



**Impacto en la variación de precios en los diferentes componentes del  
presupuesto de construcción de puentes metálicos en el departamento de Boyacá entre  
2018 y 2023**

Milton Rodrigo Camacho Pérez

Brayan David De La Rosa Villalba

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Febrero de 2025

VARIACIÓN DE COSTOS EN PUENTES METÁLICOS DE BOYACÁ (2018-2023)

**Impacto en la variación de precios en los diferentes componentes del  
presupuesto de construcción de puentes metálicos en el departamento de Boyacá entre  
2018 y 2023**

Milton Rodrigo Camacho Pérez

Brayan De La Rosa Villalba

Asesor(a)

Doris Amanda Rosero García

Microbióloga, M.Sc., PhD.

Posdoctorado en Microbiología Ambiental

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Febrero de 2025

## Contenido

Lista de tablas .....	5
Lista de figuras .....	6
INTRODUCCIÓN.....	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.1. Descripción del problema .....	11
1.2. Pregunta de investigación .....	12
1.3. Objetivos de investigación.....	13
1.3.1. Objetivo general .....	13
1.3.2. Objetivos específicos.....	13
1.4. Justificación de la investigación .....	13
2. MARCO DE REFERENCIA .....	15
2.1. Marco de antecedentes .....	15
2.2. Marco Teórico.....	16
2.2.1. Costos en Proyectos de Infraestructura .....	16
2.2.2. Impacto del Mercado Global en los Precios de Materiales .....	16
2.2.3. Planificación Presupuestaria y Herramientas de Monitoreo .....	17
2.2. Marco normativo .....	18
3. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Enfoque y alcance .....	20
3.2. Población y muestra.....	20

3.2.1.	Definición de la población .....	20
3.3.	Instrumentos .....	22
3.4.	Descripción de procedimientos .....	22
3.5.	Análisis de la información .....	23
3.6.	Consideraciones éticas.....	24
4.	RESULTADOS .....	26
5.	DISCUSIÓN.....	36
6.	CONCLUSIONES .....	38
7.	RECOMENDACIONES.....	40
8.	REFERENCIAS .....	43

## Lista de tablas

Tabla 1 Tipos y Clasificación de los datos .....	26
Tabla 2. Codificación de los datos por grupos de variables .....	27
Tabla 3 Estadística descriptiva para acero corrugado periodo 2018-2023 .....	29
Tabla 4 Estadística descriptiva para acero estructural periodo 2018-2023 .....	30

## Lista de figuras

Figura 1. Evolución de la media acero corrugado (2018-2023).....	31
Figura 2. Evolución de la media acero estructural (2018-2023) .....	31
Figura 3. Datos normalizados 2018-2023 .....	33

## RESUMEN

Este estudio analiza las variaciones en los precios de los insumos clave utilizados para la construcción de puentes metálicos en Boyacá durante el periodo 2018-2023, con énfasis en el acero y el acero corrugado. Los datos provienen del Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV), proporcionado por el DANE, y del Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP 1). Como base para realizar el estudio, se seleccionó el proyecto de construcción del puente colgante vehicular en la vereda Guayabal, municipio de Labranza grande. El desarrollo metodológico incluyó la recopilación de información del ICOCIV, la cual fue organizada por insumos y años, mientras que los documentos del SECOP se revisaron manualmente para identificar los costos iniciales y las variaciones presupuestarias. Los datos fueron procesados y codificados mediante Microsoft Excel y Jamovi, lo que permitió identificar patrones en las fluctuaciones de precios y su impacto en el presupuesto del proyecto. Los resultados reflejan que los precios del acero y el acero corrugado presentaron fluctuaciones significativas, probablemente influenciadas por eventos globales como la pandemia COVID-19 y la guerra en Ucrania la cual inició en febrero del año 2022. Estas variaciones generaron impactos en el costo total del proyecto, provocando desviaciones presupuestarias y afectando los tiempos de ejecución. Los hallazgos del estudio ofrecen una base para la formulación de estrategias que optimicen la gestión de costos en los proyectos de infraestructura, especialmente en Boyacá, promoviendo la toma de decisiones asadas en datos.

**Palabras clave:** Construcción, acero, puentes metálicos, costos

## **ABSTRACT**

This study analyzes price variations in key inputs used for constructing metal bridges in Boyacá during the 2018-2023 period, emphasizing steel and rebar. The data comes from the Civil Works Construction Cost Index (ICOCIV), provided by DANE, and the Public Procurement Electronic System (SECOP 1). As the basis for this study, the construction project of the vehicular suspension bridge in the Guayabal village, Labranza Grande municipality, was selected. The methodological approach included gathering information from ICOCIV, which was organized by input and year, while SECOP documents were manually reviewed to identify initial costs and budget variations. The data was processed and coded using Microsoft Excel and Jamovi, allowing for the identification of price fluctuation patterns and their impact on the project's budget. The results show that steel and rebar prices experienced significant fluctuations, likely influenced by global events such as the COVID-19 pandemic and the war in Ukraine, which began in February 2022. These variations impacted the project's total cost, causing budget deviations and affecting execution timelines. The study's findings provide a foundation for developing strategies to optimize cost management in infrastructure projects, particularly in Boyacá, promoting data-driven decision-making.

**Key words:** Construction, steel, metal bridges, costs

## INTRODUCCIÓN

La construcción de puentes metálicos en Colombia desempeña un papel esencial en el desarrollo de la infraestructura vial, especialmente en regiones como Boyacá, donde la geografía montañosa dificulta la conectividad entre comunidades y limita el acceso a servicios esenciales. Estos proyectos de infraestructura no solo son fundamentales para la integración regional, sino también para el crecimiento económico y social de las comunidades locales (Camacol, 2022). Sin embargo, la viabilidad y ejecución de este tipo de obras suelen estar influenciadas por las fluctuaciones en los costos de los insumos, los cambios macroeconómicos y los desafíos logísticos propios del contexto colombiano (Banco de la República, 2023). Entre 2018 y 2023, la economía colombiana enfrentó diversos retos que impactaron directamente en el sector de la construcción, incluyendo la volatilidad de los mercados internacionales, el aumento en los costos de los materiales y las interrupciones en las cadenas de suministro derivadas de la pandemia de COVID-19 (DANE, 2025). A nivel global, eventos como la guerra en Ucrania también contribuyeron al encarecimiento de insumos clave, como el acero y el concreto, lo que afectó significativamente el desarrollo de proyectos de infraestructura vial (ONU, 2022). Estas variaciones han generado desviaciones presupuestarias que dificultan la planificación financiera de los proyectos y su ejecución en los plazos establecidos (Camacol, 2022).

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) ha proporcionado datos para el análisis de estos cambios mediante el Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV). Este indicador permite monitorear la variación promedio de los precios de una canasta representativa de insumos utilizados en obras civiles, incluyendo materiales, equipos y mano de obra (DANE, 2025).

Esta investigación tiene como objetivo el comprender las dinámicas de mercado que han afectado los costos de construcción en Boyacá, proporcionando una base para la

formulación de estrategias que permitan mejorar la gestión de recursos en futuros proyectos de infraestructura vial (Banco Mundial, 2021). Además, este estudio pretende contribuir al desarrollo de políticas públicas y decisiones privadas informadas que optimicen el uso de recursos financieros y materiales en el sector de la construcción (OCDE, 2022).

Para abordar esta problemática, la investigación empleó un enfoque mixto con análisis cuantitativo, basado en el estudio de series de tiempo de los costos de materiales utilizados en la construcción de puentes metálicos en Boyacá. Se recopilaron datos del Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV) del DANE y del Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP I) para analizar la evolución de precios del acero estructural y el acero corrugado entre 2018 y 2023. A través de herramientas estadísticas como la desviación estándar y el análisis de tendencias, se identificaron incrementos significativos en los costos de estos insumos, destacando picos pronunciados en 2021 y 2022, en coincidencia con eventos globales que afectaron el mercado. Los hallazgos evidencian que la volatilidad de precios tuvo un impacto directo en la planificación y ejecución de proyectos, generando desviaciones presupuestarias y afectaciones en los tiempos de obra.

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción del problema

La construcción de puentes metálicos es fundamental para garantizar la conectividad vial en regiones como Boyacá, donde la geografía montañosa dificulta el acceso a servicios básicos y la integración económica de sus comunidades. Sin embargo, en los últimos años, los costos asociados a estos proyectos se han visto significativamente afectados por variaciones en los precios de los insumos esenciales, como el acero y el acero corrugado, los cuales representan componentes clave en la estructura de los puentes metálicos (Camacol, 2022).

