



Diseño y mejora del proceso de abastecimiento de aceros mediante la metodología Six Sigma (DMAIC) en la empresa Casahidalgo Constructores S.A.S..

Cristian Camilo Holchor Palacios.

Jose Eduardo Suarez Vargas.

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano
Ingeniería Industrial
Bogotá D.C., Colombia
2026

ÍNDICE

RESUMEN DEL PROYECTO	4
1. TITULO DE LA PROPUESTA:.....	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:.....	5
3. OBJETIVO GENERAL:	8
4. JUSTIFICACIÓN:	8
5. MARCO TEÓRICO	9
6. METODOLOGÍA.....	12
7. RESULTADOS:.....	14
7.1 FASE DEFINE – MEASURE (DEFINIR Y MEDIR).....	14
7.1.1 CARACTERIZACION DEL PROCESO ACTUAL DE ABASTECIMIENTO	15
7.1.2 IDENTIFICACION DE MATERIALES CRITICOS MEDIANTE ANALISIS ABC/PARETO	16
7.1.3 MEDICION DE LA LINEA BASE DEL PROCESO	17
7.1.4 INDICADORES DIAGNOSTICOS DEL PROCESO.....	18
7.2 FASE ANALYZE (ANALISIS).....	18
7.2.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	19
7.2.2 PRIORIZACION DE CAUSAS MEDIANTE DIAGRAMA DE PARETO	20
7.2.3 CAUSAS DE RAIZ PRIORIZADAS	23
7.3 FASE IMPROVE (MEJORAR).....	23
7.3.1 PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO PROPUESTO	24
7.3.2 FLUJO DEL PROCESO MEJORADO.....	25
7.3.3 ELEMENTOS CLAVE DE LA PROPUESTA DE MEJORA	26
7.3.4 IMPACTO ESPERADO DE LA PROPUESTA.....	26
7.4 FASE CONTROL.....	28
7.4.1 INDICADORES DE SEGUIMIENTO PROPUESTOS	28
7.4.2 PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL	30
7.4.3 VALIDACIÓN DEL IMPACTO ESPERADO.....	30
7.4.4 SOSTENIBILIDAD DE LA PROPUESTA.....	31
7.5 SÍNTESIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN.....	32

8.1 DISCUSION.....	32
8.2 CONCLUSIONES.....	33
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Tabla 1	7
Tabla 2	7
Tabla 3	13
Tabla 4	16
Tabla 5	21
Tabla 6.....	21
Tabla 7.....	22
Tabla 8.....	22
Tabla 9	27
 Figura 1.....	 17
Figura 2.....	20
Figura 3.....	25

RESUMEN DEL PROYECTO

En los proyectos de infraestructura vial ejecutados por CASAHIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S. se han identificado dificultades en la planificación del abastecimiento de aceros, situación que ha generado compras no programadas, sobrecostos cercanos a los \$88 millones de pesos durante el año 2025 y riesgos para la continuidad de las actividades de obra. Durante el análisis de la información se evidenció que el abastecimiento de aceros representa una categoría de alto impacto económico dentro de la organización, concentrándose gran parte de los costos en un grupo reducido de materiales críticos.

El marco teórico de la investigación se fundamenta en conceptos relacionados con la gestión de abastecimiento, administración de inventarios, clasificación ABC/Pareto y la metodología de mejora continua Six Sigma a través del ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Estos elementos proporcionan las bases conceptuales para analizar el comportamiento del proceso y plantear oportunidades de mejora orientadas al control de costos y al fortalecimiento de la gestión logística.

El objetivo general de la investigación es diseñar una propuesta de mejora para el proceso de abastecimiento de aceros mediante la metodología Six Sigma (DMAIC), con el propósito de fortalecer la planificación de compras, reducir las compras urgentes del 30% al 10% y mejorar el control de los costos asociados al suministro de materiales críticos.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, con alcance descriptivo y explicativo, utilizando un diseño no experimental de corte transversal. Para el análisis se empleó información histórica de compras y abastecimiento correspondiente al año 2025, complementada con herramientas de calidad como el análisis ABC/Pareto, el diagrama de Ishikawa y la priorización de causas mediante una matriz de evaluación de expertos.

Como resultado, se diseñó un procedimiento de abastecimiento orientado a mejorar la planificación de requerimientos, la validación de inventarios, la programación de compras y el seguimiento mediante indicadores de control. Se espera que la implementación de esta propuesta contribuya a reducir las compras de última hora, disminuir los sobrecostos asociados al abastecimiento y fortalecer la coordinación entre las áreas involucradas en el proceso, favoreciendo una gestión más organizada y eficiente de los materiales críticos.

Palabras Claves: Abastecimiento, gestión de compras, inventarios, análisis ABC, DMAIC, Six Sigma, mejora continua, logística.

ABSTRACT

In road infrastructure projects carried out by CASAHIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S., difficulties have been identified in the planning of steel procurement, leading to unplanned purchases, cost overruns of approximately \$88 million COP during 2025, and risks to the continuity of construction activities. The analysis of procurement data revealed that steel supply represents a high-impact category within the company's cost structure, with a significant portion of expenditures concentrated on a small group of critical materials.

The theoretical framework of this research is based on supply management, inventory management, ABC/Pareto classification, and the Six Sigma continuous improvement methodology through the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control). These concepts provide the foundation for analyzing the current process and identifying improvement opportunities aimed at cost control and logistics performance enhancement.

The main objective of this study is to design an improvement proposal for the steel procurement process using the Six Sigma DMAIC methodology in order to strengthen purchasing planning, reduce urgent purchases from 30% to 10%, and improve cost control related to critical materials supply.

The research was conducted using a mixed-method approach with a descriptive and explanatory scope under a non-experimental cross-sectional design. Historical procurement data from 2025 were analyzed using quality tools such as ABC/Pareto analysis, the Ishikawa diagram, and expert-based cause prioritization.

As a result, an improved procurement procedure was designed, focusing on demand planning, inventory verification, purchase scheduling, and performance monitoring through control indicators. The proposed improvement is expected to reduce last-minute purchases, decrease procurement-related cost overruns, and strengthen coordination among the departments involved in the supply process, contributing to a more efficient and organized management of critical materials.

Keywords: Procurement, purchasing management, inventory management, ABC analysis, DMAIC, Six Sigma, continuous improvement, logistics.

1. TITULO DE LA PROPUESTA:

- Diseño y mejora del proceso de abastecimiento de aceros mediante la metodología Six Sigma (DMAIC) en la empresa Casahidalgo Constructores S.A.S.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En los proyectos de infraestructura vial ejecutados en zonas de difícil acceso, la planificación y el abastecimiento oportuno de materiales constituyen un factor determinante para el cumplimiento de los cronogramas de obra. No obstante, actualmente se evidencia una deficiente gestión en la solicitud, provisión y almacenamiento de insumos críticos, lo que genera retrasos operativos, sobrecostos y una baja coordinación entre las áreas involucradas.

Esta problemática afecta directamente la continuidad de las actividades constructivas y compromete la eficiencia en la ejecución de los proyectos, haciendo necesario el diseño de un procedimiento de abastecimiento que permita mejorar la planificación y el control de los materiales en obra.

Planteamiento del problema.

• **Descripción del problema:** CASA HIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S. es una empresa dedicada a la ejecución de proyectos de infraestructura vial, principalmente en zonas rurales y de difícil acceso, donde las condiciones logísticas representan un reto significativo para la planificación y el abastecimiento oportuno de materiales.

Dentro de los materiales utilizados en los proyectos, la categoría de aceros representa uno de los grupos de mayor impacto económico y operativo para la empresa. De acuerdo con el análisis ABC/Pareto realizado sobre el consumo anual de materiales, se identificó que aproximadamente el 12,6% de los productos clasificados como categoría A representan cerca del 79,6% del costo total asociado al consumo de aceros.

Actualmente, el proceso de abastecimiento de aceros presenta deficiencias relacionadas con solicitudes realizadas fuera de la programación del cronograma de obra, generando compras urgentes y requerimientos no planificados. Esta situación ocasiona que el proveedor principal definido en la negociación anual no logre responder oportunamente debido a limitaciones de stock y tiempos de entrega, obligando a realizar compras con proveedores alternos a mayores costos.

El análisis de sobrecostos evidencia diferencias económicas negativas cercanas a \$88 millones durante el periodo analizado (Año 2025), asociadas principalmente a compras emergentes y variaciones en precios de adquisición. Asimismo, de acuerdo con el levantamiento de información realizado por la Jefatura de Compras y el área de logística de obra durante el año 2025, se evidenció que, de un total de 5.219 órdenes de compra emitidas, 1.580 fueron catalogadas manualmente como urgentes. Esto indica que el 30,2% de las solicitudes de aceros se realizan bajo esta modalidad, generando retrasos de hasta 3 días en actividades constructivas, tiempos muertos de maquinaria y afectaciones en la continuidad operativa de los proyectos.

Adicionalmente, la empresa no cuenta con un procedimiento estandarizado para la planificación y abastecimiento de aceros que permita establecer criterios claros sobre tiempos de solicitud, control de inventario, coordinación logística y capacidades de almacenamiento en obra.

Por lo tanto, se propone diseñar y mejorar el proceso de abastecimiento de aceros mediante la metodología Six Sigma (DMAIC), con el fin de reducir las compras urgentes, disminuir los sobrecostos asociados y mejorar la continuidad operativa de los proyectos de infraestructura vial ejecutados por la empresa.

Tabla 1*ABC / Pareto Aceros*

Grupo	N° de productos	% de productos	% Acumulado	% Costos	% Trabajo Acumulado
A	9	12.68%	13%	79.64%	79.64%
B	9	12.68%	25%	15.33%	94.97%
C	53	74.65%	100%	5.03%	100.00%
	71				

El análisis ABC/Pareto permitió identificar que el 12,6% de los materiales clasificados como categoría A representan aproximadamente el 79,6% del costo total del abastecimiento de aceros, razón por la cual el proyecto se enfocará en esta categoría.

