



Plan de mejora en el Flujo de Materiales para el proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción.

María Alejandra Cely Orduz.

Orlando Augusto Pulido Aguilar.

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Colombia

Septiembre 2025

Plan de mejora en el Flujo de Materiales para el proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción.

María Alejandra Cely Orduz.

Orlando Augusto Pulido Aguilar.

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gerencia de Proyectos

Director:

Julián Daniel Torres Vanegas.

Modalidad:

Consultoría Profesional

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Colombia

Septiembre 2025

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

Agradecimientos

Agradecemos de corazón a la Universidad EAN por el conocimiento que nos brindó durante esta maestría, por enseñarnos a ser profesionales conscientes y sensibles de su rol en la sociedad colombiana. Reconocemos que esta casa de estudios forma líderes comprometidos con hacer la diferencia positiva y excelsa donde estén.

A la Sra. profesora Luz Marina Schotborgh Espinel, debemos su generosidad, su guía paciente y su constante disposición para acompañarnos. Su profundo conocimiento en la Teoría de las Restricciones y su aplicación en entornos empresariales no solo enriqueció este trabajo, sino que también despertó en nosotros una nueva forma de entender y afrontar los desafíos en la gestión de proyectos. Su manera de enseñar, clara, cercana y apasionada, marcó una huella invaluable en este proceso.

Nuestra gratitud para el director de tesis, Sr. profesor Julián Daniel Torres Vanegas, por creer en nosotros, por orientarnos con firmeza y respeto, y por compartir con nosotros su experiencia y sabiduría. Gracias por acompañarnos con dedicación en este camino.

Agradecemos a la empresa CMA Ingeniería & Construcción por abrirnos sus puertas, por confiar en nosotros y permitirnos conocer su mundo. Este proceso de investigación fue un reto y una experiencia enriquecedora nos permitió poner en práctica lo aprendido.

A todos los que no alcanzamos a mencionar gracias por hacer parte de este proceso de formación y crecimiento personal de nuestras vidas.

Dedicatoria

A Dios, por su guía y amor infinito, por ser luz en mi camino y fortaleza en los momentos de duda.

A mis padres, por su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y por enseñarnos a creer en nosotras, incluso en los días más difíciles.

A mi hermana, mi compañera de vida, por ser luz en mi camino, por su alegría, apoyo y cercanía, incluso en la distancia.

Y al amor de mi vida, por caminar a mi lado con paciencia, fe y amor sincero, siendo mi refugio y mi impulso constante.

María Alejandra Cely Orduz

A Dios por estar siempre a mi lado y guiarme en el cumplimiento de mis metas.

A mi querida esposa, por ser mi motor e inspiración para dar este gran paso de mi vida y brindarme fortaleza en los momentos más difíciles.

A mi hija por su amor incondicional y tan valiosa compañía en cada día, llenando mi vida de alegría.

A mi Madre por darme la vida y ser ejemplo de entrega.

A mi padre, porque guía mis pasos desde el cielo y sigue presente en cada logro.

Orlando A. Pulido Aguilar

Resumen

Este trabajo de grado nace del deseo de aportar soluciones reales a los desafíos que enfrenta el proceso de corte de materiales en la empresa CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. A lo largo del proyecto, se identificaron cuellos de botella y se diseñó una metodología que permite monitorear el desempeño del flujo de materiales, con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir los retrasos que afectan el cumplimiento en las entregas.

La propuesta se desarrolló bajo la modalidad de consultoría profesional, utilizando un enfoque cualitativo que dio voz a quienes viven el proceso día a día. A través de encuestas, entrevistas, observación directa y análisis estratégico (PESTEL, DOFA, Porter), se comprendieron mejor los factores que limitan el desempeño actual. Además, se aplicaron metodologías como la Teoría de Restricciones (TOC), Justo a Tiempo (JIT) y Kanban, que permitieron construir una propuesta técnica pero también práctica, pensada para las personas que la implementarán.

Los resultados resaltan la importancia de gestionar adecuadamente los recursos clave y de contar con indicadores de desempeño (KPIs) que faciliten un seguimiento constante. Más allá de resolver un problema puntual, este trabajo busca sentar las bases para una mejora continua, que haga del proceso algo más eficiente, ordenado y humano.

Palabras clave

Flujo de materiales, cuellos de botella, teoría de restricciones, Kanban, JIT, indicadores de desempeño, mejora continua.

Abstract

This thesis was born from the need to offer practical solutions to the challenges found in the steel cutting process at CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. Throughout the project, key bottlenecks were identified, and a methodology was designed to monitor the performance of material flow — all with the goal of improving efficiency and reducing delays that impact timely deliveries.

Developed as a professional consultancy, the project followed a qualitative approach that valued the voices of those directly involved in the process. Tools such as surveys, interviews, direct observation, and strategic analyses (PESTEL, SWOT, Porter's Forces) helped build a deeper understanding of the current limitations. The application of methodologies like the Theory of Constraints (TOC), Just-In-Time (JIT), and Kanban made it possible to shape a proposal that is not only technically sound but also practical and people-focused.

The findings highlight the importance of managing critical resources and implementing performance indicators (KPIs) that allow for ongoing monitoring. More than solving an isolated issue, this project aims to create the foundation for continuous improvement, fostering a production process that is more efficient, organized, and human-centered.

Keywords: material flow, bottlenecks, theory of constraints, Kanban, JIT, performance indicators, continuous improvement.

Contenido

Introducción	12
Objetivos.....	15
Justificación	16
Marco organizacional.....	19
Marco Contextual y Conceptual	22
Marco Teórico.....	31
Diseño Metodológico de la Consultoría	35
Diagnóstico de entorno y organizacional.....	40
Análisis de los resultados.....	50
Conclusiones y Recomendaciones.....	75
Recomendaciones	79
Plan de Acción para la Mejora del Flujo de Materiales en el Proceso de Corte.....	84
Referencias.....	92
Anexo. 001	95
Encuesta	95
1. DATOS	95
2. CONOCIMIENTO Y COMPETENCIA TÉCNICA	95
Entrevista Jefe de Proceso	98
Anexo. 002.....	100
Anexo. 003.....	102
Anexo. 004.....	103
Anexo. 005.....	104
Anexo. 006.....	105
Anexo. 007.....	106
Anexo. 008.....	107
Anexo. 009.....	108
Anexo. 010.....	109

Lista de Tablas

TABLA 1 COMPAÑÍAS SIMILARES	20
TABLA 2 LAS CINCO FUERZAS DE PORTER	45
TABLA 3 ANÁLISIS FINANCIERO	47
TABLA 4 LAS MUDAS	57
TABLA 5 PLANES PARA SUBORDINAR LA RESTRICCIÓN.....	68
TABLA 6 KPI (OPTIMO, ALERTA, CRITICO)	71
TABLA 7 EJEMPLO SE SEGUIMIENTO MEDIANTE SEMAFORIZACIÓN.....	71
TABLA 8 PLAN ESTRATÉGICO.....	72

Lista de Figuras

FIGURA 1 DIAGRAMA DE OBJETIVOS DEL JIT	26
FIGURA 2 PESTEL (ANÁLISIS DEL MACROENTORNO).....	41
FIGURA 3 MODELO DE NEGOCIO	46
FIGURA 4 MATRIZ DOFA.....	49
FIGURA 5 DIAGRAMA ISHIKAWA.....	52
FIGURA 6 DIAGRAMA EN U	55
FIGURA 7 TARJETA KANBAN.....	62
FIGURA 8 PROPUESTA TABLERO KANBAN.....	66

Introducción

La industria relacionada con infraestructura en acero ha sido crucial para el desarrollo de obras civiles, tanto en edificaciones, puentes, viaductos y otras estructuras de gran importancia para el desarrollo económico del país (Sociedad Colombiana de Arquitectos, s. f.).

El acero es un material de construcción esencial en la industria de la construcción debido a su durabilidad, resistencia y flexibilidad. La resistencia del acero permite que las estructuras construidas con él soporten cargas pesadas, como el peso de la estructura misma, el peso de las personas y los bienes que se mueven a través de ella, y las fuerzas externas como vientos fuertes y terremotos. El acero también es flexible y puede doblarse sin romperse, lo que lo hace ideal para proyectos que requieren curvas y ángulos complejos. Una estructura metálica, (Quispe, I. (2020, 1 septiembre) se considera aquella que está formada en su mayoría (se habla al menos del 80%) de partes de metal, normalmente estas están hechos de acero. Cada una de las partes que las componen deben apegarse a normas. Las estructuras metálicas son mayormente utilizadas para que las construcciones puedan llevar a cabo sus procesos en un tiempo de ejecución verdaderamente reducido. En especial en aquellas zonas donde hay mucha gente alrededor, como en los centros urbanos o industriales. De hecho, según InfoConstrucción (2024), el uso de estructuras metálicas puede reducir hasta en un 30 % el tiempo total de ejecución, gracias a que muchos de sus componentes se prefabrican y se ensamblan con rapidez directamente en el lugar del proyecto.