Entre 2018 y 2023, eventos globales como la pandemia COVID-19 y la guerra en Ucrania han generado interrupciones en las cadenas de suministro y fluctuaciones en los mercados internacionales, lo que ha ocasionado incrementos sustanciales en los precios de los materiales de construcción. Según el Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV) publicado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2025), el acero y otros materiales esenciales han experimentado aumentos significativos en este periodo, impactando directamente los presupuestos de obras civiles en Colombia. A nivel global, organismos como la OCDE han señalado que estos eventos han afectado especialmente a las economías en desarrollo debido a su dependencia de insumos importados (OCDE, 2022).

En este contexto, Boyacá enfrenta retos particulares debido a su dependencia de proveedores externos y a las dificultades logísticas asociadas al transporte de materiales hacia las zonas rurales. Estas condiciones han provocado desviaciones presupuestarias y retrasos en proyectos de infraestructura, limitando su ejecución dentro de los plazos y costos estimados. Un caso representativo es el proyecto de construcción del puente colgante vehicular en la vereda Guayabal, en el municipio de Labranzagrande, Boyacá, cuyo desarrollo refleja las

complejidades derivadas de las fluctuaciones de precios en los insumos principales (Agencia Nacional de Contratación Pública - Colombia Compra Eficiente, 2018).

A pesar de la relevancia de este problema, existe poca información que analice de manera integral el impacto de estas variaciones de precios en el presupuesto total de los proyectos de construcción de puentes metálicos en Boyacá. Esto limita la capacidad de los tomadores de decisiones para prever y mitigar los efectos de las fluctuaciones del mercado, así como para optimizar la gestión de costos en futuros proyectos.

Por tanto, surge la necesidad de realizar un estudio que evalúe el impacto de las variaciones de precios en los insumos clave utilizados en la construcción de puentes metálicos en Boyacá durante el periodo 2018-2023, con el fin de identificar las causas de estas fluctuaciones, cuantificar su efecto en los costos totales de los proyectos y proponer estrategias que permitan mejorar la eficiencia en la gestión de recursos. Este periodo fue seleccionado debido a que en estos años ocurrieron acontecimientos de gran impacto global, como la pandemia de COVID-19 y la guerra en Ucrania, los cuales generaron disrupciones en las cadenas de suministro, escasez de materiales y aumentos en los costos de producción. Estos factores provocaron fluctuaciones significativas en la mayoría de los mercados, incluyendo el de la construcción, afectando la estabilidad financiera y operativa de los proyectos de infraestructura en el departamento de Boyacá y en toda Colombia en general.

## **1.2. Pregunta de investigación**

¿Cuál es el impacto en la variación de precios en los diferentes componentes del presupuesto de construcción de puentes metálicos en el departamento de Boyacá entre 2018 y 2023, y cómo ha afectado esta variación el desarrollo de estos proyectos?

### **1.3. Objetivos de investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el impacto de la variación de precios en los principales insumos del presupuesto de construcción de puentes metálicos en Boyacá, con énfasis en materiales como el acero y el acero corrugado, durante el periodo 2018-2023.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Analizar las características de los principales insumos, como el acero y el acero corrugado, utilizados en los proyectos de construcción de puentes metálicos en Boyacá durante el periodo 2018-2023.

Diagnosticar las tendencias de las variaciones de precios en los principales insumos de construcción (materiales, equipos y mano de obra), utilizando datos del Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV) proporcionados por el DANE.

Establecer las variaciones de precios en el costo total de los proyectos analizados, tomando el proyecto del puente colgante vehicular en la vereda Guayabal, y proponer estrategias para optimizar la gestión de costos en futuros proyectos.

### **1.4. Justificación de la investigación**

El estudio de la variación de precios en la construcción de puentes metálicos en Boyacá es importante debido a su relevancia tanto económica como social. La región depende de una infraestructura vial adecuada para garantizar la movilidad y el desarrollo integral de sus

comunidades. Sin embargo, las fluctuaciones de precios de los insumos de construcción generan incertidumbre en la planificación y ejecución de los proyectos, lo que puede traducirse en sobrecostos, retrasos y una menor eficiencia en el uso de los recursos disponibles.

La selección de un proyecto específico, como el puente colgante vehicular de la vereda Guayabal, proporciona un caso realista que ilustra los desafíos enfrentados por los actores involucrados en la construcción de infraestructura. Este análisis no solo permitirá identificar las principales tendencias de variación de costos, sino que también proporcionará insumos para proponer estrategias que optimicen la gestión de recursos en futuros proyectos.

Desde una perspectiva académica, esta investigación contribuye al entendimiento de las dinámicas del mercado de la construcción en Colombia y su interacción con factores macroeconómicos globales y regionales. A nivel práctico, los resultados del estudio pueden servir como una herramienta para tomadores de decisiones en sectores públicos y privados, ayudando a mitigar riesgos financieros y logísticos en la construcción de infraestructura vial.

Además del impacto económico, la variación de precios en la construcción de puentes metálicos tiene implicaciones sociales significativas, ya que la infraestructura vial es un factor determinante en la calidad de vida de las comunidades. Un acceso adecuado a vías y puentes permite mejorar la conectividad entre poblaciones, facilitando el transporte de bienes y servicios esenciales como salud, educación y comercio. En zonas rurales de Boyacá, donde las condiciones geográficas dificultan la movilidad, los retrasos en la ejecución de proyectos de infraestructura pueden profundizar el aislamiento de ciertas comunidades, limitando sus oportunidades de desarrollo. Por ello, comprender las fluctuaciones de costos en estos proyectos no solo contribuye a optimizar la gestión financiera, sino que también permite garantizar una planificación más eficiente que beneficie directamente a la población, promoviendo el crecimiento social y la integración regional.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Marco de antecedentes**

De acuerdo con Delgado & Zuñiga, (2016) en su estudio titulado “Comparación de costos entre puentes con viga de acero, concreto reforzado y postensado considerando la variación de la luz libre”. En este trabajo, los autores concluyeron que los costos de los puentes con vigas de acero son significativamente más sensibles a las fluctuaciones de los mercados internacionales, debido a la dependencia de este insumo, destacando su impacto en proyectos de infraestructura vial.

Por otro lado, el manual de costos y presupuestos de obras viales tomo II de Walter Ibáñez (2019) ofrece un análisis detallado sobre la estructuración de presupuestos en proyectos de obra civil, enfatizando en los factores externos que afectan los costos de materiales, como el acero corrugado. Este manual subraya la importancia de anticipar fluctuaciones mediante el análisis histórico de precios y el monitoreo de tendencias globales.

En un contexto más amplio, la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol) (2022) publicó un informe que analiza el impacto de la pandemia de COVID-19 y la guerra en Ucrania sobre los precios de los materiales de construcción. Este documento destaca que la disrupción en las cadenas de suministro globales y el incremento de los costos logísticos tuvieron repercusiones directas en el acero, afectando tanto los presupuestos como los plazos de ejecución de proyectos en Colombia.

Finalmente, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) ha sido una fuente clave para evaluar las tendencias en los costos de la construcción mediante el Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV). Este índice proporciona una

visión detallada de las fluctuaciones en los precios de materiales esenciales, permitiendo una comparación sistemática a lo largo de los años (DANE, 2025).

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Costos en Proyectos de Infraestructura**

La construcción de puentes metálicos requiere una adecuada gestión de costos, los cuales se dividen principalmente en costos directos e indirectos. Los costos directos están relacionados con la adquisición de insumos como acero y concreto, así como con el empleo de mano de obra y equipos de instalación. Por su parte, los costos indirectos incluyen aspectos como logística, gestión del proyecto y contingencias imprevistas. Según Patiño Ortiz (2007), un presupuesto de construcción debe ser exhaustivo y considerar todos los componentes del proyecto, así como sus sistemas constructivos. Una correcta planificación presupuestaria permite evitar desviaciones significativas durante la ejecución de las obras y asegura una mejor asignación de recursos. La metodología del análisis de precios unitarios es clave para desglosar el costo de ejecución de cada actividad del proyecto. Esta metodología relaciona todos los insumos y cantidades requeridos, permitiendo una evaluación detallada de los costos y rendimientos asociados a cada tarea (INVIAS, 2022).

### **2.2.2. Impacto del Mercado Global en los Precios de Materiales**

El acero es un insumo fundamental en la construcción de puentes metálicos debido a su resistencia y durabilidad. Sin embargo, su precio ha estado sujeto a fluctuaciones significativas en los últimos años. La pandemia de COVID-19 en 2020 provocó interrupciones en la producción mundial, generando aumentos en la demanda y reducciones en la oferta.

