la economía moderna y los mercados financieros	
1.2.1 Propiedades del oro como cobertura y refugio seguro	
1.2.2 El oro como respuesta a la volatilidad	
1.2.3 El rol del oro en los mercados financieros	
1.3 El impacto de los acontecimientos recientes en el oro, su volatilidad y su estatus como refugio seguro	
1.3.1 El mercado alcista del oro entre 2024 y 2025	
1.3.2 Implicaciones y perspectivas de los últimos acontecimientos en el precio del oro	
1.4 El Índice de Volatilidad del Oro (GVZ)	
1.4.1 Qué es el GVZ y cómo funciona	
1.4.2 La relevancia del GVZ	
<b>2.0 ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS.....</b>	<b>10-21</b>
2.1 Análisis cualitativo de la relación entre el dólar estadounidense (USD) y el GVZ	
2.1.1 Historia de la relación entre el USD y los mercados internacionales de materias primas (excluyendo el oro)	
2.1.2 Relación entre el USD y el oro	
2.1.3 El Gold Volatility Index (GVZ) como proxy	
2.2 Análisis cualitativo de la relación entre los tipos de interés y el GVZ	
2.2.1 El UST10Y en los mercados globales	
2.2.2 Fundamentos económicos y lógicos que explican la relación entre el oro y el UST10Y	
2.3 Análisis cualitativo de la relación entre la volatilidad de los tipos de interés (índice MOVE) y el GVZ	
2.3.1 El índice MOVE y su relevancia en los mercados financieros	
2.3.2 La relación entre el MOVE, el oro y el GVZ	
2.4 Análisis cualitativo de la relación entre el índice de volatilidad (VIX) y el GVZ	
2.4.1 El VIX y su relevancia en los mercados globales	
2.4.2 La relación entre el VIX, el oro y el GVZ	

- 2.5 Análisis cualitativo de la relación entre la bolsa bursátil americana (S&P 500) y el GVZ
  - 2.5.1 El S&P 500 y su relevancia en los mercados globales
  - 2.5.2 Relación histórica entre el S&P 500 y el oro, y entre el S&P 500 y el GVZ
  - 2.5.3 Fundamentos económicos y lógicos detrás de la relación del S&P 500 con el oro y con el GVZ
- 2.6 Análisis cualitativo de la relación entre el bitcoin y el GVZ
  - 2.6.1 Bitcoin y su papel como el nuevo oro digital
  - 2.6.2 La relación entre Bitcoin, el oro y el GVZ
- 2.7 Descripción de variables
- 2.8 Resultados del análisis cuantitativo entre las variables explicativas y la variable dependiente

### **3.0 MODELIZACIÓN DEL GVZ EN UN CONTEXTO MULTIVARIANTE.....21-27**

- 3.1 Hipótesis de investigación
- 3.2 Modelos estimados
  - 3.2.1 Construcción y análisis de los modelos
  - 3.2.2 Modelo Escogido
- 3.3 Análisis del modelo escogido
  - 3.3.1 Exogeniedad
  - 3.3.2 Linealidad del Modelo y Homocedasticidad
  - 3.3.3 No autocorrelación
  - 3.3.4 Normalidad de los errores

### **4.0 CONCLUSIÓN Y EVALUACIÓN DEL ESTUDIO.....27-29**

- 4.1 Conclusiones del estudio
- 4.2 Limitaciones del estudio
- 4.3 Recomendaciones para líneas futuras de investigación

### **5.0 BIBLIOGRAFÍA.....29-30**

### **6.0 OTROS ANEXOS.....30-33**

- 6.1 Declaración de uso de IA
- 6.2 Registro de la propuesta

## **0.0 INTRODUCCIÓN**

### **0.1 Motivación**

En un entorno global marcado por tensiones geopolíticas crecientes, guerras comerciales intermitentes impulsadas por la reelección de Donald Trump y una creciente desconfianza hacia los activos tradicionales, el oro ha recuperado protagonismo como termómetro de la incertidumbre. Su papel como activo refugio parece haberse intensificado, no solo por razones históricas o simbólicas, sino como una respuesta tangible ante la volatilidad estructural de los mercados. Este contexto ha evidenciado la necesidad de entender no solo el precio del oro, sino su volatilidad, como una medida adelantada del sentimiento de riesgo global.

Este interés no es únicamente académico, sino personal. Durante mis prácticas en EE. UU. en un “trading floor” de un banco privado, pude observar de primera mano cómo los analistas e inversores institucionales utilizaban el comportamiento del oro, y especialmente su volatilidad, como una señal para ajustar posiciones en carteras híbridas.

Por lo tanto, este estudio no solo está motivado por la situación actual de los mercados financieros globales sino también por mi situación y experiencias personales.

### **0.2 Objetivo**

El objetivo principal del trabajo es identificar y cuantificar los factores que afectan la volatilidad implícita del precio del oro (medida por el GVZ), mediante el uso de modelos de regresión aplicados a variables macroeconómicas y financieras clave.

### **0.3 Revisión breve de la literatura**

La literatura financiera ha documentado ampliamente el rol del oro como activo refugio (Eichengreen, 2001; Baur & Lucey, 2010) y como cobertura frente a la inflación y a la incertidumbre bursátil (Dicle & Levendis, 2017). Asimismo, estudios como los de Fousekis & Panagiotou (2024) han profundizado en la interpretación del GVZ como un indicador de riesgo percibido. La presente investigación complementa estos aportes al estudiar empíricamente el impacto de variables como el VIX, el USD, los tipos de interés, el S&P 500 y Bitcoin sobre la volatilidad implícita del oro.

### **0.4 Contribuciones**

Las principales contribuciones del estudio son:

- Incorporar una perspectiva econométrica aplicada para estudiar la volatilidad del oro en un marco multivariable.
- Evaluar el GVZ como proxy de riesgo financiero específico del mercado del oro, diferenciándolo del análisis tradicional de precios.
- Identificar qué variables macroeconómicas y de mercado tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la volatilidad implícita del oro, lo cual aporta evidencia relevante para gestores de carteras y analistas financieros.

### **0.5 Metodología**

El trabajo aplica una metodología de regresión lineal simple y múltiple. La variable dependiente es la variación logarítmica del índice GVZ ( $\Delta \ln \text{GVZ}$ ), y las variables explicativas incluyen transformaciones logarítmicas de indicadores como el USD, el VIX, el S&P 500 y Bitcoin, así como el rendimiento del bono estadounidense a 10 años (UST10Y). Se justifica el uso de

regresiones sobre series temporales diarias con transformaciones  $\Delta \ln$  para garantizar la estacionariedad y mejorar la interpretación económica de los coeficientes. El análisis incluye pruebas preliminares de correlación, significancia individual y multicolinealidad, así como ajustes por heterocedasticidad en los modelos finales.

## 0.6 Resultados principales

El estudio encuentra que:

- La única variable con efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la volatilidad implícita del oro es el índice VIX, confirmando la hipótesis de contagio de volatilidad entre mercados.
- Otras variables como el USD, los tipos de interés, el S&P 500 y Bitcoin no muestran efectos estadísticamente significativos en los modelos finales.
- El modelo escogido, que relaciona  $\Delta \ln$  (GVZ) con  $\Delta \ln$  (VIX), explica aproximadamente el 18,6 % de la variabilidad del GVZ y resiste pruebas de robustez, a pesar de cierta heterocedasticidad corregida.

## 0.7 Estructura del estudio

El trabajo se organiza de la siguiente forma:

- **Capítulo 1:** Marco Teórico del estudio, donde se contextualiza el rol del oro y del índice GVZ en los mercados financieros.
- **Capítulo 2:** Análisis cualitativo y cuantitativo de las variables explicativas propuestas, además de estimaciones de regresiones simples de dichas variables respecto a la variable dependiente del estudio (GVZ).
- **Capítulo 3:** Desarrollo de modelos de regresión múltiple, análisis de resultados y validación econométrica.
- **Capítulo 4:** Conclusiones y evaluación crítica de las limitaciones y posibles líneas futuras de investigación.

## 1.0 MARCO TEÓRICO

### 1.1 El papel histórico del oro y su relevancia como activo

#### 1.1.1 La historia del oro como activo

El oro ha ocupado un lugar fundamental en los sistemas económicos humanos durante milenios, actuando no solo como ornamento o moneda, sino también como un instrumento clave de poder estatal y de estabilidad monetaria.

Históricamente, el oro surgió como un medio de intercambio universal debido principalmente a su escasez y a su resistencia a la corrosión. Su incorporación formal en los sistemas monetarios culminó con el patrón oro clásico a finales del siglo XIX, bajo el cual las principales economías fijaban sus monedas a cantidades específicas de oro. Este sistema, institucionalizado a nivel internacional, aportó una estabilidad sin precedentes al comercio global y a los tipos de cambio. Tal como señala Eichengreen (2001), el patrón oro se percibía como una forma de “otorgar credibilidad a las políticas monetarias gubernamentales al limitar las presiones inflacionarias” y de “fomentar la inversión transfronteriza” al reducir la incertidumbre en los tipos de cambio.

Sin embargo, aunque el patrón oro fue suspendido durante las guerras mundiales, el sistema de Bretton Woods (1944–1971) buscó restablecer un régimen de tipos de cambio fijos, vinculando

el dólar estadounidense al oro y el resto de monedas al dólar. No obstante, el creciente desequilibrio derivado del crecimiento económico asimétrico y los déficits de EE. UU. llevaron finalmente al presidente Nixon a suspender la convertibilidad del dólar en oro en 1971, marcando el fin del papel oficial del oro en el sistema monetario.

Aun así, este colapso no disminuyó la importancia del oro. Como explica Eichengreen (2001), el metal pasó de ser un ancla oficial de la moneda a convertirse en un activo financiero determinado por el mercado. Su precio, ya no fijado, comenzó a fluctuar reflejando las percepciones del mercado sobre la estabilidad económica, la inflación y el riesgo geopolítico.

### **1.1.2 El oro como cobertura y activo refugio**

La transformación del oro en una clase de activo moderna no diluyó su función tradicional como cobertura frente a la incertidumbre. Según Eichengreen (2001), durante periodos de turbulencia financiera, especialmente durante episodios inflacionarios o devaluaciones monetarias, el oro tiende a superar a otras clases de activos. Esto se debe a su credibilidad histórica, la ausencia de riesgo de contraparte y su correlación inversa con los tipos de interés reales y el dólar estadounidense, atributos que siguen haciéndolo atractivo tanto para inversores institucionales como particulares.

Aun así, Eichengreen (2001) destaca que, aunque durante los años noventa y principios de los 2000, muchos bancos centrales comenzaron a reducir la importancia de las reservas de oro, al considerarlas ineficientes y sin rendimiento. Sin embargo, ahora se puede observar cómo la crisis financiera global de 2008 reavivó el interés por el oro, revirtiendo las dos décadas anteriores de disminución en la demanda de los bancos centrales. En particular, las economías emergentes empezaron a incrementar sus reservas de oro como cobertura frente a la volatilidad del dólar y para fortalecer su soberanía financiera (Dicle y Levendis, 2017).

Por lo tanto, a pesar de haber perdido su estatus como pilar de los acuerdos monetarios internacionales, el oro ha conservado (e incluso reforzado) su papel como reserva de valor y activo geopolítico. Su atractivo perdurable no se basa únicamente en la tradición, sino también en el cálculo racional de inversores y Estados que buscan sortear las incertidumbres de las monedas fiduciarias y de la inflación. Como subraya el análisis de Eichengreen (2001), la utilidad económica del oro ha evolucionado, pero su poder simbólico y financiero sigue profundamente arraigado en la arquitectura de las finanzas globales.

## **1.2 El oro en la economía moderna y los mercados financieros**

El legado perdurable del oro como activo financiero ha evolucionado desde su papel histórico como patrón monetario hasta ocupar una posición compleja y dinámica en los mercados financieros contemporáneos. En la actualidad, el oro funciona principalmente como instrumento de cobertura y activo refugio, especialmente en momentos de riesgo sistémico y volatilidad en los mercados. La evidencia empírica y teórica proporcionada por Baur y Lucey (2010), así como por Dicle y Levendis (2017), nos sirve como base para obtener una visión completa de cómo el oro ha evolucionado como herramienta para mitigar riesgos y conservar valor en el siglo XXI.

