

Valor en riesgo (VaR) del acero y su impacto en el sector de la construcción en
Colombia

Gabriela Perea Cuellar

Hugo Hernnery Molina Muñoz

Maestría en Finanzas Corporativas
Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA
Faculta de Administración
Bogotá D.C., Colombia
2024

Valor en riesgo (VaR) del acero y su impacto en el sector de la construcción en
Colombia

Gabriela Perea Cuellar

Hugo Hernney Molina Muñoz

Tutor:

Julio Alejandro Sarmiento Sabogal

Maestría en Finanzas Corporativas
Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA
Faculta de Administración
Bogotá D.C., Colombia
2024

Tabla de Contenido

1.	Planteamiento del problema	5
2.	Pregunta del problema.....	13
3.	Hipótesis.....	13
4.	Objetivo General	13
5.	Objetivos Específicos	13
6.	Revisión Literaria	14
7.	Metodología	27
8.	Resultados	29
9.	Conclusiones	43
10.	Referencias	46

Tabla de Figuras

Figura 1 Producción de Acero Crudo del Mundo vs China 2019 - 2020	6
Figura 2 Producción de Acero Crudo del Mundo vs China 2020-2021.....	7
Figura 3 Demanda de Acero Mundial a 2021	8
Figura 4 Valor agregado total y del sector de la construcción	10
Figura 5 Precio internacional del acero 2019- 2024 Proyectado	12
Figura 6 Regresión Consumo/Precio en USD	30
Figura 7 Regresión Consumo/Precio en COP	31
Figura 8 Regresión Consumo/Precio en COP/TRM	31
Figura 9 Regresión Logaritmo Natural Consumo/Precio en USD	32
Figura 10 Distribución de Probabilidad Precio en USD	34
Figura 11 Distribución de Probabilidad TRM.....	35
Figura 12 VAR Monte Carlo Precio COP (Nivel de confianza 90%)	36
Figura 13 VAR Monte Carlo TRM (Nivel de confianza 90%).....	36
Figura 14 VAR Monte Carlo Precio USD (Nivel de confianza 90%)	37
Figura 15 VAR Monte Carlo Precio COP (Nivel de confianza 95%)	37
Figura 16 VAR Monte Carlo TRM (Nivel de confianza 95%).....	38
Figura 17 VAR Monte Carlo Precio USD (Nivel de confianza 95%)	38
Figura 18 VAR Monte Carlo Precio COP (Nivel de confianza 99%)	39
Figura 19 VAR Monte Carlo TRM (Nivel de confianza 99%).....	39
Figura 20 VAR Monte Carlo Precio USD (Nivel de confianza 99%)	39
Figura 21 Estado de resultados integrales Constructora	40
Figura 22 Ganancia Bruta con afectación de VAR.....	41
Figura 23 Ganancia Neta con afectación de VAR.....	42

1. Planteamiento del problema

El acero es un componente esencial en la industria de la construcción, contribuyendo a la creación de infraestructuras sólidas, innovadoras y sostenibles. Su uso no solo mejora la calidad y la durabilidad de las estructuras, sino que también tiene un impacto económico significativo a nivel mundial. Dado esto, la demanda de materiales de construcción como el acero está expuesto a los ciclos económicos de los mercados y experimenta importantes cambios y desafíos en diferentes momentos del tiempo.

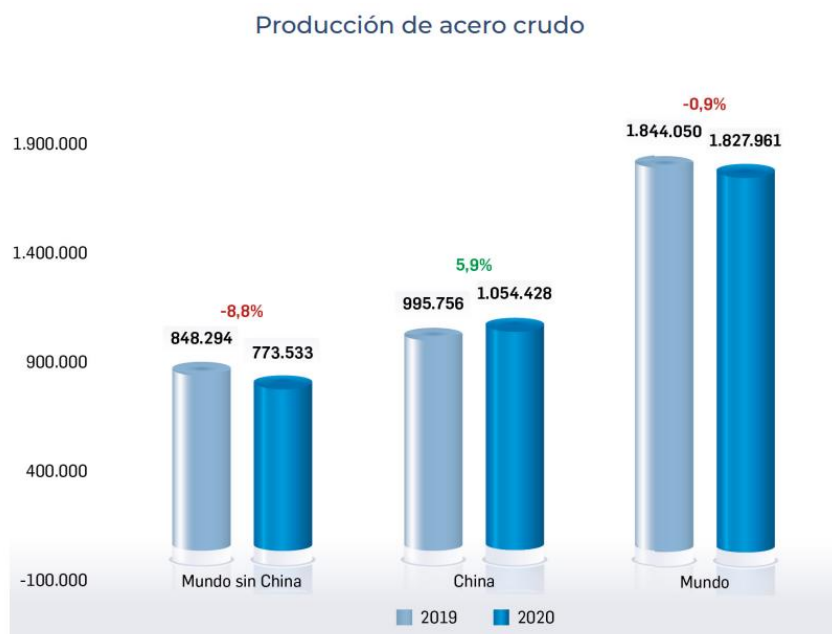
Para empezar, se dará un contexto económico de los últimos 3 años del principal productor, consumidor y exportador de acero: China y la situación del resto del mundo, con el fin de entender los comportamientos de precios de este a nivel global. Esto permitirá generar una visual más amplia para poder mitigar muchos de estos comportamientos mediante la aplicación y análisis del Valor en Riesgo.

En 2020 a pesar del impacto adverso de la pandemia de coronavirus, el sector siderúrgico de China demostró un desempeño excepcional en comparación con el mismo sector en otros países del mundo. “Las ventas de productos siderúrgicos del país alcanzaron la cifra de 1.304 millones de toneladas, mientras que su valor ascendió a 4.941 millones de RMB, lo que representa aumentos interanuales del 9,6% y 15,8%, respectivamente” (EMIS, 2021, p.9).

Esta expansión en el sector fue impulsada principalmente por los sectores de maquinaria y automotriz, que presentaron una recuperación significativa, y el sector de la construcción, que se vio beneficiado por las políticas fiscales expansivas

emitidas durante la pandemia, donde primó la construcción de nuevas infraestructuras y la urbanización, estimulando el consumo de productos siderúrgicos.

Figura 1 Producción de Acero Crudo del Mundo vs China 2019 - 2020



Fuente: World Steel

Nota: Tomado del Informe del Sector Siderúrgico 2019-2020 (Asociación Nacional de empresarios de Colombia - ANDI, 2021)

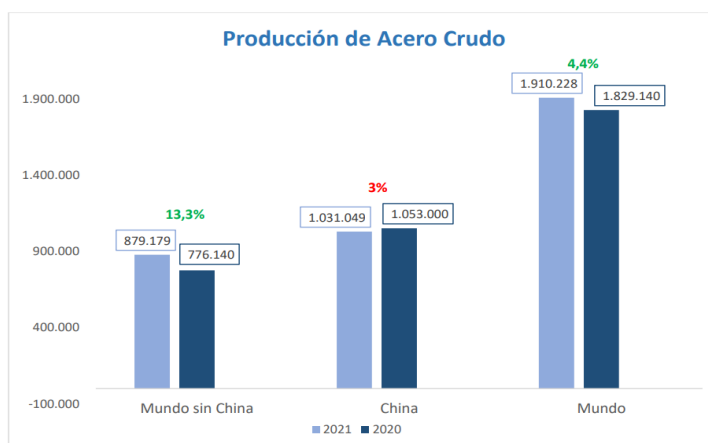
Gracias a esto, el aumento en la demanda también propició un incremento en los precios del acero tanto nacional como internacional, donde se empezaron a evidenciar importantes alzas de ahí en adelante. “Durante el 2020, el índice de precios del acero de China (CSPI) aumentó de 102,3 en el primer trimestre a 113,8 en el cuarto trimestre” (EMIS, 2021, p.9). Junto con esto, el sector también experimentó una disminución en las exportaciones del 16.6% y un aumento del

64.4% en las importaciones (EMIS, 2021), afectando la disponibilidad de acero en el mundo.

No obstante, de cara a la demanda mundial, la perspectiva es diferente. En 2020 la demanda mundial disminuyó un 2,4% en comparación con el 2019 (EMIS, 2021), debido a las medidas de defensa comercial adoptadas por distintos países, los desempeños negativos en el sector de la construcción y la desaceleración económica.

Ahora bien, en 2021, la demanda mundial de acero empezó a recuperarse fuertemente. El sector de la construcción, aunque no recuperó las cifras prepandemia, volvió a ser un actor importante. La demanda mundial de acero creció un 5,8%, hasta alcanzar los 1.874 millones de toneladas. La producción mundial de acero crudo también aumentó un 3,6%, hasta alcanzar los 1.950 millones de toneladas (ANDI, 2022).

Figura 2 *Producción de Acero Crudo del Mundo vs China 2020-2021*



Nota: Informe del Sector Siderúrgico 2020-2021 (ANDI, 2022)

Figura 3 *Demanda de Acero Mundial a 2021*

DEMANDA DE ACERO MUNDIAL



Nota: Tomado del Informe del Sector Siderúrgico 2020-2021 (ANDI, 2022)

En lo que respecta a China, su participación en el mercado mundial de acero cambió en 2021. La demanda de acero en China representó solo el 3% de la demanda mundial, y la producción de acero disminuyó un 3% en 2021 con respecto a 2020 (ANDI, 2022).