Tabla 2*Sobrecostos*

ACEROS				
AÑO	CANTIDAD	VALOR PROYECTADO	VALOR OBTENIDO	DIFERENCIA
2025	3,013,951.70	9,814,773,137	9,903,493,427	-88,720,291

Nota. Cifras expresadas en pesos colombianos (COP).

Durante el periodo analizado se identificaron sobrecostos cercanos a \$88 millones asociados a compras no planificadas y adquisiciones realizadas con proveedores alternos.

• **Elementos del problema:** Los elementos que conforman la problemática identificada son los siguientes:

- Area Técnica (Ingenieros de obra)
- Area Logística (Compras y Almacen)
- Proveedores de Acero
- Gestion de transporte
- Proceso de solicitud de materiales
- Almacenamiento en obra

• **Formulación del problema:** ¿De qué manera el diseño y mejora del proceso de abastecimiento de aceros mediante la metodología Six Sigma (DMAIC) puede reducir las compras urgentes y los sobrecostos asociados en los proyectos de infraestructura vial ejecutados por CASAHIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S.?

OBJETIVOS

3. OBJETIVO GENERAL:

Diseñar y mejorar el proceso de abastecimiento de aceros mediante la metodología Six Sigma (DMAIC), con el fin de reducir las compras urgentes del 30% al 10%, disminuir los sobrecostos asociados al abastecimiento y mejorar la continuidad operativa de las obras viales en un periodo de 6 meses.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual del proceso de abastecimiento de aceros mediante el análisis de indicadores asociados a compras urgentes, cumplimiento de proveedores y sobrecostos generados en proyectos de infraestructura vial.
- Analizar las principales causas que generan compras urgentes y sobrecostos en el abastecimiento de aceros mediante herramientas como diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa.
- Diseñar un procedimiento de abastecimiento de aceros que permita regularizar los tiempos de solicitud, mejorar la planificación de compras y optimizar las capacidades de almacenamiento en obra.
- Proyectar el impacto operativo y económico de la propuesta de abastecimiento mediante un plan de seguimiento e indicadores, que permita estimar una reducción de compras urgentes y una disminución de sobrecostos en un periodo proyectado de 6 meses.

4. JUSTIFICACIÓN:

- Técnica: El desarrollo del proyecto permitirá mejorar el proceso de abastecimiento de insumos críticos en CASA HIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S., reduciendo el porcentaje de compras urgentes del 30 % al 10 % y disminuyendo los retrasos en la ejecución de obra de hasta 3 días a un máximo de 1 día, asegurando la disponibilidad oportuna de materiales en el frente de trabajo y eliminando tiempos muertos.
- Económica: El análisis de sobrecostos evidencia diferencias económicas negativas cercanas a \$88 millones ocasionadas por compras no planificadas y adquisición de aceros con proveedores alternos. Con la implementación del proyecto se espera reducir entre un 20% y un 30% los sobrecostos asociados al abastecimiento de aceros, además de disminuir costos derivados de tiempos muertos de maquinaria y personal operativo.
- Social: El proyecto contribuirá a mejorar las condiciones de trabajo, al disminuir la presión generada por la solicitud de materiales urgentes y la falta de materiales, así mismo, permitirá una mejor coordinación entre áreas aumentando la eficiencia en la gestión de actividades.
- Ambiental: La implementación del proyecto permitirá una mejor gestión de almacenamiento de materiales, evitando pérdidas por exposición a la intemperie y la reduciendo el desperdicio de insumos.

- **Sistemático:** La mejora en la planificación del abastecimiento, permitirá reducir costos operativos, lo que a su vez mejorará condiciones de trabajo del personal, disminuyendo el desperdicio de materiales y transporte innecesario, generando un impacto integral en el sistema productivo de la empresa.

5. MARCO TEÓRICO

a. Marco conceptual:

- Gestión de abastecimiento:** La gestión de abastecimiento comprende el conjunto de actividades relacionadas con la planificación, adquisición, almacenamiento y distribución de materiales necesarios para garantizar la continuidad operativa de una organización. Según Chopra y Meindl (2016), una adecuada gestión del abastecimiento permite optimizar costos, mejorar el nivel de servicio y garantizar la disponibilidad oportuna de materiales dentro de la cadena de suministro. En empresas del sector construcción, especialmente en proyectos de infraestructura vial ubicados en zonas rurales o de difícil acceso, el abastecimiento representa un proceso estratégico debido a las condiciones logísticas, los tiempos de transporte y la dependencia de proveedores externos. La falta de planificación en el suministro de materiales puede generar retrasos en la ejecución de obra, tiempos muertos de maquinaria y aumento en los costos operativos. En el caso de CASAHIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S., el abastecimiento de aceros representa un factor crítico debido a su alta participación económica dentro de los proyectos y al impacto que generan las compras urgentes sobre el desarrollo de las actividades constructivas. Por lo tanto, una adecuada gestión del abastecimiento permite disminuir compras emergentes, mejorar la coordinación logística y asegurar la continuidad operativa de las obras. En el contexto de la infraestructura vial, la gestión de abastecimiento presenta desafíos únicos frente a la manufactura tradicional, dado que los frentes de obra son dinámicos y geográficamente dispersos. Bowersox, Closs y Cooper (2007) señalan que la incertidumbre logística se incrementa drásticamente en zonas de difícil acceso, donde variables externas como el estado de las vías, las alteraciones climáticas y las condiciones de orden público generan una alta variabilidad en los tiempos de entrega (lead times). Por lo tanto, en proyectos de esta naturaleza, el abastecimiento no puede depender de un modelo reactivo; requiere una planificación anticipada que amortigüe las interrupciones del transporte mediante modelos de predicción y programación asertiva, garantizando que la maquinaria y el personal no sufran tiempos muertos por la falta de insumos estructurales.
- Compras urgentes y sobre costos logísticos:** Las compras urgentes corresponden a adquisiciones realizadas fuera de la programación normal de abastecimiento debido a necesidades inmediatas de operación. Según Heizer, Render y Munson (2017), este tipo de compras suelen generar incrementos en los costos de adquisición, dificultades en la negociación con proveedores y afectaciones en la planeación logística. En proyectos de construcción, las compras urgentes pueden originarse por errores en la planificación de materiales, cambios en la programación de obra o retrasos en el suministro. Esto ocasiona la necesidad

de acudir a proveedores alternos que, en muchos casos, manejan precios superiores a los establecidos en negociaciones anuales. Dentro del proyecto, las compras urgentes de aceros representan uno de los principales problemas identificados, ya que generan sobrecostos asociados a variaciones de precios, tiempos de entrega no planificados y retrasos en las actividades constructivas. En consecuencia, reducir la frecuencia de compras urgentes permitirá mejorar el control del abastecimiento y optimizar los costos operativos relacionados con el suministro de materiales.

- iii) **Gestión de inventarios y almacenamiento:** La gestión de inventarios consiste en la administración eficiente de materiales y recursos almacenados con el fin de garantizar disponibilidad y continuidad operativa. De acuerdo con Ballou (2004), una adecuada administración de inventarios permite minimizar costos de almacenamiento y evitar interrupciones en los procesos productivos. En proyectos de infraestructura vial, el almacenamiento de materiales debe considerar aspectos como espacio disponible en obra, condiciones ambientales, tiempos de consumo y frecuencia de abastecimiento. Una mala gestión del almacenamiento puede generar deterioro de materiales, pérdidas económicas y desperdicios. En el caso del abastecimiento de aceros, resulta fundamental establecer criterios de planificación y capacidades de almacenamiento que permitan mantener disponibilidad de material sin afectar las condiciones operativas de la obra. Por lo tanto, una adecuada gestión de inventarios y almacenamiento contribuye a reducir pérdidas de materiales y mejorar la eficiencia logística del proyecto.

Dentro de las obras civiles, materiales como el acero corrugado se consideran insumos críticos no solo por su volumen y alto costo, sino por su impacto directo en la ruta crítica del cronograma de ejecución. Vidal Holguín (2010) destaca que el control de inventarios para componentes críticos (Clasificación A) en entornos de alta incertidumbre exige una sincronización estricta entre la tasa de consumo y la programación de compras. Dado que el acero requiere áreas de acopio amplias y condiciones de almacenamiento específicas para evitar su deterioro o pérdida, las empresas constructoras deben equilibrar la capacidad física instalada en el frente de obra frente al costo de penalización por desabastecimiento. Abordar esta gestión bajo un enfoque estructurado asegura que el material esté disponible para responder a las exigencias constructivas sin incurrir en excesos de inventario que limiten el flujo de caja del proyecto.

- iv) **Clasificación ABC y análisis de Pareto:** La clasificación ABC es una herramienta utilizada para categorizar materiales o productos según su nivel de importancia económica dentro de una organización. Esta metodología se fundamenta en el principio de Pareto, el cual establece que aproximadamente el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas (Pareto, 1896). Según Müller (2011), la clasificación ABC permite identificar aquellos materiales que representan mayor impacto económico y requieren mayor control dentro del proceso logístico. En el desarrollo del proyecto, el análisis ABC/Pareto permitió identificar que un porcentaje reducido de materiales correspondientes a la categoría de aceros concentra la mayor participación económica dentro del abastecimiento de la empresa. Esta información resulta fundamental para enfocar las estrategias de mejora y priorizar los materiales de mayor criticidad. Por consiguiente, la aplicación del análisis ABC/Pareto facilita la toma de decisiones

relacionadas con planificación de compras, control de inventarios y gestión de proveedores.