El crecimiento de esta industria ha permitido que Colombia no sólo reciba el material importado, sino que internamente cuente con una industria sólida capaz de

fabricar y ensamblar estructuras metálicas de forma local, contribuyendo a la reducción de tiempos de construcción y costos asociados a la logística. De acuerdo con ProColombia (2025), la industria metalmecánica nacional se ha consolidado como “el cuarto mayor productor siderúrgico de América Latina, con una capacidad instalada de 2,2 millones de toneladas y un ecosistema de nueve empresas clave”

En las plantas de fabricación de este tipo de materiales, es posible encontrar fallas que pueden ocurrir en diferentes etapas del proceso y pueden afectar la calidad del producto y la eficiencia del proceso. Entre las fallas más comunes en empresas que se dedican a la producción en línea de este tipo de materiales encontramos:

- Problemas en el manejo de materiales
- Desgaste y mantenimiento insuficiente
- Fallas en la logística y almacenamiento

En CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se logró identificar una serie de problemas relacionados con el flujo de materiales a lo largo de sus procesos operativos. Estos inconvenientes se evidencian en como el almacenamiento, la preparación de materiales, armado, limpieza, liberación y pintura, y en el subproceso correspondiente a la logística de despacho, según lo documentado en la Ficha de Definición de Reto CMA V 1.0 - Intercluster 2024.

Al identificar las ineficiencias vinculadas al proceso de corte, es posible llegar a identificar los cuellos de botella que ralentizan tanto la recepción como la disposición de los materiales hacia los procesos siguientes. Estas limitaciones no solo disminuyen el rendimiento operativo general, sino que también afectan de forma directa los recursos críticos del sistema, impactando su capacidad para operar de manera eficiente.

Por lo anterior y teniendo en cuenta la metodología a seguir para realizar consultorías, se plantea que la empresa CMA puede verse afectada en la productividad, lo que le impide completar la programación y el cumplimiento de los plazos de entrega debido a los retrasos en el abastecimiento de material y la acumulación de material cortado impidiendo el flujo eficiente, congestionando el área de producción.

Ante esta problemática, es necesario proponer estrategias para mejorar el proceso de corte de materiales en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S, basados en las metodologías de restricciones (TOC), justo a tiempo (JIT) y Kanban, lo que permitirá mejorar la planificación de producción, establecer buenas prácticas y reducir tiempos de espera.

Objetivos

Objetivo general

Proponer un plan de mejora para el proceso de corte de materiales de acero en la empresa CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Objetivos específicos

1. Identificar los cuellos de botella relacionados con los retrasos en el proceso de corte.
2. Establecer estrategias para la eliminación de cuellos de botella en el flujo de materiales en el proceso de corte, vinculando metodologías y enfoques que garanticen un flujo de trabajo continuo.
3. Plantear una metodología de seguimiento a los indicadores de desempeño para monitorear y garantizar la mejora continua del proceso de corte.

Justificación

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. es una empresa del sector metalmecánico que se especializa en la fabricación y montaje de estructuras metálicas para proyectos de gran escala. A pesar de su gran trayectoria, enfrenta ineficiencias operativas en el proceso de corte de materiales, específicamente asociadas con interrupciones en el suministro interno de materiales, acumulación de productos intermedios y ausencia de indicadores clave de desempeño (KPIs) que permitan monitorear el flujo y anticipar posibles problemas. Estas situaciones han derivado en demoras que cada vez se hacen más recurrentes, desorden en la zona de abastecimiento del material, pérdida de control sobre el ritmo operativo y represamiento en el material ya cortado.

En un entorno productivo de alto nivel y gran competencia como el de CMA, la falta de coordinación entre las áreas de abastecimiento, corte y despacho genera cuellos de botella que comprometen no solo la productividad, sino también la calidad y puntualidad del servicio entregado al cliente. Estos cuellos de botella representan restricciones del sistema que, si no son gestionadas adecuadamente, limitan el rendimiento global del proceso (Goldratt & Cox, 2014). Los cuellos de botella (Goldratt 1990) representan restricciones críticas que limitan la capacidad de un sistema o proceso y como consecuencia su desempeño general; estos puntos críticos afectan tanto la eficiencia operativa como la rentabilidad, ya que generan tiempos de espera innecesarios o tiempos muertos y aumentan los costos operativos (Slack et al., 2020). Es fundamental la identificación y eliminación de estos cuellos de botella para optimizar los recursos disponibles, reducir tiempos improductivos y mejorar la capacidad operativa.

En este contexto, se propone una consultoría basada en la aplicación de la Teoría de las Restricciones (TOC) integrándolo con el enfoque Justo a Tiempo (JIT) y la herramienta Kanban, que han demostrado ser eficaces en la optimización del flujo de materiales y la eliminación de desperdicios en entornos manufactureros (Liker, 2004; Womack & Jones, 2003). Mediante esta propuesta se busca detectar los cuellos de botella físicos es decir la(s) limitaciones tangibles en recursos o capacidad operativa y los cuellos de botella políticos, que surgen de decisiones, políticas o dinámicas de poder que frenan el flujo del proceso y que hacen que el proceso no tenga un flujo continuo, que presenten dificultades al sincronizar las entregas internas, reducir acumulaciones innecesarias y mejorar la eficiencia operativa del área de corte. La implementación de Kanban y JIT, además, favorecerá una gestión visual y flexible del inventario, ajustada a la demanda real del proceso.

Por otro lado, se identificó que CMA no cuenta con indicadores que midan el desempeño del flujo de materiales en el área de corte, lo cual impide establecer alertas tempranas, proyectar mejoras y generar acciones correctivas basadas en evidencia. De acuerdo con Parmenter (2010), los KPIs son herramientas clave para alinear el desempeño operativo con los objetivos estratégicos, ya que permiten evaluar continuamente los resultados y promover decisiones más eficaces y oportunas. La ausencia de estos indicadores limita la capacidad de reacción de la organización ante variaciones en la demanda, fallas operativas o problemas de abastecimiento. Parmenter (2015)

Esta consultoría pretende aportar soluciones concretas y adaptadas a la realidad de CMA, promoviendo una cultura organizacional orientada a la mejora continua, al control de procesos y a la eficiencia operativa. Basada en esta necesidad, se busca no solo resolver

los problemas inmediatos del proceso de corte, sino también construir capacidades internas para sostener las mejoras en el tiempo, aumentar la competitividad de la empresa y consolidar un sistema productivo más ágil, sincronizado y con capacidad de respuesta ante las exigencias del mercado.

Marco organizacional

CMA Ingeniería & Construcción S.A.S (s. f.) está ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. en la Carrera 128 No. 14b - 32 su permanencia en el mercado del acero se remonta a más de 45 años, pertenece al sector industrial, ofrece productos y servicios centrados en soluciones integrales de estructuras, empresa que tiene la capacidad de manejar proyectos complejos y de gran escala, posicionándose como una opción de oferta capacitada para los sectores de la construcción y la infraestructura. Con sus años de trayectoria demuestra experiencia, ofrece respaldo porque ha logrado mantenerse competitiva gracias a que ha sabido adaptarse a las necesidades cambiantes del mercado del acero, lo cual refuerza su liderazgo en el sector.

De acuerdo con EMIS Next (2025), el sector de productos metálicos es altamente competitivo, está conformado por más de 400 empresas formales y activas, estableciendo a CMA con una participación de 0.24%, por encima del promedio en eficiencia y rentabilidad de la competencia, su volumen de ingresos la ubica en el cuartíl medio alto del sector.

CMA ocupa la posición No. 6 por sus ingresos operacionales entre las empresas del sector del acero y se muestra como una pequeña empresa frente a los primeras cuatro, su rentabilidad le da un margen neto de 7.15% posicionándola en un quinto lugar por encima de empresas grandes como V R Ingeniería; además es la quinta empresa con mayor ganancia neta de (COP 3.468 millones) demostrando una gestión financiera eficiente. EMIS Next. (2025).

Tabla 1 *Compañías Similares*

COMPAÑÍAS SIMILARES (2023)				
No.	Empresa	Ingreso Operativo (Millones COP)	Margen Neto (%)	Ganancia Neta (Millones COP)
1	Exco Colombiana S.A.S.	51.874	8.26	4.231
2	Impuche S.A.	51.084	7.29	3.723
3	Incoltaps S.A.	51.069	11.17	5.609
4	Laminaire S.A.S.	49.307	11.39	5.289
5	VR Ingeniería y Mercadeo S.A.S.	49.301	6.30	3.103
6	CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.	48.961	7.15	3.468
7	Gricol S.A.	48.658	1.09	523
8	Frana International S.A.S.	47.056	5.88	2.741
9	Emcoclavos S.A.S.	45.681	1.16	513
10	Herrajes Andina S.A.S.	43.789	6.89	2.856

CMA se posiciona entre el grupo de sus competidores tanto en ingresos como en rentabilidad, aunque no lidera si evidencia su eficiencia y estabilidad financiera. EMIS Next. (2025)

Misión y Visión

La misión y visión de una organización reflejan los principios que guían su desarrollo estratégico y el futuro de esta, mientras que su organigrama evidencia una estructura organizacional diseñada para garantizar la excelencia operativa y la satisfacción del cliente.

Misión CMA.

“Somos una empresa moderna, dinámica, sólida y confiable en la implementación de soluciones en acero para el desarrollo de infraestructura en Latinoamérica” (Misión, s.f.).

Visión CMA

“Buscamos ser líderes del sector de infraestructura en acero en Colombia y Latinoamérica mediante la constante mejora y optimización de nuestros procesos, con tecnología de

vanguardia y un recurso humano comprometido, capaz de transformar ideas en proyectos rentables y de alto valor agregado” (Visión, s.f.).