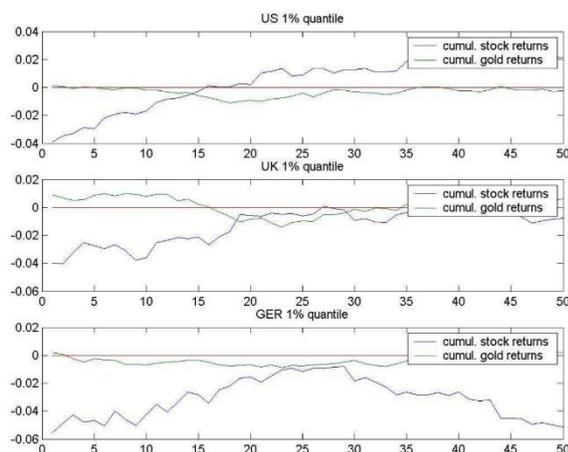
### **1.2.1 Propiedades del oro como cobertura y refugio seguro**

Baur y Lucey (2010) distinguen entre tres funciones clave que puede desempeñar el oro: diversificador, cobertura y refugio seguro. Definen cobertura como un activo que está no correlacionado o negativamente correlacionado con otro en promedio, mientras que un refugio seguro lo está específicamente durante episodios de tensión en los mercados. Su análisis econométrico de los mercados financieros de EE. UU., Reino Unido y Alemania concluye que el oro actúa como cobertura frente a las acciones en promedio en EE. UU. y Reino Unido, y como refugio seguro en condiciones extremas de mercado, como durante caídas bursátiles. No obstante,

esta propiedad de refugio no es permanente; tiende a ser de corta duración, generalmente de unos 15 días tras un shock negativo. Esto se observa claramente en *Abstracto 1 (Figura 5 de su análisis)*, donde el oro reacciona positivamente el día del shock, pero pierde progresivamente dicha ganancia a medida que se estabilizan los mercados (Baur & Lucey, 2010, p. 228).

**Figure 5:** Portfolio analysis:

The figure shows how stock returns and gold returns evolve for different investment horizons (x-axis). Period 1 is the time where an extreme negative stock return (in the 1% quantile) occurs. The vertical axis contains the average cumulated stock and gold returns. Top panel presents the US market, the intermediate panel the UK market and the bottom panel the German market. The time-series show that the return of gold is positive on the day an extreme negative shock in the stock market occurs and declines in the days following the extreme negative shock. The stock market returns tend to be positive after an extreme negative shock leading to an upward trend in the cumulated returns of stocks (except for Germany).



28

*Abstracto I: Correlación entre el oro y las bolsas bursátiles alemanas, británicas y americanas 15 días después de un "shock negativo" (Baur & Lucey, 2010, p. 228).*

Este matiz es fundamental para la gestión de carteras. Si bien el oro ofrece protección ante choques sistémicos a corto plazo, no supera consistentemente a otros activos durante crisis prolongadas ni en condiciones normales de mercado. Además, el estudio no encuentra evidencia sólida de que el oro funcione como cobertura o refugio seguro frente a los bonos, lo que subraya su capacidad limitada de amortiguación entre activos (Baur & Lucey, 2010).

### 1.2.2 El oro como respuesta a la volatilidad

Ampliando esta base, Dicle y Levendis (2017) critican la definición restrictiva de "refugio seguro" como respuesta únicamente a pérdidas extremas observadas. Argumentan que una definición más precisa debería incluir el comportamiento de los inversores ante la volatilidad, ya que la incertidumbre y el riesgo, y no solo las pérdidas observadas, impulsan las decisiones de refugio. Su estudio utiliza una media ajustada por divisas de los rendimientos del oro en dólares estadounidenses, euros y libras esterlinas, eliminando así el sesgo monetario en los movimientos del precio del oro. Esta innovación metodológica permite observar con mayor claridad el comportamiento intrínseco del oro ante la volatilidad del mercado.

Las pruebas empíricas utilizando causalidad de Granger y modelos GARCH de Dicle y Levendis (2017) indican que el oro es una cobertura fiable frente a la volatilidad bursátil en los principales mercados desarrollados. El oro tiende a mostrar correlaciones negativas con los principales índices bursátiles (como el S&P 500 o el Dow Jones) y correlaciones positivas con índices de

volatilidad como el VIX (Dicle & Levendis, 2017, Tabla A.5). Esto implica que el oro no solo conserva valor durante episodios de incertidumbre, sino que a menudo se aprecia cuando la volatilidad se dispara. No obstante, en comparación con los bonos del Tesoro de EE. UU. (que superan al oro en un espectro más amplio de escenarios de volatilidad), el oro se posiciona como un refugio secundario (Dicle & Levendis, 2017).

### **1.2.3 El rol del oro en los mercados financieros**

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes tanto para inversores institucionales como particulares. En primer lugar, el oro sigue siendo un activo estratégico valioso para coberturas a corto plazo y durante crisis, especialmente cuando los mercados bursátiles atraviesan tensiones. En segundo lugar, su efectividad es más pronunciada cuando se combina con activos complementarios como los bonos públicos. En tercer lugar, la calidad de cobertura del oro es sensible a efectos cambiarios, dinámicas del mercado y a la definición precisa de tensión financiera, lo cual requiere modelos rigurosos y conciencia contextual.

Asimismo, la interacción del oro con la volatilidad subraya su dimensión conductual y psicológica. No es solo una reserva pasiva de valor, sino también un reflejo del sentimiento y del miedo del mercado: un activo reactivo durante episodios de estrés financiero que pierde sus atributos de refugio una vez que se restablece la normalidad (Baur & Lucey, 2010; Dicle & Levendis, 2017, p. 12).

Por lo que, en los mercados financieros actuales, el oro mantiene su estatus como activo resiliente con notables capacidades de cobertura y refugio seguro. Sin embargo, su papel es matizado. Aunque el oro proporciona protección inmediata durante turbulencias financieras y actúa como amortiguador ante la volatilidad, su efectividad es de corto plazo y depende del contexto. El análisis comparativo de Baur y Lucey (2010) y Dicle y Levendis (2017) refuerza el papel del oro como un componente importante, aunque secundario, en la gestión moderna del riesgo de carteras.

## **1.3 El impacto de los acontecimientos recientes en el oro, su volatilidad y su estatus como refugio seguro**

Históricamente, el oro ha funcionado como barómetro de la confianza económica, cobertura frente a la inflación y activo protector en tiempos de incertidumbre. Los desarrollos recientes, desde un aumento de las tensiones geopolíticas hasta cambios en las expectativas sobre los tipos de interés y las estrategias monetarias, han tenido un impacto notable en los precios del oro, su volatilidad y la percepción de los inversores sobre su papel como refugio seguro. A medida que el oro alcanzó nuevos máximos históricos a principios de 2025, es interesante analizar las fuerzas económicas y el comportamiento inversor que han impulsado este repunte.

### **1.3.1 El mercado alcista del oro entre 2024 y 2025**

Los precios del oro han aumentado más de un 40 % desde principios de 2024, superando los 3.000 dólares por onza en marzo de 2025 y con posibilidad de alcanzar los 3.300 dólares a finales de año, dependiendo de los flujos especulativos y las condiciones geopolíticas (Goldman Sachs, 2025). Este repunte, según describen Collins y Klein (2025), no se debe a la demanda física de oro en sectores industriales o de joyería, sino a su estatus como activo financiero en un entorno de incertidumbre macroeconómica.

La correlación entre el aumento de la incertidumbre y los precios del oro es estadísticamente significativa. De acuerdo con un análisis de *Tufts Now*, casi la mitad (47 %) del incremento en el precio del oro entre enero de 2024 y enero de 2025 puede explicarse por el aumento de la incertidumbre política global, especialmente en lo relacionado con aranceles y políticas comerciales (Collins & Klein, 2025). Este comportamiento refleja lo observado durante la

pandemia de COVID-19, cuando el oro subió un 22 % en seis meses en medio del colapso bursátil y una baja inflación.

El papel del oro como refugio seguro se ha reafirmado entre 2024 y 2025, especialmente tras la reelección del presidente Trump y el aumento asociado de riesgos comerciales. J.P. Morgan señala que el oro ha reaccionado con un perfil en "sonrisa", es decir, subiendo tanto cuando caen los rendimientos reales (como cobertura frente a la depreciación monetaria) como cuando suben (como cobertura frente a la volatilidad) (J.P. Morgan Research, 2025). Esta doble capacidad distingue al oro de la mayoría de instrumentos financieros y contribuye a su baja correlación con otras clases de activos.

### **1.3.2 Implicaciones y perspectivas de los últimos acontecimientos en el precio del oro**

Otro factor clave en el ascenso del oro ha sido el aumento de las compras por parte de bancos centrales. Tras la congelación de las reservas en dólares de Rusia en 2022, países como China, Turquía e India han acelerado la adquisición de oro para diversificar sus reservas y reducir su dependencia del dólar estadounidense. Goldman Sachs (2025) informa de que la demanda institucional en el mercado extrabursátil (OTC) de Londres se multiplicó por cinco a finales de 2024, con los bancos centrales representando una parte considerable de este aumento. De manera similar, J.P. Morgan (2025) señala que más de 1.000 toneladas fueron adquiridas por bancos centrales en 2024, siendo las compras chinas impulsadas en parte por la expectativa de nuevos aranceles estadounidenses y una posible devaluación del yuan. Esto no solo impulsa la demanda del activo, sino que, dada la baja rotación de las reservas de los bancos centrales, también reduce la cantidad en circulación del oro y por lo tanto de su oferta.

No obstante, el análisis empírico de *Tufts Now* indica que, si bien la actividad de los bancos centrales ha influido en la trayectoria del oro, su papel ha sido menor que el de la incertidumbre macroeconómica (Collins & Klein, 2025). Esto refuerza la idea de que, aunque la acumulación de oro por parte de los gestores de reservas sostiene los precios a largo plazo, son los factores políticos y económicos de corto plazo los que impulsan los movimientos más pronunciados.

## **1.4 El Índice de Volatilidad del Oro (GVZ)**

### **1.4.1. Qué es el GVZ y cómo funciona**

El Índice de Volatilidad del Oro (GVZ) es un índice de volatilidad implícita específico del mercado del oro, que mide las expectativas del mercado sobre la volatilidad futura del precio del oro en un horizonte de 30 días. De manera análoga al VIX en el mercado de acciones, el GVZ se deriva de los precios de opciones, especialmente las opciones fuera del dinero (out-of-the-money), tanto de compra (calls) como de venta (puts), sobre contratos de futuros del oro. Por lo tanto, el GVZ capta el sentimiento inversor y la percepción de riesgo en los mercados del oro, en particular en relación con la posibilidad de oscilaciones significativas en los precios (Fousekis & Panagiotou, 2024). El índice ofrece una medida anticipada (forward-looking) de la volatilidad esperada, distinta de la volatilidad realizada (realized volatility) que se obtiene a partir de datos de precios pasados. Esto convierte al GVZ en una herramienta clave para evaluar la percepción del riesgo, orientar estrategias de cobertura en carteras y comprender la dinámica de precios de instrumentos derivados basados en el oro (Fousekis & Panagiotou, 2024).

El GVZ funciona agregando la información contenida en las volatilidades implícitas de las opciones sobre oro. Cuando los operadores anticipan cambios significativos en los precios (ya sea debido a riesgos geopolíticos, incertidumbre sobre política monetaria o inestabilidad del mercado) las primas de estas opciones aumentan, elevando el nivel del GVZ. El estudio de Fousekis y Panagiotou (2024) muestra que el GVZ reacciona de forma asimétrica a los movimientos del precio del oro: aumenta con mayor intensidad cuando el precio del oro sube que cuando baja,

especialmente en contextos de tensión financiera. Esto sugiere que los operadores están más preocupados por subidas repentinas del precio del oro, probablemente motivadas por compras por pánico o estrategias de cobertura durante crisis.

#### **1.4.2 La relevancia del GVZ**

El GVZ cumple varias funciones importantes en los mercados financieros (Fousekis & Panagiotou, 2024).:

- i) **Indicador de percepción del riesgo:** El GVZ refleja cómo perciben los operadores la incertidumbre futura en los mercados del oro. Su evolución a lo largo del tiempo indica cambios en el sentimiento inversor, a menudo en respuesta a shocks macroeconómicos globales.
- ii) **Evaluación del rol refugio del oro:** El índice ayuda a validar el papel del oro como activo refugio. Cuando el GVZ sube a la par que el precio del oro (especialmente en los cuantiles superiores), sugiere que el oro se está utilizando para protegerse frente al riesgo sistémico.
- iii) **Desarrollo de estrategias:** Comprender la dinámica del GVZ permite a los operadores diseñar mejores estrategias de cobertura con opciones. Por ejemplo, un GVZ elevado puede incentivar el uso de ventas de call cubiertas o compras de puts protectoras
- iv) **Herramienta para política económica:** Para economistas y responsables de políticas públicas, el GVZ proporciona una señal de tensión basada en el mercado. Los picos en el GVZ pueden servir como advertencias tempranas de inestabilidad en los sistemas financieros, de manera similar al VIX en los mercados de renta variable.