Esta situación se debe a varios factores. Por un lado, la industria siderúrgica china se ve afectada por los impuestos ambientales del Plan Chino de Neutralidad de Emisiones de carbono, lo que reduce su producción. Por otro lado, la industria se caracteriza por su alto grado de automatización, lo que ayudó a que las zonas de mayor producción no se vieran tan afectadas por la crisis sanitaria. A pesar de ello, el impacto significativo en la demanda durante el primer semestre de 2020,

combinado con la resistencia en la producción, provocó un aumento notable de los inventarios, que alcanzaron una cifra récord de 26 millones de toneladas en marzo de 2021 (ANDI, 2022).

Esta situación ocasionó bastante ruido en la industria a nivel global, temiendo que el acero chino ataque los mercados internacionales con precios bajos con el fin liquidar sus existencias una vez que la demanda se recupere, evidenciando de nuevo impactos significativos en los precios del acero en este caso a la baja que afectan a cualquier industria que lo utilice.

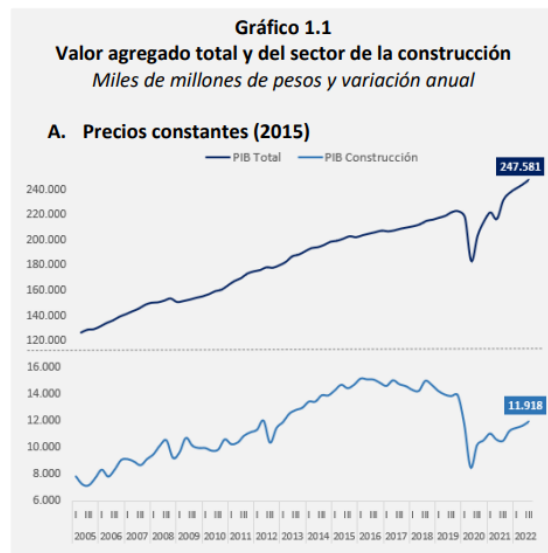
Pasando ahora a 2022, se volvió a evidenciar un nuevo escenario totalmente diferente al presentado en el periodo anterior tanto en China como en el mundo, dejando de nuevo expuesto los precios del acero a la volatilidad del mercado y la coyuntura económica mundial; donde la recuperación de la demanda global de acero se ve afectada por la caída del sector inmobiliario en China, las tensiones inflacionarias derivadas del conflicto entre Rusia y Ucrania y un desincentivo en inversiones del sector constructor ocasionado por el riesgo de una recesión y la crisis energética europea dejando una reducción de 4,3 millones de toneladas entre enero y septiembre de 2022 (Sectorial, 2022).

“Según la Asociación Mundial de Acero (AMA) para el periodo de 2015 – 2021, el 52,3% del total de la producción promedio de acero fue destinado a los sectores de la construcción e infraestructura, el 16,4% al sector de equipamiento mecánico, el 12,8% al sector automotriz, el 10,1% a la

fabricación de productos metálicos y el 8,4% a la fabricación de productos electrónicos y de uso doméstico”. (Sectorial, 2022, p.4).

En el panorama nacional, la construcción es una de las industrias más importantes de Colombia. Esta industria contribuye con el 4.8% del Producto Interno Bruto (PIB) del país (Industria de la construcción en Colombia, 2022), permite la generación de miles de empleos, plantea mejoras en la infraestructura urbana, promueve la competitividad, y contribuye al desarrollo socioeconómico. Uno de los principales materiales utilizados en este sector es el acero, que se emplea en una amplia gama de proyectos de construcción, desde edificios, estructuras, puentes etc. (Cámara Colombiana de la construcción – CAMACOL, 2019)

Figura 4 *Valor agregado total y del sector de la construcción*



Nota: Tomado del Informe Económico Proyección sectorial: PIB edificador 2023 (CAMACOL 2022)

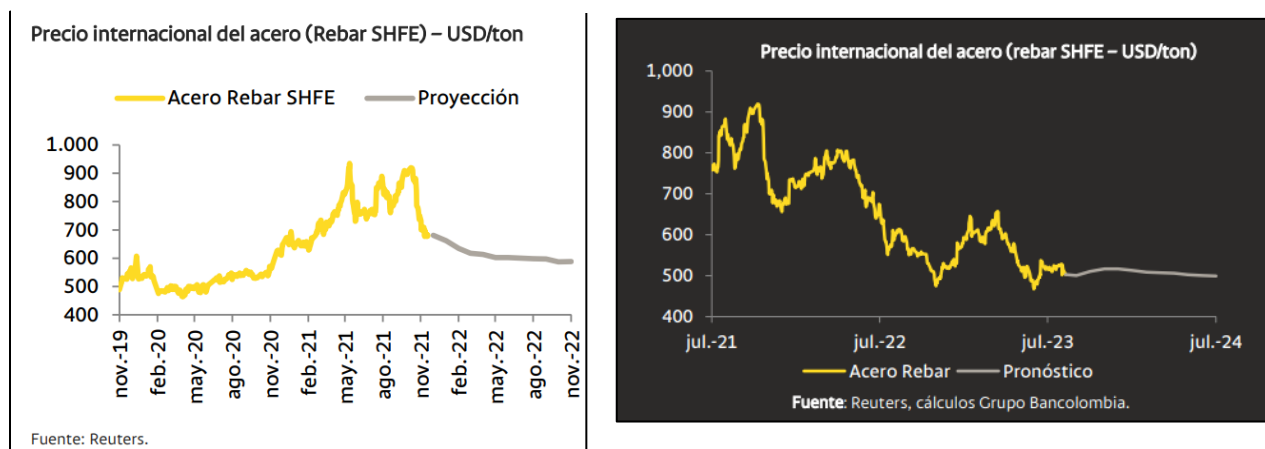
Además, el sector de la construcción experimenta variaciones de actividad mucho más marcadas que el promedio nacional y que otras industrias, convirtiéndose en uno de los principales indicadores económicos. Esto se debe a que las oscilaciones en este sector están estrechamente ligadas al ciclo económico en su conjunto.

Sin embargo, uno de los mayores desafíos que enfrentó el sector constructor en Colombia es el aumento en los precios del acero que se ha venido regulando hace poco, pues generó un impacto significativo en el costo de construcción en donde de 2019 a 2020 el valor del sector de la construcción se redujo 18.622USD Millones (Industria de la construcción en Colombia, 2022), esto representa una amenaza para la factibilidad y desarrollo de los proyectos inmobiliarios, lo cual resultó en el aplazamiento o incluso la cancelación de numerosas iniciativas debido a limitaciones presupuestarias, teniendo un impacto negativo en la economía nacional.

Dentro de este incremento de precios se puede resaltar la escasez global de materiales de construcción, lo que llevó a una alta demanda y una baja oferta. La pandemia de COVID-19 fue uno de los principales factores que ha afectado la producción de acero en el mundo, ya que provocó cierres de fábricas y una disminución en la capacidad de producción (Revista Construir, 2021).

No obstante, desde 2021 tras la reactivación económica y las reaperturas de plantas de producción se observa una disminución continua en los precios y un incremento en los requerimientos de acero por parte del sector constructor. La economía Colombiana en específico y el sector de la construcción han mostrado una resiliencia importante frente al contexto macroeconómico nacional e internacional “presentado una rápida recuperación y actualmente se ubica en niveles saludables equivalentes al 13,4%, luego de que durante el segundo trimestre de 2020 el sector presentará uno de los mayores decrecimientos entre las principales ramas de actividad (-40,4%)” (CAMACOL, 2022, p.3).

Figura 5 *Precio internacional del acero 2019- 2024 Proyectado*



Nota: Tomado del Informe Sectorial – Construcción. Investigaciones Económicas, Sectoriales y de Mercado Bancolombia (Bancolombia, 2024)

A partir de lo mencionado, se considera relevante evaluar el valor en riesgo del acero en el sector de construcción en Colombia.

2. Pregunta del problema

¿Cuál es el valor en riesgo del acero y su impacto en el sector de construcción en Colombia?

3. Hipótesis

El valor en riesgo del acero tiene un impacto significativo en los costos de producción y, en consecuencia, en la rentabilidad y los márgenes de ganancia de las empresas del sector de la construcción en Colombia. Un análisis de este riesgo permitirá a las empresas tomar decisiones más informadas sobre producción y precios, mejorando su capacidad para gestionar la volatilidad en los costos.

4. Objetivo General

Determinar la oportunidad de negocio o impacto que tiene el valor en riesgo del acero en el sector en la construcción en Colombia.

5. Objetivos Específicos

- Evaluar los factores macroeconómicos que influyen en las fluctuaciones del valor en riesgo del acero.
- Analizar la tendencia histórica de los precios del acero durante los últimos diez años.
- Analizar el impacto del valor en riesgo del acero en la competitividad del sector de la construcción colombiano.

6. Revisión Literaria

El acero desempeña un papel crucial en el sector de la construcción cuando de estructuras duraderas y seguras se habla. En este contexto la asignación óptima de activos y la gestión eficiente del riesgo se convierten en aspectos críticos para cualquier constructora. La teoría de Markowitz (1952), que se basa en la construcción de portafolios eficientes ofrece un marco sólido para abordar estos desafíos, así como también la teoría de la valoración de opciones de Black y Scholes (1973), con la cual se busca regular el precio de la opción a través del tiempo.

Este marco teórico tiene como objetivo proporcionar una base sólida para la investigación en torno al valor en riesgo del acero en el sector de la construcción, utilizando los principios y métodos de las teorías de Markowitz y Black-Scholes.