Compromiso y Propuesta de Valor

CMA es una empresa líder en el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero en Colombia, que proporciona soluciones innovadoras y de alta calidad para proyectos de infraestructura. La satisfacción de sus clientes es lo primero, por esto se compromete a satisfacer las necesidades mediante el cumplimiento de los más altos estándares de ingeniería, eficiencia operativa y responsabilidad social, contribuyendo al desarrollo sostenible y al progreso de la industria de la construcción.

Posicionamiento y servicios

CMA se consolidará como referente en infraestructura de acero en América Latina, reconocida por nuestra excelencia técnica, innovación constante y capacidad para ejecutar proyectos de gran escala, como edificaciones en acero, infraestructura pública, infraestructura industrial, puentes vehiculares y peatonales, torres de comunicación y fabricaciones especiales, adicionalmente ofrece servicios de Ingeniería y Diseño, Centro CNC, Montajes en sitio y obras civiles, todo mediante el continuo cumplimiento de calidad en sus proceso.

CMA es pionera en la implementación de tecnologías avanzadas y en prácticas sostenibles que impulsen el crecimiento de los clientes y del país.

Marco Contextual y Conceptual

CMA Ingeniería & Construcción trabaja bajo una metodología basada en proyectos, es decir toda su producción se adapta a las necesidades específicas de cada cliente. Este tipo de operación implica que los recursos, procesos y cronogramas deben alinearse para cumplir con los entregables pactados, los cuales pueden variar significativamente de un proyecto a otro. Según Turner (2007), las organizaciones orientadas a proyectos requieren sistemas robustos de planificación y control para satisfacer los requisitos del cliente sin comprometer la rentabilidad ni la estabilidad operativa. En este sentido, es fundamental lograr una alta coordinación entre áreas funcionales, así como implementar estrategias de control de inventarios justo a tiempo y eficiencia operativa en procesos críticos como el corte de materiales. Metodologías como la Teoría de las Restricciones (TOC), Kanban y Justo a Tiempo (JIT) se convierten en herramientas clave para optimizar la gestión de recursos y minimizar el desperdicio en este tipo de entornos. (Goldratt, 1994; Goldratt, 2004)

Una mala gestión del flujo de materiales en este proceso puede provocar cuellos de botella, demoras en la entrega y un uso ineficiente de los recursos. De acuerdo con Chase (2009), un cuello de botella es cualquier recurso cuya capacidad es inferior a la demanda que se le exige, y se convierte en una restricción que limita el rendimiento del sistema. Estos cuellos de botella pueden manifestarse en diversas formas: maquinaria insuficiente o defectuosa, escasez de personal capacitado o una inadecuada gestión logística.

Goldratt (2004), creador de la Teoría de las Restricciones, plantea que la identificación y eliminación de estas limitaciones es esencial para lograr mejoras significativas en la

productividad. En su obra *La Meta* (1984), enfatiza que todo sistema productivo tiene al menos una restricción que limita el flujo global, y que solo a través de su análisis y tratamiento estratégico es posible optimizar los resultados.

Complementariamente, Gupta y Andersen (2012), en su artículo "*El enigma de los cuellos de botella: cómo encontrarlos y eliminarlos*", proponen una metodología basada en TOC para identificar estos puntos críticos dentro de los procesos productivos. Señalan que los cuellos de botella no son elementos fijos; pueden cambiar a medida que se implementan mejoras en el sistema. Por ello, recomiendan herramientas como el análisis de capacidad, el mapeo de procesos y el monitoreo continuo para mantener y escalar las mejoras operativas.

Goldratt en su obra (*La Meta*, 1984) define los Cinco Pasos de Enfoque como la secuencia estratégica para gestionar restricciones:

1. Identificar la restricción del sistema: En este paso se detectan cuál es el elemento del proceso que actualmente está limitando el desempeño del sistema. Es importante no solo ver los síntomas, sino profundizar en las causas fundamentales de esos problemas. El uso del Mapa de Realidad Actual es una excelente herramienta que usa la Teoría de las restricciones para entender los problemas que enfrenta un sistema o proceso. (Cohen, O, *Mejorar siempre* 2010)
2. Explotar la restricción: En el segundo paso, Goldratt propone que se debe sacar el máximo provecho de la restricción existente con los recursos actuales. Esto implica estar seguros de que la restricción nunca esté inactiva o desperdiciada, priorizando su tiempo y evitando interrupciones o ineficiencias.
3. Subordinar todo lo demás al paso anterior (alineando el resto del sistema a la restricción): El resto del sistema debe adaptarse al ritmo de la restricción.

Todos los procesos deben planificarse de manera que sirvan a la restricción, no debe haber sobreproducción, acumulaciones ni actividades que no estén alineadas a su capacidad.

4. Elevar la restricción (incrementar su capacidad o eliminarla): Una vez elevada la restricción sigue habiendo limitación el flujo, es momento de hacer cambios estructurales o inversiones para aumentarla o eliminarla.
5. Repetir: Una vez que la restricción identificada desaparece, otra nueva aparecerá (porque siempre hay una limitación en todo sistema). Entonces, el proceso debe reiniciarse es decir identificar la nueva restricción, y repetir los pasos de enfoque para mantener la mejora continua.

En la Teoría de Restricciones (TOC), el Árbol de Realidad Actual (CRT) juega un papel clave a la hora de entender qué está pasando realmente dentro de un sistema productivo. TOC indica que siempre hay una restricción principal que limita el desempeño global, pero el CRT va un paso más allá: ayuda a ver cómo todos los problemas visibles están conectados y, sobre todo, a encontrar las verdaderas causas raíz detrás de ellos. Más que encontrar los síntomas, esta herramienta permite construir un mapa lógico que explica por qué suceden las cosas y hacia dónde debemos dirigir los esfuerzos de mejora. De esta manera, el CRT no solo complementa los pasos de enfoque de Goldratt, sino que también ofrece una manera práctica y clara de priorizar acciones que realmente marquen la diferencia en el desempeño del sistema. (Goldratt, 1994; Goldratt, 2004).

Por su parte, la metodología Justo a Tiempo (JIT) también busca la eficiencia a través de la eliminación de desperdicios, entendidos como cualquier recurso, tiempo o material que no agregue valor al producto final. Hay (1990) define desperdicio como “todo lo que sea distinto a la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente

esenciales para la producción”. JIT se apoya en cuatro objetivos fundamentales: producir solo lo necesario, cuando se necesita y en la cantidad exacta; minimizar inventarios; optimizar tiempos de respuesta; y mantener la calidad del producto. Esta filosofía permite a las empresas aumentar su competitividad mediante la reducción de costos y el mejor aprovechamiento de sus recursos.

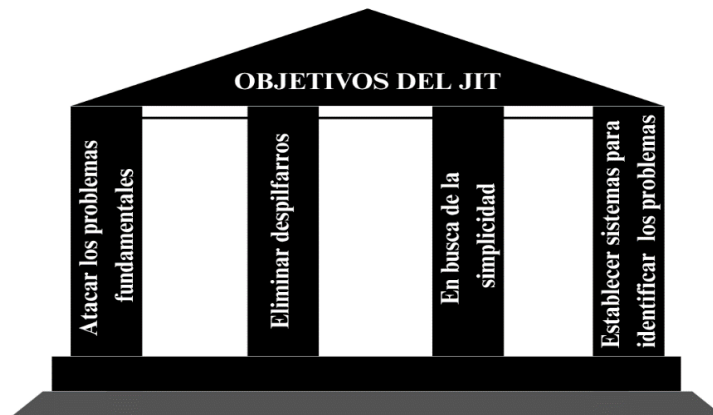
En el marco del enfoque Justo a Tiempo (JIT), uno de los objetivos fundamentales es la eliminación de los "mudas", refiriéndose al término japonés para nombrar a todas aquellas actividades que no agregan valor al producto ni al cliente, pero que si consumen recursos dentro del sistema de producción (Liker, 2004). Según el sistema Toyota, se identifican siete tipos principales de desperdicio: sobreproducción, inventario excesivo, transporte innecesario, movimientos innecesarios, tiempos de espera, sobre procesamiento y defectos (Ohno, 1988). Estos desperdicios deben ser eliminados para lograr un flujo continuo, mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos. Adicionalmente, se ha reconocido un octavo muda relacionada con la falta de aprovechamiento del talento humano, es decir, la falta de utilización de las capacidades, ideas y habilidades del personal (Womack & Jones, 2003). En procesos como el de corte de materiales, estos desperdicios pueden manifestarse en acumulación de producto intermedio, tiempo de espera por falta de material, retrabajos por errores en el corte y transporte innecesario entre estaciones, por lo que su identificación y eliminación resulta crítica para la mejora continua del sistema.

En el contexto del enfoque JIT es posible complementarlo con el sistema Kanban, ya que se establece como una herramienta esencial para implementar JIT, y actúa como un mecanismo visual de control que permite regular la producción en función del consumo

real, evitando la sobreproducción y mejorando el flujo de materiales (Liker, 2004). Kanban utiliza tarjetas, señales o sistemas digitales para indicar cuándo se debe producir o reabastecer, lo que facilita la comunicación entre procesos y reduce la acumulación de inventario. De esta forma, Kanban no solo apoya la filosofía JIT, sino que la operacionaliza, convirtiéndose en un componente clave dentro de los sistemas de producción ajustados (Womack & Jones, 2003).