Posteriormente, la guerra entre Rusia y Ucrania en 2022 intensificó estas fluctuaciones debido a que ambos países son importantes productores de acero y aluminio, lo que afectó el suministro global y elevó los costos hasta en un 50% (Camacol, 2022).

En Colombia, la industria nacional del acero está liderada por empresas como Acerías Paz del Río y Ternium, que cubren una parte significativa de la demanda local. No obstante, la dependencia de importaciones para cubrir la totalidad del consumo ha hecho que los costos de los proyectos de infraestructura estén altamente influenciados por el mercado internacional (Ospina, 2023).

### **2.2.3. Planificación Presupuestaria y Herramientas de Monitoreo**

La planificación financiera en proyectos de infraestructura requiere el uso de herramientas que permitan monitorear y analizar la evolución de los costos. Una de las herramientas clave es el Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV), desarrollado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Este índice mide la variación promedio de los precios de una canasta de bienes y servicios utilizados en la construcción, proporcionando datos desglosados por tipo de insumo y año (DANE, 2025). Otra herramienta relevante es el Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP 1), el cual permite consultar información detallada sobre los contratos de infraestructura pública en Colombia, facilitando la comparación de presupuestos y costos entre diferentes proyectos. La integración de estas herramientas en la planificación presupuestaria puede mejorar significativamente la precisión de las estimaciones y la gestión de riesgos asociados a la variación de precios. El acero y el acero corrugado, por su importancia estructural, representan uno de los componentes más volátiles en los presupuestos de infraestructura. Las variaciones

de precio están influenciadas no solo por factores de oferta y demanda, sino también por eventos internacionales como la pandemia y conflictos geopolíticos recientes, lo que subraya la necesidad de estrategias de mitigación y planificación eficiente en proyectos de construcción.

## **2.2. Marco normativo**

El marco normativo se divide en tres componentes: el primero corresponde a la normativa relacionada con las funciones del Instituto Nacional de Vías (de ahora en adelante INVIAS), el segundo aborda la normativa que rige el diseño de puentes en Colombia y el tercero se refiere a las especificaciones técnicas, de las cuales se deriva el concepto de análisis de precios unitarios (APU), utilizado para definir el presupuesto de una obra.

El análisis del primer componente se basa en el Decreto 1292 de 2021, que establece en su artículo 2 las funciones del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Para el cumplimiento de sus objetivos, el INVIAS desarrollará las siguientes funciones generales (Decreto 1292 de 2021):

- **Numeral 2.2:** Elaborar conjuntamente con el Ministerio de Transporte los planes, programas y proyectos tendientes a la construcción, reconstrucción, mejoramiento, rehabilitación, conservación, operación y mantenimiento, atención de emergencias y demás obras que requiera la infraestructura de su competencia.
- **Numeral 2.20:** Definir, expedir y adoptar la regulación técnica relacionada con la infraestructura de los modos de transporte carretero, fluvial, férreo y marítimo.

Es aquí donde el INVIAS tiene a su cargo la definición de los diseños de vías y puentes. Para esto se aborda el segundo componente, que se detalla a continuación.

Para el segundo componente, se considera que el 26 de enero de 2015, mediante la Resolución 108 de 2015, el Instituto Nacional de Vías adoptó como Normas Técnicas para el diseño de puentes el procedimiento contenido en el anexo denominado (Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-2014), para los estudios, diseños, construcción y mantenimiento de puentes que se adelanten en la Red Vial Nacional a cargo del INVIAS (INVIAS, 2015).

En la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-2014, específicamente en la sección 6, titulada **Estructuras de Acero**, se establece el alcance del diseño de componentes de acero, empalmes y conexiones para estructuras de vigas rectas o curvadas horizontalmente, pórticos, armaduras y arcos, sistemas atirantados y colgantes, y sistemas de tablero metálico, según sea aplicable.

Para el tercer componente, es importante considerar las especificaciones generales de construcción de carreteras (2024), según lo menciona el Instituto Nacional de Vías. Estas se encuentran en la Resolución 4561 del 29 de noviembre de 2022, que adopta las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras como Norma Técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional (INVIAS, 2022).

Por último, estas especificaciones técnicas delimitan el análisis de precios unitarios (APU), que en este documento se enfocará en la variación del componente de acero.

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1. Enfoque y alcance**

Este estudio empleó un enfoque mixto, orientado al análisis detallado de la variación de costos en la construcción de puentes metálicos en el departamento de Boyacá entre los años 2018 y 2023. Este método permite recopilar, analizar y comparar datos numéricos sobre los precios de materiales, mano de obra, equipos y otros elementos esenciales en la construcción de infraestructura vial (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Para procesar y analizar los datos, se empleó Microsoft Excel, el cual permite realizar análisis descriptivos y de tendencia, facilitando la identificación de picos y caídas en los precios a lo largo del periodo estudiado (Camacol, 2022). Además, se usaron gráficos de series temporales y tablas comparativas que permitieron visualizar cómo eventos externos, como la pandemia COVID-19 y la guerra en Ucrania, han influido en los costos de insumos como el acero, el concreto y otros materiales relevantes en la construcción de puentes metálicos (Sociedad Colombiana de Arquitectos, 2023).

El alcance de esta investigación es descriptivo y analítico. El análisis incluye tanto el comportamiento histórico de los precios, registrado en el ICOCIV, como el impacto específico de dichas variaciones en el presupuesto y la ejecución del proyecto seleccionado en el SECOP I. Esto permite comprender cómo factores macroeconómicos y regionales influyen en el desarrollo de infraestructura vial en Boyacá. que suelen estar sujetos a condiciones del mercado global (Ibáñez, 2021).

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1. Definición de la población**

La población objeto de estudio incluyó los datos históricos de costos de insumos para obras civiles registrados en el ICOCIV, así como los proyectos de construcción de infraestructura vial en Colombia registrados en el SECOP. Estos datos representaron una muestra significativa de las dinámicas de costos en el sector de la construcción en el país. Los datos obtenidos permitieron identificar las fluctuaciones en los precios de insumos y materiales utilizados en la construcción de puentes metálicos, proporcionando una visión clara sobre las tendencias de costos en el contexto de proyectos de infraestructura.

### **3.2.2. Cálculo y selección de la muestra**

La muestra estuvo constituida por el análisis de un proyecto específico registrado en el SECOP: “Construcción de puente colgante vehicular en la vereda Guayabal del municipio de Labranzagrande, Boyacá”, con número de proceso 17-1-183373. Este proyecto fue seleccionado debido a su representatividad en cuanto a los desafíos económicos y logísticos que enfrentaron las obras de infraestructura en Boyacá. Además, se seleccionó por ser un ejemplo pertinente de construcción de puentes metálicos en la región, lo que facilitó la evaluación de los costos de materiales como el acero estructural y el acero corrugado.

Adicionalmente, se utilizaron los datos del ICOCIV correspondientes al periodo 2018-2023 para evaluar las tendencias de precios de estos insumos clave. Esto permitió contar con un análisis más completo y actualizado sobre las variaciones de precios en el sector de la construcción, facilitando la identificación de patrones y posibles recomendaciones para optimizar los costos de los proyectos en la región.

### **3.3. Instrumentos**

Los datos utilizados en esta investigación provienen de fuentes secundarias confiables que garantizan su validez y relevancia. Entre estas fuentes, se destaca el Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV), proporcionado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el cual permite analizar la variación de precios en insumos clave como el acero y el acero corrugado durante el periodo comprendido entre 2018 y 2023. Asimismo, se consultó el Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP I), plataforma que proporciona información sobre contratos de infraestructura en Colombia, permitiendo seleccionar y analizar proyectos representativos, como el caso del puente colgante vehicular en la vereda Guayabal, municipio de Labranzagrande, Boyacá.

### **3.4. Descripción de procedimientos**

El análisis de la información se centró en interpretar las variaciones de precios de los insumos clave para la construcción de puentes metálicos en Boyacá, con base en los datos recolectados del ICOCIV y el SECOP 1. Para ello, se aplicaron técnicas estadísticas descriptivas que permitieron identificar patrones de comportamiento en los costos y su impacto en el presupuesto del proyecto seleccionado.

Los datos organizados se sometieron a un proceso de comparación entre años, analizando las tendencias en las variaciones porcentuales de precios y los factores externos que pudieron influir, como la pandemia de COVID-19 y los cambios en las cadenas de suministro

internacionales. Las herramientas utilizadas, Microsoft Excel y Jamovi, facilitaron la generación de visualizaciones que sintetizan los resultados de manera clara y precisa.