En primer lugar, la teoría de la diversificación de Markowitz (1952) sostiene que, al combinar diferentes activos en una cartera, es posible reducir el riesgo total sin sacrificar el rendimiento esperado. En el contexto de la investigación, implica considerar los movimientos del precio del acero a nivel internacional al igual que las variaciones en el dólar con el fin de construir una frontera eficiente que pueda determinar la combinación óptima de estos activos que minimice el riesgo de obtener movimientos considerables en el precio que puedan afectar los costos de un proyecto de construcción y distorsionen el presupuesto asignado para el mismo.

Ahora bien el valor en riesgo (VaR) es una medida cuantitativa del riesgo que indica la pérdida máxima esperada en un horizonte de tiempo (Jorion, 2007). Al incorporar el VaR en el marco de la teoría de Markowitz, se puede evaluar el riesgo

y la rentabilidad de una cartera de inversiones en el sector de la construcción que involucra el acero. Esto permite a los profesionales tomar decisiones informadas sobre la asignación de activos y gestionar de manera efectiva el riesgo asociado.

La aplicación de la teoría de Markowitz (1952) requiere la estimación de los rendimientos esperados y las volatilidades de los activos individuales. En el caso del acero, esto implica analizar datos históricos de los precios internacionales del acero y tasa de cambio al igual que indicadores macroeconómicos y otros factores relevantes. Además, es importante considerar las tendencias y los riesgos específicos del sector de la construcción que pueden afectar estas estimaciones.

Esta teoría también implica el análisis de las correlaciones y covarianzas entre los activos considerados en la cartera. En el contexto de la investigación, esto implica examinar la relación entre los precios del acero, la demanda de proyectos de construcción, los factores macroeconómicos y los movimientos en la tasa de cambio. El análisis de estas interrelaciones es fundamental para comprender cómo los movimientos de precios y las condiciones del mercado pueden afectar el riesgo y el rendimiento de la cartera.

Por otro lado, la teoría de valoración de opciones por Black – Scholes (1973) con su modelo de valoración de activos proporciona una teoría positiva para la determinación de los rendimientos esperados con lo cual está vinculando el precio actual de los activos con los beneficios futuros esperados. Además, problemas de política empresarial requieren conocer la valoración de activos que, como las

opciones de compra, tienen pagos que dependen del valor de otro activo (Jensen y Smith, 1984).

En su teoría el ingrediente clave ha sido la noción de que una opción pueda cubrirse perfectamente con una unidad del activo subyacente (como lo es el acero objeto de estudio). Lo ideal será buscar utilizar derivados para especular sobre los movimientos de precios en el activo subyacente y cubrir así posiciones o gestionar el riesgo. El comportamiento del activo subyacente es esencial para la toma de decisiones en los mercados de derivados. De este modo se estaría formando una posición libre de riesgo con un rendimiento en un periodo de tiempo instantáneo igual al tipo libre de riesgo. En caso de no ser así, los inversores podrían comprar y cubrir opciones infravaloradas o vender y cubrir opciones sobre valoradas, eliminando así el riesgo de mercado y obteniendo un beneficio sin riesgo superior a la tasa libre de riesgo (Chance, 1999).

En resumen y teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la teoría de Markowitz (1952) junto con la teoría de Black – Scholes (1973) son bases fundamentales al momento de buscar construir una cartera de inversiones eficiente que junto con el VaR permitan identificar la máxima pérdida esperada que pueden tener las constructoras ante movimientos en los precios del acero así como también evaluar y cuantificar el riesgo asociado de las opciones financieras, anticipándose así a variaciones en los presupuestos de proyectos de inversión que puedan afectar tanto sus clientes como a ellas mismas.

Ahora bien, la literatura sobre commodities se expande cada día más y ganando importancia como resultado del importante papel que los mismos juegan en los mercados financieros internacionales y las economías. Dicha literatura se viene centrando en temas importantes, sin embargo, el ritmo y la cobertura sigue siendo algo estrecha, en particular en relación con los metales y la gestión del riesgo de commodities (Hammoudeh et al., 2010).

A continuación, se presenta una revisión de algunos estudios existentes.

Kreżołek (2015), aplica algunos modelos y medidas de riesgo para describir la volatilidad observada en el mercado de metales no ferrosos. Dicho análisis es aplicado sobre una serie de metales que juegan un papel importante en la industria del acero en pro de mejorar su calidad, como el Cobre, Aluminio, Estaño, Zinc, Plomo y Níquel. De aquí la importancia de analizar la volatilidad observada en los precios del acero en términos de inversión, pues es un producto importante y de gran uso en diferentes áreas de la economía, Como resultado se obtuvo la posibilidad de utilizar de forma efectiva algunos métodos de medición de riesgo que se aplican comúnmente a la evaluación del riesgo en el mercado de valores, al igual que la semejanza entre las series temporales de precios y rendimientos de los metales (Mercado de Commodities) y los mercados de capitales. (Por ejemplo: Asimetría, Colas gruesas, leptocurtosis, etc.)

Así mismo se analizó el riesgo basado en el enfoque VaR, encontrando que la distribución normal no es correcta para estimar el VaR independientemente de la

propiedad de colas gruesas. Las estimaciones más precisas del Var fueron obtenidas para distribuciones GED y ALD (Krężolek, 2015).

Chng (2009) examina la dinámica del comercio entre mercados en contratos futuros escritos sobre commodities que aparentemente no están relacionados y que son consumidos por una industria común. Encuentra tal evidencia en los mercados de futuros de caucho natural, paladio y gasolina. El artículo ofrece nuevas ideas sobre cómo se relacionan los mercados de commodities y de acciones a nivel de la industria y documenta las implicaciones para la cobertura de multicommodities.

Utilizando el enfoque de retraso distribuido autorregresivo, Sari et al. (2010), examinan los movimientos coincidentes y la transmisión de información entre los precios de spot de cuatro metales preciosos (oro, plata, platino y paladio), el precio del petróleo y el tipo de cambio euro/dólar estadounidense. Estos investigadores encuentran evidencia de una relación de equilibrio de largo plazo débil, pero fuertes retroalimentaciones a corto plazo. Concluyen que los inversores pueden diversificar una parte del riesgo invirtiendo en metales preciosos, petróleo y el euro.

Krezolet (2015) tiene en cuenta el alto nivel de incertidumbre y volatilidad que ofrece la inversión en el mundo económico y analiza el VaR como medida comúnmente usada en la valoración de riesgo, identificando el inconveniente que presenta al no ser subaditiva. Dicha propiedad es fundamental en términos de diversificación de carteras, con lo cual propone una medida de riesgo que cumpla con dicho supuesto: GlueVaR, la cual contempla los principios definidos en el VaR

y permite calcular el nivel de pérdida de la inversión en función de la actitud del inversor ante el riesgo.

Basado en lo anterior, Krezolet (2015) logró definir a las medidas de riesgo GlueVaR como una herramienta efectiva para evaluar el riesgo, dado que, en comparación con las medidas clásicas, su característica más útil es brindarle a un inversor la definición implícita del conjunto de eventos adversos y determinación de tales eventos teniendo en cuenta actitudes individuales de los inversores hacia el riesgo.

Ahora bien, Maaz et al. (2023), hacen un gran énfasis en los mercados de commodities donde los metales se han vuelto extremadamente competitivos y altamente volátiles debido a las dificultades financieras y la globalización, en particular los metales como el oro, plata y cobre. Destacan que estos metales juegan un papel importante en la diversificación de carteras de inversión debido a su estatus como activos refugio y cómo en tiempos de crisis económica, los metales son fácilmente convertibles en efectivo. Esta volatilidad en los precios de los metales ha aumentado debido al desarrollo de nuevos instrumentos financieros, como futuros, opciones y fondos cotizados. Por lo tanto, es esencial cuantificar el riesgo en los mercados de metales para desarrollar estrategias de gestión de riesgos, mediante el modelo GARCH-EVT ¹y su efectividad para predecir el riesgo financiero medido por el VaR y la pérdida esperada (ES) donde se puede estimar la pérdida

¹ GARCH modelo autorregresivo generalizado condicional heterocedástico que captura las agrupaciones de volatilidad de las rentabilidades a través de la varianza condicional (Economipedia, 2019).

máxima de un activo o cartera de activos en un período determinado, con una probabilidad baja preespecificada de que la pérdida real sea mayor.

Como resultado del estudio, los hallazgos empíricos confirman la presencia de un alto nivel de persistencia de la volatilidad en el mercado de metales especialmente en los rendimientos financieros del oro. Además, los rendimientos de la plata exhiben el VaR más alto en comparación con otros metales en el mercado. Dichos hallazgos podrían ayudar a los inversores financieros y gestores de cartera para minimizar y controlar el riesgo potencial en el mercado (Maaz et al., 2023).

Sin embargo, Lai et al. (2006), identificando la volatilidad ya mencionada en los mercados de metales no ferrosos y la constante dificultad de los inversores para evaluar el riesgo critican los enfoques tradicionales de estimación del valor en riesgo (VaR), como el modelo ARMA-GARCH, pues desde su perspectiva no son lo suficientemente precisos y proponen un nuevo enfoque ex-ante para la estimación del VaR basado en wavelets. Los resultados de los estudios empíricos en cuatro mercados de metales no ferrosos muestran que este enfoque ofrece una mejora significativa del rendimiento en comparación con el modelo ARMA-GARCH. Además, el enfoque ex-ante es más flexible, lo que permite a los inversores adaptarlo a las características específicas de cada mercado ayudando sustancialmente en la toma de mejores decisiones.