En resumen, la operación por proyectos de CMA Ingeniería & Construcción plantea desafíos particulares en la gestión del flujo de materiales, especialmente en el proceso de corte. En este escenario, la implementación de enfoques como TOC y JIT puede ser clave para mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos ocultos y optimizar el rendimiento del sistema productivo.

Figura 1 *Diagrama de objetivos del JIT*



Nota: se ilustra los pilares fundamentales del JIT (IPEA, (S/F)).

A continuación, se explica cada uno de los objetivos de justo a tiempo:

1. Atacar los problemas fundamentales: Se deben abordar de raíz los problemas estructurales que causan desperdicios, fallas o retrasos en el proceso. Una acción para atacar los problemas según JIT es identificar los cuellos de botella dentro del proceso.
2. El concepto de desperdicio es fundamental en la metodología Justo a Tiempo (JIT), ya que cualquier recurso utilizado en el proceso que no aporte valor al producto final es considerado un desperdicio. Según lo anterior, el enfoque Kanban complementa el JIT al promover la producción únicamente de lo estrictamente necesario, lo que permite reducir inventarios, minimizar tiempos de espera y optimizar el uso de los recursos disponibles.
3. En busca de la simplicidad: La metodología JIT promueve la simplicidad de los flujos de proceso y eliminación de pasos innecesarios.
4. Establecer sistemas para identificar los problemas: JIT no solo busca mejorar la eficiencia del proceso, sino también detectar problemas rápidamente y corregirlos antes de que el proceso se vea afectado. La implementación de mantenimiento preventivos para evitar fallas inesperadas de las máquinas y la implementación la cultura Kaizen o cultura de la mejora continua, donde cada trabajador contribuye a optimizar el proceso sería una forma de aportar a este principio.

Una correcta aplicación de la metodología Justo a Tiempo permite la reducción en tiempos de producción, aumento de la productividad, reducción de costos, reducción en precios de material comprado, reducción de inventarios, reducción de tiempo de alistamiento, reducción de espacios entre otros. (Hay, E, 1998)

Una vez conocido sobre el enfoque JIT y cómo este busca asegurar un flujo continuo de trabajo, es importante contar con un sistema que permita de forma fácil y visual la gestión del flujo de trabajo y ayude a coordinar la producción de forma eficiente,

para esto es útil enfocarnos en la metodología Kanban, metodología importante en el desarrollo de sistemas Just in Time (JIT).

(Asana 2025) Kanban es un sistema de señal visual que regula el reabastecimiento en un proceso, mediante tarjetas, tableros o señales electrónicas se envían señales que avisan cuando es necesario reponer materiales. Cada centro de trabajo en la línea de producción requiere que la entrega de suministros del proceso completamente anterior se haga de forma oportuna asegurando el flujo de trabajo de forma eficiente. Kanban ayuda a mejorar la supervisión de la producción y erradicar tareas no beneficiosas, por lo que disminuye los costes y aumenta la eficacia operativa.

Kanban se basa en los siguientes principios:

1. Visualización del trabajo: Una de las ventajas de Kanban es evidenciar como el proceso avanza a través de las diferentes etapas y permite observar en tiempo real el estado del proceso o proyecto.
2. Limitación del trabajo en curso: (WIP, Work In Progress). Ya que Kanban es una metodología ágil, se basa en el principio de entrega rápida, evitando el estancamiento de tareas. Esta metodología aconseja establecer un número máximo de tareas que pueden ser ejecutadas al mismo tiempo en cada etapa del flujo del proceso.
3. Gestión del flujo: Se centra en hacer que las tareas se muevan de manera continua y eficiente a lo largo de todo el proceso, evitando retrasos y cuellos de botella.
4. Mejoras continuas: La identificación y eliminación de cuellos de botella juega un papel importante para mejorar el rendimiento del proceso.

Según, Burrows (2020) Kanban no solo complementa el enfoque JIT, sino que también impulsa una mejora constante en la gestión operativa, visualizando el trabajo, limitando las tareas en curso y gestionando el flujo de manera efectiva, se reducen desperdicios, se minimizan costos y se incrementa la productividad.

Los Indicadores de desempeño juegan un papel crucial dentro de las organizaciones, para medir y mejora la eficiencia de proceso claves; según el libro Key Performance Indicators (Parmenter, 2010) un KPI o también llamado Indicador clave de desempeño, es una medida cuantitativa que se enfoca en las características más álgidas del desempeño de una organización. Estas medidas son fundamentales para el éxito de la empresa y dirigen las acciones de mejoras para la organización

(Parmenter, 2010) expone 7 características claves que deben tener los KPI's:

- **No son financieros:** No se expresan en términos monetarios (dólares, euros, etc.).
- **Se miden con frecuencia:** Se monitorean **diaria o semanalmente**, no trimestral o anualmente.
- **Son utilizados por la alta dirección:** Son métricas que **llaman la atención del CEO** y el equipo directivo.
- **Indican claramente qué acción tomar:** Los empleados pueden comprenderlos y saber cómo reaccionar.
- **Se asignan a un equipo específico:** Se puede identificar un responsable claro dentro de la organización.
- **Tienen un impacto significativo:** Afectan los **factores críticos de éxito** y varias perspectivas del **Balanced Scorecard (BSC)**.

- **Fomentan acciones apropiadas:** Han sido probados para asegurar que mejoran el rendimiento, evitando conductas disfuncionales.

El enfoque dado a los indicadores de desempeño resalta su verdadero propósito: Impulsar la acción y la mejora continua, deben estar diseñados para poder tomar decisiones oportunas y en tiempo real, buscando que la organización o el proceso no se vea afectado.

El reto que se plantea es la definición de los indicadores (KPI's) correctos para evitar sobrecarga de métricas, ya que una mala elección de ellos podría llevar a la organización a alejarse de su verdadero enfoque estratégico.

Marco Teórico

Importancia del Acero en la Construcción

El acero es un material esencial en la construcción debido a su durabilidad, resistencia y flexibilidad, que permite soportar cargas pesadas y adaptarse a diseños complejos sin perder integridad estructural. Este material se utiliza especialmente en proyectos donde la rapidez en la ejecución es fundamental, como en zonas urbanas o industriales densas, lo que reduce hasta en un 30% el tiempo total de obra gracias a la prefabricación y montaje ágil de componentes (InfoConstrucción, 2024).

El acero ha tomado auge en la industria de la construcción debido a su combinación única de resistencia, durabilidad y flexibilidad (Sociedad Colombiana de Arquitectos, s.f.). Su utilización en estructuras metálicas permite soportar cargas significativas y resistir condiciones ambientales adversas, incluyendo fenómenos naturales como terremotos y vientos fuertes (Quispe, 2020). En Colombia, la industria metalmecánica ha sido un motor clave para el desarrollo económico, con una capacidad instalada que la posiciona como el cuarto mayor productor siderúrgico en América Latina (ProColombia, 2025).

En particular, la prefabricación y el ensamblaje rápido de estructuras metálicas contribuyen a una reducción considerable en los tiempos de ejecución de proyectos de construcción, en especial en entornos urbanos donde minimizar la afectación a las actividades circundantes es esencial (InfoConstrucción, 2024). Este contexto eleva la relevancia de optimizar procesos productivos críticos como el corte de materiales, donde la eficiencia y la coordinación son vitales para cumplir con los estándares de calidad y tiempos de entrega.

Teoría de las Restricciones (TOC)

La Teoría de las Restricciones, formulada por Goldratt (1990, 2004), plantea que toda organización o proceso tiene al menos una restricción o cuello de botella que limita su desempeño global. Identificar y gestionar estas restricciones mediante un ciclo de cinco pasos (identificar, explotar, subordinar, elevar y repetir) es crucial para mejorar la productividad y la eficiencia operativa. El uso de herramientas como el Árbol de Realidad Actual permite comprender las causas raíz detrás de los problemas visibles en el proceso y diseñar soluciones. Goldratt propone un proceso iterativo de cinco pasos para gestionar estas restricciones: identificar la restricción, explotarla al máximo, subordinar el resto de la organización a ella, elevarla mediante inversiones o mejoras, y luego repetir el ciclo para nuevas restricciones emergentes (Goldratt, 1984). Herramientas como el Árbol de Realidad Actual (CRT) permiten entender cómo los problemas están interrelacionados, facilitando el diagnóstico de las causas raíz y la definición de acciones priorizadas y efectivas.

Justo a Tiempo (JIT)

La metodología Justo a Tiempo se centra en la eliminación de desperdicios (muda) y la producción ajustada a la demanda real, asegurando que solo se produzca lo necesario, en la cantidad adecuada y en el momento oportuno. Según Hay (1998), JIT busca minimizar inventarios, optimizar tiempos de respuesta y mantener la calidad continua del producto. La filosofía JIT promueve un flujo simplificado, la identificación temprana de problemas y acciones correctivas inmediatas para evitar paros inesperados.

Esta metodología está fundamentada en atacar los problemas de raíz para eliminar desperdicios o "muda", definidos como cualquier recurso, tiempo o material que no agregue valor al producto final (Liker, 2004).

El sistema Toyota identificó siete tipos de desperdicio clásicos: sobreproducción, inventario excesivo, transporte innecesario, movimientos innecesarios, tiempo de espera, sobreprocesamiento y defectos (Ohno, 1988). Además, se reconoce un octavo desperdicio relacionado con el desaprovechamiento del talento humano (Womack & Jones, 2003). En la operación del proceso de corte, estos desperdicios pueden manifestarse en acumulaciones innecesarias de materiales, tiempos muertos, retrabajos y transporte redundante de materiales.