Además, se verificó la coherencia de las desviaciones presupuestarias del proyecto respecto a los datos promedio reportados en el ICOCIV, lo que permitió contextualizar las discrepancias observadas y comprender su relación con los costos de los materiales esenciales como el acero y el acero corrugado. El análisis proporcionó una visión integral de las dinámicas de costos en el sector, destacando los factores económicos que condicionaron la ejecución del proyecto y ofreciendo bases sólidas para la interpretación de los resultados.

### **3.5. Análisis de la información**

El análisis se hizo mediante la codificación de los datos fue un paso fundamental para convertir la información recolectada en insumos procesables y relevantes para el análisis estadístico. Para este propósito, se utilizó el software Jamovi, conocido por su eficiencia en el manejo de variables categóricas y continuas, así como por su capacidad para generar visualizaciones claras y precisas. Este proceso se centró en organizar los datos en función de las variaciones de precios y su impacto en el proyecto seleccionado (Jamovi, 2023).

En primer lugar, se identificaron las principales variables del estudio. Las variables continuas incluyeron la variación porcentual anual de los precios del acero y acero corrugado, así como el incremento acumulado en los costos del proyecto. Por otro lado, las variables categóricas se definieron en función de los insumos (acero y acero corrugado), la temporalidad (años entre 2018 y 2023) y las desviaciones presupuestarias, que se clasificaron en bajas (0%-5%), medias (5%-15%) y altas (>15%).

El proceso de codificación comenzó con la asignación de códigos únicos a cada variable para garantizar su diferenciación. Por ejemplo, se asignaron los códigos “AC” para el acero y

“ACC” para el acero corrugado, mientras que las desviaciones presupuestarias fueron etiquetadas según su rango porcentual. Posteriormente, los datos fueron validados para garantizar su consistencia, lo que implicó una revisión minuciosa de las etiquetas asignadas y su comparación con las fuentes originales.

A pesar de la planificación cuidadosa, se presentaron ciertos desafíos durante este proceso. La separación de variables categóricas y continuas requirió ajustes adicionales para evitar solapamientos, mientras que la heterogeneidad en los datos iniciales complicó la clasificación. Estos problemas se resolvieron mediante la implementación de controles cruzados y la revisión manual de las categorías asignadas.

Finalmente, los datos codificados fueron exportados en formatos compatibles con Jamovi para su análisis estadístico. Las visualizaciones generadas a partir de esta codificación permitieron identificar patrones claros en las variaciones de precios y su impacto en el proyecto analizado. Este enfoque no solo facilitó la interpretación de los datos, sino que también proporcionó una base sólida para formular recomendaciones destinadas a optimizar la gestión de costos en futuros proyectos de infraestructura vial.

### **3.6. Consideraciones éticas**

Dado que se utilizó datos públicos disponibles en el portal del INVIAS, no se manejó información confidencial ni privada. Todo el procesamiento y análisis de datos se realizará respetando las políticas de uso de la información pública establecidas por las entidades gubernamentales. Se garantizó el adecuado reconocimiento de las fuentes utilizadas, citando correctamente los datos obtenidos del INVIAS, Camacol y otras entidades relevantes. Esto asegura el cumplimiento de las normas éticas de la investigación académica.

El análisis fue realizado de forma objetiva y sin sesgos, garantizando que los resultados reflejen con precisión las tendencias observadas, además se evitará cualquier manipulación de datos o interpretación que pueda generar conclusiones erróneas o tendenciosas. El proyecto busca contribuir al desarrollo de infraestructura vial en Boyacá, proporcionando datos útiles que puedan ser utilizados para mejorar la planificación y gestión de recursos en proyectos de construcción.

#### 4. RESULTADOS

La Tabla 1 presenta las variables clave para analizar la variación de costos en la construcción de puentes metálicos en Boyacá. Incluye la Fecha, clasificada como cualitativa ordinal, y cuatro variables cuantitativas continuas: Índice Acero AC [%], Índice Acero Estructural [%], Valor Acero [\$] y Valor Acero Estructural [\$], todas en escala de razón. Estas variables permiten evaluar la evolución de precios y su impacto en los proyectos de infraestructura.

**Tabla 1** Tipos y Clasificación de los datos

Variable	Descripción	Variable	Tipo de Variable	Respuesta
Fecha	Fecha	Cuantitativa	Ordinal	Numérica
Índice Acero AC [%]	Indice_Acero	Cuantitativa	Cuantitativa	Numérica
Índice Acero Estructural [%]	Indice_Acero_Estructural	Cuantitativa	Cuantitativa	Numérica
Valor Acero [\$]	Valor_Acero	Cuantitativa	Cuantitativa	Numérica
Valor Acero Estructural [\$]	Valor_Acero_Estructural	Cuantitativa	Cuantitativa	Numérica

Fuente: autores

La Tabla 2 presenta la codificación de datos por grupos de variables, reflejando la variación porcentual mensual de los índices de acero y acero estructural, junto con sus valores en pesos colombianos, desde noviembre de 2017 hasta marzo de 2023. Se observa una tendencia fluctuante en los precios del acero y acero estructural, con períodos de incrementos significativos, especialmente en 2021 y 2022, seguidos de caídas en 2022 y 2023.

**Tabla 2.** Codificación de los datos por grupos de variables

<b>Fecha</b>	<b>Índice Acero AC [%]</b>	<b>Índice Acero Estructural AC [%]</b>	<b>Valor Acero ACC [\$]</b>	<b>Valor Acero Estructural AC [\$]</b>
noviembre de 2017			\$ 3.606,00	\$ 17.102,00
diciembre de 2017	1,31%	0,21%	\$ 3.653,11	\$ 17.138,17
enero de 2018	1,66%	1,46%	\$ 3.713,64	\$ 17.389,02
febrero de 2018	1,43%	1,03%	\$ 3.766,87	\$ 17.568,98
marzo de 2018	0,86%	0,27%	\$ 3.799,30	\$ 17.616,39
abril de 2018	0,73%	0,24%	\$ 3.827,14	\$ 17.658,22
mayo de 2018	0,66%	0,30%	\$ 3.852,33	\$ 17.710,43
junio de 2018	0,22%	0,05%	\$ 3.860,93	\$ 17.719,35
julio de 2018	0,32%	-0,02%	\$ 3.873,38	\$ 17.716,60
agosto de 2018	0,18%	0,35%	\$ 3.880,51	\$ 17.777,73
septiembre de 2018	0,16%	0,34%	\$ 3.886,83	\$ 17.838,43
octubre de 2018	0,22%	0,12%	\$ 3.895,47	\$ 17.859,23
noviembre de 2018	0,16%	-0,03%	\$ 3.901,83	\$ 17.854,57
diciembre de 2018	0,34%	0,04%	\$ 3.914,98	\$ 17.862,13
enero de 2019	1,01%	1,10%	\$ 3.954,72	\$ 18.057,81
febrero de 2019	0,69%	0,76%	\$ 3.982,20	\$ 18.195,93
marzo de 2019	0,26%	0,34%	\$ 3.992,57	\$ 18.258,68
abril de 2019	0,31%	0,15%	\$ 4.004,97	\$ 18.285,16
mayo de 2019	0,44%	0,36%	\$ 4.022,60	\$ 18.351,01
junio de 2019	0,10%	0,18%	\$ 4.026,52	\$ 18.383,20
julio de 2019	0,17%	0,04%	\$ 4.033,26	\$ 18.391,19
agosto de 2019	0,07%	-0,01%	\$ 4.036,02	\$ 18.389,56
septiembre de 2019	0,30%	-0,17%	\$ 4.047,95	\$ 18.358,02
octubre de 2019	0,27%	0,75%	\$ 4.058,84	\$ 18.496,28
noviembre de 2019	0,05%	0,04%	\$ 4.060,72	\$ 18.503,91
diciembre de 2019	0,05%	0,06%	\$ 4.062,73	\$ 18.515,54
enero de 2020	0,67%	0,95%	\$ 4.089,74	\$ 18.691,80
febrero de 2020	0,31%	0,61%	\$ 4.102,61	\$ 18.805,06
marzo de 2020	0,50%	0,41%	\$ 4.123,30	\$ 18.881,87
abril de 2020	0,87%	1,30%	\$ 4.159,10	\$ 19.127,25
mayo de 2020	1,28%	1,63%	\$ 4.212,13	\$ 19.439,84
junio de 2020	0,30%	0,13%	\$ 4.224,91	\$ 19.465,70
julio de 2020	0,21%	0,01%	\$ 4.233,93	\$ 19.468,06
agosto de 2020	0,30%	0,46%	\$ 4.246,56	\$ 19.556,81
septiembre de 2020	0,51%	0,28%	\$ 4.268,16	\$ 19.610,95
octubre de 2020	1,51%	0,21%	\$ 4.332,43	\$ 19.652,95
noviembre de 2020	2,24%	0,16%	\$ 4.429,42	\$ 19.684,24