Por otro lado, y siguiendo la línea de los mercados de metales y recalcando la importancia de modelar la volatilidad de sus precios y desarrollar enfoques más

robustos en la estimación del VaR, Chinhamu et al. (2022) recalcan que existe una brecha en la literatura en términos de modelos de VaR que puedan capturar todas las propiedades empíricas de los metales preciosos. El objetivo principal del estudio fue proponer un marco de modelado que utilice modelos de memoria larga en combinación con distribuciones inversas gaussianas normales (NIG), distribuciones de varianza-gamma (VG) y distribuciones de tipo-IV de Pearson (PIV), que se pueden utilizar en el mercado de metales preciosos para llevar a cabo una gestión o evaluación precisa de riesgos. Estos modelos tienen como objetivo capturar conjuntamente la agrupación de volatilidad, distribuciones sin restricciones y condicionales de colas pesadas, así como la memoria larga inherente en las series de datos.

Los resultados de las pruebas de validación de estos investigadores confirman que los modelos LM GARCH con distribuciones de colas pesadas son métodos adecuados para mejorar las evaluaciones de gestión de riesgos y estrategias de cobertura en el mercado de metales altamente volátiles y adicional a esto, también es importante recalcar que dichos resultados son consistentes con investigaciones anteriores, pero estos modelos incorporan la cola pesada observada en los retornos de metales preciosos. Con la volatilidad pronosticada, se pueden prever la magnitud absoluta de los retornos y los cuantiles con fines de gestión de riesgos y gestión de carteras.

Por su parte, Janabi et al. (2019), publican un artículo en el cual proponen un nuevo enfoque para la optimización del valor en riesgo ajustado a la liquidez (LVaR) de carteras de activos múltiples. El enfoque se basa en la integración de enredadas

de cópulas, modelos LVaR y modelos de optimización de carteras. El mismo fue aplicado a los mercados bursátiles de los países del G-7, el oro, las materias primas y Bitcoin obteniendo resultados que muestran una superioridad a la técnica de cartera de Markowitz de media-varianza clásica en términos de la selección de cartera óptima bajo una serie de restricciones operativas y presupuestarias realistas. Además, encuentran que tanto Bitcoin como el oro mejoran el rendimiento de riesgo-retorno de la cartera de acciones del G-7. Sin embargo, el Bitcoin tiene un mejor rendimiento en un escenario de solo posiciones largas (cuando se permite la venta en corto). El enfoque propuesto por los autores es una herramienta poderosa que puede ayudar a los inversores a crear carteras que sean más rentables y que puedan soportar las condiciones del mercado.

Continuando con nuevos enfoques, Graham et al. (2014), abordan el cálculo del Valor en Riesgo (VaR) sostenible para un fabricante de acero a nivel global donde proponen una perspectiva sostenible del VaR, que tiene en cuenta factores ambientales y sociales además de los financieros. El estudio busca integrar la sostenibilidad en la evaluación de riesgos, reconociendo que las prácticas empresariales responsables y sostenibles pueden influir en la exposición al riesgo y en la resiliencia ante eventos adversos; centrandose en el sector del acero, una industria con implicaciones significativas para la sostenibilidad dada su alta demanda de recursos naturales y energía. Su marco metodológico incorpora indicadores de desempeño ambiental y social para evaluar el riesgo sostenible, contribuyendo así al campo de la gestión de riesgos al avanzar en la comprensión

de cómo la sostenibilidad puede influir en la exposición al riesgo y en la toma de decisiones empresariales.

Por otro lado He et al. (2011) se enfocan en que los precios y las fluctuaciones de algunos metales son considerados insumos críticos en la toma de decisiones, desde la valoración de minerales hasta el proceso de desarrollo de mineral. Enfatizando que los cambios estructurales en la industria de los metales presentan desafíos a las herramientas tradicionales de gestión de riesgos, que requieren mayor precisión y confiabilidad. El estudio propone el uso de la teoría del Valor en Riesgo (VaR) presentando dos técnicas emergentes, el Análisis de Multi Resolución (MRA) y el algoritmo de conjunto, para rastrear las características de los datos a lo largo del tiempo. Se utiliza el MRA para analizar y modelar la estructura de mercado a múltiples escalas. Esto permite revelar factores latentes no observados en los datos originales y mejorar la conformidad con los supuestos de los modelos. En experimentos con series de precios de metales semanales, se comparan el enfoque propuesto y los enfoques más tradicionales ARMA-GARCH para estimaciones de VaR. Los resultados muestran una mejora significativa en la confiabilidad y precisión de los pronósticos con el enfoque MRNEVaR.

Otros métodos también utilizados, son modelos de volatilidad de memoria larga, específicamente FIGARCH (Baillie et al.,1996), FIAPARCH (Tse y Davidson, 1998) y HYGARCH (Davidson, 2004), considerando distribuciones de innovaciones tanto normales como t de Student, donde se muestra la presencia de dependencia a largo plazo en el proceso de volatilidad de los metales preciosos. Adicionalmente,

de acuerdo con los criterios de selección de modelos, se determina que el modelo FIAPARCH con distribución t de Student es el más adecuado para estimar la varianza condicional de los metales preciosos. Los resultados de estimación de este modelo también indican que los impactos de los choques positivos en la volatilidad condicional de los metales preciosos son mayores que los choques negativos de la misma magnitud. Finalmente, en términos generales, los modelos de volatilidad con memoria larga muestran un buen desempeño tanto en el análisis VaR dentro de la muestra como fuera de la muestra para posiciones de trading largas y cortas. Sin embargo, el modelo FIAPARCH con distribución t de Student supera a otros modelos en la predicción del VaR de un día por delante para los metales preciosos, según los tests de Kupiec y cuantiles dinámicos. Además, se podrían emplear horizontes de tiempo de pronóstico más largos para proporcionar más información sobre el riesgo de mercado de los metales preciosos para los gestores de cartera (Demiralay y Ulusoy, 2014).

Muhammada et al. (2019), también proponen un estudio que examina las características de cambio de régimen en la volatilidad de los precios de los metales preciosos como el oro, la plata, el paladio y el platino, mediante modelos GARCH de cambio de régimen de Markov para analizar los log-retornos diarios de estos metales preciosos y encuentra que exhiben cambios de régimen en su dinámica de volatilidad. Los modelos de cambio de régimen superan a los modelos GARCH de un solo régimen en la predicción del Value-at-Risk. Gracias a esto se identifica que el oro tiene baja volatilidad la mayor parte del tiempo y puede ser un buen instrumento de cobertura, mientras que la plata tiene alta volatilidad la mayor parte

del tiempo y puede no ser una herramienta de cobertura efectiva. Los resultados sugieren que la incorporación de cambios de régimen en la modelización de la volatilidad es adecuada para la gestión de riesgos asociada con la dinámica de precios de los metales preciosos.

Un estudio reciente sobre derivados de commodities elaborado por Parmar (2012), encontró que estos instrumentos financieros no pueden mitigar las causas de la volatilidad de los precios de los commodities, pero pueden utilizarse para gestionar los riesgos asociados con la volatilidad. El estudio utilizó el modelo de Black-Scholes para estimar la volatilidad de seis commodities y luego utilizó las letras griegas para medir la sensibilidad del precio de cada commodity a los cambios en la volatilidad. Los resultados del estudio muestran que Delta es la letra griega más importante para la gestión del riesgo, seguida de Vega. El estudio concluye que el precio spot de los commodities se ve afectado por factores económicos internacionales, y que este efecto se amplifica por la volatilidad, sugiriendo que los inversores pueden utilizar derivados de commodities para gestionar los riesgos asociados con la volatilidad, pero deben ser conscientes de que estos derivados no pueden eliminar los riesgos por completo.

Ahora bien, Chatterjee (2016) concluyó que el modelo de valoración de opciones de Black-Scholes es una herramienta útil para la valoración de opciones de acciones en el mercado indio al ser capaz de estimar el precio de las opciones de acciones con un grado razonable de precisión, sin embargo, los inversores deben ser conscientes de sus limitaciones. Este autor realizó un estudio con datos de

precios de opciones y precios de acciones de un periodo de seis meses para analizar la capacidad del modelo de Black-Scholes para estimar el precio de las opciones de acciones en el mercado indio. Los resultados del estudio mostraron que el modelo es capaz de estimar el precio de las opciones de acciones con un grado razonable de precisión. Sin embargo, el estudio también encontró que el modelo no es perfecto y que puede infravalorar o sobrevalorar el precio de las opciones en algunos casos.

Morales-Bañuelos et al. (2022), en su artículo, proponen un nuevo modelo para la valoración de opciones en mercados emergentes basados en el cálculo conforme, una rama del cálculo que permite tratar con funciones que no son diferenciables en todos los puntos. Ellos han argumentado que el modelo de Black-Scholes-Merton (BSM) no es preciso en mercados emergentes debido a las características únicas de estos mercados, como la alta volatilidad y la baja liquidez. El modelo conforme, por otro lado, es más flexible y puede adaptarse mejor a estas características. Los autores aplican su modelo a datos de opciones de acciones de dos mercados emergentes, Brasil y China. Los resultados muestran que el modelo conforme proporciona un mejor ajuste a los precios de las opciones que el modelo BSM. En particular, el modelo conforme se ajusta mejor a las opciones de baja volatilidad, que son más comunes en los mercados emergentes. También se ajusta mejor a las opciones fuertemente especulativas, que son más comunes en mercados con alta volatilidad. Los autores concluyen que su modelo es una mejora significativa sobre el modelo BSM para la valoración de opciones en mercados emergentes.