En conclusión, el GVZ es un sofisticado barómetro del riesgo implícito en el mercado del oro. Su comportamiento, especialmente bajo condiciones de estrés, ofrece valiosas perspectivas sobre la psicología inversora, la gestión del riesgo y la eficiencia del mercado.

## **2.0 ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LAS VARIABLES EXPLICATIVAS**

En la siguiente sección, las variables explicativas seleccionadas; el dólar estadounidense, los tipos de interés a 10 años (UST10Y), la volatilidad de los tipos de interés (MOVE), el índice de volatilidad del mercado bursátil (VIX), el índice S&P 500 y el precio de Bitcoin; serán evaluadas desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo.

Primero, se utilizará la literatura pertinente, además de razones económicas y lógicas, para contextualizar cada variable en relación con el GVZ. Tras evaluar las razones lógicas y económicas; se realizará una serie de regresiones simples que examinen la relación entre variables explicativas individuales y la variable endógena, para estimar si las variables son estadísticamente significativas en el contexto del estudio.

Tal como señala Sykes (1993), una de las principales ventajas del análisis de regresión es su capacidad para cuantificar el efecto de una variable explicativa individual controlado por otras en un contexto multivariante. Sin embargo, en las primeras fases de construcción del modelo, dicho control aún no es posible. Ejecutar regresiones simples entre cada variable independiente y el GVZ permite identificar qué variables presentan asociaciones preliminares y la probable dirección de esos efectos.

Además, estas regresiones univariantes ayudan a validar cualitativamente que una variable es relevante desde el punto de vista económico, incluso antes de incorporar explicativas adicionales, mediante:

- i) Mejora de la interpretación de los resultados multivariantes: Según el marco metodológico del delta descrito por el *Statistical Consulting Group* de UCLA (s. f.), comprender la transformación de los coeficientes o valores de salida (como las predicciones ajustadas) requiere un contexto claro. Las regresiones simples ofrecen esa línea base al anclar nuestras expectativas sobre el comportamiento de una variable antes de introducir otras variables
- ii) Diagnosticar multicolinealidad y sesgo por variables omitidas: Como advierte Sykes (1993), la multicolinealidad y el sesgo por omisión de variables pueden distorsionar gravemente la interpretación de los coeficientes de regresión. Si una variable aparece como altamente significativa en una regresión simple, pero se vuelve insignificante o cambia de signo en el modelo multivariante, esto puede deberse a:
  - Multicolinealidad (es decir, la variable capta información similar a otra ya incluida),
  - Sesgo por omisión de variables en el modelo simple (el efecto aparente estaba confundido por una tercera variable),
  - Problemas de endogeneidad
- iii) Facilitar la construcción narrativa: Los modelos de regresión no son solo herramientas estadísticas: también sirven como dispositivos narrativos en contextos académicos, financieros y de política económica. Las regresiones simples ayudan a los investigadores a construir un puente narrativo entre la teoría y los resultados empíricos, alineando expectativas y explicando por qué ciertas variables se comportan como lo hacen cuando se incorporan a un marco más sofisticado.

## **2.1. Análisis cualitativo de la relación entre el dólar estadounidense (USD) y el GVZ**

### **2.1.1. Historia de la relación entre el USD y los mercados internacionales de materias primas (excluyendo el oro)**

La relación entre el dólar estadounidense (USD) y los mercados internacionales de materias primas se ha caracterizado históricamente por una fuerte correlación inversa. Esto se debe a que productos como el petróleo crudo, el azúcar o los agrícolas suelen cotizarse en USD en los mercados globales. Por lo tanto, intuitivamente, si el dólar se aprecia, menos dólares son necesarios para obtener estos activos reduciendo su valor cotizado. El estudio de Sankararaman et al. (2018) aporta evidencia empírica de esta relación inversa utilizando datos del periodo 2006–2015. En concreto, el petróleo crudo mostró una correlación negativa significativa con el USD ( $r = -0.786$ ), con aproximadamente un 61.7% de la variabilidad del precio del petróleo explicada por las fluctuaciones del dólar ( $R^2 = 0.617$ ). Se observaron patrones similares en el azúcar y la patata, con coeficientes de correlación de  $-0.765$  y  $-0.826$ , respectivamente. Estos resultados evidencian una relación duradera en la que los precios de las materias primas tienden a subir cuando el USD se debilita y a caer cuando el USD se fortalece, independientemente del tipo de materia prima. Es interesante examinar la medida en la que esto se extrapola al oro, dado su estatus como materia prima.

### **2.1.2 Relación entre el USD y el oro**

Estudios empíricos, como los de Mo et al. (2018), confirman la existencia de una relación inversa persistente y variable en el tiempo entre el USD y el oro. Mediante modelos como DCC-

MGARCH y causalidad no lineal asimétrica de Granger, Mo et al. (2018) observan que la relación oro–USD era débil antes de 2004, se volvió fuertemente negativa después de 2006 y fluctúa moderadamente tras 2016. Cabe destacar que durante y después de la crisis financiera global de 2007–2009, el oro se consolidó como refugio seguro, atrayendo a inversores que huían de las acciones volátiles y del dólar en depreciación. Sankararaman et al. (2018) también corroboran esta tendencia, presentando un coeficiente de correlación de  $-0.874$  entre el USD y el oro durante el periodo 2006–2015.

La relación entre el USD y el oro se basa tanto en mecanismos de fijación de precios como en el papel único del oro como activo financiero. Al igual que otras materias primas, el hecho de que el oro se cotice en dólares implica que un USD más fuerte encarece el oro para los compradores internacionales, reduciendo la demanda. No obstante, a diferencia del petróleo o el azúcar, el oro también cumple una función monetaria, sirviendo como cobertura frente a la inflación, la devaluación monetaria e inestabilidad financiera.

Durante periodos de debilidad del dólar o de elevada incertidumbre económica, los inversores tienden a refugiarse en el oro como reserva de valor, lo que amplifica su correlación inversa con el USD. Además, los cambios en los tipos de interés reales (estrechamente ligados a la fortaleza del USD) influyen directamente en la demanda de oro: los tipos reales más altos aumentan el coste de oportunidad de mantener un activo sin rendimiento como el oro, reduciendo su precio; mientras que los tipos reales más bajos tienen el efecto contrario. Esta sensibilidad monetaria hace que la relación oro–USD sea más fuerte y compleja que la de otras materias primas (Mo et al., 2018).

### **2.1.3 El Gold Volatility Index (GVZ) como proxy**

Dada la sólida base empírica y teórica que sustenta la relación entre el USD y el oro, resulta lógico suponer que la volatilidad del oro, capturada mediante el Gold Volatility Index (GVZ), también debería responder de manera inversa a los movimientos del dólar. Un USD debilitado suele activar un comportamiento de búsqueda de refugio, lo que incrementa la demanda de oro y la actividad especulativa, elevando así su volumen y volatilidad. Por el contrario, un USD fortalecido tiende a reducir el interés inversor, los volúmenes de transacción y, en consecuencia, la volatilidad en los mercados de oro.

Al igual que ocurre con la relación USD–materias primas y USD–oro, donde influyen tanto la fijación de precios como el comportamiento inversor, los cambios en el USD también deberían incidir sobre la varianza de los rendimientos del oro. Por ello, comprender la dinámica histórica y teórica entre el USD y el oro ofrece un proxy analítico sólido para predecir movimientos en el GVZ.

## **2.2. Análisis cualitativo de la relación entre los tipos de interés y el GVZ**

### **2.2.1 El UST10Y en los mercados globales**

El rendimiento del bono del Tesoro estadounidense a 10 años (UST10Y, por sus siglas en inglés) representa el retorno que reciben los inversores por prestar dinero al gobierno de Estados Unidos durante una década. Como referencia clave para los tipos de interés a largo plazo, refleja las expectativas del mercado sobre la inflación, el crecimiento económico y las futuras decisiones de política monetaria. A diferencia de instrumentos a corto plazo, como las letras del Tesoro a 3 meses, el UST10Y incorpora tanto señales de política actuales como riesgos económicos a futuro, lo que lo convierte en una variable central en la modelización macroeconómica y en el análisis de los mercados financieros (Akram & Das, 2019).

El UST10Y tiene una influencia global significativa debido a su doble papel como canal de transmisión de la política monetaria y como referencia de mercado. Según Akram y Das (2019),

los cambios en el rendimiento de los bonos a 10 años están estrechamente vinculados a las decisiones de la Reserva Federal de EE. UU., en particular a través de las variaciones del tipo de interés a corto plazo.

Además, el UST10Y se considera un indicador del coste del capital libre de riesgo a largo plazo. Es utilizado por inversores, bancos centrales e instituciones para definir estrategias de cartera, calcular tasas de descuento y evaluar la fortaleza de divisas y flujos de capital. Sus variaciones reflejan cambios en las condiciones financieras y en el sentimiento inversor global. Por ejemplo, una caída en el UST10Y suele señalar menores expectativas de crecimiento o inflación, lo que puede inducir una huida hacia activos refugio como el oro (Akram & Das, 2019).

### **2.2.2 Fundamentos económicos y lógicos que explican la relación entre el oro y el UST10Y**

La relación inversa entre el oro y el UST10Y se explica por varios mecanismos económicos y conductuales:

- i) Reducción de coste de oportunidad: desde la perspectiva de la política monetaria, cuando los bancos centrales reducen los tipos de interés para contrarrestar una desaceleración económica, los tipos a corto plazo bajan, lo cual, según Akram y Das (2019), provoca un descenso en los rendimientos a largo plazo. Al mismo tiempo, unos tipos reales más bajos reducen el coste de oportunidad de mantener activos sin rendimiento como el oro, lo que incrementa su atractivo.
- ii) Huida hacia la calidad: durante episodios de inestabilidad financiera, los inversores tienden a realizar una “huida hacia la calidad”, reasignando capital desde acciones o bonos corporativos hacia activos refugio como los bonos del Tesoro estadounidense y el oro. Este comportamiento eleva la demanda de ambos activos, aunque con efectos opuestos: el precio de los bonos sube (lo que hace caer el rendimiento del UST10Y), y el precio del oro también sube por su demanda como refugio (Tuysuz, 2013).
- iii) Efecto de las expectativas de inflación: las expectativas de inflación afectan a ambas variables. Mientras que una inflación moderada puede aumentar los rendimientos del UST10Y, el temor a una inflación incontrolada puede empujar a los inversores hacia el oro como reserva de valor. Por tanto, en periodos de preocupación inflacionaria, es posible observar subidas en el precio del oro junto a rendimientos reales estancados o decrecientes, especialmente si se percibe que los bancos centrales tienen un margen de maniobra limitado.
- iv) Baja correlación del oro con activos financieros: el oro se distingue como un activo sin uso industrial ni generación de flujos de caja, y desvinculado de indicadores tradicionales del ciclo económico como el PIB o el empleo. Esta característica le permite reaccionar de forma diferente a los shocks macroeconómicos en comparación con los bonos del Tesoro (Tuysuz, 2013). Su baja correlación con activos financieros tradicionales amplifica su atractivo durante crisis sistémicas, reforzando su relación inversa con instrumentos como el UST10Y, que están condicionados por la política monetaria.

Además de esta relación, intuitivamente, siguiendo la lógica de que un cuando existe un aumento del atractivo del oro se incrementa su demanda y, por ende, su volatilidad implícita (GVZ), especialmente si la incertidumbre macroeconómica es alta, la relación entre el GVZ y el UST10Y debería seguir las mismas pautas que la relación entre el oro y el UST10Y.

## **2.3 Análisis cualitativo de la relación entre la volatilidad de los tipos de interés (índice MOVE) y el GVZ**

### **2.3.1 El índice MOVE y su relevancia en los mercados financieros**

El índice MOVE (*Merrill Lynch Option Volatility Estimate*), también conocido como ICE BofA MOVE Index, es una medida basada en el mercado de la volatilidad implícita en el mercado de bonos del Tesoro de EE. UU. Construido por Merrill Lynch, el índice refleja un promedio ponderado de la curva de rendimientos de las volatilidades implícitas normalizadas en opciones sobre bonos del Tesoro a 1 mes, en cuatro vencimientos: 2, 5, 10 y 30 años. Es considerado el equivalente en el mercado de renta fija del índice VIX, orientado a la renta variable, y captura las expectativas de los inversores sobre la volatilidad futura de los tipos de interés y los movimientos en los precios de los bonos (Mallick et al., 2017, p. 1).