Fecha	Índice Acero AC [%]	Índice Acero Estructural AC [%]	Valor Acero ACC [\$]	Valor Acero Estructural AC [\$]
diciembre de 2020	2,03%	0,31%	\$ 4.519,31	\$ 19.744,90
enero de 2021	5,10%	6,05%	\$ 4.749,96	\$ 20.939,41
febrero de 2021	8,77%	0,15%	\$ 5.166,67	\$ 20.970,82
marzo de 2021	5,22%	4,25%	\$ 5.436,53	\$ 21.861,03
abril de 2021	5,25%	14,99%	\$ 5.721,95	\$ 25.137,78
mayo de 2021	7,95%	4,15%	\$ 6.176,78	\$ 26.181,25
junio de 2021	-0,12%	-2,77%	\$ 6.169,13	\$ 25.455,51
julio de 2021	0,78%	5,59%	\$ 6.217,18	\$ 26.877,71
agosto de 2021	3,13%	-1,56%	\$ 6.411,84	\$ 26.458,95
septiembre de 2021	-5,37%	2,08%	\$ 6.067,40	\$ 27.010,09
octubre de 2021	-4,50%	1,42%	\$ 5.794,37	\$ 27.392,29
noviembre de 2021	-1,56%	2,88%	\$ 5.703,80	\$ 28.182,00
diciembre de 2021	-1,00%	4,40%	\$ 5.646,59	\$ 29.420,60
enero de 2022	-1,32%	2,80%	\$ 5.572,17	\$ 30.244,67
febrero de 2022	-0,63%	4,16%	\$ 5.536,90	\$ 31.503,16
marzo de 2022	11,57%	5,31%	\$ 6.177,68	\$ 33.174,71
abril de 2022	11,90%	2,79%	\$ 6.912,64	\$ 34.101,61
mayo de 2022	4,70%	-3,99%	\$ 7.237,53	\$ 32.739,60
junio de 2022	-4,18%	-2,91%	\$ 6.934,72	\$ 31.787,53
julio de 2022	-2,71%	0,38%	\$ 6.747,13	\$ 31.906,73
agosto de 2022	-4,03%	-1,86%	\$ 6.475,56	\$ 31.314,54
septiembre de 2022	-3,34%	0,95%	\$ 6.259,54	\$ 31.611,72
octubre de 2022	-0,36%	-0,30%	\$ 6.236,75	\$ 31.518,15
noviembre de 2022	0,79%	2,02%	\$ 6.286,02	\$ 32.154,50
diciembre de 2022	-3,31%	-0,03%	\$ 6.077,70	\$ 32.144,21
enero de 2023	-0,57%	-0,01%	\$ 6.043,06	\$ 32.142,28
febrero de 2023	-0,62%	1,86%	\$ 6.005,59	\$ 32.740,13
marzo de 2023	1,39%	-0,16%	\$ 6.089,07	\$ 32.687,74
abril de 2023	0,86%	-1,01%	\$ 6.141,44	\$ 32.357,60
mayo de 2023	-0,58%	0,68%	\$ 6.105,82	\$ 32.577,63
junio de 2023	-1,81%	-1,37%	\$ 5.995,30	\$ 32.131,31
julio de 2023	-2,08%	-2,13%	\$ 5.870,60	\$ 31.446,92
agosto de 2023	-1,58%	-2,33%	\$ 5.777,84	\$ 30.714,20
septiembre de 2023	-2,94%	0,82%	\$ 5.607,97	\$ 30.966,06
octubre de 2023	1,78%	-2,89%	\$ 5.707,80	\$ 30.071,14
noviembre de 2023	1,93%	2,74%	\$ 5.817,96	\$ 30.895,09
diciembre de 2023	1,97%	0,59%	\$ 5.932,57	\$ 31.077,37

Nota: La codificación de los datos se realizó desde el año 2018 hasta el año 2023

En la Tabla 3 se presentan los resultados de estadística descriptiva obtenidos para los datos correspondientes al acero corrugado.

**Tabla 3** Estadística descriptiva para acero corrugado periodo 2018-2023

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>N</b>	12	12	12	12	12	12
<b>Media</b>	3848	4024	4245	5772	6371	5925
<b>Mediana</b>	3867	4030	4229	5758	6273	5964
<b>Moda</b>	3714 <sup>a</sup>	3955 <sup>a</sup>	4090 <sup>a</sup>	4750 <sup>a</sup>	5537 <sup>a</sup>	5608 <sup>a</sup>
<b>Desviación estándar</b>	60.7	34.1	130	483	523	169
<b>Varianza</b>	3680	1161	16874	233029	273579	28695
<b>Mínimo</b>	3714	3955	4090	4750	5537	5608
<b>Máximo</b>	3915	4063	4519	6412	7238	6141
<b>Asimetría</b>	-1.16	-0.722	0.916	-0.799	-0.0653	-0.523
<b>Error est. asimetría</b>	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637
<b>Curtosis</b>	0.742	-0.215	0.469	0.331	-0.514	-0.752
<b>Error est. curtosis</b>	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
<b>W de Shapiro-Wilk</b>	0.893	0.931	0.922	0.939	0.953	0.950
<b>Valor p de Shapiro-Wilk</b>	0.129	0.395	0.303	0.487	0.678	0.634

<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

**Nota:** Datos analizados por periodo en Jamovi

Teniendo en cuenta la tabla 3, los estadísticos de media muestra un comportamiento incremental entre los años 2018 hasta 2022 con un leve descenso en el año 2023, la asimetría en los años 2018 y 2019 es negativa, esto se puede interpretar como la concentración de los datos en torno a la media con algunos casos extremos, como se puede evidenciar en los valores de curtosis, la prueba de Shapiro-Wilk indica que no se rechaza la hipótesis de normalidad.

Analizando la Tabla 4, se puede inferir que los valores tienen una distribución simétrica en torno a un valor central, y la prueba de Shapiro – Wilk muestra una normalidad en la distribución de los datos.

**Tabla 4** Estadística descriptiva para acero estructural periodo 2018-2023

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>N</b>	12	12	12	12	12	12
<b>Media</b>	17714	18349	19344	25491	32017	31651
<b>Mediana</b>	17718	18371	19467	26320	31847	31789
<b>Moda</b>	17389 <sup>a</sup>	18058 <sup>a</sup>	18692 <sup>a</sup>	20939 <sup>a</sup>	30245 <sup>a</sup>	30071 <sup>a</sup>
<b>Desviación estándar</b>	142	134	370	2802	983	898
<b>Varianza</b>	20152	18051	136750	7.85e+6	965427	806890
<b>Mínimo</b>	17389	18058	18692	20939	30245	30071
<b>Máximo</b>	17862	18516	19745	29421	34102	32740
<b>Asimetría</b>	-1.04	-0.786	-0.813	-0.694	0.546	-0.289
<b>Error est. asimetría</b>	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637	0.637
<b>Curtosis</b>	1.13	0.626	-0.921	-0.625	1.25	-1.30
<b>Error est. curtosis</b>	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
<b>W de Shapiro-Wilk</b>	0.899	0.931	0.860	0.891	0.949	0.917
<b>Valor p de Shapiro-Wilk</b>	0.152	0.389	0.049	0.123	0.617	0.259

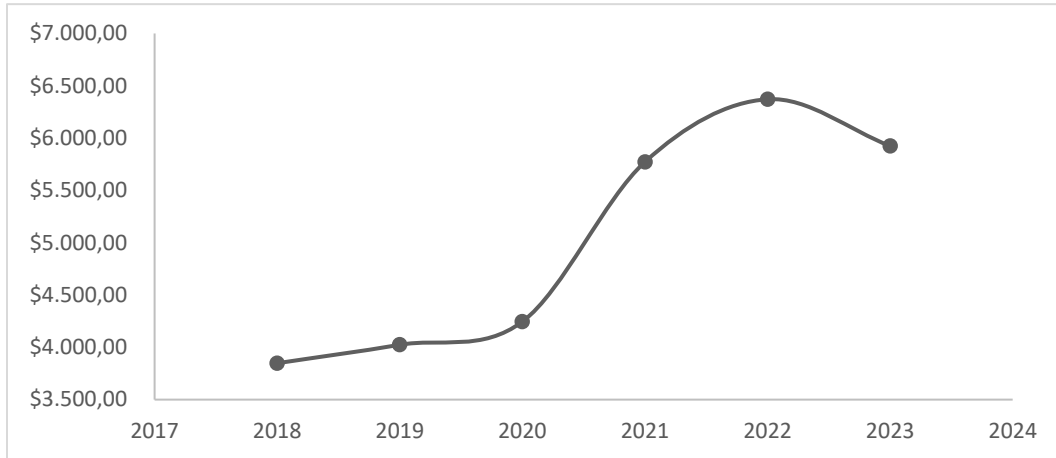
<sup>a</sup> Existe más de una moda, solo se reporta la primera