- v) **Metodología Six Sigma:** Six Sigma es una metodología orientada al mejoramiento continuo de procesos mediante la reducción de la variabilidad y la eliminación de causas que generan errores o ineficiencias. Según Pande, Neuman y Cavanagh (2000), Six Sigma busca mejorar el desempeño organizacional a través de herramientas estadísticas y metodologías estructuradas de análisis. Esta metodología ha sido ampliamente utilizada en procesos industriales, logísticos y de gestión debido a su capacidad para reducir costos, optimizar recursos y mejorar la calidad de los procesos. En el presente proyecto, la metodología Six Sigma será utilizada como enfoque de mejora para analizar el proceso de abastecimiento de aceros, identificar las causas que generan compras urgentes y diseñar estrategias orientadas a mejorar la planificación del suministro. Por lo tanto, la implementación de Six Sigma permitirá establecer una estructura metodológica para la mejora continua del proceso de abastecimiento en proyectos de infraestructura vial.
- vi) **Metodología DMAIC:** DMAIC es una estrategia de mejora continua utilizada dentro de Six Sigma y corresponde a las fases Define, Measure, Analyze, Improve y Control. Según George (2002), esta metodología permite estructurar proyectos de mejora mediante un proceso sistemático orientado a la solución de problemas. La fase Define busca identificar el problema y los objetivos del proyecto; Measure permite recolectar y analizar información del proceso; Analyze se enfoca en identificar las causas raíz; Improve consiste en diseñar e implementar soluciones; y finalmente Control permite establecer mecanismos de seguimiento y sostenibilidad. En el desarrollo de esta investigación, la metodología DMAIC será aplicada para diagnosticar el proceso actual de abastecimiento de aceros, medir indicadores relacionados con compras urgentes y sobrecostos, analizar causas asociadas a fallas logísticas, diseñar un procedimiento de abastecimiento y validar el impacto de la propuesta. Por consiguiente, DMAIC representa una herramienta adecuada para estructurar el proceso de mejora del abastecimiento de aceros en la empresa.

- b. **Estado del arte:** Diversas investigaciones han abordado la optimización de los procesos de abastecimiento en el sector de la construcción, demostrando que la falta de planeación dispara los costos de adquisición y compromete la continuidad operativa. La literatura reciente, como la revisión de Castro-Fuentes et al. (2025), resalta que la aplicación del ciclo DMAIC en la logística moderna es un estándar clave para disminuir la variabilidad y responder eficazmente a los cambios imprevistos de la demanda. Este aprendizaje fue fundamental para la estructuración de la presente investigación, permitiendo organizar el diagnóstico y la propuesta de mejora de CasaHidalgo bajo un rigor metodológico que garantiza trazabilidad.

De igual forma, al evaluar la criticidad de los insumos, Arias-Araya et al. (2024) evidenciaron que la aplicación estructurada de herramientas como el diagrama de Pareto es el camino más efectivo para identificar las causas raíz de los sobrecostos en

proyectos de infraestructura. Este antecedente validó la decisión metodológica de enfocar nuestro análisis en los materiales de Categoría A, permitiendo priorizar las acciones de mejora en aquellos elementos que mayor impacto generan sobre el presupuesto total. Por su parte, la investigación de Ariza Téllez (2025) aporta un referente local crucial al aplicar la mejora continua para resolver problemas idénticos a los aquí planteados: la dependencia excesiva de registros manuales y la gestión reactiva de compras. Este estudio sirvió de base para proponer, en nuestra fase de control, la transición de mediciones manuales hacia una gestión basada en indicadores integrados al ERP corporativo.

Finalmente, García-San (2025) demostró que la estandarización de los procedimientos de almacén reduce los tiempos de solicitud y mejora significativamente la precisión de los inventarios. Este aprendizaje fue incorporado directamente en la propuesta de mejora de CasaHidalgo al establecer tiempos mínimos de solicitud (15 días) y responsabilidades claras entre el residente, el almacenista y el jefe de compras, asegurando que la planificación no sea un evento aislado, sino un proceso sostenible que mitigue los riesgos logísticos inherentes a las obras en zonas de difícil acceso.

6. METODOLOGÍA

- La presente investigación tiene como finalidad diseñar y mejorar el proceso de abastecimiento de aceros en la empresa CASA HIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S., mediante la aplicación de la metodología Six Sigma (DMAIC), con el propósito de reducir compras urgentes, disminuir sobrecostos y mejorar la continuidad operativa de los proyectos de infraestructura vial.
Para el desarrollo del proyecto se establecerá una metodología estructurada que permita recopilar, organizar y analizar la información relacionada con el proceso actual de abastecimiento de aceros, identificando las principales causas que generan deficiencias logísticas y afectaciones económicas dentro de la operación.
- **Naturaleza:** La investigación presenta un enfoque mixto, debido a que integra componentes cuantitativos y cualitativos para el análisis del problema planteado.
- **Diseño de la investigación:** El diseño de la investigación es de tipo no experimental, debido a que las variables de estudio no serán manipuladas de manera deliberada, sino que serán analizadas dentro de su contexto real de operación.
- **Corte temporal:** La investigación presenta un corte transversal, ya que el análisis de la información será realizado durante un periodo específico mediante la recopilación de datos históricos relacionados con compras, abastecimiento y sobrecostos asociados al suministro de aceros.
- **Alcance de la investigación:** El alcance de la investigación es descriptivo y explicativo.
- **Población y muestra:** La población objeto de estudio corresponde a los procesos de abastecimiento y compras de aceros utilizados en los proyectos de infraestructura vial ejecutados por CASA HIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S.

- **Técnicas e instrumentos de recolección de información:** Para el desarrollo del proyecto se utilizarán técnicas de recolección de información documental y análisis de datos históricos suministrados por la empresa.

Las principales fuentes de información serán:

registros históricos de compras, órdenes de suministro, reportes de sobre costos, bases de datos de consumo de materiales, cronogramas de obra y registros de proveedores.

Como instrumentos de análisis se utilizarán:

Microsoft Excel para la organización y análisis de datos, clasificación ABC/Pareto, diagramas de Ishikawa, indicadores de gestión logística, diagramas de flujo y herramientas de análisis propias de la metodología Six Sigma.

- **Desarrollo Metodológico:** El desarrollo metodológico del proyecto se realizará mediante la metodología DMAIC de Six Sigma, la cual permitirá estructurar el proceso de diagnóstico, análisis y mejora del abastecimiento de aceros.

Tabla 3

Desarrollo metodológico

Fase	Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Resultado esperado
Define – Measure	Diagnosticar el estado actual del proceso de abastecimiento de aceros mediante el análisis de indicadores asociados a compras urgentes, cumplimiento de proveedores y sobre costos generados en proyectos de infraestructura vial.	Recolección y organización de información histórica de compras y abastecimiento. Identificación de indicadores logísticos y económicos.	Excel, KPIs, análisis ABC/Pareto.	Identificación de materiales críticos y principales fallas del proceso.
Analyze	Analizar las principales causas que generan compras urgentes y sobre costos en el abastecimiento de aceros mediante herramientas como diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa.	Identificación de causas raíz y priorización de problemas operativos y logísticos.	Diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa.	Priorización de causas que afectan el abastecimiento.

Improve	Diseñar un procedimiento de abastecimiento de aceros que permita regularizar los tiempos de solicitud, mejorar la planificación de compras y optimizar las capacidades de almacenamiento en obra.	Elaboración de propuesta de mejora y diseño del procedimiento operativo.	Diagramas de flujo, procedimientos, análisis logístico.	Procedimiento de abastecimiento propuesto.
Control	Validar la efectividad de la propuesta mediante un análisis de impacto operativo y económico que demuestre la reducción de compras urgentes, disminución de sobrecostos y sostenibilidad del modelo en un periodo de 6 meses.	Evaluación de resultados esperados y definición de indicadores de seguimiento.	Indicadores de gestión, análisis económico y operativo.	Validación y sostenibilidad de la propuesta de mejora.

7. RESULTADOS:

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir del uso de la metodología Six Sigma y su método de DMAIC al proceso de abastecimiento de aceros en la empresa de infraestructura vial CASAHIDALGO CONSTRUCTORES SAS, la presentación de los resultados se estructura según las fases Define, Analyze, Improve y Control, siguiendo la tabla metodología planteada en el documento, en el cual se establece el diagnóstico del estado actual, la identificación de causas raíz, el diseño de un procedimiento mejorado y la validación del impacto serían los productos principales de estudio.

Además, los resultados se soportan en el análisis de la base histórica de compras y abastecimiento de aceros correspondiente al año 2025, en el cual se identificaron materiales críticos, variaciones de precio, uno de distintos proveedores, faltas de stock y diferencias entre el valor proyectado y el valor realmente obtenido en las compras realizadas. El análisis del archivo permitió corroborar que los aceros representan un rubro de alta incidencia.

7.1 FASE DEFINE – MEASURE (DEFINIR Y MEDIR)

En esta fase se realizó la caracterización del problema objeto de estudio, enfocando el análisis en el proceso de abastecimiento de aceros utilizados en los proyectos de la empresa CASAHIDALGO CONSTRUCTORES SAS durante el año 2025.

La revisión de los registros de compras y almacén permitió identificar que los aceros representan una parte importante de las compras realizadas por la organización y que su disponibilidad es parte fundamental para garantizar la ejecución de actividades de obra. Entre estos materiales, las diferentes referencias de varilla corrugada se destacan por su alto nivel de consumo y su importancia en la fase de construcción.

A partir del análisis de la información histórica, se evidenció que durante el periodo estudiado se adquirieron en total 3.576.800 kg de acero, lo que representó un valor ejecutado de \$14.401.028.224 COP. De este gran total, y tras aplicar el análisis ABC, el presente estudio se concentra en resolver las deficiencias de los materiales críticos (Categoría A), los cuales representan un volumen de 3.013.951 kg adquiridos por un valor de \$9.903.493.427 COP. Estos resultados muestran la alta relevancia que tiene este proceso dentro de los costos del proyecto y la necesidad de gestionar adecuadamente su abastecimiento.