El índice MOVE es un indicador crítico de incertidumbre y aversión al riesgo, especialmente en los mercados de renta fija. Según Mallick et al. (2017), niveles elevados del MOVE se asocian con un aumento de la preocupación de los inversores sobre la evolución futura de los tipos de interés, lo que puede provocar ajustes más amplios en el comportamiento financiero. Los picos en el índice MOVE han coincidido con fuertes movimientos en los rendimientos de los bonos del Tesoro, lo que demuestra su capacidad para señalar tensiones en los mercados de bonos.

### **2.3.2 La relación entre el MOVE, el oro y el GVZ**

Existen tres razones principales por las que el índice MOVE podría influir lógicamente en el precio del oro:

- i) **Dinámicas de refugio seguro:** el oro es tradicionalmente considerado un activo refugio. En momentos de alta volatilidad en el mercado de bonos (reflejada en niveles elevados del MOVE), los inversores pueden reubicar capital desde bonos hacia oro para mitigar el riesgo, lo que podría elevar su precio.
- ii) **Expectativas de tipos de interés y coste de oportunidad:** niveles elevados del MOVE suelen implicar incertidumbre sobre la evolución de los tipos de interés. Si el aumento del MOVE refleja expectativas de subidas de tipos (o de mayor volatilidad), el coste de oportunidad de mantener un activo sin rendimiento como el oro aumenta, lo que podría reducir su precio. Sin embargo, si la volatilidad proviene de preocupaciones sobre la fragilidad macroeconómica, la demanda de oro como reserva de valor podría aumentar.
- iii) **Canales de liquidez y huida hacia la calidad:** Como indican Mallick et al. (2017), una mayor volatilidad en los mercados de bonos puede reducir el apalancamiento de los intermediarios financieros y deteriorar la liquidez. En estos escenarios, el oro puede actuar como reserva de liquidez, aumentando su atractivo durante periodos de tensión en el mercado de bonos.

Incluir el índice MOVE en una regresión que explique la volatilidad del oro está justificado por varios mecanismos de transmisión inter-mercado:

- i) **Transmisión de volatilidad:** Según Mallick et al. (2017) existe una co-movilidad entre el MOVE y el VIX, especialmente en el periodo posterior a la crisis financiera. Dado que el GVZ es el análogo del VIX para el oro, es plausible que la volatilidad en el mercado de bonos se transfiera a los mercados de materias primas, especialmente para activos como el oro que reaccionan fuertemente a noticias macroeconómicas.
- ii) **Incertidumbre y demanda de cobertura:** Valores altos del índice MOVE reflejan mayor incertidumbre sobre la política monetaria y las condiciones económicas futuras, lo que incrementa la demanda de instrumentos basados en volatilidad o estrategias de cobertura. Esto puede aumentar la volatilidad implícita en activos refugio como el oro.
- iii) **Aversión al riesgo y agrupamiento de volatilidad entre activos:** Al igual que el VIX, el MOVE sirve como proxy de la aversión al riesgo en los mercados. Cuando el sentimiento

del inversor empeora, las volatilidades implícitas en distintas clases de activos (incluido el oro) tienden a aumentar de forma conjunta.

## **2.4 Análisis cualitativo de la relación entre el índice de volatilidad (VIX) y el GVZ**

### **2.4.1 El VIX y su relevancia en los mercados globales**

El índice de volatilidad (VIX), desarrollado por la Bolsa de Opciones de Chicago (CBOE), es un indicador de mercado en tiempo real que representa las expectativas de volatilidad a 30 días vista derivadas de los precios de las opciones sobre el índice S&P 500. Conocido comúnmente como el “índice del miedo” de los inversores, el VIX refleja el grado de incertidumbre o riesgo percibido por los participantes del mercado. Niveles altos de VIX indican una mayor volatilidad esperada, generalmente en momentos de tensión en los mercados, mientras que valores bajos sugieren calma relativa y estabilidad. Introducido en 1993 y redefinido en 2003, el VIX se ha convertido en una herramienta central para evaluar el sentimiento del mercado a través de medidas de volatilidad implícita (Whaley, 2009).

El VIX tiene una importancia considerable en los mercados financieros globales. Principalmente, actúa como barómetro del sentimiento inversor y como proxy del riesgo sistémico ya que ofrece a los inversores y responsables de política económica una imagen en tiempo real del riesgo percibido en los mercados bursátiles. Además, el VIX es una herramienta clave de cobertura. A través de futuros y opciones sobre el VIX, los inversores pueden protegerse frente a caídas del mercado de acciones o especular sobre la volatilidad futura. Sus implicaciones van más allá del mercado estadounidense; debido a que las fluctuaciones en el VIX suelen provocar reacciones globales en mercados de renta variable, bonos y materias primas, lo que demuestra su impacto sobre la estabilidad financiera (Whaley, 2009).

### **2.4.2 La relación entre el VIX, el oro y el GVZ**

Existen dos razones principales por las que el VIX podría influir lógicamente en el precio del oro:

- i) El VIX refleja la aversión al riesgo sistémico, impulsando la demanda de activos refugio como el oro: Según Whaley (2009); en momentos en que el VIX se eleva, los inversores perciben un mayor riesgo sistémico y tienden a reducir su exposición a activos riesgosos, como acciones a favor de activos “seguros”, como es el oro.
- ii) El aumento del VIX coincide con periodos de estrés macroeconómico y financiero, en los que el oro actúa como reserva de valor: Mallick et al. (2017) explican que los picos del VIX suelen coincidir con episodios de tensión en los mercados financieros y cambios en la política monetaria. Durante estos periodos, los inversores buscan instrumentos que preserven valor ante la incertidumbre, y el oro beneficiarse de esa dinámica.

Incluir el índice VIX en una regresión que explique la volatilidad del oro (GVZ) está justificado por varios mecanismos cualitativos que vinculan la incertidumbre bursátil con el comportamiento de los activos refugio:

- i) Contagio de volatilidad entre mercados financieros: Mallick et al. (2017) observan una fuerte co-movilidad entre el VIX y el MOVE, particularmente acentuada tras la crisis financiera de 2008. Dado que el GVZ representa la volatilidad implícita del oro, análogamente al papel del VIX en la renta variable, es razonable asumir que los shocks de volatilidad originados en los mercados bursátiles pueden transmitirse al oro a través de dinámicas de cobertura y reasignación de activos.
- ii) Huida hacia la calidad y aumento especulativo sobre el oro: En escenarios post-crisis caracterizados por alta incertidumbre, Mallick et al. (2017) identifican un patrón de

“flight to quality”, en el cual los inversores se refugian en activos seguros como los bonos del Tesoro y el oro. Esta mayor demanda del oro como activo refugio puede ir acompañada de un incremento en su negociación y especulación, lo que eleva su volatilidad implícita. Por tanto, aumentos en el VIX tienden a coincidir con picos en el GVZ, reflejando una respuesta sincronizada del mercado frente al riesgo.

## **2.5 Análisis cualitativo de la relación entre la bolsa bursátil americana (S&P 500) y el GVZ**

### **2.5.1 El S&P 500 y su relevancia en los mercados globales**

El Standard & Poor's 500 (S&P 500) es un índice de referencia ampliamente reconocido que representa el comportamiento de 500 empresas de gran capitalización cotizadas en bolsas estadounidenses. Compuesto por compañías de una amplia variedad de sectores, el índice está diseñado para reflejar el estado general y la evolución del mercado bursátil de EE. UU. Tal como señalan Gokmenoglu y Fazlollahi (2015), el S&P 500 incluye empresas seleccionadas en función de criterios como la capitalización bursátil y la liquidez, ofreciendo así una visión representativa del rendimiento del mercado de acciones estadounidense. Por su alcance y accesibilidad, se utiliza con frecuencia en investigaciones empíricas.

El S&P 500 tiene una relevancia considerable tanto en los mercados financieros nacionales como internacionales. Actúa como un barómetro clave del sentimiento inversor, de las expectativas económicas y del apetito por el riesgo. Según PGIM IAS (2021), este índice es fundamental en las decisiones de asignación de activos en carteras institucionales, especialmente para equilibrar la exposición a renta variable frente a instrumentos de renta fija como los bonos del Tesoro de EE. UU. Cabe destacar que la correlación del S&P 500 con los rendimientos de los bonos desempeña un papel esencial en las estrategias de diversificación y gestión del riesgo. Desde principios de los años 2000, el S&P 500 ha mostrado una correlación negativa con los bonos del Tesoro, lo que ha permitido a los inversores cubrir el riesgo bursátil mediante activos de renta fija (PGIM IAS, 2021).

### **2.5.2 Relación histórica entre el S&P 500 y el oro, y entre el S&P 500 y el GVZ**

La evidencia empírica revela una relación negativa persistente a largo plazo entre los precios del oro y el índice S&P 500. Gokmenoglu y Fazlollahi (2015) encontraron que un aumento del 1 % en el precio del oro conduce a una caída del 0.74 % en el S&P 500 a largo plazo. Esta relación inversa se basa en el papel tradicional del oro como cobertura frente a la volatilidad del mercado y la inflación. Cuando los precios del oro suben, suele ser una señal de aversión al riesgo por parte de los inversores, que pueden retirar fondos del mercado bursátil para asignarlos a activos más seguros como el oro, ejerciendo así presión a la baja sobre el S&P 500.

Adicionalmente, la volatilidad del oro también influye en el S&P 500. El mismo estudio indica que un aumento en la volatilidad del mercado del oro se asocia con un incremento del índice bursátil a largo plazo. Concretamente, un aumento del 1 % en el GVZ conduce a una subida del 8.7 % en el S&P 500. Esto puede reflejar una rotación de capital fuera del oro en periodos turbulentos y hacia la renta variable como alternativa de inversión cuando el oro se percibe como demasiado volátil (Gokmenoglu & Fazlollahi, 2015).

Las pruebas de causalidad de Granger confirman además una relación bidireccional entre el S&P 500 y los precios del oro, lo que indica que no solo el oro influye en el rendimiento bursátil, sino que los cambios en el mercado de acciones también pueden afectar al oro (Gokmenoglu & Fazlollahi, 2015). Sin embargo, no se encontró evidencia estadísticamente significativa de causalidad entre el S&P 500 y el GVZ.

### **2.5.3 Fundamentos económicos y lógicos detrás de la relación del S&P 500 con el oro y con el GVZ**

La lógica económica que sustenta la relación inversa entre el S&P 500 y el oro radica en sus diferentes perfiles de riesgo-rentabilidad y en las percepciones de los inversores. El oro se considera tradicionalmente un activo refugio que gana atractivo en periodos de incertidumbre macroeconómica, presiones inflacionarias o tensiones geopolíticas. Por el contrario, las acciones, aunque potencialmente más rentables, son más vulnerables a la volatilidad del mercado y a las recesiones económicas.

Durante episodios de tensión económica o caída de la confianza inversora, el capital tiende a fluir desde la renta variable hacia el oro, provocando caídas en el S&P 500 y subidas en el precio del oro. Esta dinámica de reasignación de activos respalda la correlación negativa observada a largo plazo. Por el contrario, en contextos de estabilidad o de mercados alcistas, los inversores suelen favorecer las acciones frente al oro, lo que reduce la demanda del metal precioso y presiona sus precios a la baja.

El papel de la volatilidad del oro (GVZ) añade una capa adicional de complejidad. Una alta volatilidad en el mercado del oro señala una mayor incertidumbre, lo que puede reducir su atractivo como refugio seguro. En consecuencia, los inversores podrían buscar oportunidades más estables en los mercados bursátiles, lo que explicaría el efecto positivo a largo plazo del GVZ sobre el S&P 500. No obstante, este efecto parece manifestarse principalmente a largo plazo, ya que los impactos de corto plazo del GVZ sobre el índice no fueron estadísticamente significativos (Gokmenoglu & Fazlollahi, 2015).

Por último, el informe de PGIM IAS (2021) refuerza la idea de que la correlación entre la renta variable y otros activos financieros, incluyendo refugios como el oro, depende del régimen macroeconómico. Dicha correlación varía según factores como las expectativas de inflación o la política monetaria. Por lo tanto, las dinámicas observadas entre el S&P 500 y el oro no son estáticas, sino que evolucionan con las condiciones generales del mercado.

## **2.6 Análisis cualitativo de la relación entre el bitcoin y el GVZ**

### **2.6.1 Bitcoin y su papel como el nuevo oro digital**

Bitcoin es un sistema de efectivo electrónico descentralizado entre pares, introducido en enero de 2009 por un creador seudónimo conocido como Satoshi Nakamoto. A diferencia de las monedas tradicionales emitidas por bancos centrales, Bitcoin opera sobre una cadena de bloques (*blockchain*), un registro distribuido mantenido por una red de ordenadores que utilizan un protocolo de consenso de prueba de trabajo (*proof-of-work*). Se caracteriza por una oferta máxima fija de 21 millones de monedas, divisibilidad de hasta ocho decimales y la ausencia de una autoridad central. El diseño de Bitcoin pretende crear una forma de dinero sin Estado, resistente a la inflación y libre de intermediación de terceros, cumpliendo con las funciones clásicas del dinero: reserva de valor, unidad de cuenta y medio de intercambio (Taskinsoy, 2021).