**Nota:** Datos analizados por periodo en Jamovi Fuente autores del estudio.

El análisis de la variación de precios del acero corrugado (ACC) y acero estructural (AC) en Colombia entre 2018 y 2023 muestra un comportamiento marcado por factores externos como crisis económicas, disrupciones en la cadena de suministro y variaciones en la demanda del sector de la construcción. A lo largo de este período, ambos materiales registraron un incremento sustancial en sus valores, alcanzando picos significativos en 2021 y 2022, antes de mostrar signos de estabilización en 2023.

En 2018, el precio promedio del ACC fue de \$ 3.848 y el del AC de \$ 17.714. Para 2023, estos valores aumentaron a \$ 5.925 (+54%) y \$ 31.651 (+78,6%), respectivamente. El crecimiento más pronunciado se observó en 2021 y 2022, con un incremento del 36% en ACC y 31,8% en AC. La desviación estándar del ACC pasó de 60,7 en 2018 a 169 en 2023, mientras que la del AC aumentó de 142 en 2018 a 898 en 2023, reflejando una mayor dispersión de los valores y, por ende, más volatilidad en los precios.

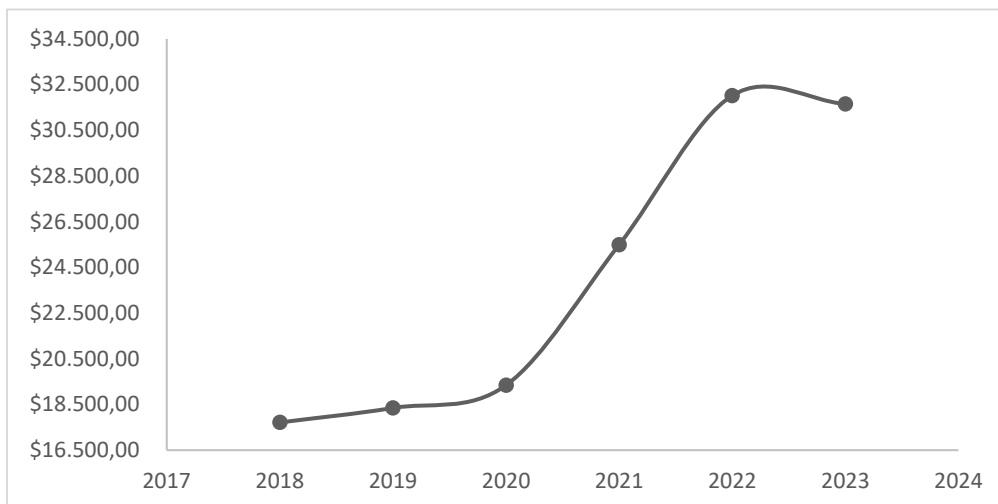
**Figura 1. Evolución de la media acero corrugado (2018-2023)**



**Fuente:** los autores.

Se evidencia una tendencia alcista marcada después del año 2020 con una ligera disminución en el año 2023

**Figura 2. Evolución de la media acero estructural (2018-2023)**



**Fuente:** los autores.

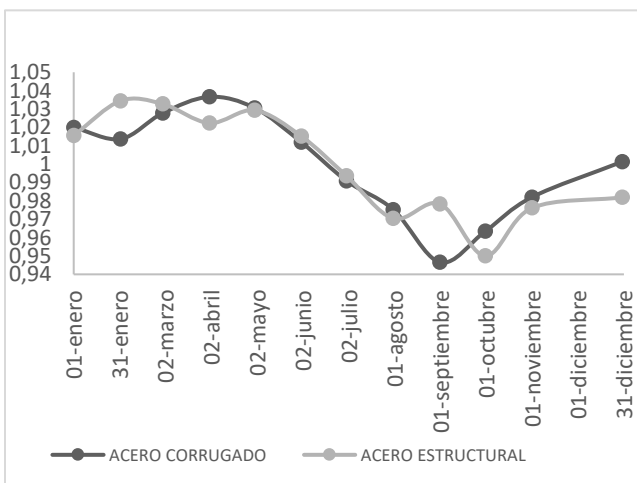
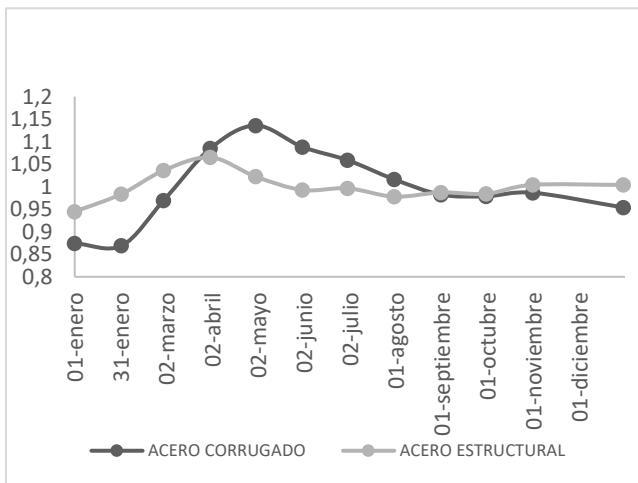
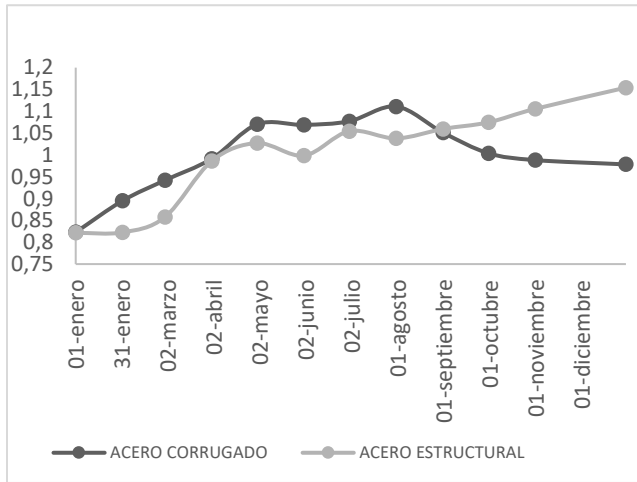
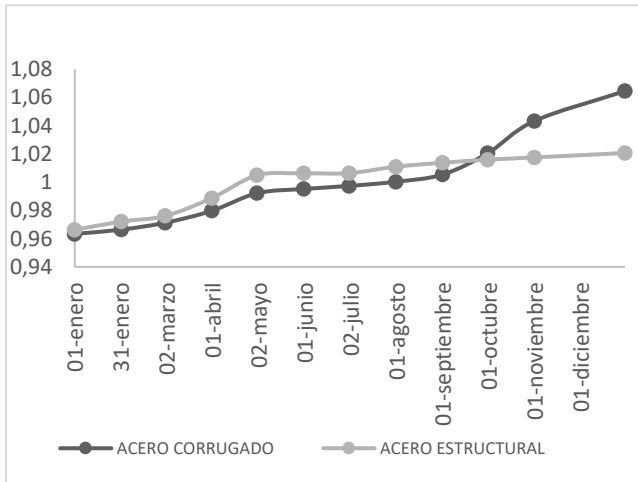
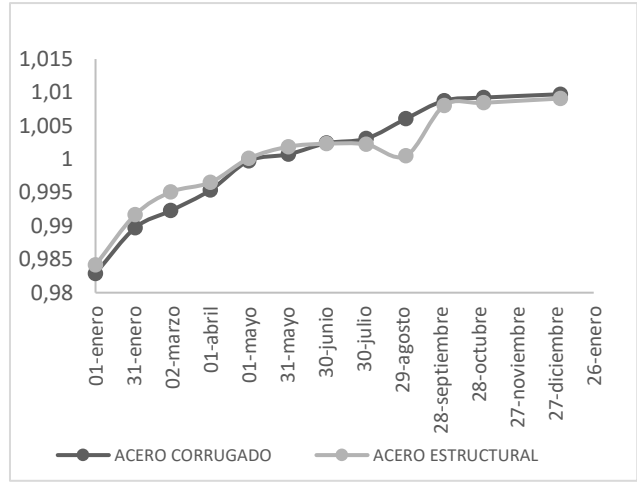
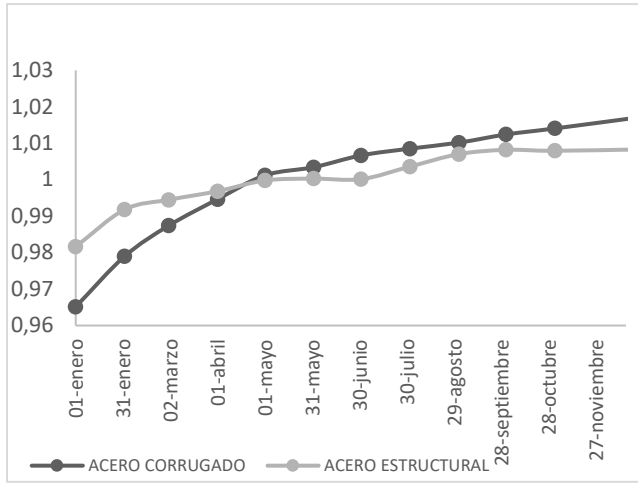
Se evidencia una tendencia alcista marcada después del año 2020 con una ligera disminución en el año 2023.