Así mismo, se observó que la compra de acero influye directamente en la ejecución de las obras, ya que cualquier retraso o inconveniente en el suministro puede afectar la programación de actividades y la coordinación entre las diferentes áreas involucradas, como obra, almacén y proveedores.

Con base en lo descrito, se definió como problema principal la falta de una adecuada planificación y control en el abastecimiento de aceros. Esta situación ha generado compras urgentes, adquisición de materiales a proveedores alternos y variaciones en los precios de compra, lo que pasa a ser sobre costos para la organización. Además, se identificaron dificultades relacionadas con solicitudes por fuera de programación, tiempos de respuesta del proveedor principal y la no existencia de un procedimiento estandarizado para la gestión de almacenamiento.

7.1.1 CARACTERIZACION DEL PROCESO ACTUAL DE ABASTECIMIENTO

La revisión del procedimiento actual permitió identificar que el abastecimiento de aceros se realiza principalmente cuando surge la necesidad en obra, en lugar de estar soportado por una planificación anticipada basada en el cronograma de ejecución o en niveles de inventario previamente establecidos. En la práctica, el proceso inicia cuando se detecta la necesidad de material, se realiza la solicitud de compra, se gestiona el pedido con el proveedor principal y en caso de no contar con disponibilidad, se busca una alternativa de suministro. Posteriormente se coordina el despacho, se recibe el material y se registra su ingreso al almacén.

Esta forma de trabajo puede generar retrasos en la entrega de los materiales y obliga en algunos casos a realizar compras de última hora, lo que puede afectar los costos y la programación de las actividades en obra.

Durante el periodo analizado se identificó que SIDOC SAS, concentra gran parte de las compras de acero realizadas por la organización, situación que obedece a los acuerdos comerciales y negociaciones establecidas al inicio de cada año para garantizar condiciones favorables de suministro y precio. Sin embargo, se evidencio que cuando los requerimientos de obra no son comunicados con la suficiente anticipación o cuando existen limitaciones temporales de disponibilidad por parte del proveedor, se hace necesario acudir a proveedores alternos como Acerías Paz del Río SA, DIACO SA y otros proveedores. Esta situación sugiere la necesidad de fortalecer la planificación y el intercambio oportuno de información sobre la demanda esperada, con el fin de reducir compras no programadas y minimizar variaciones en los costos de adquisición.

7.1.2 IDENTIFICACION DE MATERIALES CRITICOS MEDIANTE ANALISIS ABC/PARETO

Con el fin de identificar los materiales con mayor impacto en el costo de abastecimiento, se realizó un análisis ABC apoyado en el principio de Pareto. Los resultados mostraron que 9 referencias, que representan el 12.68% del total de materiales analizados, acumulan cerca del 79.64% del valor total de las compras de acero. Por esta razón, estas referencias fueron clasificadas en la categoría A

Los resultados permiten observar que una parte importante del gasto se concentra en un número reducido de materiales, por lo que cualquier inconveniente relacionado con su abastecimiento puede generar un impacto significativo en los costos del proyecto.

Entre los materiales clasificados en la categoría A se encuentran principalmente las diferentes referencias de varilla corrugada, destacándose las de 1/2" x 12 MT, 1 1/4" x 12 MT, 5/8" x 12 MT, 5/8" x 9 MT, 3/4" x 12 MT y 3/8" x 12 MT. Estas referencias son las de mayor consumo y valor dentro del proceso de abastecimiento.

Teniendo en cuenta estos resultados, el desarrollo del estudio se enfocó en los materiales de categoría A, debido a que representan la mayor participación económica dentro de las compras de acero y ofrecen una mayor oportunidad de generar mejoras en el proceso.

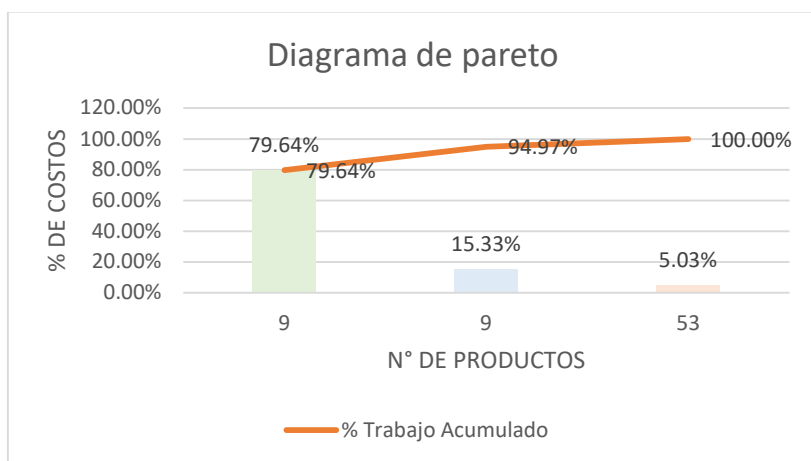
Tabla 4

ABC / Pareto aceros.

Grupo	N° de productos	% de productos	% Acumulado	% Costos	% Trabajo Acumulado
A	9	12.68%	13%	79.64%	79.64%
B	9	12.68%	25%	15.33%	94.97%
C	53	74.65%	100%	5.03%	100.00%
	71				

Figura 1

Pareto



7.1.3 MEDICION DE LA LINEA BASE DEL PROCESO

La línea base del proceso se estableció a partir del análisis de los materiales críticos, los precios de compra y los sobre costos registrados durante el año 2025.

En primer lugar, se identificó que la mayor parte del valor de las compras de acero se concentra en las referencias clasificadas como categoría A. Esto indica que el comportamiento de estos materiales tiene una influencia importante sobre los resultados del proceso de abastecimiento y sobre los costos del proyecto.

Por otra parte, se evidenciaron diferencias en los precios de compra entre proveedores. Por ejemplo, para la varilla corrugada de 1/2" x 12 MT se encontraron adquisiciones realizadas al proveedor principal en valores cercanos a \$3.100 y \$3.300 por kilogramo, mientras que en algunas compras realizadas con proveedores alternos se registraron precios superiores, alcanzando aproximadamente los \$3.850 por kilogramo. Estas diferencias suelen presentarse cuando es necesario atender requerimientos no previstos o cuando el material no se encuentra disponible en las condiciones inicialmente negociadas.

Adicionalmente, el análisis de los sobre costos mostró una diferencia acumulada cercana a \$88.720.291 entre el costo esperado y el costo real del abastecimiento de aceros durante el período evaluado. Este resultado evidencia que las variaciones en los precios de compra y la necesidad de acudir a proveedores alternos tienen un impacto económico sobre la operación.

De acuerdo con estos hallazgos, la situación actual del proceso puede resumirse en los siguientes aspectos: una alta concentración del costo en un número reducido de materiales, diferencias de precio entre proveedores, compras ocasionales fuera de la negociación principal y la generación de sobre costos asociados a la gestión del abastecimiento durante el período analizado.

7.1.4 INDICADORES DIAGNOSTICOS DEL PROCESO

Con base en la información analizada, se establecieron los siguientes indicadores para describir la situación actual del proceso de abastecimiento de aceros:

- Participación de los materiales categoría A sobre el costo total de compras: 79,64%.
- Participación de las referencias categoría A sobre el total de productos analizados: 12,68%.
- Sobrecosto acumulado del abastecimiento durante 2025: aproximadamente \$88,7 millones COP.
- Proveedor principal de abastecimiento: SIDOC S.A.S., de acuerdo con las negociaciones comerciales establecidas por la organización.
- Proveedores alternos utilizados durante el período analizado: Acerías Paz del Río S.A., DIACO S.A. y otros proveedores de apoyo.
- Variación de precios en materiales críticos: en algunas referencias de varilla se encontraron diferencias de aproximadamente \$540 a \$650 por kilogramo entre el proveedor principal y los proveedores alternos.

Adicionalmente, la medición arrojó que el 30,2% de los pedidos (1.580 de 5.219 órdenes en 2025) fueron gestionados como urgentes. Dado que actualmente los formatos de pedido no cuentan con un campo de selección para tipificar la urgencia, este dato fue consolidado a través de un seguimiento manual por parte del logístico de obra. Para resolver esta limitación, el procedimiento propuesto contempla la habilitación de un campo obligatorio de 'Motivo de compra' (Urgente / Planeada) en el módulo de gestión de compras del ERP corporativo, permitiendo trazar este indicador de forma automatizada.

Estos indicadores permiten establecer una referencia inicial para evaluar posteriormente el impacto de las mejoras propuestas sobre el proceso de abastecimiento.

7.2 FASE ANALYZE (ANALISIS)

Una vez establecida la línea base del proceso, se analizaron las principales situaciones que pueden generar compras urgentes y sobrecostos en el abastecimiento de aceros. La revisión de la información histórica permitió identificar que estos eventos no obedecen únicamente a diferencias de precios entre proveedores, sino también a aspectos relacionados con la planeación de las necesidades de material y la coordinación del proceso de abastecimiento.

Dentro de los registros analizados se encontraron compras realizadas con proveedores alternos debido a la falta de disponibilidad inmediata del material requerido. En algunos casos, esto generó diferencias en los precios de compra. Por ejemplo, para la varilla corrugada de 1/2" x 12 MT se registraron adquisiciones cercanas a \$3.850 por kilogramo con proveedores alternos, mientras que las compras realizadas bajo las condiciones habituales con el proveedor principal se encontraban alrededor de los \$3.300 por kilogramo o menos.