En los últimos años, ha surgido una narrativa ampliamente difundida que describe a Bitcoin como “oro digital” u “Oro 2.0”, considerándolo un sucesor moderno del papel tradicional del oro como cobertura frente a la inflación y la inestabilidad financiera. Esta comparación se basa en ciertas similitudes entre ambos activos: oferta finita, carácter no soberano y ausencia de responsabilidad directa frente a una entidad emisora. Los defensores argumentan que, así como el oro fue la base del sistema monetario internacional durante la era del patrón oro clásico, Bitcoin podría convertirse en el activo de reserva fundamental en un futuro orden financiero digital (Taskinsoy, 2021).

### **2.6.2 La relación entre Bitcoin, el oro y el GVZ**

Pese a la extendida narrativa del oro digital, las investigaciones empíricas muestran que Bitcoin y el oro han mantenido correlaciones de retorno persistentemente bajas. Baur y Hoang (2021)

llevaron a cabo un análisis a través de distintos periodos, frecuencias de retorno y cuantiles, y encontraron sistemáticamente correlaciones medias cercanas a cero. Aunque las correlaciones aumentan ligeramente en momentos de tensión en los mercados (especialmente en los cuantiles inferiores), permanecen demasiado bajas como para confirmar un patrón de co-movimiento consistente. Las correlaciones diarias promedian en torno a 0.07, y las mensuales son prácticamente nulas (Baur & Hoang, 2021).

Varios factores explican la desconexión persistente entre la narrativa y el comportamiento empírico de Bitcoin y el oro:

- i) Percepción general: aunque Bitcoin suele promocionarse como similar al oro, esto puede deberse más a un recurso retórico que a una creencia extendida entre los inversores. La representación simbólica de Bitcoin como una moneda dorada puede reforzar esa percepción, pero el comportamiento inversor real no refleja dicha similitud (Baur & Hoang, 2021).
- ii) El efecto sustitución y el efecto convergencia: Baur y Hoang (2021) introducen dos mecanismos económicos plausibles: el efecto sustitución y el efecto de convergencia (*catching-up*). El efecto sustitución se produce cuando los inversores venden oro para comprar Bitcoin, generando movimientos de precio opuestos y, por tanto, una correlación baja o negativa. El efecto de convergencia ocurre cuando los inversores adquieren Bitcoin como complemento y no como sustituto del oro. En ambos casos, las correlaciones se ven artificialmente reducidas a pesar de las similitudes estructurales.
- iii) Volatilidad de Bitcoin: Taskinsoy (2021) añade otro argumento al señalar que, si Bitcoin llegara a funcionar exclusivamente como activo de reserva supranacional, su precio se estabilizaría y su volatilidad disminuiría, lo que podría fortalecer su correlación con el oro a lo largo del tiempo. Sin embargo, este escenario sigue siendo puramente teórico. En la actualidad, la alta volatilidad de Bitcoin, su incertidumbre regulatoria y su atractivo especulativo lo diferencian claramente del papel tradicionalmente conservador y estable del oro en las carteras.

## 2.7 Descripción de variables

El análisis empírico se basa en una muestra de datos diarios que cubre el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2021 hasta el 4 de abril de 2024, con un total de 1.068 observaciones. Las variables utilizadas, junto con sus respectivas fuentes y transformaciones, se describe a continuación:

Variable	Fuente	Justificación teórica	Transformación
GVZ (Gold Volatility Index)	CBOE (Chicago Board Options Exchange)	Mide la expectativa de volatilidad futura del oro. Variable dependiente del estudio.	$\Delta \ln(\text{GVZ})$
USD Index (DXY)	FRED (Federal Reserve Economic Data)	Existe evidencia de correlación inversa entre el USD y el oro (Mo et al., 2018). Se analiza su impacto sobre la volatilidad.	$\Delta \ln(\text{USD})$
UST10Y (rendimiento del bono del Tesoro a 10 años)	FRED	Refleja expectativas de inflación y política monetaria. Impacta el coste de oportunidad del oro.	Niveles
VIX (Volatility Index del S&P500)	FRED	Indicador clave del miedo de mercado. Se espera correlación positiva con el GVZ.	$\Delta \ln(\text{VIX})$
S&P 500	FRED	Representa el apetito por riesgo de los inversores. Se analiza su relación con el oro como refugio.	$\Delta \ln(\text{SP500})$
Bitcoin (BTC/USD)	FRED	Considerado por algunos autores como "oro digital" (Taskinsoy, 2021). Se evalúa su rol sustituto del oro.	$\Delta \ln(\text{BTC})$

Tabla I: Resumen de las variables explicativas

Todas las variables, salvo el rendimiento del bono UST10Y, fueron transformadas a primeras diferenciales logarítmicas ( $\Delta \ln$ ) para garantizar estacionariedad y facilitar la interpretación de los coeficientes.

Antes de comenzar con el análisis es interesante realizar una supervisión de los datos, donde se presenta un resumen de los estadísticos principales: media, mediana, mínimo, máximo, desviación típica, coeficiente de variación, asimetría y exceso de curtosis.

	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Típica	C.V.	Asimetría	Exc. de curt.
$\Delta \ln(\text{USD})$	0,0001	0,0000	-0,0130	0,0130	0,0032	27,3510	-0,0632	1,3638
<b>UST10Y</b>	3,2220	3,6900	0,9600	4,9800	1,1780	0,3659	-0,5387	-1,2489
$\Delta \ln(\text{VIX})$	0,0005	-0,0077	-0,3307	0,5541	0,0770	158,5900	1,3788	7,7650
$\Delta \ln(\text{SP500})$	-0,0003	0,0010	-0,0600	0,0540	0,0106	35,9840	-0,4999	2,5436
$\Delta \ln(\text{BTC})$	0,0009	-0,0001	-0,2634	0,1957	0,0389	43,4760	-0,2961	4,3905

Tabla II: Resumen de los Estadísticos Principales para las observaciones 1 – 1068

Mediante los estadísticos principales se puede observar lo siguiente:

- i) Coeficientes de variación muy elevados: justificable con que las medidas  $\Delta \ln$  suelen tener una media cercana a 0, distorsionando esta medida. Por lo que no se utilizará el c.v.
- ii) Asimetría elevada: en las variables  $\Delta \ln(\text{VIX})$  (positiva) y  $\Delta \ln(\text{S\&P500})$  (negativas), explicadas por “spikes” de volatilidad y caídas bursátiles, respectivamente.
- iii) Curtosis elevada: esto puede comprometer la validez del modelo de MCO clásico (ya que este asume normalidad), es probable que se tenga que aplicar un modelo robusto.

Por lo tanto, parece que no hay ningún problema significativo. Aun así, se ha de tener cuidado con la presencia de distribuciones no normales y valores extremos en las variables exógenas VIX y S&P500.

	$\Delta \ln(\text{USD})$	UST10Y	$\Delta \ln(\text{VIX})$	$\Delta \ln(\text{SP500})$	$\Delta \ln(\text{BTC})$
$\Delta \ln(\text{USD})$	1,0000	-0,0026	0,0429	-0,0287	0,0442
<b>UST10Y</b>	-0,0026	1,0000	0,0064	-0,0096	0,0128
$\Delta \ln(\text{VIX})$	0,0429	0,0064	1,0000	-0,7502	-0,2903
$\Delta \ln(\text{SP500})$	-0,0287	-0,0096	-0,7502	1,0000	0,3407
$\Delta \ln(\text{BTC})$	0,0442	0,0128	-0,2903	0,3407	1,0000

Tabla III: Matriz de correlaciones, para las observaciones 1– 1068

La matriz de correlaciones (Tabla II), indica que la única correlación elevada, que pueda dar problemas de multicolinealidad es la correlación entre  $\Delta \ln(\text{VIX})$  y  $\Delta \ln(\text{S\&P500})$ ; esto era de esperar debido a que es altamente coherente con la teoría económica, dado que si el S&P 500 cae el VIX tiende a subir, reflejando mayor incertidumbre y aversión al riesgo.

Factores de inflación de varianza (VIF)

Mínimo valor posible = 1.0

Valores mayores que 10.0 pueden indicar un problema de colinealidad

delta\_lnVIX 1.002

delta\_lnUSD 1.002

$VIF(j) = 1 / (1 - R(j)^2)$ , donde  $R(j)$  es el coeficiente de correlación múltiple entre la variable  $j$  y las demás variables independientes

Abstracto II: Factores de inflación de varianza (VIF) entre las variables  $\Delta \ln(\text{VIX})$  y  $\Delta \ln(\text{S\&P500})$

El contraste de Factores de inflación de varianza (VIF), se realizó a partir de un modelo de regresión MCO, con las variables  $\Delta \ln(\text{VIX})$  y  $\Delta \ln(\text{S\&P500})$  como únicas variables explicativas. Como el contraste da un valor cercano a 1 en ambas variables, se puede seguir con normalidad, asumiendo que no habrá problemas de multicolinealidad.

## 2.8 Resultados del análisis cuantitativo entre las variables explicativas y la variable dependiente

Modelo	Especificación	Coefficiente	p-valor	R <sup>2</sup>	Interpretación
Modelo I	$\Delta \ln(\text{GVZ}) \sim \Delta \ln(\text{USD})$	0,0172	0,967	0	No significativa.
Modelo II	$\Delta \ln(\text{GVZ}) \sim \text{UST10Y}$	0,0135	0,747	0,0001	No significativa.
Modelo III	$\Delta \ln(\text{GVZ}) \sim \Delta \ln(\text{MOVE})$	-0,0339	0,231	0,0023	No significativa. Se excluye del modelo final.
Modelo IV	$\Delta \ln(\text{GVZ}) \sim \Delta \ln(\text{VIX})$	0,2462	<0,001	0,187	Significativa y positiva.
Modelo V	$\Delta \ln(\text{GVZ}) \sim \Delta \ln(\text{SP500})$	-1,4182	<0,001	0,118	Significativa y negativa.
Modelo VI	$\Delta \ln(\text{GVZ}) \sim \Delta \ln(\text{BTC})$	-0,1158	<0,001	0,011	Significativa aunque débil.

Tabla IV: Resultados de los Modelos univariantes para las variables explicativas, para las observaciones 1– 1068

El *Modelo IV* presenta una relación positiva y altamente significativa. El coeficiente estimado (0.2462) indica que un aumento del 1 % en la volatilidad esperada del mercado bursátil (VIX) se asocia con un incremento del 0.25 % en la volatilidad implícita del oro. El modelo explica aproximadamente el 18.7 % de la variabilidad del GVZ, lo que constituye un resultado robusto considerando el carácter diario y altamente volátil de las series utilizadas:

$$\Delta \ln(\text{GVZ}) = -1.12E - 04 + 0.2462 \Delta \ln(\text{VIX}) + u_i$$

Estos hallazgos respaldan la hipótesis del contagio de volatilidad entre mercados financieros presentada por Mallick et al. (2017), y refuerzan la idea de que el oro, como activo refugio, no solo reacciona en precio, sino también en términos de incertidumbre implícita ante shocks del sistema financiero.

El estudio de Mallick et al. (2017) demuestra que el VIX tiene efectos estadísticamente significativos sobre la prima por plazo y la actividad real, a diferencia del MOVE, cuyo impacto es mucho más limitado. Esta mayor sensibilidad del VIX a las condiciones macro-financieras lo convierte en una mejor representación del riesgo sistémico, lo que refuerza su utilidad como predictor de la volatilidad del oro. Añadiendo los resultados empíricos de los *III* y *IV*, se justifica la exclusión de la variable exógena MOVE, y la inclusión de la variable VIX en las regresiones posteriores.