Los valores analizados presentan una ligera asimetría negativa, indicando que los valores bajos fueron más frecuentes a lo largo del periodo de estudio. La curtosis muestra una tendencia decreciente, lo que sugiere que los datos se están distribuyendo de manera más uniforme en el tiempo. El test de Shapiro-Wilk confirmó la normalidad de los datos en la mayoría de los años, permitiendo el uso de modelos estadísticos convencionales para su análisis.

En 2021, se observó el mayor nivel de variabilidad, reflejando la incertidumbre del mercado durante la pandemia de COVID-19 y la crisis de suministros. En 2023, los datos muestran una estabilización relativa, con menos dispersión en comparación con los años anteriores.

Dado que cada año tenía un valor de  $p$  mayor a 0.005 en el test de Shapiro Wilk realizamos la normalización de los datos tomando el valor promedio y calculando el índice de cada valor y luego analizando la tendencia.

**Figura 3. Datos normalizados 2018-2023**



**Fuente:** los autores.

La figura 3A precios normalizados durante el año 2018 muestra tendencia alcista durante el año 2018 con una leve disminución durante el mes de julio en el acero estructural; la figura 3B muestra tendencia alcista durante el año 2019 con una disminución en el mes de agosto. Se observa en la figura 3.C una menor tendencia alcista de los precios después del mes de mayo en el acero estructural y una tendencia alcista en el acero corrugado, en la Figura 3.D.se observa un alza entre mayo y agosto en el acero corrugado y después de agosto empezó a decrecer entre tanto el acero estructural tiene una tendencia alcista.

Se observa en la figura 3.E un alza entre febrero a mayo en el acero corrugado y después de mayo empezó a decrecer entre tanto el acero estructural tiene una tendencia alcista hasta abril y luego se mantuvo constante desde abril hasta diciembre y por último en la figura 3.F. se observa un comportamiento similar en los dos tipos de acero. La volatilidad de los precios del acero ha sido un desafío para la planificación de proyectos de infraestructura en Colombia. La incertidumbre en los costos ha generado desviaciones presupuestarias significativas, afectando la ejecución de contratos y generando retrasos en la construcción de puentes metálicos.

Entre 2018 y 2023, la desviación estándar del ACC pasó de 60,7 a 169 y la del AC de 142 a 898. Esto refleja que la volatilidad del mercado ha incrementado con los años, haciendo más difícil predecir costos y planificar compras de materiales con exactitud. La mayor variabilidad de los costos ha llevado a incrementos en los presupuestos iniciales de los proyectos de infraestructura, aumentando la incertidumbre financiera en su ejecución. El impacto de estas fluctuaciones se traduce en una mayor dificultad para la asignación de recursos y la planificación a largo plazo. Proyectos que fueron presupuestados en 2018-2019 tuvieron que ajustar sus costos debido a los picos de precios en 2021-2022, lo que llevó a modificaciones en contratos, retrasos en entregas y, en algunos casos, reducción en la calidad de los materiales para mantener costos dentro de márgenes aceptables.

Las empresas constructoras y entidades gubernamentales han tenido que adoptar estrategias como la compra anticipada de materiales, la diversificación de proveedores y la búsqueda de alternativas estructurales menos dependientes del acero. No obstante, estas medidas no han sido suficientes para mitigar completamente el impacto de la volatilidad, lo que subraya la necesidad de políticas más robustas para la gestión de costos en infraestructura pública.

## 5. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio revelan que la variación de precios del acero estructural y del acero corrugado en Boyacá entre 2018 y 2023 estuvo marcada por una tendencia al alza, con picos significativos en 2021 y 2022. Este comportamiento se relaciona con eventos externos como la pandemia COVID-19 y la guerra en Ucrania, que afectaron las cadenas de suministro globales y generaron incrementos en los costos de producción y logística. Estas observaciones coinciden con estudios previos, como el de Delgado y Zuñiga (2016), quienes destacaron la sensibilidad de los costos de los puentes con vigas de acero ante las fluctuaciones del mercado internacional. Asimismo, el informe de la Cámara Colombiana de la Construcción subraya el impacto de la pandemia y la crisis global sobre el costo de los insumos clave en proyectos de infraestructura en Colombia, en línea con lo identificado en esta investigación (Camacol, 2022).

El análisis de las desviaciones presupuestarias muestra que 2021 fue el año con mayor variabilidad de precios, lo que refleja un periodo de alta incertidumbre en el mercado. La dispersión de los valores evidencia una dificultad significativa para prever costos y planificar presupuestos de forma eficiente. En este sentido, el trabajo de Ibáñez (2021) sobre estructuración de presupuestos en obras viales destaca la importancia de analizar el comportamiento histórico de los precios para mitigar riesgos y anticipar desviaciones presupuestarias, una recomendación que resulta pertinente en el contexto de este estudio.

El caso del puente colgante vehicular en la vereda Guayabal es un ejemplo claro de cómo la volatilidad de los precios puede afectar la ejecución de proyectos. Las desviaciones presupuestarias derivadas de las variaciones de costos del acero obligaron a realizar ajustes financieros, retrasos en la ejecución y replanteamientos en la gestión del proyecto. Este fenómeno fue también documentado por Camacol (2022), que resaltó el impacto directo de

estas variaciones en la prolongación de los tiempos de entrega y en el aumento de costos no planificados en proyectos similares.

En cuanto a las estrategias de mitigación, los resultados del estudio subrayan la necesidad de implementar herramientas avanzadas de análisis predictivo y modelos de gestión de riesgos para anticipar variaciones de precios y optimizar la gestión de costos. El uso de contratos con cláusulas de ajuste de precios, la diversificación de proveedores y la promoción de alianzas con fabricantes locales podrían reducir la vulnerabilidad ante fluctuaciones del mercado. Esta recomendación está alineada con las propuestas de la Sociedad Colombiana de Arquitectos (2023), que sugiere la adopción de prácticas de gestión flexible para responder de manera efectiva a las condiciones cambiantes del mercado.

## 6. CONCLUSIONES

El análisis de la variación de precios en los insumos clave para la construcción de puentes metálicos en Boyacá durante el periodo 2018-2023 permitió comprender cómo las dinámicas del mercado y los factores externos influyeron en los costos de estos proyectos de infraestructura. El estudio muestra un incremento sostenido en los precios del acero estructural y del acero corrugado, especialmente a partir del año 2020, con un aumento más pronunciado en 2021 y 2022. Estos picos de precios coincidieron con eventos de gran impacto global, como la pandemia de COVID-19 y la crisis generada por la guerra en Ucrania, que interrumpieron las cadenas de suministro y afectaron directamente el mercado de materiales de construcción.

El comportamiento de los precios reflejó una alta volatilidad, evidenciada en el análisis de la desviación estándar, que mostró mayor dispersión en 2021. Este año fue particularmente complejo para el sector de la construcción, debido a las fluctuaciones extremas de los insumos clave, lo que generó incertidumbre en la planificación de los proyectos y dificultó la correcta asignación de recursos financieros. La inestabilidad en los costos obligó a las empresas a realizar ajustes presupuestarios constantes, afectando la viabilidad y ejecución de los proyectos en los tiempos previstos.