Asimismo, las observaciones registradas en la base de datos muestran que algunas compras estuvieron asociadas a necesidades específicas de determinados frentes de obra. Esto sugiere que, en ciertos momentos, los requerimientos de material se gestionaron con tiempos reducidos de anticipación, lo que limita las opciones de abastecimiento y puede generar variaciones en los costos.

Los resultados obtenidos indican que los sobrecostos observados durante el período analizado están relacionados tanto con factores externos, como la disponibilidad de material en el mercado, como con factores internos asociados a la planeación de la demanda, la programación de compras y la comunicación oportuna de las necesidades de obra. Por esta razón, las oportunidades de mejora se orientan principalmente al fortalecimiento de la planificación y coordinación del proceso de abastecimiento.

7.2.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Con el propósito de organizar las posibles causas del problema identificado, se elaboró un diagrama de Ishikawa tomando como efecto principal las compras urgentes y los sobrecostos en el abastecimiento de aceros. Este análisis permitió visualizar que la situación no obedece a una sola causa, sino a varios factores relacionados con la forma en que se planifica, coordina y ejecuta el proceso de abastecimiento.

En la categoría de método se identificaron aspectos como la falta de una programación anticipada de los requerimientos, la ausencia de un procedimiento claramente definido para el abastecimiento y una gestión que en algunos casos responde a necesidades inmediatas de la obra. En cuanto al personal involucrado, se encontraron situaciones relacionadas con solicitudes realizadas con poca anticipación y dificultades de coordinación entre las áreas de obra, compras y almacén.

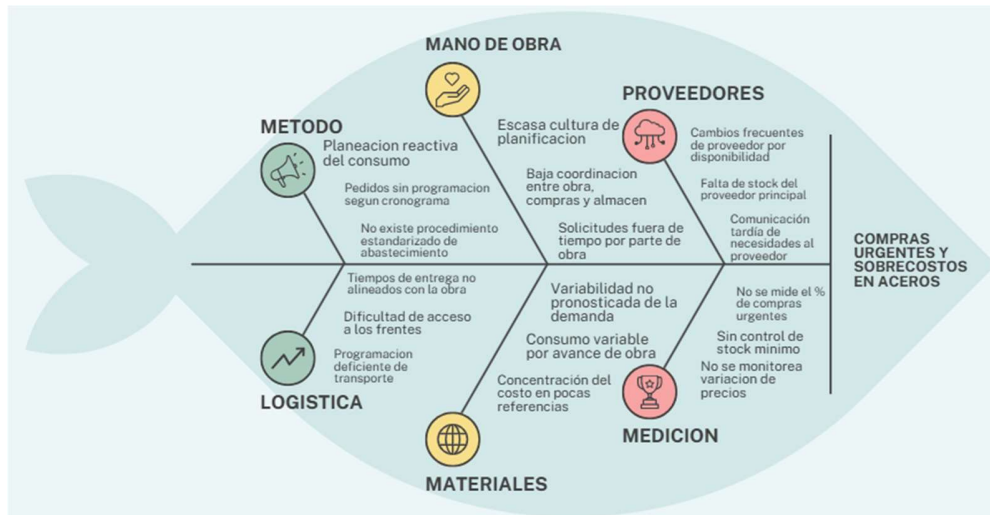
Respecto a los proveedores, se evidenció que cuando los requerimientos no se informan oportunamente o existe una disponibilidad limitada del material, pueden presentarse dificultades para atender la demanda bajo las condiciones inicialmente negociadas, lo que obliga a buscar alternativas de suministro. Por otra parte, factores logísticos como los tiempos de entrega, la ubicación de los proyectos y el acceso a algunos frentes de trabajo también pueden afectar la oportunidad en el abastecimiento.

En relación con los materiales, se observó que una gran parte del valor de las compras se concentra en un grupo reducido de referencias de acero, por lo que cualquier variación en su disponibilidad o precio tiene un impacto importante sobre los costos. Finalmente, en la categoría de medición y control se identificó la falta de indicadores que permitan realizar un seguimiento sistemático a aspectos como las compras urgentes, los niveles mínimos de inventario y las variaciones de precio entre proveedores.

El análisis realizado permitió concluir que las compras urgentes y los sobrecostos son el resultado de varios factores que interactúan entre sí, siendo la planificación y la coordinación del abastecimiento algunos de los aspectos con mayor oportunidad de mejora.

Figura 2

Diagrama de Ishikawa



7.2.2 PRIORIZACION DE CAUSAS MEDIANTE DIAGRAMA DE PARETO

Con el fin de identificar las causas que tienen mayor impacto sobre las compras urgentes y los sobre costos en el abastecimiento de aceros, se realizó un análisis de Pareto tomando como base las causas identificadas previamente en el diagrama de Ishikawa. La priorización se realizó mediante una matriz de evaluación aplicada a los expertos participantes, quienes calificaron cada causa según su frecuencia e impacto dentro del proceso. Los resultados obtenidos sirvieron como base para la construcción del diagrama de Pareto y la identificación de las causas con mayor incidencia en la problemática analizada.

Los resultados mostraron que pocas causas concentran la mayor parte de los problemas observados en el proceso. Entre las más relevantes se encuentran la falta de planificación de los requerimientos de material, las solicitudes realizadas con poca anticipación desde obra, las dificultades de disponibilidad del material cuando no se informa oportunamente la demanda y la necesidad de realizar compras con proveedores alternos a precios superiores a los negociados inicialmente.

Estos resultados coinciden con la información encontrada en los registros históricos de compras, donde se evidencian casos asociados a falta de stock, diferencias de precio entre proveedores y requerimientos urgentes para atender necesidades específicas de obra.

El análisis también permitió concluir que los sobre costos no se generan por una sola causa, sino por la combinación de varios factores relacionados principalmente con la planificación y coordinación del abastecimiento. Por esta razón, las acciones de mejora deben enfocarse en aquellas causas que presentan mayor incidencia dentro del proceso, ya que son las que ofrecen una mayor oportunidad de reducir compras urgentes y minimizar los sobre costos asociados.

Tabla 5*Evaluación de frecuencia*

EVALUACION DE FRECUENCIA				
CAUSA	JEFE DE COMPRAS	ALMACENISTA	ING. RESIDENTE	PROMEDIO
SOLICITUD SIN PROYECCION	5	5	5	5.0
SOLICITUD CON POCA ANTICIPACION	5	4	5	4.7
INVENTARIOS MINIMOS	5	5	4	4.7
FALTA DE STOCK DEL PROVEEDOR	4	4	4	4.0
PROBLEMAS VIALES	3	3	4	3.3
BAJA COORDINACION	3	3	3	3.0
SIN STOCK EN EL ALMACEN	3	3	3	3.0
VARIACION DE PRECIOS	2	2	2	2.0

Tabla 6.*Evaluacion de impacto*

EVALUACION DE IMPACTO				
CAUSA	JEFE DE COMPRAS	ALMACENISTA	ING. RESIDENTE	PROMEDIO
SOLICITUD SIN PROYECCION	5	5	5	5.0
SOLICITUD CON POCA ANTICIPACION	5	5	5	5.0
INVENTARIOS MINIMOS	4	4	5	4.3
FALTA DE STOCK DEL PROVEEDOR	4	4	4	4.0
PROBLEMAS VIALES	3	3	4	3.3
BAJA COORDINACION	3	3	3	3.0
SIN STOCK EN EL ALMACEN	3	3	3	3.0
VARIACION DE PRECIOS	2	2	2	2.0

Tabla 7.

Matriz consolidada.

MATRIZ CONSOLIDADA			
CAUSA	IMPACTO PROMEDIO	FRECUENCIA PROMEDIO	PUNTAJE
SOLICITUD SIN PROYECCION	5.0	5.0	25.0
SOLICITUD CON POCA ANTICIPACION	5.0	4.7	23.3
INVENTARIOS MINIMOS	4.3	4.7	20.2
FALTA DE STOCK DEL PROVEEDOR	4.0	4.0	16.0
PROBLEMAS VIALES	3.3	3.3	11.1
BAJA COORDINACION	3.0	3.0	9.0
SIN STOCK EN EL ALMACEN	3.0	3.0	9.0
VARIACION DE PRECIOS	2.0	2.0	4.0

Tabla 8.

Pareto de matriz de expertos.

PARETO			
CAUSA	PUNTAJE	%	% ACUMULADO
SOLICITUD SIN PROYECCION	25.0	21.2%	21.2%
SOLICITUD CON POCA ANTICIPACION	23.3	19.8%	41.1%
INVENTARIOS MINIMOS	20.2	17.2%	58.3%
FALTA DE STOCK DEL PROVEEDOR	16.0	13.6%	71.9%
PROBLEMAS VIALES	11.1	9.4%	81.3%
BAJA COORDINACION	9.0	7.6%	89.0%
SIN STOCK EN EL ALMACEN	9.0	7.6%	96.6%
VARIACION DE PRECIOS	4.0	3.4%	100.0%
TOTAL	117.7		

7.2.3 CAUSAS DE RAIZ PRIORIZADAS

Con base en la información obtenida a través del diagrama de Ishikawa y del análisis de Pareto, se identificaron las principales causas que están generando compras urgentes y sobrecostos en el abastecimiento de aceros.

La primera causa corresponde a la falta de planificación anticipada de las necesidades de material. Durante el análisis se evidenció que algunos requerimientos se gestionan cuando ya son necesarios en obra, lo que reduce el tiempo disponible para realizar el proceso de compra bajo las condiciones previamente negociadas.

La segunda causa está relacionada con las solicitudes realizadas con poca anticipación desde los diferentes frentes de trabajo. Cuando los requerimientos no se informan oportunamente, el área de compras cuenta con menos tiempo para coordinar el suministro y garantizar la disponibilidad de los materiales requeridos.