El *Modelo V* presenta una relación negativa y altamente significativa. El coeficiente estimado (-1.4182) indica que un aumento del 1 % en el S&P 500 se asocia con una caída del 1.42 % en el GVZ. Este resultado es coherente con la literatura financiera presentada por Gokmenoglu y Fazlollahi (2015), aunque con el matiz de que ellos consideran la variable GVZ como variable explicativa (a diferencia de su consideración como variable dependiente en este estudio). Intuitivamente, la explicación económica que puede tener más sentido en el contexto de este estudio es la cualidad del oro como un activo refugio. El modelo explica aproximadamente el 11.8 % de la variación del GVZ, un valor considerable para una especificación univariante con datos financieros diarios.

$$\Delta \ln(\text{GVZ}) = -4.27E - 04 - 1.4182 \cdot \Delta \ln(\text{SP500}) + u_i$$

Las variables que no son estadísticamente significativas (USD, UST10Y y Bitcoin) serán mencionadas en los primeros modelos debido al apoyo teórico y económico presentado en la literatura. Aun así, si siguen sin tener significancia empírica significativa, serán excluidas en los modelos siguientes. La variable MOVE, será excluida de los siguientes modelos multivariantes

debido a su insignificancia estadística, y a que teóricamente, el VIX parece ser un mejor indicador de riesgo sistémico.

### **3.0 MODELIZACIÓN DEL GVZ EN UN CONTEXTO MULTIVARIANTE**

#### **3.1 Hipótesis de investigación**

Dados los resultados de los análisis preliminares, se utilizará el siguiente modelo estático, uniecuacional y lineal:

$$\Delta \ln(GVZ) = \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln(USD) + \beta_2 UST10Y + \beta_3 \Delta \ln(VIX) + \beta_4 \Delta \ln(SP500) + \beta_5 \Delta \ln(BTC) + u_i$$

Sobre este modelo, y acorde con la literatura pertinente, y los análisis cualitativos y cuantitativos realizados se plantean las siguientes hipótesis definitivas de investigación sobre las distintas variables:

**1ª H:** *Un aumento en el valor del dólar estadounidense, se traduce en una caída en la volatilidad del oro*

$$\mathbf{H0: \beta_1 = 0 \quad H1: \beta_1 < 0}$$

**2ª H:** *A mayor nivel de las tasas a 10 años, menor la volatilidad en el precio del oro.*

$$\mathbf{H0: \beta_2 = 0 \quad H1: \beta_2 < 0}$$

**3ª H:** *A un aumento en la volatilidad de la bolsa bursátil americana, le seguirá un aumento en la volatilidad en los precios del oro.*

$$\mathbf{H0: \beta_3 = 0 \quad H1: \beta_3 > 0}$$

**4ª H:** *A un incremento en el valor del S&P 500, le seguirá una caída en volatilidad de los precios del oro.*

$$\mathbf{H0: \beta_4 = 0 \quad H1: \beta_4 < 0}$$

**5ª H:** *A un incremento en el valor de Bitcoin, le seguirá una caída en volatilidad de los precios del oro.*

$$\mathbf{H0: \beta_5 = 0 \quad H1: \beta_5 < 0}$$

#### **3.2 Modelos estimados**

Para la estimación de los parámetros del modelo de regresión múltiple, se ha optado por utilizar el método de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), dado que la variable endógena ( $\Delta \ln(GVZ)$ , la variación logarítmica del índice de volatilidad del oro) es una variable numérica continua. El método MCO permite minimizar la Suma de los Cuadrados de los Residuos (SCR), y, bajo el cumplimiento de los supuestos clásicos del modelo lineal (linealidad, exogeneidad, homocedasticidad, no autocorrelación y normalidad de los errores). Se han muestreado 1068 observaciones.

	Modelo VII			Modelo VIII			Modelo IV		
	Coef.	t	p-valor	Coef.	t	p-valor	Coef.	t	p-valor
<i>Constante</i>	-0,00053669	-0,1509	0,8801	-4,80197E-05	-0,0396	0,9684	-1,12E-04	-0,09274	9,26E-01
$\Delta \ln(\text{USD})$	-0,256288	-0,6804	0,4964						
UST10Y	0,00016104	0,1557	0,8763						
$\Delta \ln(\text{VIX})$	0,231832	9,721	1,87E-21***	0,226899	9,53	1,02E-20***	0,246167	15,65	7,51E-50***
$\Delta \ln(\text{SP500})$	-0,206678	-1,179	0,2388	-0,185709	-1,078	0,2813			
$\Delta \ln(\text{BTC})$	0,0318127	0,9482	0,3432						
<b>R2</b>	0,192027			0,187722			0,186836		
<b>R2 corregido</b>	0,188205			0,186197			0,186073		
<b>Estadístico F</b>	50,2435		8,95E-45***	123,0641		8,27E-49***	244,9287		7,51E-50***
<b># observaciones</b>		1068			1068			1068	

Tabla V: Modelos VII, VIII & VI, estimados para las observaciones 1-1068

Para los estadísticos *t*, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la variable es significativa, con los *p*-valores asociados, al 1% de significación ( $p < 0.01$ ) \*\*\*; al 5% de significación ( $p < 0.05$ ) \*\*, y al 10% de significación ( $p < 0.1$ ). Para el estadístico *F*, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el modelo es significativo, con los *p*-valores asociados, al 1% de significación ( $p < 0.01$ ) \*\*\*; al 5% de significación ( $p < 0.05$ ) \*\*, y al 10% de significación ( $p < 0.1$ )\*.

### 3.2.1 Construcción y análisis de los modelos

Debido a que el objetivo es construir el modelo óptimo de regresión lineal, para poder observar que variables tienen un efecto significativo en la volatilidad del mercado del oro, se llevó a cabo una estimación secuencial de 2 modelos adicionales. Durante el proceso de estimación, se tomó para todos ellos la variable endógena volatilidad del precio del oro, GVZ (medida como la diferencia entre sus logaritmos naturales,  $\Delta \ln(\text{GVZ})$ ), y una mezcla de las variables explicativas anteriormente, según la relevancia estadística que estas tuviesen. Este proceso busca concretar que variables tienen un efecto estadístico observable en la variable endógena, para luego poder determinar que variables tienen un efecto real en la volatilidad en el mercado del oro. La lógica detrás de la construcción de cada modelo es la siguiente:

- i) *Modelo VII*: Se consideran todas las variables que se determinaron que pudiesen ser relevantes, ya sea por razones cuantitativas o cualitativas.
- ii) *Modelo VIII*: Se consideran todas las variables que hayan mostrado algún signo de significancia estadística, ya sea en el *Modelo VII*, o algún modelo preliminar. Por lo tanto, en este modelo solo se consideran la variable S&P500 y la variable VIX.
- iii) *Modelo IV*: Se incluye de nuevo este modelo, dado que la única variable que presentó evidencia de relevancia estadística en los modelos de regresión múltiple es la variable VIX.

Con cada modelo estimado, se buscaba observar las variaciones que ocurrían en la bondad del ajuste (a través de R2 y R2 corregido); y la validez estadística del modelo tanto a nivel individual (mediante el ratio individual *t* y su correspondiente *p*-valor); y el nivel de significación global (mediante el estadístico de contraste de significación global *F* y su *p*-valor correspondiente).

Las observaciones de los modelos estimados son las siguientes:

- i) Respecto a **1ª H**: *Un aumento en el valor del dólar estadounidense, se traduce en una caída en la volatilidad del oro*: el parámetro  $\beta_1$  es positivo en el modelo univariante (*Modelo I*) y negativo en el multivariante (*Modelo VII*), no siendo significativa a ningún nivel en ningún modelo. Por lo tanto, no es posible rechazar la hipótesis nula

- ( $H_0: \beta_1 = 0$ ) y concluir que el valor del dólar estadounidense tiene un efecto negativo en la volatilidad del precio del oro.
- ii) Respecto a 2ª  $H$ : *A mayor nivel de las tasas a 10 años, menor la volatilidad en el precio del oro*: el parámetro  $\beta_2$  es positivo en ambas regresiones realizadas. Aun así, la variable no es significativa a ningún nivel. Por lo tanto, no es posible rechazar la hipótesis nula ( $H_0: \beta_2 = 0$ ) y concluir que el nivel de las tasas de interés a 10 años en EE. UU. tiene un efecto negativo en la volatilidad del precio del oro.
  - iii) Respecto a 3ª  $H$ : *A un aumento en la volatilidad de la bolsa bursátil americana, le seguirá un aumento en la volatilidad en los precios del oro*: el parámetro  $\beta_3$  se mantiene positivo en todos los modelos (mínimo en el *Modelo VIII*, y máximo en el *Modelo IV*), siendo la variable significativa al 1% en todos los modelos. Esto permite rechazar la hipótesis nula ( $H_0: \beta_3 = 0$ ), y concluir que la volatilidad en la bolsa bursátil americana tiene un efecto positivo en la volatilidad en los precios del oro.
  - iv) Respecto a 4ª  $H$ : *A un incremento en el valor del S&P 500, le seguirá una caída volatilidad de los precios del oro*: el parámetro  $\beta_4$  se mantiene negativo durante todos los modelos (*Modelo V, VII & VIII*), no siendo significativa a ningún nivel en ningún modelo multivariante. Por lo tanto, no es posible rechazar la hipótesis nula ( $H_0: \beta_5 = 0$ ) y concluir que el valor del índice S&P 500 tiene un efecto negativo en la volatilidad del precio del oro.
  - v) Respecto a 5ª  $H$ : *A un incremento en el valor de Bitcoin, le seguirá una caída en la volatilidad de los precios del oro*: el parámetro  $\beta_5$  es negativo en el modelo univariante (*Modelo VI*) y positivo en el multivariante (*Modelo VII*), no siendo significativa a ningún nivel en ningún modelo. Por lo tanto, no es posible rechazar la hipótesis nula ( $H_0: \beta_6 = 0$ ) y concluir que el precio de Bitcoin tiene un efecto negativo en la volatilidad del precio del oro.
  - vi) En relación con la bondad del ajuste: considerando solamente los modelos *VII, VIII & IV*, tanto el estadístico R2 como el estadístico R2 corregido disminuyen al excluir más variables. El *Modelo VII* es el que mejor bondad del ajuste tiene, según el criterio de R2 corregido (con un R2 corregido de 18.8%). Otra observación realizada, es que todos los porcentajes son muy bajos. Esto no es alarmante, puesto que es normal para datos financieros, dado la gran variedad de factores que diferencian a las variables y la dificultad de controlarlos.
  - vii) En relación con la validez global: todos los modelos de regresión múltiple son válidos a un nivel de significación del 1%.

### 3.2.2 Modelo Escogido

El modelo escogido es el *Modelo IV*:

$$\Delta \ln (GVZ) = -1.12E - 04 + 0.246167 \Delta \ln (VIX) + u_t$$

Esto se debe a las siguientes razones:

- i) Bondad del ajuste: Aunque el modelo presenta la menor bondad del ajuste que el resto de modelos (R2 corregido de 18.6%), la diferencia es muy baja, ya que el modelo con mayor bondad del ajuste (*Modelo VII*) presenta un R2 corregido de 18.8%, solo un 0.1% mayor que el modelo escogido. Esto significa que el 81.4% de la variabilidad de la variable endógena queda explicada por otros factores que no se han tenido en cuenta, es decir, por las perturbaciones aleatorias.
- ii) Validez global: Todos los modelos (presentados en este apartado) presentan un nivel de significación al 1%, por lo que podemos rechazar todas las hipótesis nulas de estos modelos a un nivel de significancia del 1% y concluir que todos son significativos.

- Aun así, el *Modelo IV* presenta el mayor nivel de validez global con un p-valor asociado al estadístico de contraste F de  $7,51E-51$ .
- iii) Validez individual: Este modelo es el único modelo en el que todas las variables son significativas a cualquier nivel de hecho, en el modelo escogido, la variable explicativa es significativa al 1% con un p-valor de  $7,51E-50$ . La elección de un modelo sin variables no significativas garantiza que no se incluyan variables que puedan introducir ruido en el modelo.
  - iv) Parsimonia: Al utilizar solo una variable altamente significativa, el modelo es más simple, por lo que hay un menor riesgo de sobreajuste y una mayor interpretabilidad.

Por lo tanto, al tener suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, la interpretación del modelo escogido es la siguiente:

*Un aumento del 1% en el índice de volatilidad bursátil (VIX) se asocia con un aumento del 0.246% en la volatilidad implícita del oro (GVZ).*

Como comentado anteriormente (*apartado 2.4.2* del estudio) estos hallazgos respaldan las hipótesis de a) contagio de volatilidad entre mercados financieros y b) huida hacia la calidad y aumento especulativo sobre el oro presentadas por Mallick et al. (2017). Por lo tanto, este modelo es coherente con la literatura presentada, además de serlo con la teoría económica y lógica.

### **3.3 Análisis del modelo escogido**

Para asegurar que el modelo es estadísticamente válido, y cumple las suposiciones necesarias de los modelos MCO, se harán una serie de pruebas (la prueba de multicolinealidad no se realizará debido a que estamos tratando con un modelo univariante):

#### **3.3.1 Exogenidad**

Debido a que el modelo escogido es un modelo univariante no es posible hacer el test de Hausman (ya que este requiere variables instrumentales), aun así, se puede justificar teóricamente la cuestión de si la variable del estudio es exógena.