Teniendo en cuenta la anterior revisión de la literatura se identifican algunos puntos en común entre los estudios que abordan el impacto del precio del acero en el sector de la construcción, subrayando la relevancia del Valor en Riesgo (VaR) como herramienta de gestión financiera. (Jorion,2007) establece que el VaR es fundamental para cuantificar las pérdidas potenciales en un horizonte temporal específico, lo que permite a las empresas constructoras evaluar su exposición al riesgo asociado con las fluctuaciones de precios. Asimismo, la teoría de (Markowitz,1952) sobre la diversificación de activos resalta la importancia de combinar diferentes inversiones para minimizar el riesgo sin sacrificar el rendimiento esperado, un principio aplicable a la gestión de costos en proyectos de construcción que dependen del acero. Por otro lado, estudios como el de Black y Scholes (1973) aportan una perspectiva adicional al vincular la valoración de opciones con los movimientos en los precios de los activos subyacentes, como el acero, sugiriendo que el uso de derivados puede ser una estrategia efectiva para gestionar riesgos. Estos enfoques teóricos son particularmente relevantes para el presente estudio, que busca analizar cómo el VaR puede ayudar a las empresas constructoras colombianas a tomar decisiones informadas frente a la volatilidad del mercado del acero, mejorando así su capacidad para gestionar costos y optimizar su rentabilidad.

7. Metodología

Con el fin de corroborar si el valor en riesgo del acero permite a las empresas medir el impacto de este en los costos de producción, y si ese impacto tiene un efecto estadísticamente significativo en sus rentabilidades como en sus márgenes de ganancia, utilizando el histórico de precios del Acero obtenido de Bloomberg y la

demanda histórica obtenida de la Asociación Colombia del Acero (AndiAcero) en un periodo de 5 años, se busca explicar el comportamiento del precio del mismo identificando si existe una elasticidad de la demanda en relación con su precio.

Inicialmente se utilizan regresiones log-logísticas entre el precio del acero y la demanda de este en Colombia. La regresión log-logística es una técnica estadística utilizada para modelar la relación entre dos variables cuando se espera que la relación sea no lineal. En este caso, se aplica para analizar la relación entre el precio del acero y la demanda en Colombia. En la regresión log-logística, se utiliza una función de enlace logarítmico para relacionar la variable dependiente con las variables independientes (Hosmer et al., 2013). La forma funcional de la regresión log-logística es:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(X) + \varepsilon$$

Donde:

Y : Es la variable dependiente (demanda del acero)

X : Es la variable independiente (precio del acero)

β_0 y β_1 : Son los coeficientes por estimar

ε : Es el término del error

Adicionalmente, se calcula el Valor en Riesgo (VaR) del Acero, como herramienta esencial en la gestión del riesgo que proporciona medidas cuantitativas de riesgo a la baja, basadas en las posiciones actuales. Este cálculo se realiza mediante uno de los métodos disponibles: Monte Carlo, el cual se basa en la generación de múltiples escenarios aleatorios de las variables relevantes del

portafolio, utilizando técnicas de simulación (Glasserman, 2003). Estos escenarios aleatorios representan posibles resultados futuros de las variables escogidas. Para ello, utilizando los datos históricos de los últimos 5 años para el precio en USD, la Tasa Representativa del Mercado (TRM) y el precio del acero en pesos, se analizan los datos históricos para comprender la distribución y la volatilidad de cada variable, calculando medidas estadísticas importantes, como la media, la desviación estándar y la correlación entre las variables. Luego de eso se procede a la generación de múltiples escenarios de posibles valores futuros para el precio del acero en pesos colombianos, el precio del acero en dólares y la TRM con el fin de obtener la pérdida máxima esperada para el precio del acero en Colombia en un período de tiempo específico, con el nivel de confianza seleccionado (Jorion, 2001).

8. Resultados

La base de datos corresponde a un histórico del comportamiento del precio del acero a nivel internacional y la tasa representativa del mercado obtenido de Bloomberg, adicional la demanda de acero en Colombia de los últimos 5 años obtenida del Comité de Productos de acero de la ANDI. Inicialmente se calculó la existencia de elasticidad de la demanda en el precio del acero en Colombia, mediante regresiones log -logísticas con la herramienta Stata con el fin de identificar la correlación que existe entre el precio del acero y la demanda de este y a su vez entre el precio del acero en dólares y la tasa de cambio.

En la primera regresión calculada entre el Consumo y el Precio en USD, se identificó que las variables no están relacionadas al tener un P Value del 18%, no significativo, con lo cual se concluye que el cambio en consumo no está afectado por el cambio en precio en USD

Figura 6 *Regresión Consumo/Precio en USD*

. reg Dconsumo DPrecioUSD						
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	57
Model	.288206776	1	.288206776	F(1, 55)	=	1.84
Residual	8.62971218	55	.156903858	Prob > F	=	0.1809
				R-squared	=	0.0323
				Adj R-squared	=	0.0147
Total	8.91791896	56	.159248553	Root MSE	=	.39611
Dconsumo	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
DPrecioUSD	.657239	.4849401	1.36	0.181	-.3146026	1.629081
_cons	.0036889	.0524666	0.07	0.944	-.1014565	.1088343

Nota: Elaboración propia.

En una segunda regresión, entre el Consumo y el precio COP se identificó una relación con un nivel de significancia al 99%, mostrando un coeficiente significativo, demostrando que entre más sube el precio menos consumo existe.

Figura 7 Regresión Consumo/Precio en COP

. reg Dconsumo DPrecioCOP						
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	57
Model	2.10518951	1	2.10518951	F(1, 55)	=	17.00
Residual	6.81272945	55	.123867808	Prob > F	=	0.0001
				R-squared	=	0.2361
				Adj R-squared	=	0.2222
Total	8.91791896	56	.159248553	Root MSE	=	.35195
Dconsumo	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
DPrecioCOP	-4.59686	1.115051	-4.12	0.000	-6.831472	-2.362247
_cons	.0384728	.0473866	0.81	0.420	-.0564921	.1334378

Nota: Elaboración propia.

En una tercera regresión, entre el Consumo, el precio COP y TRM se identificó una relación significativa con lo cual se puede concluir que un aumento en el precio del acero (PrecioCOP) incrementa el consumo (posiblemente por demanda industrial), mientras que una devaluación de la moneda (aumento en TRM) reduce el consumo, posiblemente por aumento en costos de importación.

Figura 8 Regresión Consumo/Precio en COP/TRM

. reg consumo PrecioCOP TRM						
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	58
Model	1.0945e+10	2	5.4725e+09	F(2, 55)	=	11.75
Residual	2.5620e+10	55	465819230	Prob > F	=	0.0001
				R-squared	=	0.2993
				Adj R-squared	=	0.2738
Total	3.6565e+10	57	641491173	Root MSE	=	21583
consumo	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
PrecioCOP	.0086842	.0018678	4.65	0.000	.004941	.0124274
TRM	-24.46878	7.374646	-3.32	0.002	-39.2479	-9.689655
_cons	177099	24050.77	7.36	0.000	128900.2	225297.8

Nota: Elaboración propia.

En una cuarta regresión entre el Logaritmo natural de las variables Consumo y precio USD, se identificó una relación significativa, en la cual, por cada 1% que se mueve el dólar, el consumo aumenta en un 0.33%.

Figura 9 Regresión Logaritmo Natural Consumo/Precio en USD

. reg LnConsumo LnUSD						
Source	SS	df	MS	Number of obs	=	58
Model	1.10560094	1	1.10560094	F(1, 56)	=	9.46
Residual	6.54807769	56	.116929959	Prob > F	=	0.0033
				R-squared	=	0.1445
				Adj R-squared	=	0.1292
Total	7.65367863	57	.134275064	Root MSE	=	.34195
LnConsumo	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
LnUSD	.3348537	.1088977	3.07	0.003	.1167053	.553002
_cons	9.390967	.7365467	12.75	0.000	7.915486	10.86645

Nota: Elaboración propia.

Con lo anterior, se concluye que las variables presentan una relación muy débil, lo cual hace que el consumo de acero en Colombia no esté relacionado significativamente con el precio de este.

A continuación, se usa la técnica VaR Montecarlo que es una medida fundamental utilizada para evaluar el riesgo financiero asociado con las fluctuaciones en los precios del acero. A continuación, se explican los conceptos clave y la metodología utilizada; el Valor en Riesgo (VaR) representa la máxima pérdida esperada de una inversión bajo condiciones normales de mercado durante un período específico, con un nivel de confianza determinado (Jorion,2007). Por ejemplo, un VaR del 95% indica que hay un 95% de probabilidad de que las pérdidas no excedan una cantidad específica en un horizonte temporal dado.