Otra causa identificada tiene que ver con la disponibilidad del material. En algunos casos, cuando los requerimientos no se comunican con suficiente anticipación o cuando existen limitaciones temporales de stock, es necesario acudir a proveedores alternos. Esta situación puede generar diferencias en los precios de compra y afectar las condiciones inicialmente acordadas con el proveedor principal.

Finalmente, se encontró la ausencia de herramientas de control que permitan anticipar posibles problemas de abastecimiento, como niveles mínimos de inventario, puntos de reorden o indicadores para el seguimiento de compras urgentes y variaciones de precio entre proveedores.

En general, los resultados muestran que las principales causas del problema están asociadas a aspectos de planificación, coordinación y control del proceso de abastecimiento. Por esta razón, las acciones de mejora deben enfocarse en fortalecer estos elementos para reducir las compras urgentes y minimizar los sobrecostos generados durante la ejecución de las obras.

7.3 FASE IMPROVE (MEJORAR)

Una vez identificadas las principales causas del problema, se diseñó una propuesta de mejora enfocada en fortalecer el proceso de abastecimiento de aceros en CASAHIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S. La propuesta busca mejorar la planificación y coordinación de las compras, con el fin de reducir las solicitudes urgentes, optimizar los tiempos de abastecimiento y disminuir los sobrecostos asociados al proceso.

El diseño de la mejora se basó en los resultados obtenidos durante la fase de análisis, donde se identificaron oportunidades relacionadas con la planificación de los requerimientos, la comunicación entre las áreas involucradas y el seguimiento de los materiales críticos. Por esta razón, la propuesta incluye actividades orientadas a proyectar las necesidades de acero con mayor anticipación, consolidar los requerimientos de obra, verificar la disponibilidad de inventario y programar oportunamente las compras con los proveedores.

De igual manera, se plantean mecanismos de seguimiento que permitan monitorear el comportamiento del abastecimiento y facilitar la toma de decisiones frente a posibles riesgos de desabastecimiento o variaciones en los costos de compra.

En términos generales, la propuesta busca que el proceso pase de atender necesidades inmediatas a trabajar con una mayor anticipación y control, contribuyendo así a una mejor gestión de los materiales críticos y a la reducción de los sobrecostos generados durante la ejecución de los proyectos.

7.3.1 PROCEDIMIENTO DE ABASTECIMIENTO PROPUESTO

Como resultado de la fase Improve, se diseñó un procedimiento para mejorar el abastecimiento de aceros y facilitar la planificación de las compras de materiales críticos. La propuesta inicia con la revisión periódica del cronograma de obra, con el fin de identificar con anticipación las actividades que requerirán acero y estimar las cantidades necesarias para su ejecución.

A partir de esta información, se propone realizar una proyección de consumo de las referencias más importantes, especialmente aquellas clasificadas en la categoría A del análisis ABC. De esta manera, las necesidades de material pueden ser identificadas con suficiente anticipación y las compras pueden programarse antes de que surjan requerimientos urgentes en obra.

Posteriormente, los diferentes frentes de trabajo deben consolidar y reportar sus necesidades de material dentro de un periodo definido. Esta información se compara con el inventario disponible para determinar si el material existente es suficiente o si es necesario realizar una nueva compra. Como apoyo a este proceso, se propone establecer niveles mínimos de inventario para las referencias de mayor consumo, permitiendo detectar oportunamente posibles faltantes.

Una vez identificadas las necesidades de compra, se programa el pedido con el proveedor principal de acuerdo con los tiempos requeridos para el suministro. En caso de presentarse problemas de disponibilidad o alguna situación excepcional debidamente justificada, se podrá recurrir a proveedores alternos previamente identificados por la organización.

Finalmente, el procedimiento contempla la coordinación del despacho, la recepción del material en obra, el registro de ingreso al almacén y la actualización de los inventarios. Asimismo, se plantea realizar un seguimiento periódico a los resultados del proceso mediante indicadores que permitan evaluar su desempeño y detectar oportunidades de mejora.

Con la implementación de este procedimiento se espera que el abastecimiento de aceros se realice de manera más organizada, reduciendo la necesidad de compras urgentes y mejorando el control sobre los costos asociados al suministro de materiales.

7.3.2 FLUJO DEL PROCESO MEJORADO

El flujo del proceso propuesto puede resumirse en las siguientes etapas: revisión del cronograma de obra → proyección del consumo de acero → consolidación de requerimientos → validación del inventario disponible → comparación con stock mínimo → programación del pedido → confirmación de disponibilidad del proveedor principal → coordinación del transporte → recepción del material en obra → registro e ingreso a inventario → seguimiento del abastecimiento.

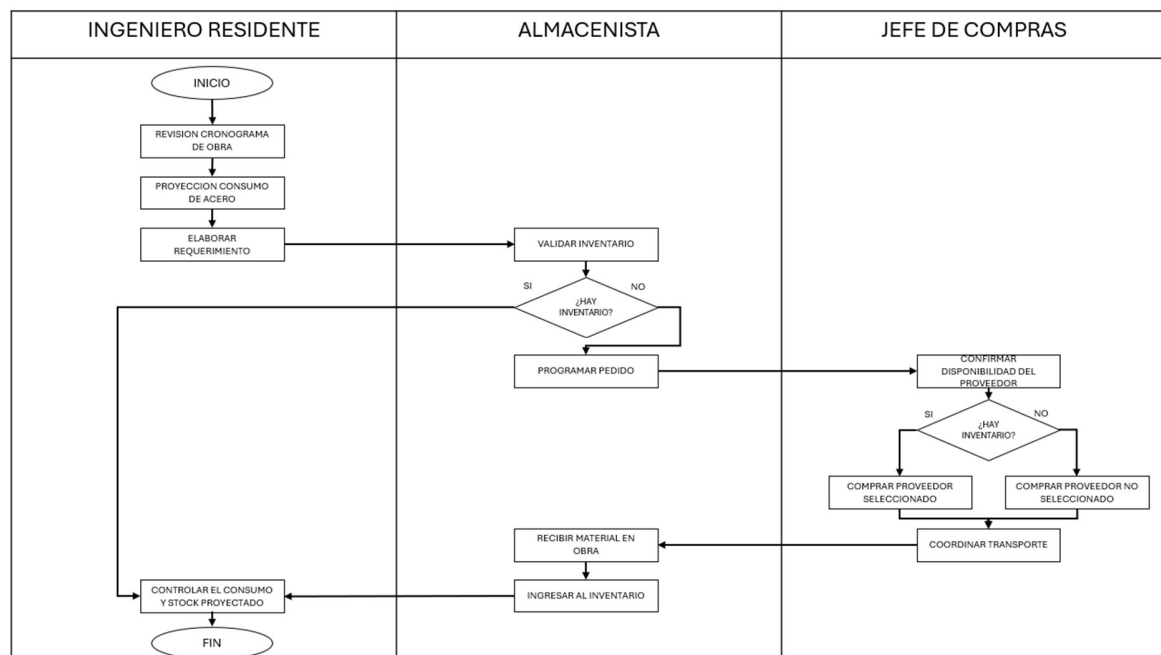
Esta secuencia permite que antes de realizar una compra se revisen aspectos importantes como las necesidades reales de la obra, el inventario disponible y los niveles mínimos definidos para los materiales más críticos. De esta manera, es posible diferenciar las compras planificadas de aquellas situaciones excepcionales que requieren una atención inmediata.

La principal diferencia frente a la forma de trabajo actual es que el abastecimiento deja de iniciar cuando el material ya se necesita en obra y pasa a gestionarse desde etapas previas de planeación. Con ello se busca que las compras puedan programarse con mayor anticipación, mejorar la coordinación entre las áreas involucradas y reducir la necesidad de recurrir a compras urgentes.

En general, la propuesta está orientada a fortalecer la organización y el control del proceso de abastecimiento, permitiendo una mejor gestión de los materiales y contribuyendo a disminuir los sobrecostos asociados a compras no programadas.

Figura 3

Diagrama de flujo



7.3.3 ELEMENTOS CLAVE DE LA PROPUESTA DE MEJORA

Para garantizar la viabilidad y ejecución de la propuesta, se definen los siguientes parámetros operativos estandarizados:

- **Tiempos mínimos de solicitud:** Se establece un tiempo mínimo de 15 días calendario de anticipación para la solicitud de aceros (Categoría A) antes de su fecha requerida de consumo en obra. Este margen absorbe factores externos de alto impacto en proyectos de infraestructura, tales como las condiciones de las vías de acceso, alteraciones del orden público y los tiempos logísticos de cargue desde planta.
- **Responsables por actividad:**
 - **Ingeniero Residente:** Responsable de proyectar el consumo basado en el cronograma de obra y solicitar formalmente los materiales con la anticipación requerida.
 - **Almacenista:** Responsable de validar el stock físico, confirmar la capacidad de almacenamiento en obra antes de la recepción y alertar sobre los niveles mínimos de inventario.
 - **Jefe de Compras:** Responsable de negociar, emitir la orden de compra (OC) y coordinar el cumplimiento de los tiempos de entrega con el proveedor.
- **Frecuencia de reuniones:** Se implementará un Comité de Abastecimiento Quincenal conformado por la Dirección de Obra, el Ingeniero Residente, el Almacenista y el Jefe de Compras. Su objetivo será cruzar la proyección del cronograma frente al stock disponible y evaluar las métricas de cumplimiento.
- **Formato de seguimiento y control de inventario:** Se utilizará un formato integrado en Excel conectado a los módulos del ERP corporativo (ADPRO y SGD) para visibilizar el material en tránsito, las actas de recibo y las alertas de puntos de reorden.
- **Criterios para el uso de proveedores alternos:** Queda restringido su uso a dos escenarios con autorización previa:
 - Notificación formal de quiebre de stock por parte del proveedor principal.
 - Necesidades emergentes críticas (ej. atención de derrumbes, cambios de diseño imprevistos), sustentadas técnicamente por el Ingeniero Residente.