El índice VIX se deriva de las opciones sobre el S&P 500 y refleja la volatilidad implícita esperada en el mercado bursátil estadounidense (Whaley, 2009). Por el contrario, el GVZ está construido sobre opciones del mercado del oro (Fousekis & Panagiotou, 2024). Dado que el VIX capta expectativas de volatilidad en un mercado más amplio, más profundo y más líquido (el de renta variable), se considera razonable considerar que los shocks de volatilidad se transmiten del VIX al GVZ y no al revés.

Además, desde el punto de vista de la causalidad económica, tiene sentido que un aumento en la volatilidad del mercado bursátil (reflejado en el VIX) pueda generar una mayor demanda especulativa o de cobertura sobre el oro, incrementando la volatilidad implícita de este mercado. Una relación inversa carece de fundamento lógico ya que no es razonable suponer que variaciones en la volatilidad del oro puedan anticipar o causar cambios en la volatilidad implícita de las acciones

#### **3.3.2 Linealidad del Modelo y Homocedasticidad**

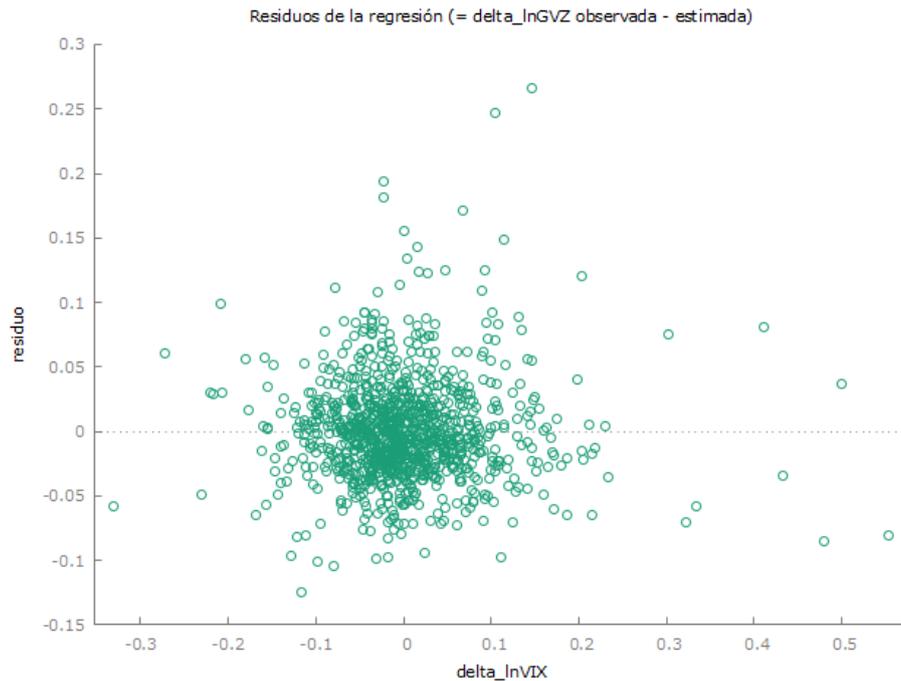


Gráfico I: Modelo IV, gráfico de residuos vs variable explicativa para las observaciones 1-1068

El Gráfico I muestra la dispersión de los residuos del modelo y es útil como herramienta visual para evaluar la hipótesis de linealidad y la de homocedasticidad del modelo.

En términos de linealidad, ya que la nube de puntos es aproximadamente simétrica, centrada alrededor del eje horizontal (residuo=0) y no se aprecia una forma de curva; por lo tanto, no se observa evidencia de no linealidad.

Respecto a la homocedasticidad, aunque la mayoría de los residuos están agrupados frente a cero, con una dispersión relativamente constante a lo largo del eje X, existen algunos residuos que parecen dispersarse más. Esto sugiere la presencia de algunos “outliers” y de ligera heterocedasticidad en los extremos. Aunque estos niveles parecen aceptables, el contraste de White se realiza para cerciorarse de que no existe heterocedasticidad en el modelo.

Contraste de heterocedasticidad de White  
MCO, usando las observaciones 1-1068  
Variable dependiente:  $\hat{u}^2$

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	0.00148356	0.000132575	11.19	1.46e-027	***
delta_lnVIX	0.00359231	0.00181209	1.982	0.0477	**
sq_delta_lnVIX	0.0132382	0.00751736	1.761	0.0785	*

R-cuadrado = 0.011720

Estadístico de contraste:  $TR^2 = 12.516985$ ,  
con valor p =  $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 12.516985) = 0.001914$

Abstracto III: Contraste de White para el Modelo IV para las observaciones 1-1068

Debido a que el contraste de White presenta un p-valor  $< 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad al 5% de significancia, lo que implica que los errores estándar y los intervalos de confianza del modelo podrían estar subestimados o sesgados. Por lo tanto, se vuelve a estimar el modelo con corrección de heterocedasticidad, ya que esto permite asegurar que las conclusiones obtenidas no dependen de supuestos idealizados sobre la varianza constante de los errores.

Modelo 16: Con corrección de heterocedasticidad, usando las observaciones 1-1068  
Variable dependiente: delta\_lnGVZ

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	8.73883e-06	0.00119148	0.007334	0.9941
delta_lnVIX	0.261175	0.0189405	13.79	6.34e-040 ***

Estadísticos basados en los datos ponderados:

Suma de cuad. residuos	5560.320	D.T. de la regresión	2.283870
R-cuadrado	0.151371	R-cuadrado corregido	0.150575
F(1, 1066)	190.1444	Valor p (de F)	6.34e-40
Log-verosimilitud	-2396.456	Criterio de Akaike	4796.912
Criterio de Schwarz	4806.859	Crit. de Hannan-Quinn	4800.680

Estadísticos basados en los datos originales:

Media de la vble. dep.	7.25e-06	D.T. de la vble. dep.	0.043874
Suma de cuad. residuos	1.671581	D.T. de la regresión	0.039599

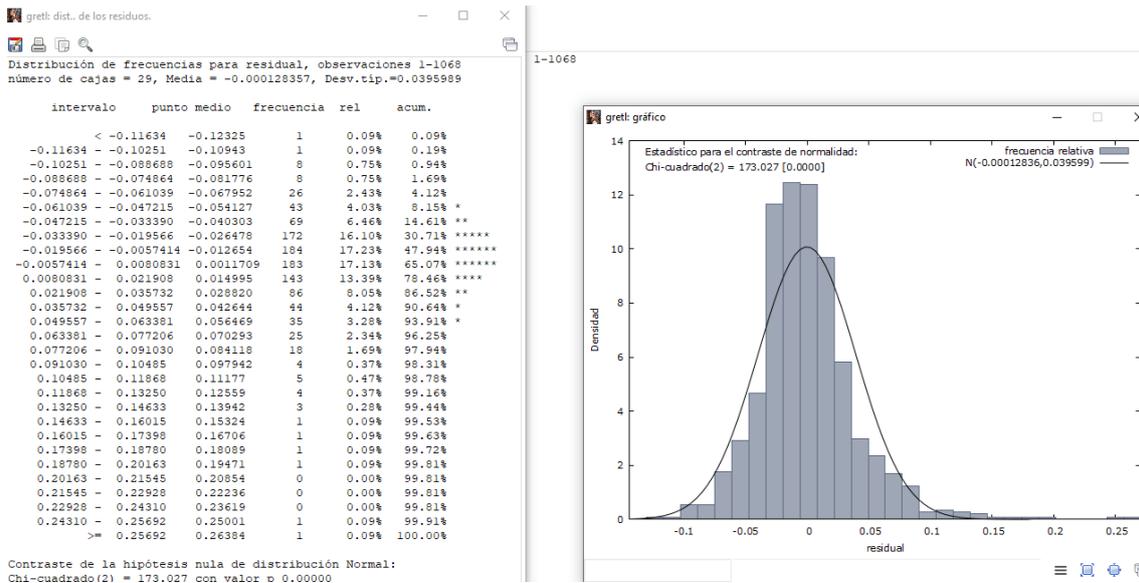
*Abstracto IV: Modelo IX (Modelo IV con corrección de heterocedasticidad), para las observaciones 1-1068*

La corrección por heterocedasticidad no altera sustancialmente los resultados del *Modelo IV*. El coeficiente de  $\Delta \ln(VIX)$  se mantiene positivo, significativo y estable, lo que confirma su rol como variable explicativa principal de la volatilidad del oro (*GVZ*). La corrección robusta mejora la fiabilidad de los errores estándar, haciendo que las inferencias estadísticas del modelo sean válidas incluso en presencia de varianza no constante en los residuos. El R2 es ligeramente menor (desde un 18.6% hasta un 15.1%), lo cual es esperable al ajustar por varianzas similares.

### 3.3.3 No autocorrelación

En línea con la literatura econométrica (Wooldridge, 2019; Stock & Watson, 2020), se ha optado por no aplicar tests de autocorrelación como el de Breusch–Godfrey en el *Modelo IX*, ya que este ha sido estimado con corrección de heterocedasticidad mediante errores estándar robustos (White-HC). Dichos tests dependen críticamente de los supuestos clásicos del modelo lineal, los cuales no se cumplen en presencia de estimadores robustos, lo que invalidaría sus resultados.

### 3.3.4 Normalidad de los errores



Abstracto V: Normalidad de los residuos del Modelo IX, para las observaciones 1-1068

Con el objetivo de validar una de las hipótesis clásicas del modelo de regresión lineal, se ha llevado a cabo un test de normalidad sobre los residuos del *Modelo IX*, el cual ha sido estimado con corrección por heterocedasticidad (errores robustos).

El test de normalidad aplicado a los residuos del modelo rechaza la hipótesis nula de distribución normal con un nivel de significancia elevado ( $p = 0.0000$ ). A pesar de que la media y desviación estándar de los residuos son pequeñas y el histograma muestra simetría general, existen colas más pesadas de lo esperado bajo normalidad. Esto puede tener implicaciones en la validez de las pruebas t y F bajo muestras pequeñas. Aun así, aunque los residuos del modelo no siguen una distribución normal (como revela el test chi-cuadrado de normalidad), este resultado no invalida la inferencia estadística realizada. Como señalan Wooldridge (2019) y Stock & Watson (2020) la normalidad de los errores no es un supuesto necesario para obtener estimadores insesgados ni consistentes mediante MCO, ni para la validez asintótica de las pruebas t y F cuando el tamaño muestral es suficientemente grande. Dado que el modelo en cuestión se ha estimado con más de mil observaciones y errores estándar robustos, la inferencia sobre los coeficientes puede considerarse válida, incluso ante la no normalidad de los errores.

## 4.0 CONCLUSIÓN Y EVALUACIÓN DEL ESTUDIO

### 4.1 Conclusiones del estudio

Este trabajo ha tenido como objetivo principal identificar los factores que determinan la volatilidad implícita del precio del oro a partir de un conjunto de variables macroeconómicas y financieras. Para ello, se ha aplicado una metodología econométrica sobre datos diarios, abordando tanto el análisis cualitativo de las relaciones teóricas como la estimación empírica de modelos de regresión lineal.

Los resultados permiten extraer las siguientes conclusiones:

- i) El índice VIX es la única variable que presenta un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el GVZ en todos los modelos, lo que respalda empíricamente la hipótesis de contagio de volatilidad entre mercados. Este hallazgo es coherente con los planteamientos de Mallick et al. (2017) y sugiere que el oro reacciona no solo en precio sino también en términos de incertidumbre implícita ante shocks financieros.

- ii) Otras variables tradicionalmente asociadas al oro, como el USD, el UST10Y, el S&P 500 y el Bitcoin, no mostraron significancia estadística consistente. Aunque su inclusión se justificó por fundamentos teóricos sólidos (Eichengreen, 2001; Mo et al., 2018; Baur & Hoang, 2021), sus efectos no se reflejaron de forma clara en los datos utilizados.
- iii) El modelo final escogido (*Modelo IV*), de naturaleza univariante, explica aproximadamente un 18.6 % de la variabilidad del GVZ, cifra modesta pero aceptable en el contexto de datos financieros de alta frecuencia. Además, su simplicidad y parsimonia refuerzan su utilidad como base sólida para inferencias y desarrollos futuros.