El JIT promueve la simplificación de los flujos de trabajo, la detección temprana de problemas y la cultura de la mejora continua (Kaizen), donde todos los empleados participan activamente en la optimización del proceso (Hay, 1990). La alineación del proceso con la demanda real contribuye a reducir costos, aumentar la productividad y mejorar la capacidad de respuesta frente a las variaciones del mercado (IPEA, s.f.).

Kanban como Herramienta de Control Visual

Kanban complementa el enfoque JIT mediante un sistema visual para controlar el flujo de trabajo y regular el reabastecimiento en función del consumo real. Kanban usa tarjetas o señales para indicar demandas, evitando la sobreproducción y facilitando la comunicación interprocesos (Liker, 2004; Womack & Jones, 2003). Además, limita el trabajo en curso (WIP), ayuda a gestionar el flujo de tareas y fomenta la mejora continua.

Kanban se basa en cuatro principios fundamentales: visualización del trabajo para monitorear el avance en tiempo real, limitación del trabajo en curso (WIP) para evitar estancamientos, gestión

del flujo para mantener un avance continuo y mejoras continuas mediante la eliminación de cuellos de botella (Burrows, 2020). Su implementación facilita la coordinación, reduce el desperdicio y mejora la eficiencia operativa en entornos productivos complejos como el proceso de corte de materiales en CMA Ingeniería & Construcción.

Indicadores Clave de Desempeño (KPI)

Los KPIs son fundamentales para evaluar y mejorar la eficiencia operativa. Parmenter (2010) destaca varias características esenciales para que los KPIs sean efectivos: medidos con frecuencia, utilizados por la alta dirección, indicar claramente acciones a tomar, asignados a responsables específicos, tener impacto significativo y fomentar acciones apropiadas para mejorar el rendimiento. En el contexto de TOC, los indicadores throughput, inversión y gastos operativos permiten alinear las decisiones diarias con los objetivos estratégicos, Corbett (2005) propone medir tres indicadores clave: Throughput (flujo de dinero generado por las ventas menos los costos variables), Inversión (dinero invertido en inventario y activos) y Gastos de Operación (costos necesarios para convertir la inversión en throughput). Estos indicadores permiten evaluar la efectividad de las decisiones operativas sobre la rentabilidad y eficiencia del proceso, facilitando la toma de decisiones basada en datos reales y en tiempo real de la empresa (Corbett, 2005).

Diseño Metodológico de la Consultoría

El presente trabajo de grado se desarrollará empleando la metodología de la modalidad de consultoría profesional de la Universidad EAN, que tiene cinco pasos, los cuales son:

- Conocimiento del reto.
- Planteamiento de la ruta de solución.
- Diagnóstico a partir de información secundaria.
- Aplicación de instrumentos - captura información primaria.
- Desarrollo de la propuesta innovadora.

En esta investigación, se adoptará un enfoque cualitativo, con el propósito de lograr una comprensión integral del proceso de corte de materiales en la empresa. Mediante este enfoque metodológico se podrá identificar áreas críticas, analizar los factores que influyen en la eficiencia del proceso y proponer soluciones efectivas para mejorar la productividad y reducir los desperdicios.

La consultoría desarrollada en CMA Ingeniería & Construcción aplica un enfoque cualitativo y estratégico que puede enriquecerse integrando análisis cuantitativos sistemáticos para robustecer la identificación y seguimiento de los cuellos de botella y la eficiencia operativa. Se sugieren los siguientes aportes metodológicos:

1. Integración de Análisis Cuantitativo de Datos Operativos: Complementar las encuestas y entrevistas con análisis estadísticos detallados de tiempos de ciclo, tiempos muertos, niveles de inventario y tasas de producción. Utilizar técnicas como análisis de series temporales y control estadístico de procesos permitirá validar y priorizar con mayor precisión los problemas detectados.

2. Uso de Simulación de Procesos: Implementar simulaciones computacionales del flujo de materiales con base en los datos recolectados para modelar diferentes escenarios de mejora propuestos (rediseño de layout, límites de WIP, buffers mínimos, etc.). Esto permitirá anticipar impactos y optimizar recursos en la implementación.

3. Monitoreo en Tiempo Real con Tecnología: Proponer la adopción de sistemas digitales de gestión operativa (MES, sistemas IoT) para la captura automática de datos del proceso y actualización en tiempo real de los tableros Kanban y KPIs. Esto fortalece la capacidad de respuesta, reduce la dependencia de reportes manuales y mejora la toma de decisiones instantánea.

4. Desarrollo de Planes de Capacitación Continua: Formalizar un programa sistemático de formación para todos los niveles de la empresa en las metodologías TOC, JIT y Kanban, con seguimiento y evaluación periódica. Esto apoya la cultura de mejora continua y la resiliencia operativa ante cambios futuros.

5. Implementación de Comités Operativos Multidisciplinarios: Establecer reuniones rutinarias estructuradas y con agenda clara para asegurar la integración y alineación constante entre planificación, diseño, producción y logística. Medir los resultados de estas dinámicas y ajustar el proceso según indicadores.

Con estos aportes, el trabajo de consultoría no solo identificará problemas y propondrá soluciones, sino que sentará las bases para una gestión dinámica, sustentable y escalable del flujo de materiales en CMA Ingeniería & Construcción.

Investigación Cualitativa

El componente cualitativo de la investigación se enfocará en la recopilación de percepciones y experiencias de los trabajadores que participan directamente en el proceso de corte. Para ello, se

aplicarán encuestas y entrevistas semiestructuradas, que permitirán capturar detalles específicos sobre los problemas operativos que no siempre son evidentes en los datos cuantitativos. Las encuestas proporcionarán una visión general de la percepción del personal respecto a las demoras y el desperdicio en el proceso, mientras que las entrevistas semiestructuradas ofrecerán la posibilidad de explorar en profundidad las causas subyacentes de esos problemas. Este estudio fue desarrollado también mediante el análisis PESTEL, las cinco fuerzas de Porter, el modelo de negocio, la matriz DOFA y un análisis financiero, lo que permitió complementar la visión cualitativa con una comprensión integral del entorno interno y externo de la empresa.

El proceso de clasificación y codificación de los temas recurrentes en las entrevistas permitirá identificar áreas específicas que necesitan atención. Al clasificar las respuestas de los trabajadores según categorías predefinidas, como “problemas de calidad en el corte” o “dificultades con el mantenimiento de las máquinas”, se facilitará la detección de tendencias que indiquen problemas comunes. Este enfoque cualitativo permitirá obtener una comprensión más completa de los desafíos operativos, proporcionando una perspectiva complementaria al análisis estadístico. Las sugerencias y experiencias del personal serán fundamentales para diseñar soluciones que no solo sean técnicamente viables, sino también aceptables y efectivas desde el punto de vista de quienes las implementarán en el día a día.

Población Objetivo y Muestra

La población objetivo para esta investigación estuvo compuesta por 50 operarios que integran la planta de producción, donde 45 son operarios de base y 5 son operarios con rol de supervisor. Por lo tanto el tamaño de la muestra corresponde a tres (3) operarios de la maquina sierra taladro, cuatro (4) operarios de la maquina CNC y un (1) supervisor de la planta de producción de CMA Ingeniería & Construcción, con un énfasis particular en aquellos que están directamente

involucrados en el proceso de corte de materiales. Para asegurar la representatividad de los resultados, se seleccionó una muestra que incluyó una diversidad de roles, tales como operarios, supervisores y personal técnico. Esta muestra cubrió el 13.3% de la población, lo que dio un margen de error aproximado del 34.7% y un nivel de confianza del 95%. Esto permitió capturar una gama amplia de perspectivas sobre los problemas y oportunidades de mejora en el proceso. La inclusión de diversos niveles jerárquicos y funciones dentro de la muestra ayudó a identificar diferencias en las percepciones y expectativas de los trabajadores en relación con la productividad y eficiencia del proceso de corte.

Instrumentos de Recolección de Datos

Encuesta

Las encuestas serán el principal instrumento para la recolección de datos cualitativos y estarán diseñadas para capturar información clave sobre los tiempos de ciclo, desperdicio de material y causas de demoras en el proceso de corte. Se formularán preguntas abiertas y cerradas para obtener respuestas estandarizadas que faciliten el análisis de las posibles dificultades en el proceso, además ayudarán a evaluar la percepción del personal respecto a la frecuencia y el impacto de los problemas operativos; (ver anexo 001)

Entrevistas Semiestructuradas

Para complementar el análisis cuantitativo, se llevarán a cabo entrevistas semiestructuradas que permitirán explorar en mayor profundidad los detalles específicos de los problemas detectados en las encuestas. Las entrevistas se realizarán con el jefe del proceso de corte, con el objetivo de comprender las causas de las ineficiencias y recoger sugerencias para la mejora del proceso. Estas entrevistas se programarán cuidadosamente para minimizar las interrupciones en

la jornada laboral, asegurando que el personal pueda participar sin afectar la producción; (ver anexo 3).

Observación Directa

Además de las encuestas y entrevistas, se utilizarán métodos de observación directa para obtener una comprensión detallada del flujo del proceso de corte. La observación permitirá identificar de manera objetiva los cuellos de botella y los movimientos innecesarios que puedan estar afectando la productividad, lo que facilitará la identificación de tareas que podrían ser optimizadas o eliminadas para mejorar la eficiencia.