7.3.4 IMPACTO ESPERADO DE LA PROPUESTA

Se proyecta que la futura implementación del procedimiento propuesto ayude a reducir las compras realizadas con carácter urgente y a mejorar la gestión de los materiales críticos utilizados en las obras. Asimismo, se busca disminuir la necesidad de recurrir a proveedores alternos por falta de planificación o por requerimientos realizados con poca anticipación, lo que puede contribuir a un mejor control de los costos de compra.

También se espera una mejor coordinación entre las áreas de obra, compras y almacén, ya que el procedimiento incorpora actividades de revisión, validación y seguimiento que permiten anticipar las necesidades de material y facilitar la programación de las compras.

Desde el punto de vista económico, la propuesta está orientada a disminuir los sobrecostos identificados durante el período analizado, los cuales alcanzaron aproximadamente \$88,7 millones de pesos. Aunque los resultados dependerán de la correcta aplicación del procedimiento y del seguimiento realizado por las áreas involucradas, se espera que una mejor planificación contribuya a optimizar el proceso de abastecimiento.

De igual forma, la propuesta puede ayudar a reducir situaciones relacionadas con retrasos en la entrega de materiales, ajustes en la programación de actividades y necesidades de compra de última hora, especialmente en las referencias de acero con mayor consumo. En general, se busca que el abastecimiento se gestione con mayor anticipación y organización, permitiendo un mejor control de los recursos y una respuesta más oportuna a las necesidades de los proyectos.

Tabla 9

Línea base vs. Estado deseado del proceso de abastecimiento

Indicador	Línea Base (Situación Actual - 2025)	Estado Deseado (Meta Proyectada)
Porcentaje de compras urgentes	~30% de las solicitudes	Reducir al 10%
Sobrecostos por compras no planificadas	~\$88.720.291 COP anuales	Disminuir entre un 20% y 30%
Dependencia de proveedores alternos	Alta (por desabastecimiento o urgencia)	Uso excepcional (solo por quiebre de stock justificado)
Variación de precio de adquisición	Diferencias de hasta \$540 - \$650 COP/kg	Estabilidad de precios bajo negociación anual principal
Gestión de Stock e Inventarios	Reactiva (sin niveles mínimos definidos)	Preventiva (con niveles mínimos y puntos de reorden definidos)
Tiempos de retraso en obra	Hasta 3 días de retraso por falta de acero	Máximo 1 día (por eventualidades mayores)

La meta de pasar del 30,2% al 10% de compras urgentes se considera realista y alcanzable. Se sustenta en la mitigación de las causas raíz de tipo administrativo identificadas en el análisis de Pareto (solicitudes sin proyección y falta de inventarios mínimos). El 10% restante se mantiene como un margen de tolerancia operativo, asumiendo que en proyectos de infraestructura vial en zonas de difícil acceso siempre existirán factores logísticos externos e imponderables (problemas viales o emergencias climáticas) que requerirán un abastecimiento urgente inevitable.

7.4 FASE CONTROL

La fase Control tiene como objetivo realizar seguimiento a la propuesta de mejora y verificar que las acciones planteadas se mantengan en el tiempo. Para ello, se definieron indicadores y actividades de seguimiento que permitan evaluar el comportamiento del proceso de abastecimiento durante un periodo de seis meses después de la implementación.

El propósito de esta fase es comprobar si el procedimiento propuesto contribuye a reducir las compras urgentes, disminuir los sobrecostos asociados al abastecimiento y mejorar la disponibilidad de materiales para la ejecución de las obras.

Debido a que en el proceso intervienen diferentes áreas de la organización, como obra, compras y almacén, el seguimiento no debe enfocarse únicamente en las compras realizadas. También es importante revisar aspectos relacionados con los tiempos de solicitud, la disponibilidad de materiales, el comportamiento de los precios y el cumplimiento de los proveedores frente a los requerimientos programados.

Por esta razón, se planteó un conjunto de indicadores y controles periódicos que permitan monitorear el desempeño del proceso, identificar posibles desviaciones y tomar acciones oportunas cuando sea necesario. De esta manera, se busca asegurar que las mejoras propuestas generen resultados sostenibles y aporten al fortalecimiento del abastecimiento de aceros dentro de la organización.

7.4.1 INDICADORES DE SEGUIMIENTO PROPUESTOS

Para garantizar el control y la medición del proceso de abastecimiento, se establecen las siguientes fichas técnicas para los indicadores clave:

a) Porcentaje de compras urgentes

- Fórmula: $(\text{Total de órdenes de compra urgentes de acero} / \text{Total de órdenes de compra de acero}) * 100$
- Fuente de información: Módulo de compras del ERP (ADPRO).
- Periodicidad de medición: Mensual.
- Responsable: Jefe de Compras.
- Meta esperada: $\leq 10\%$.

b) Porcentaje de compras realizadas a proveedores alternos

- Fórmula: $(\text{Total de OC de acero emitidas a proveedores alternos} / \text{Total de OC de acero}) * 100$

- Fuente de información: ERP (ADPRO).
- Periodicidad de medición: Mensual.
- Responsable: Jefe de Compras.
- Meta esperada: $\leq 15\%$ (uso restringido a contingencias debidamente justificadas).

c) Variación de precio en materiales críticos

- Fórmula: $[(\text{Precio Real de Compra} - \text{Precio Negociado Principal}) / \text{Precio Negociado Principal}] * 100$
- Fuente de información: Cuadro comparativo de ofertas y órdenes de compra.
- Periodicidad de medición: Mensual.
- Responsable: Jefe de Compras.
- Meta esperada: $\leq 5\%$ de variación frente al presupuesto base de la negociación anual.

d) Sobrecosto acumulado del abastecimiento

- Fórmula: $\Sigma (\text{Cantidad Comprada} * [\text{Precio Real} - \text{Precio Estándar Negociado}])$
- Fuente de información: Reportes financieros del proyecto.
- Periodicidad de medición: Mensual y consolidado al cierre del proyecto.
- Responsable: Área Logística y Dirección de Obra.
- Meta esperada: Reducción de entre un 20% y un 30% respecto a los sobre costos de la línea base identificados en el diagnóstico.

e) Cumplimiento del proveedor principal

- Fórmula: $(\text{Total de pedidos entregados completos y a tiempo} / \text{Total de pedidos realizados al proveedor}) * 100$
- Fuente de información: Actas de recibo y módulo de gestión documental (SGD) / Almacén.
- Periodicidad de medición: Mensual.
- Responsable: Almacenista de obra.

- Meta esperada: $\geq 90\%$.

En conjunto, estos indicadores permitirán monitorear el comportamiento del proceso, identificar posibles desviaciones y verificar si las acciones propuestas generan mejoras en la planificación, el abastecimiento y el control de costos.

7.4.2 PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Para mantener la mejora propuesta en el tiempo, se recomienda realizar reuniones periódicas entre las áreas de obra, compras y almacén. Estas revisiones pueden llevarse a cabo de forma mensual y complementarse con seguimientos semanales o quincenales para los materiales de mayor importancia, especialmente aquellos clasificados en la categoría A.

Durante estos espacios se deben revisar las necesidades programadas de material, el consumo real, los inventarios disponibles, las compras realizadas y cualquier situación que pueda afectar el abastecimiento. También es importante hacer seguimiento a la participación de proveedores alternos y a las variaciones de precio que se presenten en los materiales críticos. Este control permite identificar posibles problemas con anticipación y tomar acciones antes de que se generen faltantes o sobrecostos.

Adicionalmente, se propone que cada compra de materiales críticos cuente con un registro sencillo de la razón que originó la solicitud. De esta manera, será posible identificar si la compra correspondió a una necesidad programada, una situación relacionada con disponibilidad del material, un requerimiento solicitado con poca anticipación o cualquier otra situación operativa.

Contar con esta información facilitará el seguimiento del proceso y permitirá identificar con mayor claridad las causas más frecuentes de las compras urgentes, aportando información útil para futuras acciones de mejora.

7.4.3 VALIDACIÓN DEL IMPACTO ESPERADO

La validación de la propuesta está diseñada para realizarse una vez el modelo sea implementado, comparando los resultados obtenidos tras seis meses de operación con la situación identificada en la línea base del estudio. De esta manera, será posible evaluar si las acciones planteadas contribuyen a mejorar el proceso de abastecimiento de aceros y a reducir los problemas detectados durante el análisis.

Desde el punto de vista económico, uno de los principales aspectos a evaluar será el comportamiento de los sobrecostos registrados en el abastecimiento, tomando como referencia la diferencia cercana a \$88,7 millones de pesos identificada durante el período analizado. Asimismo, se revisará la evolución de otros indicadores relacionados con las compras urgentes, la participación de proveedores alternos y el cumplimiento de los pedidos realizados al proveedor principal.

Sin embargo, la evaluación de la propuesta no debe centrarse únicamente en los resultados económicos. También es importante analizar aspectos relacionados con la organización y el control del proceso, como la anticipación en la solicitud de materiales, la coordinación entre las áreas involucradas y la capacidad para atender las necesidades de obra sin recurrir constantemente a soluciones de última hora.

En este sentido, la fase Control busca verificar que las mejoras implementadas se mantengan en el tiempo y que el proceso de abastecimiento continúe desarrollándose de manera más planificada y organizada, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de la organización y a una mejor gestión de los materiales críticos.

7.4.4 SOSTENIBILIDAD DE LA PROPUESTA

La permanencia de la propuesta en el tiempo dependerá de que las actividades planteadas sean incorporadas a la forma habitual de trabajo de la organización. Para ello, es importante que las áreas de compras, obra y almacén participen activamente en la aplicación del procedimiento y en el seguimiento de los indicadores definidos para el proceso.