#### 4.2 Limitaciones del estudio

A pesar de los resultados obtenidos, es imprescindible reconocer las limitaciones que condicionan la generalización de los hallazgos:

- i) Restricción temporal de los datos: La muestra analizada abarca el periodo 2021–2025, lo que implica una fuerte dependencia del contexto macroeconómico reciente, caracterizado por inestabilidad post-COVID, tensiones geopolíticas y episodios especulativos. Aunque representa un escenario útil, no permite extrapolar conclusiones a ciclos económicos más amplios o estructuralmente distintos.
- ii) Modelo lineal y estático: La elección de regresiones lineales simples y múltiples limita la capacidad del modelo para capturar relaciones dinámicas, no lineales o estructuralmente cambiantes. Como apuntan Wooldridge (2019) y Stock & Watson (2020), muchas relaciones financieras pueden estar sujetas a efectos de umbral, asimetrías o cambios de régimen que un modelo MCO no capta adecuadamente.
- iii) Omisión de variables relevantes: A pesar del análisis exhaustivo de variables tradicionales, el modelo no incorpora factores como la volatilidad de los precios del oro al contado, las reservas de oro de bancos centrales o indicadores de flujos de capital. Dada la baja  $R^2$  observada, es probable que parte significativa de la varianza del GVZ se deba a elementos aún no modelizados.
- iv) Ruido en datos financieros diarios: El uso de datos de alta frecuencia (diarios) mejora la sensibilidad del modelo, pero introduce un nivel de ruido elevado, afectando a la robustez de los resultados. Aunque se aplicaron correcciones por heterocedasticidad, la presencia de colas pesadas y asimetrías en los residuos sugiere precaución en la interpretación estadística.

#### 4.3 Recomendaciones para líneas futuras de investigación

Con base en las limitaciones anteriores y en la evolución reciente del mercado del oro, se proponen varias vías de investigación futuras:

- i) Modelos dinámicos y no lineales: Se recomienda utilizar modelos GARCH, VAR o Regímenes de Cambio de Markov para capturar mejor las interacciones temporales y las asimetrías en los efectos. Estos enfoques permitirían, por ejemplo, estudiar si el impacto del VIX sobre el GVZ es más intenso durante crisis que en periodos normales (como sugieren Dicle & Levendis, 2017).
- ii) Incorporación de variables estructurales: Variables como el volumen negociado de opciones sobre oro, la actividad en los mercados OTC o los flujos hacia ETFs respaldados en oro podrían enriquecer el modelo explicativo.
- iii) Análisis comparativo entre activos refugio: Extender el enfoque del GVZ al análisis conjunto con otros activos considerados seguros, como los bonos del Tesoro o el franco

suizo, permitiría situar la volatilidad del oro en un marco de competencia entre instrumentos refugio.

- iv) Desagregación geográfica del riesgo: Utilizar indicadores regionales de incertidumbre (p. ej., el índice Geopolitical Risk de Caldara & Iacoviello) ayudaría a discriminar qué focos de tensión afectan más al GVZ y si existen patrones diferenciados según el origen del shock.

## **5.0 BIBLIOGRAFÍA**

- Akram, T., & Das, A. (2019). An analysis of the daily changes in US Treasury security yields (Working Paper No. 934). Levy Economics Institute.  
[https://www.levyinstitute.org/pubs/wp\\_934.pdf](https://www.levyinstitute.org/pubs/wp_934.pdf)
- Alqahtani, A., & Chevallier, J. (2020). Dynamic Spillovers between Gulf Cooperation Council's Stocks, VIX, Oil and Gold Volatility Indices. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(4), 69. <https://doi.org/10.3390/jrfm13040069>
- Baur, D. G., & Hoang, L. (2021). The Bitcoin–gold correlation puzzle. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 32, 100561. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100561>
- Baur, D. G., & Lucey, B. M. (2010). Is gold a hedge or a safe haven? An analysis of stocks, bonds and gold. *The Financial Review*, 45(2), 217–229.
- Board of Governors of the Federal Reserve System. (n.d.). *Market Yield on U.S. Treasury Securities at 10-Year Constant Maturity, Quoted on an Investment Basis (DGS10)*. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis. <https://fred.stlouisfed.org/series/DGS10>
- Board of Governors of the Federal Reserve System. (n.d.). *Nominal Broad U.S. Dollar Index (DTWEXBGS)*. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis.  
<https://fred.stlouisfed.org/series/DTWEXBGS>
- CBOE. (n.d.). *CBOE Gold ETF Volatility Index (GVZCLS)*. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis. <https://fred.stlouisfed.org/series/GVZCLS>
- CBOE. (n.d.). *CBOE Volatility Index: VIX (VIXCLS)*. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis. <https://fred.stlouisfed.org/series/VIXCLS>
- CoinDesk. (n.d.). *Bitcoin to U.S. Dollar (CBBTCUSD)*. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis. <https://fred.stlouisfed.org/series/CBBTCUSD>
- Collyns, C., & Klein, M. (2025, 25 de marzo). Why is the price of gold so high? *Tufts Now*.
- Coyle, D. (2021). *The stock–bond correlation: Implications for portfolio construction and risk management*. PGIM IAS.
- Dicle, M. F., & Levendis, J. (2017). Hedging market volatility with gold. *SSRN Working Paper*.
- Eichengreen, B. (2001). *Gold and the gold standard in theory and history* (Working Paper No. 6060). National Bureau of Economic Research.
- Fousekis, P., & Panagiotou, D. (2024). The contemporaneous link between gold price and its implied volatility across market-states, frequencies and time periods. *SPOUDAI Journal of Economics and Business*, 74(3–4), 3–20.
- Gokmenoglu, K. K., & Fazlollahi, N. (2015). The interactions among gold, oil, and stock market: Evidence from S&P500. *Procedia Economics and Finance*, 25, 478–488.  
[https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00760-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00760-1)
- Goldman Sachs. (2025, 27 de febrero). *Gold prices are forecast to rise another 8% this year*.

<https://www.goldmansachs.com/insights/articles/gold-prices-are-forecast-to-rise-another-8-percent-this-year>

ICE BofA. (n.d.). *ICE BofA MOVE Index*. FactSet.

J.P. Morgan Research. (2025, 19 de febrero). *A new high? Gold price predictions from J.P. Morgan Research*. <https://www.jpmorgan.com/insights/global-research/commodities/gold-prices>

Mallick, S. K., Mohanty, M. S., & Zampolli, F. (2017). Market volatility, monetary policy and the term premium (BIS Working Paper No. 606). *Bank for International Settlements*. <https://ssrn.com/abstract=2900861>

Mo, B., Nie, H., & Jiang, Y. (2018). Dynamic linkages among the gold market, US dollar and crude oil market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 491, 984–994. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.09.091>

S&P Dow Jones Indices. (n.d.). *S&P 500 (SP500)*. FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis. <https://fred.stlouisfed.org/series/SP500>

Sankararaman, G., Suresh, S., Komatheswari, T., Surulivel, S. T., Selvabaskar, S., Vijayanand, V., & Rengarajan, V. (2018). A study on relationship between price of US dollar and selected commodities. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(15), 203–224.

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2020). *Introduction to Econometrics* (4th ed.). Pearson.

Sykes, A. O. (1993). *An introduction to regression analysis* (Coase-Sandor Working Paper Series in Law and Economics, No. 20). University of Chicago Law School.

Taskinsoy, J. (2021). Bitcoin: A new digital gold standard in the 21st century? *SSRN*. <https://ssrn.com/abstract=3941857>

Tuysuz, S. (2013). Conditional correlations between stock index, investment grade yield, high yield and commodities (gold and oil) during stable and crisis periods. *International Journal of Economics and Finance*, 5(9), 28–44. <https://doi.org/10.5539/ijef.v5n9p28>

UCLA Statistical Consulting Group. (s. f.). How can I estimate the standard error of transformed regression parameters in R using the delta method? <https://stats.oarc.ucla.edu/r/faq/how-can-i-estimate-the-standard-error-of-transformed-regression-parameters-in-r-using-the-delta-method/>

Whaley, R. E. (2009). Understanding the VIX. *The Journal of Portfolio Management*, 35(3), 98–105. <https://doi.org/10.3905/JPM.2009.35.3.098>

Wooldridge, J. M. (2019). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (7th ed.). Cengage Learning.

## **6.0 OTROS ANEXOS**

### **6.1 Declaración de uso de IA**

#### **Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado**

**ADVERTENCIA:** Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Álvaro Sáez de Roda, estudiante de Administración y Dirección de Empresas con Mención Internacional (E4-Boston) de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "MODELIZACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN EL

MERCADO DEL ORO: ANÁLISIS DE SUS FACTORES DETERMINANTES", declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Crítico:** Para encontrar contra-argumentos a una tesis específica que pretendo defender.
3. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
4. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
5. **Estudios multidisciplinares:** Para comprender perspectivas de otras comunidades sobre temas de naturaleza multidisciplinar.
6. **Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
7. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
8. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
9. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
10. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 29/05/2025

Firma:

Álvaro Sáez de Roda

## 6.2 Registro de la propuesta

### Registro del Título del Trabajo Fin de Grado (TFG)

NOMBRE DEL ALUMNO: SÁEZ DE RODA, ÁLVARO

PROGRAMA: E4 - BOSTON GRUPO: N/D  
29/05/2025

FECHA:

**Director Asignado:** Díaz Aguiluz, Elena María

**Título provisional del TFG:**

## Modelling the Gold Market Through Derivatives

**ADJUNTAR PROPUESTA (máximo 4 páginas: Índice provisional, objetivos, metodología y bibliografía)**

### Modelling the Gold Market Through Derivatives

**1. Introduction (motivación, objetivos, contribuciones a la literatura, metodología, resultados más importantes, y estructura del trabajo)**

**Motivación:** Dado el valor tangible de las materias primas, la incertidumbre en sus mercados hace que la gestión del riesgo sea fundamental tanto para los consumidores y productores de estas, como para inversores ajenos. Dado su estatus como activo refugio, el oro atrae considerable atención, especialmente en tiempos de inestabilidad económica.

**Objetivos:** Este trabajo busca modelar y evaluar la incertidumbre en los mercados de futuros y opciones sobre el oro, evaluando cómo diversos factores influyen en sus precios y volatilidad.

**Contribuciones a la literatura:** Se pretende contribuir al entendimiento de la dinámica de precios del oro y sus derivados, incorporando teorías y modelos existentes, así como ofreciendo nuevas perspectivas sobre el impacto de los indicadores económicos y el comportamiento del mercado.

**Metodología:** Se utilizará un enfoque principalmente cualitativo, utilizando métodos cuantitativos como apoyo de teorías explicativas.

**Estructura del trabajo:**

- Introducción
- Revisión de literatura
- Metodología
  - Descripción de datos
  - Análisis de regresión
- Resultados (Discusión)
- Conclusiones
- Referencias

**2. Literature Review (gold as an investment assets, futures prices, gold volatility index, indicadores utilizados para explicar el precio del oro y sus derivados, y metodologías)**

**El oro como activo de inversión:** el oro ha sido históricamente visto como un refugio seguro, especialmente durante periodos de inflación y crisis financieras. Estudios como los de Baur y McDermott (2010) destacan su comportamiento como activo no correlacionado.

**Gold Volatility Index:** Se explorará el Gold Volatility Index (GVZ) como medida de la volatilidad del oro, permitiendo evaluar el riesgo asociado con la inversión en esta mmpp.

**Indicadores utilizados para explicar el precio del oro y sus derivados:** Se analizarán factores como el índice del dólar, tasas de interés, inflación y la situación geopolítica.

### **3. Methodology**

- a. Data Description: Se recopilarán datos históricos de precios del oro, contratos de futuros y opciones, así como datos económicos relevantes (índices de inflación, tasas de interés, etc.) de fuentes como Bloomberg y la Comisión de Comercio de Futuros de Productos Básicos (CFTC).
- b. Regression: Se aplicará análisis de regresión lineal múltiple para estudiar la relación entre el precio del oro y los indicadores seleccionados. Se evaluará la significancia estadística y se interpretarán los coeficientes.

### **4. Resultados (Discusión)**

La discusión se centrará en la interpretación de los resultados obtenidos, analizando la relación entre los precios del oro y los indicadores económicos, así como la efectividad de los contratos de futuros y opciones en la gestión del riesgo. Se explorarán las implicaciones para inversores y traders.

### **5. Conclusiones**

Se evaluarán e interpretarán los resultados más relevantes en relación con la literatura existente, centrándose en los factores que afectan a la volatilidad del oro,

### **6. Referencias**

Hull, J. (2017). *Options, Futures, and Other Derivatives* (8th ed.). Pearson

Baur, D. G., & McDermott, T. K. (2010). "Is gold a safe haven? A time-varying co-movement analysis." *Financial Review*, 45(2), 217-229.

**Firma del Estudiante:**

Álvaro Sáez de Roda

**Fecha: 23/10/2024**