Es importante destacar que, aunque el cálculo del VaR puede dar lugar a

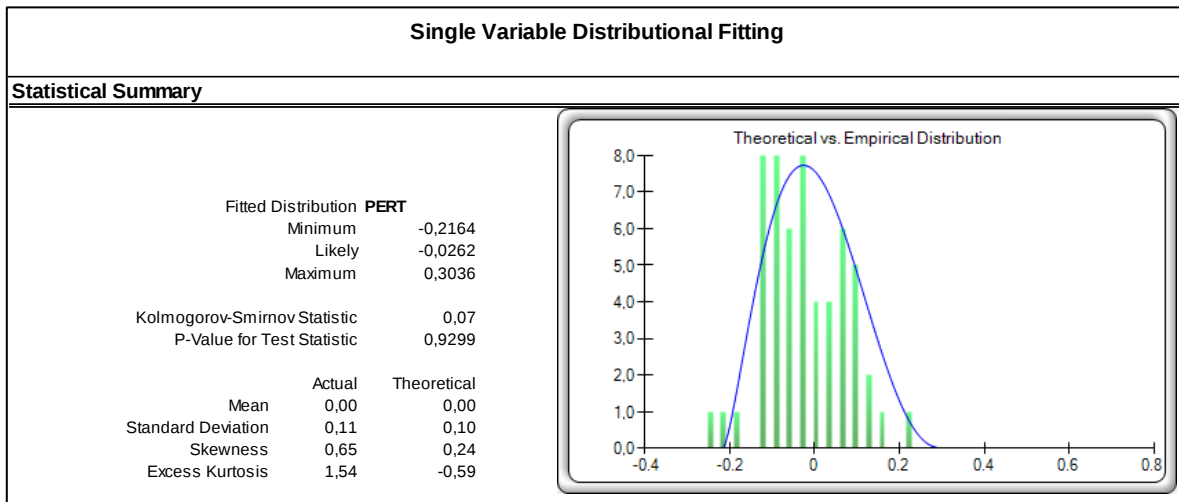
valores que se asemejan a percentiles máximos, su interpretación es diferente. Mientras que un percentil máximo simplemente indica un punto en la distribución de pérdidas (por ejemplo, el percentil 95), el VaR proporciona una medida específica del riesgo financiero. En este análisis, nos centramos en cómo las fluctuaciones en los precios del acero pueden impactar negativamente a la empresa y cómo el VaR puede ser utilizado como una herramienta para gestionar este riesgo.

Al estimar el VaR, se busca proporcionar una comprensión clara del riesgo financiero asociado con las variaciones en los precios del acero. Esta medida permite a la empresa constructora tomar decisiones informadas sobre su exposición al riesgo y desarrollar estrategias adecuadas para mitigar posibles pérdidas.

Teniendo en cuenta lo anterior en primera instancia se determinó la distribución de probabilidad de las variables: Precio del acero en USD y la TRM dado la importancia en la elección de la distribución para la generación de los escenarios a la hora de calcular el VaR.

Usando el software Risk Simulator se logra identificar que el precio en dólares sigue una distribución **PERT** y la TRM sigue una distribución **NORMAL** como se muestra a continuación:

Figura 10 *Distribución de Probabilidad Precio en USD*



Nota: Elaboración Propia

Para el precio del acero, al seguir una distribución PERT, se generan múltiples escenarios de precios utilizando la media y la desviación estándar calculadas a partir de los parámetros optimista, más probable y pesimista. Esto permite crear una distribución de precios que refleja la incertidumbre real en los mercados.

$$Media = \frac{O + 4M + P}{6}$$

$$\sigma = \frac{P - O}{6}$$

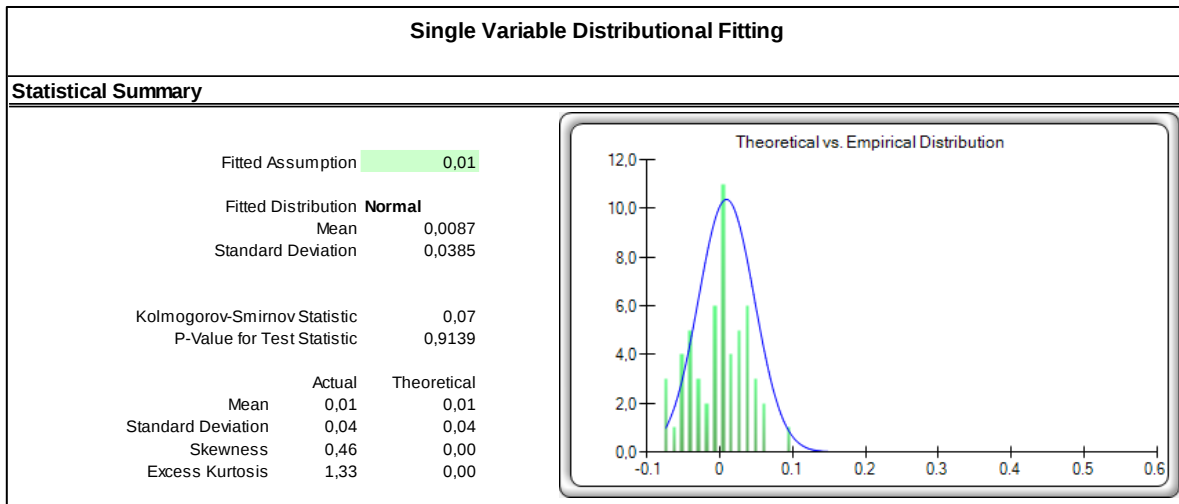
Donde:

O = Estimación optimista del precio del acero.

M = Estimación más probable del precio del acero.

P = Estimación pesimista del precio del acero.

Figura 11 *Distribución de Probabilidad TRM*



Nota: Elaboración Propia

Para la TRM, que sigue una distribución normal, se generan escenarios basados en la media y la desviación estándar de esta variable. Esto permite modelar adecuadamente las fluctuaciones en la tasa representativa.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Posterior a ello se realizó el cálculo del VAR Monte Carlo con 10.000 simulaciones con lo cual se busca identificar el precio máximo estimado a niveles de confianza del 90%, 95% y 99%

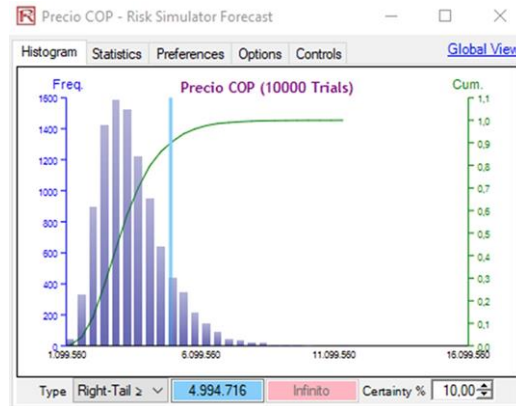
$$VaR = \text{percentil}(\text{rendimientos}, 100 - \alpha)$$

Obteniendo los siguientes resultados:

- I) Con un nivel de confianza del 90%, se estima que el valor máximo de una tonelada de acero en pesos colombianos alcanza los \$4.994.716,

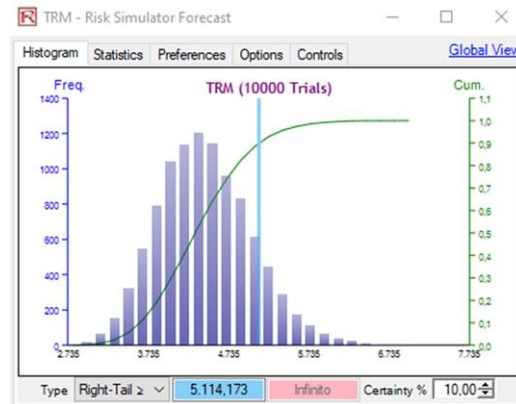
mientras que el precio en dólares alcanza los \$1.115 USD. Además, se prevé que el tipo de cambio podría alcanzar un máximo de \$5.114 COP/USD

Figura 12 VAR Monte Carlo Precio COP (Nivel de confianza 90%)



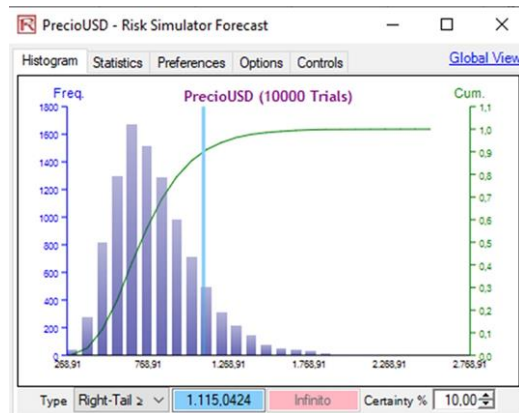
Nota: Elaboración propia

Figura 13 VAR Monte Carlo TRM (Nivel de confianza 90%)



Nota: Elaboración propia

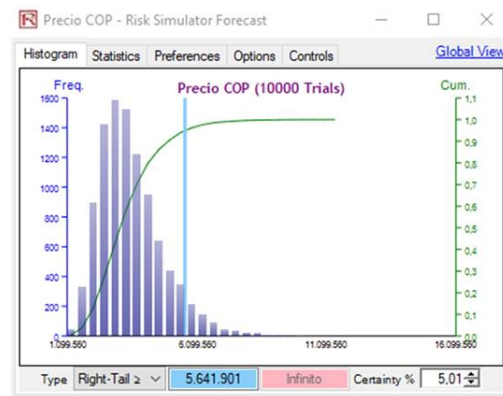
Figura 14 VAR Monte Carlo Precio USD (Nivel de confianza 90%)



Nota: Elaboración propia

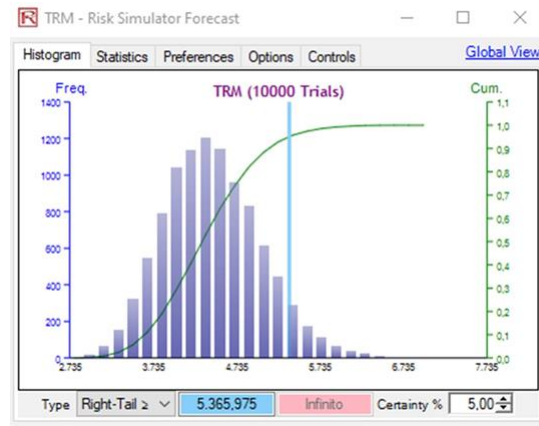
- II) Con un nivel de confianza del 95%, se estima que el valor máximo de una tonelada de acero en pesos colombianos alcanza los \$5.641.901, mientras que el precio en dólares alcanza los \$1.260 USD. Además, se prevé que el tipo de cambio podría alcanzar un máximo de \$5.365 COP/USD