De igual manera, será necesario mantener una comunicación constante entre las áreas involucradas, realizar una adecuada actualización de los inventarios y gestionar los requerimientos de material con la anticipación necesaria. Estos aspectos son fundamentales para que la planificación del abastecimiento se convierta en una práctica permanente y no únicamente en una acción asociada al presente estudio.

Si las medidas propuestas se mantienen en el tiempo, la empresa podrá fortalecer el control sobre el abastecimiento de aceros, reducir la ocurrencia de compras urgentes y mejorar el manejo de los costos relacionados con la adquisición de materiales. Además, la experiencia obtenida podrá servir como referencia para aplicar iniciativas similares en otros procesos de abastecimiento que tengan un impacto importante dentro de la organización.

De esta manera, la fase Control no solo permite verificar los resultados de la propuesta, sino también generar las bases para continuar fortaleciendo la gestión logística y promover un proceso de mejora continua dentro de la empresa.

7.5 SÍNTESIS DEL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

En relación con el primer objetivo específico, se logró realizar el diagnóstico del proceso de abastecimiento de aceros a partir del análisis de la información correspondiente al año 2025. Los resultados permitieron identificar que esta categoría de materiales tiene una participación importante dentro de los costos de la organización y que una parte significativa del gasto se concentra en un grupo reducido de referencias de acero.

Respecto al segundo objetivo específico, se identificaron las principales causas asociadas a las compras urgentes y a los sobrecostos del abastecimiento. Entre ellas se destacan aspectos relacionados con la planificación de los requerimientos, la coordinación entre las áreas

involucradas, la disponibilidad de los materiales y la falta de herramientas de control que permitan anticipar posibles problemas de abastecimiento.

En cuanto al tercer objetivo específico, se diseñó una propuesta de mejora orientada a fortalecer la planificación y el control del proceso. La propuesta incluye actividades como la revisión del cronograma de obra, la proyección de necesidades de material, la validación de inventarios y la programación oportuna de las compras, buscando reducir la necesidad de realizar adquisiciones de última hora.

Finalmente, para dar cumplimiento al cuarto objetivo específico, se definieron indicadores y actividades de seguimiento que permitirán evaluar el comportamiento del proceso después de la implementación de la propuesta. Estos elementos servirán para verificar su efectividad y apoyar la continuidad de las mejoras en el tiempo.

En conjunto, los resultados obtenidos permitieron cumplir los objetivos planteados en la investigación y establecer una propuesta orientada a mejorar la gestión del abastecimiento de aceros dentro de la organización.

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

8.1 DISCUSION

Los resultados obtenidos permitieron evidenciar que el abastecimiento de aceros tiene una gran importancia dentro de la operación de CASAHIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S., debido a su impacto tanto en los costos como en la continuidad de las actividades de obra. El análisis de la información correspondiente al año 2025 mostró que las compras totales de acero alcanzaron un volumen de 3.576.800 kg, representando un valor ejecutado de \$14.401.028.224 COP, de los cuales \$9.903.493.427 COP corresponden estrictamente a los materiales críticos de la categoría A, lo que confirma la relevancia de esta categoría dentro de los proyectos ejecutados por la organización.

De igual manera, el análisis ABC permitió identificar que una parte importante del valor de las compras se concentra en un número reducido de referencias. En particular, los materiales clasificados como categoría A representan el 79,64% del costo total, aunque corresponden únicamente al 12,68% de las referencias analizadas. Este resultado evidencia la importancia de enfocar los esfuerzos de control y mejora en aquellos materiales que generan el mayor impacto económico dentro del proceso.

Por otra parte, el estudio mostró que los sobrecostos asociados al abastecimiento no dependen únicamente de las condiciones del mercado o de las variaciones de precio entre proveedores. Los resultados sugieren que también existen factores internos relacionados con la planificación de las necesidades de material, la coordinación entre las áreas involucradas y el seguimiento de los inventarios. Durante el período analizado se identificó una diferencia cercana a \$88,7 millones de pesos entre el costo esperado y el costo real de las compras de acero, lo que evidencia el impacto económico que pueden generar las compras no programadas y otras situaciones asociadas al abastecimiento.

El análisis de las causas permitió identificar oportunidades de mejora relacionadas principalmente con la planificación de los requerimientos, la comunicación entre las áreas de obra, compras y almacén, y el control de los materiales críticos. Los resultados muestran que muchos de los inconvenientes observados pueden prevenirse cuando las necesidades de material se identifican y gestionan con mayor anticipación.

Asimismo, el desarrollo del proyecto permitió evidenciar que el abastecimiento es un proceso que involucra a diferentes áreas de la organización. Por esta razón, las mejoras no dependen únicamente del área de compras o de la relación con los proveedores, sino también de una adecuada coordinación entre quienes planean, solicitan, almacenan y utilizan los materiales en obra.

En este contexto, la propuesta diseñada representa una alternativa práctica para fortalecer el proceso de abastecimiento. Acciones como la proyección del consumo, la consolidación de requerimientos, la revisión periódica de inventarios y el seguimiento mediante indicadores pueden contribuir a una mejor planificación de las compras y a una reducción gradual de los sobre costos identificados en el estudio.

Finalmente, el principal aporte de esta investigación consiste en demostrar que los problemas asociados al abastecimiento de aceros pueden abordarse mediante acciones de mejora enfocadas en la planificación, el control y la coordinación de las actividades involucradas. Más allá de cuantificar los sobre costos existentes, el estudio permitió identificar oportunidades concretas para fortalecer la gestión del abastecimiento y mejorar la eficiencia operativa de la organización.

8.2 CONCLUSIONES

- 1) El diagnóstico realizado permitió evidenciar que el abastecimiento de aceros es un proceso de gran importancia dentro de los proyectos ejecutados por CASHIDALGO CONSTRUCTORES S.A.S., debido a su impacto en los costos y en la continuidad de las actividades de obra. El análisis de la información correspondiente al año 2025 mostró que las compras totales de acero alcanzaron un volumen de 3.576.800 kg, representando un valor ejecutado de \$14.401.028.224 COP, de los cuales \$9.903.493.427 COP corresponden estrictamente a los materiales críticos de la categoría A, lo que resalta la necesidad de fortalecer la gestión de este proceso.
- 2) El análisis ABC permitió identificar que una parte importante del valor de las compras se concentra en un número reducido de referencias. En particular, los materiales clasificados como categoría A representan cerca del 79,64% del valor total de las compras, aunque corresponden a una pequeña parte de las referencias analizadas. Este resultado evidencia la importancia de enfocar los esfuerzos de control y mejora en los materiales de mayor impacto económico, especialmente en las diferentes referencias de varilla corrugada.
- 3) El estudio permitió identificar que los sobre costos observados en el abastecimiento están relacionados tanto con factores externos como internos. Entre ellos se encuentran las diferencias de precio entre proveedores, la disponibilidad de material en determinados momentos y aspectos relacionados con la planificación de las

necesidades de obra, la oportunidad en las solicitudes y el seguimiento de los inventarios. Estas situaciones se reflejaron en una diferencia cercana a \$88,7 millones de pesos entre el costo esperado y el costo real de las compras de acero durante el período analizado.

- 4) El análisis de las causas permitió concluir que las principales oportunidades de mejora se encuentran en la planificación de los requerimientos, la coordinación entre las áreas de obra, compras y almacén, y el fortalecimiento de los mecanismos de control del abastecimiento. Los resultados muestran que muchos de los problemas identificados pueden prevenirse mediante una mejor programación de las necesidades de material y un seguimiento más constante del proceso.
- 5) Finalmente, la metodología DMAIC permitió desarrollar el estudio de manera organizada, facilitando el diagnóstico del proceso, el análisis de las causas, el diseño de una propuesta de mejora y la definición de mecanismos de seguimiento. La propuesta planteada representa una alternativa viable para mejorar la planificación del abastecimiento, reducir la necesidad de compras urgentes y fortalecer el control de los costos asociados a la adquisición de aceros. Además, puede servir como referencia para futuras mejoras en otros procesos de abastecimiento dentro de la organización.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias-Araya, J. M., et al. (2024). Aplicación de la metodología Lean seis sigma para la recuperación del PVC en la empresa Conducen SRL alineado al modelo de economía circular. *Revista Tecnología en Marcha*, Tecnológico de Costa Rica.

Ariza Téllez, L. J. (2025). Implementación de Herramientas de mejora continua para la optimización en la Gestión de inventarios [Trabajo de grado]. Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia.

Ballou, R. H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro* (5.^a ed.). Pearson Educación.

Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2007). *Administración de la cadena de suministro: Logística integral* (2.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Castro-Fuentes, E., Huaman-Quiroz, N., & Chung-Sanchez, K. (2025). Lean Six Sigma en la industria: principales hallazgos y tendencias emergentes a partir de una revisión de literatura de 2024. 23rd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology.

Cataño Pulgarin, R. A., Dorado Cabrera, D. E., Tabares Pardo, Y. M., & Salas Jiménez, K. P. (2022). Proyecto final: Mejoramiento continuo y Six Sigma (Servisión de Colombia) [Trabajo de especialización, Pontificia Universidad Javeriana]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación* (6.^a ed.). Pearson Educación.

García-San, L. E. (2025). Estrategia logística en almacenes: Impacto en la precisión de inventarios y tiempos de procesamiento. Publicaciones ALININ.

George, M. L. (2002). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed. McGraw-Hill.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). Principios de administración de operaciones (11.^a ed.). Pearson Educación.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Müller, M. (2011). Fundamentos de administración de inventarios. Editorial Norma.

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance. McGraw-Hill.

Pareto, V. (1896). Cours d'économie politique. F. Rouge.

Vidal Holguín, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. Universidad del Valle.