Integración de los Resultados

Al combinar los resultados de las encuestas y las entrevistas, fue posible entender de manera más completa cómo funciona el proceso de corte en CMA. Esta mirada conjunta no solo ayudó a identificar oportunidades de mejora desde lo técnico, sino que también permitió tener en cuenta lo que piensan y experimentan las personas que hacen parte del proceso. Gracias a esto, las soluciones propuestas no solo buscan ser eficientes, sino también realistas y aplicables en el día a día de quienes están directamente involucrados.

Diagnóstico de entorno y organizacional

En este capítulo se analizan los factores internos y externos que impactan directamente en la competitividad y operación de la CMA Ingeniería & Construcción, se busca entender el contexto dentro del cual la empresa labora, identificando oportunidades, riesgos y posibles limitantes que puedan influir en el éxito del proyecto. Se usaron herramientas como PESTEL, Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter, Modelo de Negocio, Análisis Financiero y la Matriz DOFA, para realizar este análisis.

Con cada análisis estratégico se busca:

1. Planificación: Definición del alcance y sus objetivos.
2. Recolección de información: Se logra obtener datos del entorno y de la organización.
3. Análisis de Información: Evaluar los factores clave que impactan la competitividad.
4. Interpretación de Resultados: Identificación de oportunidades estratégicas y áreas de mejora.

Con la información utilizada se quiere identificar información clave para la toma de decisiones estratégicas y conocer más el contexto actual de CMA Ingeniería y Construcción S.A.S.

Figura 2 PESTEL (Análisis del Macroentorno)



Nota: Con el análisis PESTEL se evalúa el entorno externo de la empresa, se busca identificar factores regulatorios, tecnológicos y económicos que impactan el sector de la construcción.

En la Figura 2 se presenta el análisis PESTEL de la empresa, el cual evidencia diversas oportunidades y retos estratégicos. Entre ellas, se destaca la posibilidad de potenciar su liderazgo en el sector mediante la adopción de tecnologías avanzadas, lo que contribuiría a mejorar la eficiencia y precisión en la ejecución de sus proyectos. Asimismo, se resalta la necesidad de continuar fortaleciendo las relaciones con el gobierno y de explorar mercados emergentes en Latinoamérica, aprovechando el crecimiento económico y los programas de desarrollo en infraestructura. Por otro lado, un adecuado seguimiento a los riesgos financieros, junto con el fortalecimiento de la cadena de suministro, permitirá a la empresa enfrentar con mayor solidez desafíos como la fluctuación en los precios del acero.

Fuerza Competitiva	N.º	Factor	Análisis del Sector
Amenaza de nuevos entrantes (participantes)	1	Economías de escala	Las empresas establecidas pueden producir a menor costo debido a las economías de escala, lo que dificulta la entrada de nuevas empresas pequeñas.
	2	Diferenciación de productos o servicios	CMA trabaja por proyectos, donde mezcla un servicio y producto, debe dar cumplimiento en la entrega de proyectos de estructuras en acero.
	3	Requerimientos de capital	Este sector requiere altos niveles de inversión en maquinaria, instalaciones, y conocimientos técnicos, lo que puede ser una barrera para nuevos entrantes.
	4	Costos de cambio	Las barreras de entrada en el sector de estructuras metálicas suelen ser altas debido a los costos iniciales y la necesidad de experiencia técnica, lo que puede limitar la entrada de nuevos competidores.
	5	Acceso a canales de distribución	CMA terceriza sus canales de distribución.
Rivalidad entre empresas existentes (rivalidad competitiva)	1	Competidores numerosos y diversidad de rivales	CMA para mantenerse en el mercado debe mantener precios competitivos, tiempos de entrega e innovación de proyectos
	2	Crecimiento del sector	Es un mercado de pocas empresas del mismo sector, ya que CMA tiene una rivalidad moderada.
	3	Diferenciación del producto o servicio	CMA se diferencia frente a su competencia, en calidad y cumplimiento en la entrega de oportuna de sus proyectos.
	4	Nivel de costos fijos	CMA tiene infraestructura, maquinaria y tecnología que le permite competir por volumen, frente a sus rivales.
	5	Barreras sólidas contra la salida (del negocio)	Es difícil salir del sector, ya que es una empresa que tiene inversiones altas en su maquinaria y tecnología y además maneja proyectos a largo plazo.
Poder de negociación compradores (clientes)	1	Un cliente adquiere una gran cantidad del producto	CMA adquiere únicamente el material necesario para los proyectos que desarrolla en el momento. Sin embargo, esta estrategia puede variar en función de las condiciones del mercado; por ejemplo, si se presenta una caída

		significativa en el precio del acero, la empresa podría optar por realizar compras en mayor volumen para aprovechar las ventajas económicas.
	2	Integración hacia atrás de un cliente (asume mi función) Los clientes podrían suplir algún proceso, lo que podría generar una disminución de los ingresos, sin embargo, como se trabaja por proyectos, estos están claramente definidos desde el comienzo.
	3	Proveedores alternos numerosos En este tipo de materiales se utiliza acero importado y quien da mejores precios y calidad es el mercado chino; es allí donde se compra la mayoría del acero para sus diferentes proyectos.
	4	Cambio de proveedor no es costoso En CMA no es muy común el cambio de proveedores en este tipo de sector, ya que es muy limitado el mercado.
	5	Participación del producto en los costos totales del cliente La mayoría de los proyectos son solo en acero, sin embargo, también manejan proyectos donde involucran una parte de Ingeniería Civil.
Amenaza de productos o servicios sustitutos	1	Sustitutos que satisfacen la misma necesidad del producto CMA debe estar atenta de innovaciones o alternativas que reemplace el acero.
	2	Sustitutos que mejoran la relación precio-valor para el consumidor Existen proyectos que utilizan materiales sustitutos que pueda reemplazar el acero como, estructuras en concreto, lo puede generar presión competitiva.
	3	Influencia costos de cambio L reducción de costos está determinada por el cliente, donde define algún otro tipo de material que reemplace al acero.
Poder de negociación proveedores	1	Un proveedor domina el sector En este caso CMA debe verificar día a día el cambio de los precios del acero con sus diferentes proveedores, ya que, si nos encontramos con precios altos, no podría mejorar las ofertas con sus clientes
	2	Producto único o con altos costos de cambio CMA para el caso de proveedores con características especiales, donde proveen materiales especiales, debe tener cuidado con el cambio de estos ya que podría incurrir en altos costos de transacción

3	Capacidad de integración hacia adelante (proveedor asume mi función)	Establecer criterios de confianza con los proveedores, ya que en algún momento estos pueden convertirse en un competidor
4	Disponibilidad de productos o servicios sustitutos	Para CMA no existe productos sustitutos, solo manejan acero
5	Producto o servicio demandado con baja importancia portafolio del proveedor	Como CMA trabaja sobre proyectos, no existe producto de baja demanda, se fabrica lo que se contrata

Tabla 2 Las Cinco Fuerzas de Porter

Nota: El análisis de las Cinco Fuerzas de Porter permite evaluar el nivel de competitividad dentro de una industria y comprender los factores que afectan la rentabilidad de una empresa. A partir de este diagnóstico, es posible trazar estrategias más acertadas que fortalezcan su posición frente a la competencia y le permitan adaptarse de manera proactiva a las dinámicas del mercado.

CMA es una empresa que destaca por su ventaja en tecnología e innovación, lo que le permite competir más eficientemente en el sector donde se desarrolla. Ser parte de industria suelen ser muy difícil debido a los costos iniciales y la necesidad de experiencia técnica especializada, lo que puede limitar la entrada de nuevos competidores y posicionar a CMA como empresas privilegiadas de este mercado, como lo muestra la Tabla 2. Aunque existen productos sustitutos como la madera, las estructuras metálicas en acero suelen ser preferidas por su durabilidad y resistencia, consolidando competitivamente a la empresa.

Figura 3 Modelo de Negocio



Nota: Con el modelo de negocio se logra entender cómo la empresa crea y entrega valor. Este análisis ayuda a mejorar la eficiencia, competitividad y sostenibilidad de la empresa.

CMA Ingeniería y Construcción, tiene la capacidad de atender a proyectos de gran alcance, enfocándose en la calidad y el cumplimiento y manteniendo las buenas relaciones con clientes y proveedores, lo que se convierte en grandes fortalezas para la empresa, como lo analiza la Figura 3. Sin embargo, la empresa enfrenta importantes desafíos para fortalecer su posicionamiento y mantenerse competitiva tanto a nivel nacional como internacional. Para ello, es fundamental que continúe innovando en sus procesos, incorpore tecnología de punta, expanda su red de clientes y optimice sus costos operativos.