Figura 15 VAR Monte Carlo Precio COP (Nivel de confianza 95%)



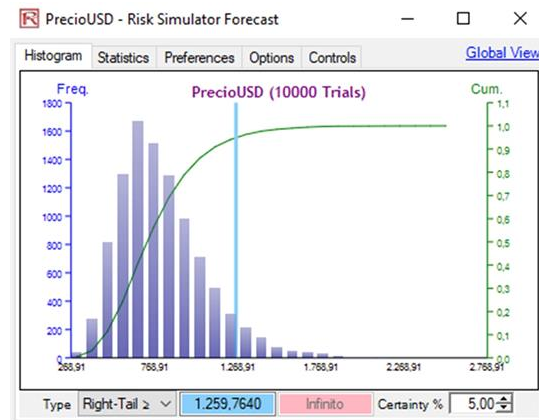
Nota: Elaboración propia

Figura 16 VAR Monte Carlo TRM (Nivel de confianza 95%)



Nota: Elaboración propia

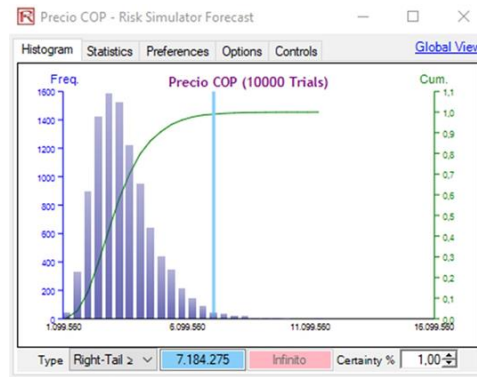
Figura 17 VAR Monte Carlo Precio USD (Nivel de confianza 95%)



Nota: Elaboración propia

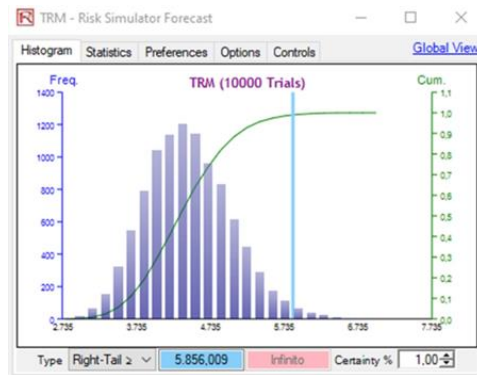
- III) Con un nivel de confianza del 99%, se estima que el valor máximo de una tonelada de acero en pesos colombianos alcanza los \$7.184.275, mientras que el precio en dólares alcanza los \$1.580 USD. Además, se prevé que el tipo de cambio podría alcanzar un máximo de \$5.856 COP/USD.

Figura 18 VAR Monte Carlo Precio COP (Nivel de confianza 99%)



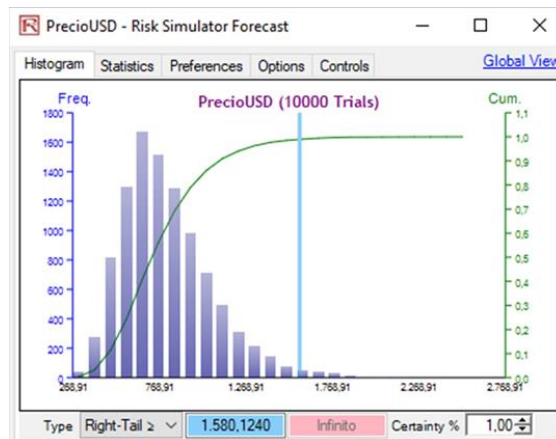
Nota: Elaboración propia

Figura 19 VAR Monte Carlo TRM (Nivel de confianza 99%)



Nota: Elaboración propia

Figura 20 VAR Monte Carlo Precio USD (Nivel de confianza 99%)



Nota: Elaboración propia

Para profundizar en estos resultados se ha tomado como ejemplo el estado de resultados de una constructora colombiana dedicada a desarrollar, construir y comercializar proyectos de vivienda residenciales en el municipio de la Calera Cundinamarca, la cual en los últimos años ha desarrollado tres proyectos presentando los siguientes resultados:

Figura 21 Estado de resultados integrales Constructora

CONSTRUCTORA S.A.S NIT - 999.999.999-9 ESTADO DE RESULTADOS INTEGRALES POR CENTROS DE COSTO ACUMULADO 2022 (Cifras expresadas en miles de pesos colombianos)								
	MONTE AZUL		MONTE LINDO		MONTECEREZO		Acumulado	
Ingresos de actividades ordinarias	10,083,506		12,337,764		10,871,113		33,292,383	
Costo de ventas	8,362,307	83%	10,933,619	89%	9,840,860	91%	29,136,786	88%
Ganancia bruta	1,721,199	17%	1,404,145	11%	1,030,253	9%	4,155,597	12%
Otros ingresos	86,430		109,251		84,916		280,597	
Gastos de administración	588,325		560,573		881,892		2,030,789	
Gasto de ventas	102,917		141,992		346,803		591,712	
Ganancia por actividades de operación	1,052,189		748,610	-	178,448		1,622,352	
Ingresos Financieros	4,474		6,011		72,623		83,109	
Otros ingresos	1,395		991		490		2,876	
Gastos financieros	337,308		438,601		278,133		1,054,042	
Otros gastos	19,173		20,857		62,336		102,365	
(Ganancia o perdida antes de impuestos)	701,578		296,154	-	445,803		551,928	
Gasto por impuesto de renta y complementarios	158,765		207,014		37,514		403,294	
Gasto por impuesto diferido								
Impuesto a la ganancia	158,765		207,014		37,514		403,294	
Ganancia o perdida del año	542,812		89,139	-	483,317		148,635	0.45%

Nota: Datos internos proporcionados por Constructora (No publicados)

Si bien la compañía presenta un margen bruto del 12% con un costo de producción del 88%, una vez realizada la segregación del costo de ventas, se identifica que el acero representa un 3% del total del ingreso como resultado de un total de 536.44 toneladas y con un precio promedio de compra de \$1.838.930 por tonelada como se detalla a continuación:

Figura 22 *Ganancia Bruta con afectación de VAR*

CONSTRUCTORA S.A.S NIT - 999.999.999-9 ESTADO DE RESULTADOS INTEGRALES POR CENTROS DE COSTO ACUMULADO 2022 (Cifras expresadas en miles de pesos colombianos)								
	Acumulado Real		Nivel de Confianza					
			90%		95%		99%	
Ingresos de actividades ordinarias	33,292,383		33,292,383		33,292,383		33,292,383	
Costo de ventas	29,136,786	87.5%	30,829,665	92.6%	31,176,838	93.6%	32,004,223	96.1%
Acero COP	986,467	3.0%	2,679,345	8.0%	3,026,519	9.1%	3,853,904	11.6%
Toneladas	536.44		536.44		536.44		536.44	
Precio Prom por Tonelada	1,838.93		4,994.72		5,641.90		7,184.28	
Ganancia bruta	4,155,597	12%	2,462,718	7%	2,115,545	6%	1,288,160	4%

Nota: Elaboración Propia

Ahora bien, como se puede observar un incremento del precio por tonelada en los valores obtenidos a niveles de confianza del 90%, 95% y 99%, estaría afectando de manera importante el margen bruto de la compañía disminuyendo desde un 5% hasta dos terceras partes de su margen actual definido en un 12%, es decir, la compañía tendría márgenes brutos del 7%, 6% y 4% respectivamente.

Con base a lo anterior la compañía entraría directamente en pérdida neta a futuro, manteniendo las demás variables constantes, puesto que sus resultados actuales demuestran un rendimiento neto del 0.45% acumulado, con lo cual el campo de acción ante posibles cambios de precios en el acero se limita bastante. Para el ejemplo aplicado, el costo del Acero pasa del 3% al 8%, 9.1% y 11.6%, es decir, con cambios tan significativos en el precio, el margen neto de la compañía no brinda cobertura a dichas variaciones, con lo cual, constructoras como esta deberán replantear los precios de ventas definidos para cada proyecto, con el fin de cubrir posibles alzas futuras en el precio del acero.

Figura 23 *Ganancia Neta con afectación de VAR*

CONSTRUCTORA S.A.S NIT - 999.999.999-9 ESTADO DE RESULTADOS INTEGRALES POR CENTROS DE COSTO ACUMULADO 2022 (Cifras expresadas en miles de pesos colombianos)									
	Acumulado Real			Nivel de Confianza					
				90%		95%		99%	
Ingresos de actividades ordinarias	33,292,383			33,292,383		33,292,383		33,292,383	
Costo de ventas	29,136,786	87.5%		30,829,665	92.6%	31,176,838	93.6%	32,004,223	96.1%
Acero COP	986,467	3.0%		2,679,345	8.0%	3,026,519	9.1%	3,853,904	11.6%
Toneladas	536.44			536		536		536	
Precio Prom por Tonelada	1,838.93			4,995		5,642		7,184	
Ganancia bruta	4,155,597	12%		2,462,718	7%	2,115,545	6%	1,288,160	4%
GAV	2,533,246	7.6%		2,533,246		2,533,246		2,533,246	
Ganancia por actividades de	1,622,352	4.9%	-	70,527	-	417,701	-	1,245,086	
Gastos financieros	1,070,423	3.2%		1,070,423		1,070,423		1,070,423	
(Ganancia o perdida antes de	551,928	1.7%	-	1,140,951	-	1,488,124	-	2,315,509	
Gasto por impuesto	403,294	1.2%							
Ganancia o perdida del año	148,635	0.4%	-	1,140,951	-3.4%	1,488,124	-4.5%	2,315,509	-7.0%

Nota: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta esto, existen diferentes estrategias para cubrirse de subidas en el precio del acero para la empresa en mención, como, por ejemplo:

1. Contratos de Futuros y Opciones

- **Contratos de Futuros:** La empresa puede fijar precios a través de contratos de futuros, asegurando así el costo del acero para proyectos futuros. Esto permite planificar los costos sin verse afectado por la volatilidad del mercado.
- **Opciones sobre Acero:** Utilizar opciones puede ofrecer flexibilidad, permitiendo a la empresa comprar acero a un precio preestablecido, pero sin la obligación de hacerlo si los precios bajan.