En el caso del puente colgante vehicular en la vereda Guayabal, la variación de precios impactó de manera significativa el presupuesto inicial, demostrando la necesidad de prever este tipo de fluctuaciones en la etapa de planeación. Estas desviaciones no solo retrasaron la ejecución del proyecto, sino que también incrementaron la carga financiera, lo que evidencia la importancia de desarrollar estrategias de mitigación de riesgos y de adoptar prácticas de gestión de costos más robustas.

Ante este panorama, resulta fundamental que las empresas del sector construcción implementen mecanismos de monitoreo constante de los precios de los insumos, así como herramientas de análisis predictivo que les permitan anticipar posibles fluctuaciones. La

diversificación de proveedores, la compra anticipada de materiales y la inclusión de cláusulas de ajuste de precios en los contratos son estrategias clave para reducir la exposición a la volatilidad del mercado.

Por último, el estudio resalta la necesidad de fomentar la sostenibilidad y la innovación en la construcción de infraestructura. El uso de materiales alternativos, combinados con nuevas tecnologías, podría reducir la dependencia del acero y optimizar los costos a largo plazo. Además, la colaboración entre el sector público y privado es esencial para diseñar políticas que estabilicen el mercado y garanticen la ejecución eficiente de proyectos de infraestructura en el país.

## 7. RECOMENDACIONES

**Monitoreo constante de precios y análisis predictivo:** Es importante implementar herramientas avanzadas de análisis de datos que permitan prever variaciones significativas en los precios del acero. Se recomienda el uso de modelos de predicción estadística y aprendizaje automático para detectar tendencias y anticipar fluctuaciones en los costos de los materiales de construcción. Además, es recomendable que las empresas constructoras mantengan bases de datos actualizadas con registros históricos de precios para tomar decisiones estratégicas fundamentadas.

**Estrategias de compra y almacenamiento:** Para mitigar el impacto de la volatilidad en los presupuestos de construcción, es recomendable la compra anticipada de materiales en momentos donde los precios sean más bajos. Asimismo, la adquisición de contratos a largo plazo con proveedores estratégicos puede ayudar a reducir la incertidumbre en los costos. Otra alternativa es la creación de inventarios estratégicos que permitan garantizar el suministro de acero y otros materiales esenciales en periodos de alta demanda o escasez.

**Diversificación de proveedores y cadenas de suministro:** La dependencia excesiva de un solo proveedor o de importaciones puede aumentar la vulnerabilidad ante crisis económicas globales. Se recomienda diversificar la red de abastecimiento, priorizando tanto proveedores nacionales como internacionales para garantizar una oferta estable. Las asociaciones con fabricantes locales pueden reducir costos logísticos y minimizar retrasos en la entrega de materiales.

**Optimización del diseño estructural y búsqueda de materiales alternativos:** La ingeniería de valor debe jugar un papel clave en la optimización del diseño de infraestructuras, buscando reducir el consumo de acero sin comprometer la seguridad estructural. Se recomienda el uso de materiales alternativos como concreto reforzado con fibras, polímeros

avanzados o nuevas aleaciones metálicas que puedan sustituir parcial o totalmente el acero en ciertos componentes de los puentes metálicos.

**Evaluación del impacto económico y planificación financiera flexible:** Es fundamental que los proyectos de infraestructura cuenten con estudios de sensibilidad que permitan evaluar diferentes escenarios de fluctuación en los costos de los materiales. La inclusión de cláusulas de ajuste de precios en los contratos de construcción puede ayudar a las empresas a manejar de mejor manera los incrementos imprevistos en los costos. Además, contar con un fondo de contingencia dentro del presupuesto del proyecto puede mitigar el impacto financiero de variaciones extremas en los costos del acero y otros insumos.

**Incentivos gubernamentales y políticas públicas para la estabilización de precios:** Se recomienda la creación de programas gubernamentales que regulen el impacto de las fluctuaciones de precios en la industria de la construcción. Entre las medidas posibles se incluyen incentivos fiscales para la compra anticipada de materiales, subsidios para la producción nacional de acero y estrategias para la estabilización de los costos en contratos de infraestructura pública. La colaboración entre el sector privado y el gobierno es esencial para diseñar políticas que fomenten un desarrollo sostenible del sector.

**Fomento de la innovación y sostenibilidad en la construcción:** Se recomienda invertir en investigación y desarrollo de nuevas técnicas constructivas que permitan reducir la dependencia del acero y mejorar la eficiencia en el uso de materiales. Tecnologías como la impresión 3D en la construcción, el uso de estructuras modulares y la implementación de metodologías de construcción sustentable pueden ayudar a optimizar los costos y reducir la huella de carbono en la industria.

**Capacitación y gestión del conocimiento en el sector construcción:** Es importante que los profesionales y empresas del sector estén actualizados sobre las tendencias del mercado, las mejores prácticas en gestión de costos y el uso de nuevas tecnologías. La

capacitación continua y la generación de espacios de intercambio de conocimientos permitirán fortalecer la toma de decisiones estratégicas y la resiliencia del sector ante escenarios de volatilidad económica.

## 8. REFERENCIAS

Agencia Nacional de Contratación Pública - Colombia Compra Eficiente. (2018). Sistema Electrónico de Contratación Pública - SECOP I. Recuperado de <https://www.colombiacompra.gov.co/secop-i>

Análisis de Precios Unitarios. (2024). Recuperado el 3 de noviembre de 2024, de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/hechos-de-transparencia/analisis-de-precio-unitarios>

Banco de la República de Colombia. (2023). Informe Anual de Política Económica. Disponible en <https://www.banrep.gov.co>

Banco Mundial. (2021). Colombia: panorama general. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/country/colombia/overview>

Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol). (2022). Impacto de la pandemia y la guerra en Ucrania en el sector de la construcción en Colombia. Cámara Colombiana de la Construcción. Recuperado de <https://www.camacol.org.co>

Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol). (2022). Informe sobre el impacto de la guerra en Ucrania en el sector de la construcción en Colombia. Recuperado de <https://www.camacol.org.co>

DANE - Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV). (2025). Recuperado el 20 de enero de 2025, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-costos-de-la-construccion-de-obras-civiles-icociv>

DANE - Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV) Información histórica. (2025). Recuperado el 20 de enero de 2025, de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-costos-de-la-construccion-de-obras-civiles-icociv/indice-de-costos-de-la-construccion-de-obras-civiles-icociv-informacion-historica>

Decreto 1292 de 2021—Gestor Normativo. (2021). Recuperado el 3 de noviembre de 2024, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=172490>

Delgado, C., & Zuñiga, B. (2016). *Comparación de costos entre puentes con viga de acero, concreto reforzado y postensado considerando la variación de la luz libre* [Universidad de Cartagena]. <https://doi.org/10.57799/11227/7246>

Especificaciones generales de construcción de carreteras. (2024). Recuperado el 3 de noviembre de 2024, de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6ta ed.). McGraw-Hill.

Ibáñez, W. (2021). *Manual de costos y presupuestos de obras viales: Tomo II*. Editorial CEAC.

Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2015). Resolución 108 de 2015. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/resoluciones-circulares-otros/3610-resolucion-no-108-del-26-de-enero-de-2015/file>

Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2022). Resolución 4561 de 2022. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/resoluciones-circulares-otros/14478-resolucion-4561-de-29-de-noviembre-de-2022/file>

Jamovi. (2023). *Jamovi (Version 2.3) [Computer Software]*. <https://www.jamovi.org>

Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14. (2014). Recuperado el 3 de noviembre de 2024, de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3709-norma-colombiana-de-diseno-de-puentes-ccp14>

OCDE. (2022). Informe global sobre cadenas de suministro y costos de materiales de construcción. Recuperado de <https://www.oecd.org>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2022). Informe sobre el impacto global de la guerra en Ucrania en los mercados de materias primas

Ospina, L. (2023). Industria del acero en Colombia y su dependencia de las importaciones. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 35(2), 45-60.

Patiño Ortiz, G. (2007). *Planeamiento de un presupuesto de construcción*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/uis/128939>

Resolución 108 de 2015. (2015). En Gov.co. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/resoluciones-circulares-otros/3610-resolucion-no-108-del-26-de-enero-de-2015/file>

Sociedad Colombiana de Arquitectos. (2023). Retos y oportunidades en la construcción de infraestructura en Boyacá. Informe interno, Sociedad Colombiana de Arquitectos.