Tabla 3 Análisis Financiero

DATOS ANUALES	PERIODO ANTERIOR (2022)	PERIODO ACTUAL (2023)	INDICE COMPARADO RESULTADO	RESULTADO DEL HALLAZGO
Ingresos	38.885.813	48.961.107	126%	Se observa un aumento significativo en las ventas, generando un incremento del 2022 al 2023 en un 26%
Otros Ingresos	58.792,00	448.490,00	763%	Se evidencia un incremento impresionante en un 763%, esto se puede traducir a que CMA a transformado las fuentes de ingresos.
Costos	34.279.245	41.492.437	121%	Como los ingresos aumentaron, es congruente que los costó también lo hagan, lo cual es positivo frente al margen de CMA
Gastos Administrativos	1.917.267	2.406.119	125%	Al identificar un incremento del 25%, esto obedece al incremento en os ingreso.
Gastos Ventas	1.057.594	727.360	69%	Se observa una mayor eficiencia en la gestión de ventas el cual disminuyó un 69%
Índice de Endeudamiento	57%	49%	-8%	Se recomienda verificar la gestión en la deuda ya que el índice bajó 8 puntos.
Quema Neta de Capital	2.558.640	2.010.180	45.705/mes	Es positivo ver que CMA está generando efectivo neto y no lo quema con respecto al año anterior
Pista de Caja		2.010.180	44 meses	Es una mejora significativa lo que aumenta la posición de liquidez de CMA.
Índice de liquidez	1,12	1,28	0,16	Al ver un aumento en este indicador, establece que CMA tiene mejor capacidad de cubrir sus obligaciones a corto plazo
Capital de trabajo	2.999.829	6.194.128	206%	Se evidencia una disminución en los pasivos, lo que es positivo para CMA frente a sus recursos disponibles para operar.
Patrimonio	21.393.150	24.861.306	116%	Se observa un fortalecimiento en la base patrimonial de la empresa.
Rentabilidad del patrimonio	21,26%	28,24%	6,98%	Para el año 2023, se evidencia que CMA está generando más retorno sobre el capital invertido
Rentabilidad del activo	9,23%	14,45%	5,22%	Para el año 2023, se evidencia una mayor eficiencia en la utilización de los activos.

El análisis financiero, cómo lo muestra la Tabla 3, ayuda a evaluar la situación económica de la empresa y la capacidad que tiene para generar ganancias y mantenerse sostenible a largo plazo.

CMA muestra alto desempeño en varios indicadores financieros, lo que evidencia un crecimiento y una gestión positiva de costos y deudas; sus ingresos entre 2022 y 2023 en comparación con 2022 tuvieron un crecimiento considerable (26% de crecimiento) sin embargo, es importante monitorear el control de costos y gastos para mantener esta tendencia positiva.

CMA debe hacer seguimiento a:

- Crecimiento Sostenible: mantener la estrategia de crecimiento de ingresos.
- Control de Costos y Eficiencia: Continuar optimizando costos y gastos para maximizar márgenes de beneficio.
- Gestión de Liquidez: Seguir fortaleciendo la posición de caja y capital de trabajo para asegurar la operatividad y flexibilidad.

Figura 4 *Matriz DOFA*

MATRIZ DOFA FACTORES ESTRATÉGICOS				
Factores Internos IFAS	Fortalezas		Debilidades	
	F1	Años de experiencia en el sector - confianza con los clientes	D1	Depender de un número limitado de proyectos.
	F2	Materiales de alta calidad - Proceso de fabricación que garantizan productos de alta calidad.	D2	Costos operativos altos que puedan afectar la rentabilidad.
	F3	Instalaciones y maquinaria adecuada para producir proyectos de gran tamaño	D3	Estrategia de marketing sólidas para atraer nuevos clientes
	F4	Personal capacitado con altos conocimientos técnicos	D4	Cambios inesperados en el costo de materiales que afecten los márgenes de ganancias.
	F5	Alianzas con proveedores lo que genera suministro constante de materiales.	D5	Dependencia de un número limitado productos en acero
Oportunidades		Estrategias FO		Estrategias DO
O1	Aumento en la demanda de proyectos de infraestructura y construcción a gran escala (proyectos del estado)	Utilizar la experiencia en el sector y la capacidad de producción para entrar en nuevos mercados internacionales.	Estudiar la amplia gama de productos para reducir la dependencia a grandes proyectos.	
O2	Adquisición de tecnologías para mejorar los diferentes procesos con el fin de mejorar la eficiencia	Establecer alianzas con otras empresas del sector para abordar proyectos más grandes o para dar cumplimiento en las entregas.	Analizar herramientas de marketing digital para atraer nuevos clientes del sector privado	
O3	Abrir más mercados internacionales	Utilizar la experiencia y las relaciones con los proveedores como factor de calidad en sus proyectos.	Capacitar al equipo técnico en nuevas tecnologías y procesos	
O4	Desarrollo de productos eco-amigables	Invertir en nuevas tecnologías que mejore y optimice la producción con el fin de satisfacer la demanda del mercado	Analizar las ayudas gubernamentales para modernizar o capacitar al personal técnico.	
O5	Incentivos gubernamentales en el sector		Establecer relaciones con otras empresas del sector para compartir conocimientos o para establecer alianzas	
Amenazas		Estrategias FA		Estrategias DA
A1	Aumento de competidores en el mercado global	Resaltar la calidad de los productos con el fin de diferenciarse del mercado.	Implementar análisis de costos con el fin de contrarrestar el impacto de costos laborales en momentos de estabilidad.	
A2	Normatividad que afecte los costos de operación y producción	Fortalecer las relaciones con los proveedores con el fin de asegurar descuentos y minimizar el impacto de fluctuaciones en el costo de los materiales	Fomentar y desarrollar planes de contingencia ante fluctuaciones económicas.	
A3	Recesiones económicas que limiten la concesión de proyectos	Monitorear los cambios normativos con el fin de adaptarse rápidamente, mediante capacitaciones y así reducir el riesgo regulatorio.	Establecer procesos ágiles para adaptarse a cambios en la demanda.	
A4	Incremento en salarios y beneficios que puedan afectar los costos operativos	Ampliar la base de clientes para disminuir la dependencia, poder incursionar en más proyectos públicos (licitaciones públicas)	Estudiar el mercado para entender a los competidores y así crear estrategias comerciales.	
A5	Cambios en la demanda del mercado	Establecer estrategias de mitigación de riesgos que incluyan análisis del mercado.	Implementar controles financieros para gestionar recursos en tiempos de incertidumbre económica.	

Nota: Una vez formulada la matriz DOFA para CMA se evidencia una base sólida, representada en su infraestructura, experiencia y tiempo en el sector.

El análisis de la matriz DOFA, Figura 4, muestra que la empresa cuenta con una base sólida dentro de la industria, gracias a su experiencia, calidad de los productos y servicios y su gran capacidad técnica. CMA Ingeniería y Construcción, puede enfrentar algunos desafíos en cuanto a costos operativos y costos de materiales, afectando la rentabilidad y los márgenes de ganancia de la empresa.

Gracias al aumento del mercado de construcción e infraestructura CMA tiene la ventaja de poder participar en licitaciones públicas para asegurar contratos con el estado y así conseguir más clientes y aprovechar la experiencia para seguir abriendo puertas en mercados privados e internacionales. La industria de la construcción se encuentra en auge por eso también es importante que la empresa busque estar en la vanguardia en temas de tecnología para asegurar competitividad, eficiencia operativa y sostenibilidad en el mercado. Sin embargo, es importante que CMA considere nuevos desafíos aprovechándose de sus fortalezas y oportunidades, para ampliar su mercado internacional además implementar estrategias efectivas que puede ayudarla a posicionarse como una empresa de crecimiento sostenible.

Análisis de los resultados

De acuerdo con los resultados establecidos en la metodología cualitativa se toma como población objeto a los operadores de las máquinas CNC, Sierra Taladro y al supervisor, quienes son los directamente involucrados en el proceso de corte de materiales, se utilizó un modelo de encuesta mediante preguntas de opción múltiple y entrevista de preguntas abiertas (ver Anexo 002), además de la observación directa en el proceso, establecido mediante un registro fotográfico.