2. Diversificación de proveedores

- **Búsqueda de nuevos proveedores:** Al diversificar la base de proveedores, la empresa puede encontrar alternativas más

económicas o con mejores condiciones. Esto incluye explorar tanto proveedores nacionales como internacionales.

- Optimización Logística: Mejorar la logística para reducir costos de transporte y asegurar entregas más rápidas puede ser crucial para mantener márgenes de ganancia en un entorno de precios creciente

3. Estrategias de compras anticipadas

- Compras anticipadas: Realizar pedidos anticipados y pagos por adelantado puede ayudar a asegurar precios más bajos antes de que se produzcan aumentos adicionales. Esta estrategia requiere una buena planificación y previsión en los proyectos.

4. Hedging Financiero

- Instrumentos Financieros: Utilizar derivados financieros para cubrirse contra las fluctuaciones en los precios del acero puede ser una forma efectiva de gestionar el riesgo financiero asociado con los aumentos inesperados en los costos.

9. Conclusiones

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación ha permitido determinar el impacto del Valor en Riesgo (VaR) del acero en el sector de construcción en Colombia, evaluando cómo este afecta los costos de producción y, por ende, la rentabilidad y márgenes de ganancia de las empresas. El objetivo principal fue analizar si el VaR del acero proporciona a las empresas una herramienta efectiva para medir el impacto en sus operaciones. Para ello, se utilizó una base de datos que incluye cinco años de precios históricos del acero obtenidos de Bloomberg y

datos de demanda proporcionados por la Asociación Colombiana del Acero (AndiAcero). La metodología empleada consistió en realizar regresiones log-logísticas para analizar la relación entre el precio del acero y su demanda, así como calcular el VaR utilizando simulaciones Monte Carlo, lo que permitió evaluar la volatilidad y distribución de precios futuros.

Los resultados indican que la relación entre el consumo de acero y su precio en USD es débil, con un P Value del 18%, sugiriendo que las variaciones en el precio en dólares no afectan significativamente el consumo. Sin embargo, se encontró una relación significativa al 99% entre el consumo y el precio en pesos colombianos, evidenciando que un aumento en el precio reduce el consumo. Además, las simulaciones Monte Carlo revelaron que con un nivel de confianza del 95%, se estima que el valor máximo de una tonelada de acero alcanzaría \$5.641.901 COP y \$1.260 USD. Este incremento impactaría negativamente los márgenes brutos de las empresas constructoras.

Para ejemplificar este impacto, se analizó una constructora colombiana en La Calera, que actualmente tiene un margen bruto del 12% y un costo de producción del 88%. Con el acero representando el 3% de sus ingresos, los resultados del VaR indican que un aumento en el precio del acero podría reducir sus márgenes brutos a 7%, 6% y 4% en niveles de confianza del 90%, 95% y 99%, respectivamente. Esto podría llevar a la empresa a enfrentar pérdidas netas, evidenciando la necesidad urgente para las constructoras de ajustar sus precios de venta y estrategias operativas para mitigar los efectos adversos de las fluctuaciones en el precio del acero.

Estas estrategias no solo ayudan a mitigar el impacto inmediato del aumento en los precios del acero, sino que también fortalecen la posición competitiva de la empresa en un mercado volátil. Implementarlas adecuadamente puede ser clave para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad a largo plazo de los proyectos constructivos.

Finalmente, esta investigación subraya la importancia del VaR como herramienta esencial para la gestión del riesgo en el sector construcción colombiano. Las empresas deben considerar estas dinámicas al planificar sus costos y estrategias comerciales para asegurar su sostenibilidad y competitividad en un mercado volátil.

10. Referencias

- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), Comité Colombiano de Productores de Acero. (2022). Informe del sector siderúrgico. Bogotá, Colombia.
- Baillie, R. T., Bollerslev, T., & Mikkelsen, H. O. (1996). Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 74(1), 3-30.
- Invest in Bogotá. (s.f.). *Materiales de construcción*.
<https://es.investinbogota.org/sectores-de-inversion/materiales-de-construccion/>.
- Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2022, diciembre). *Proyección sectorial: PIB edificador 2023*. Bogotá, Colombia.
- Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), (2019). *Catálogo de Cualificación Sector Construcción*. Bogotá, Colombia
- Chance, D. M. (1999). Research trends in derivatives and risk management since Black-Scholes. *Journal of Portfolio Management*, 25(2), 35.
- Chatterjee, A. (2016). *An empirical analysis of Black-Scholes option pricing model for selected stocks from different sectors*. Obtenido de Academia.edu.
- Chinhamu, K., Chifurira, R., & Ranganai, E. (2022). Value-at-risk estimation of precious metal returns using long memory GARCH models with heavy-tailed distribution. *Journal of Statistics Applications & Probability*, 11, 89–107.
- Chng, M. T. (2009). Economic linkages across commodity futures: Hedging and trading implications. *Journal of Banking and Finance*, 33(5), 958-970.
- Construir, R. (2021). El impacto del COVID-19 en la industria del acero y la construcción.
- Davidson, J. (2004). Asymptotic theory for the hyperbolic GARCH model. *Journal of Financial Econometrics*, 2(2), 151-187.
- Demiralay, S., & Ulusoy, V. (2014). Value-at-risk predictions of precious metals with long memory volatility models. *The North American Journal of Economics and Finance*, 29, 183-202.
- Dirección de Investigaciones Económicas, Sectoriales y de Mercado - Grupo Bancolombia. (2021, noviembre). *Informe sectorial - Construcción*. Bogotá, Colombia.
- Economipedia. (2019, 6 de agosto). *Modelo GARCH*.
<https://economipedia.com/definiciones/modelo-garch.html>
- Graham, D. I., Oldfield, G. R., & Fung, A. S. (2014). Sustainable Value at Risk for a Global Steel Manufacturer. *Journal of the Operational Research Society*.
- Hammoudeh, S., Malik, F., & McAleer, M. (2010). *Risk management of precious metals*. University of Canterbury, Department of Economics and Finance.
- He, K., Lai, K. K., & Yen, J. (2011). Ensemble forecasting of Value at Risk via Multi Resolution Analysis based methodology in metals markets. *Expert Systems with Applications*.
- Hosmer, D., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. (2013). *Applied Logistic Regression*.
- Janabi, M. A., Ferrer, R., & Shahzad, S. J. (2019). Liquidity-adjusted value-at-risk optimization of a multi-asset portfolio using a vine copula approach. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.

- Jensen, M., & Smith, C. (1984). The Theory of Corporate Finance: A Historical Overview. *New York: McGraw-Hill Inc.*, 2-20.
- Jorion, P. (2001). *Value At Risk*.
- Jorion, P. (2007). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*. The McGraw-Hill Companies.
- Kreżołek, D. (2015). Volatility and risk models on the metal market. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 381:142-157.
- Krezolek, D. (2016). The GlueVar risk measure and investor's attitudes to risk-an application to the non-ferrous metals market. *Statistics in Transition New Series*, 305-316.
- Lai, K. K., He, K., Xie, C., & Chen, S. (2006). Market risk for nonferrous metals: A wavelet based VaR approach. *In Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, 1179-1184.
- Maaz, K., Mrestyal, K., & Muhammad, I. (2023). Estimating Value-at-Risk and expected shortfall of metal commodities: Application of GARCH-EVT method. *Journal of Risk Management in Financial Institutions*, 189-199.
- Markowitz, H. M. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 77-91.
- Morales-Bañuelos, P., & Fernández-Anaya, N. M. (2022). A Modified Black-Scholes-Merton Model for Option Pricing. *Journal Mathematics*.
- Muhammada, N., Kumar, T. A., Sana, M., & Muhammad, S. (2019). Modeling volatility of precious metals markets by using regime-switching. *Resources Policy*.
- Parmar, C. (2012). An analytical study on volatility on selected commodities: Bullions, Metals & Energy: Black Schools Model. *Global Journal of Finance and Economic Management*, 77-84.
- Emerging Markets Group Company. (2021). *China: Iron and steel sector 2021 Q4*. EMIS Insights Industry Report.
- Sari, R., Hammoudeh, S., & Soytas, U. (2010). Dynamics of oil price, precious metal prices, and exchange rate. *Energy Economics*, 351-362.
- Sectorial. (Noviembre 2021). *Informe Sector Hierro y Acero*. Sectorial.
- Sectorial. (Noviembre 2022). *Informe Sector Hierro y Acero*. Sectorial.
- Tse, Y. y. (1998). A Flexible Approach to Modeling Volatility: The FIAPARCH Model. *Journal of Financial Econometrics*.