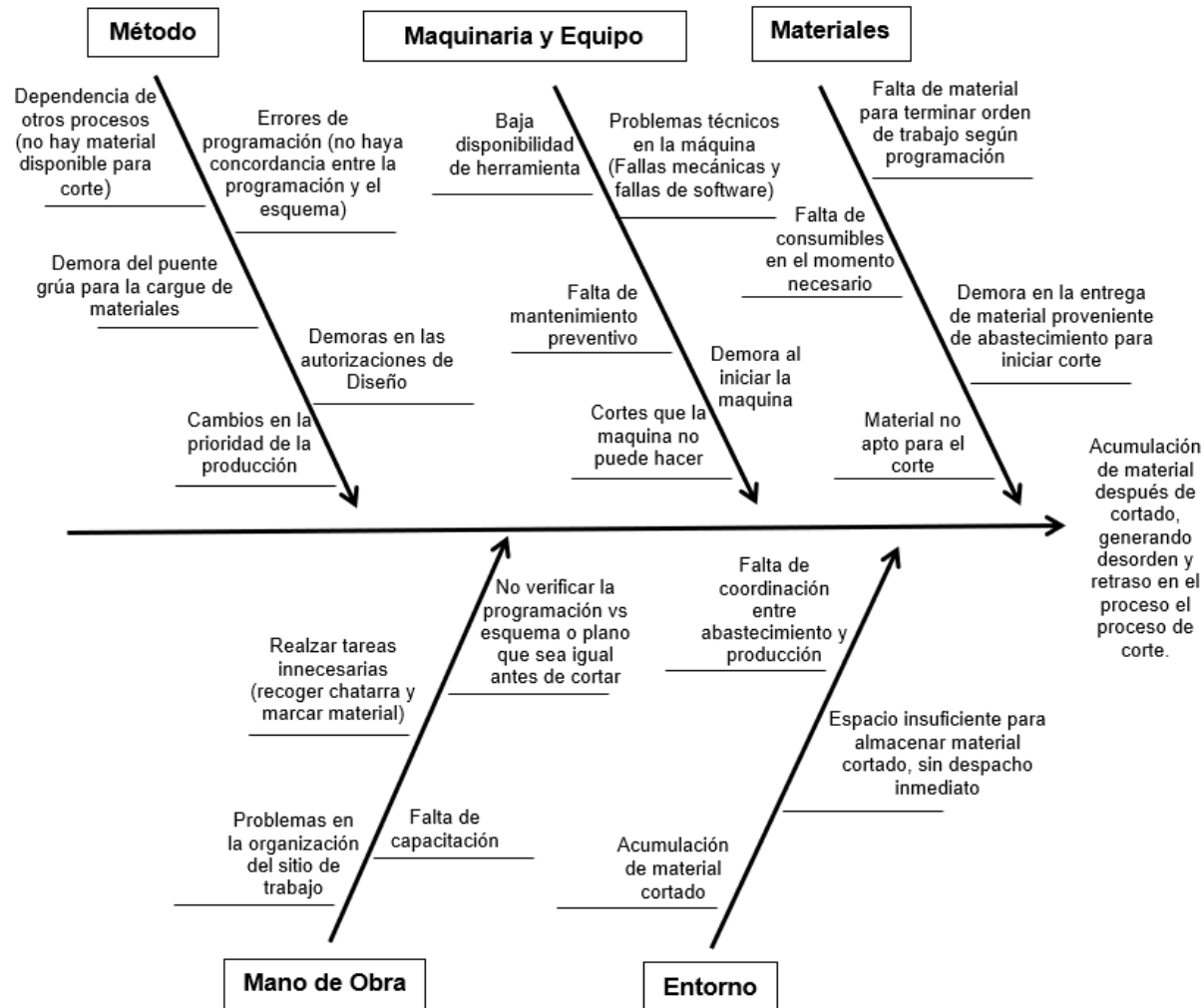
Se identificó que el material cortado es almacenado en los pasillos impidiendo el paso de materiales y operarios de la planta y que en el momento de sobre stock de material las máquinas deben parar su operación de corte hasta que sea retirado el material, así como lo muestra las fotografías, ver anexo 002 (Registro fotográfico).

Como parte del análisis al proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S, se decidió utilizar el Diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama espina de pescado. Esta herramienta permitió organizar de forma visual y clara los posibles factores que estarían generando la principal restricción física del proceso. Gracias a su estructura, fue más sencillo clasificar las causas en categorías como maquinaria, métodos de trabajo, personal, materiales, entorno y sistemas de medición, lo que facilitó una comprensión más amplia y detallada del problema.

Después de identificar la principal problemática, se aplicó la técnica de los 5 Por Qué, una herramienta sencilla pero muy efectiva que ayuda a ir más allá de lo evidente. A través de una serie de preguntas consecutivas del tipo “¿por qué ocurre esto?”, enfocadas en una causa específica, fue posible ir profundizando hasta encontrar lo que realmente estaba detrás del problema. Este ejercicio permitió desmenuzar el escenario paso a paso, con lógica y claridad, hasta llegar a la causa raíz que limita el buen desempeño del proceso de corte.

A continuación, se presentan los resultados del Diagrama de Ishikawa construido para este análisis, así como el desarrollo de los 5 Por Qué aplicados a la causa más representativa. Ambos ejercicios fueron clave para orientar las propuestas de mejora de forma más precisa y efectiva.

Figura 5 Diagrama Ishikawa



Para el análisis realizado al proceso de corte de CMA Ingeniería & Construcción, cómo primera medida se aplicó el diagrama Ishikawa Figura 6, para identificar el cuello de botella posteriormente se aplicó la técnica de los 5 Por Qué para identificar la causa raíz, con la aplicación de esta técnica se evitó actuar sobre síntomas superficiales y se garantizó que los esfuerzos de mejora se enfoquen en el punto correcto del proceso, ya que idéntica la causa raíz del problema.

Técnica 5 Por Qué.

1. ¿Por qué hay acumulación de material cortado?

Rta: Porque no hay suficiente espacio para almacenar el material y no se lleva de inmediato al siguiente proceso.

2. ¿Por qué no se pasa de inmediato al siguiente proceso?

Rta: Por falta de coordinación entre corte y Logística/producción, la sincronización entre proceso no es fluida.

3. ¿Por qué no hay sincronización?

Rta: Porque no se trabaja con un sistema visual de control ni tampoco por flujo jalado (pull), se trabaja sin considerar la capacidad del siguiente proceso.

4. ¿Por qué se trabaja sin considerar la capacidad?

Rta: Porque las prioridades son cambiantes, se evidencian errores de programación y falta de información en tiempo real.

5. ¿Por qué no se tiene información clara?

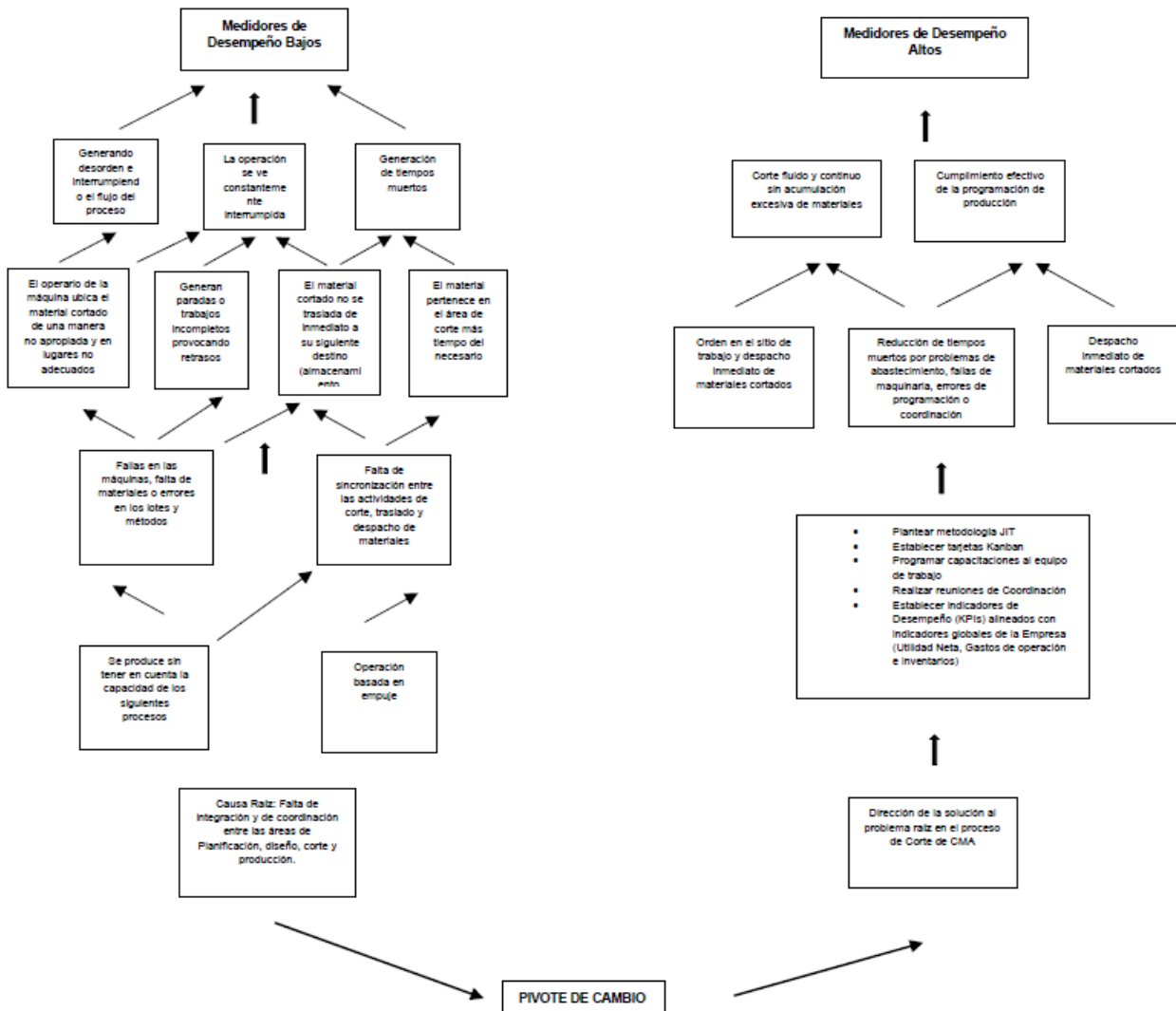
Rta: Porque no hay comunicación efectiva entre los procesos (Planificación, diseño, corte y producción), trabajo aislado entre procesos.

Con el análisis conjunto del Diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 Por Qué, se logró identificar con mayor claridad la restricción principal en el proceso de corte, así como la causa raíz que la origina.

- Restricción identificada mediante el Diagrama Ishikawa: *Acumulación de material después de cortado, generando desorden y retraso en el proceso el proceso de corte.*
- *Causa Raíz del proceso de Corte: La acumulación del material después de cortado en el proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. se debe a la falta de integración entre las áreas de planificación, diseño, corte y producción, generando una operación basada en empuje; Produciendo sin tener en cuenta la capacidad de los siguientes procesos y ocasionando una acumulación de material cortado, desorden y retrasos en el flujo. La falta de coordinación para despachos inmediatos impide un trabajo fluido y sincronizado lo que afecta la eficiencia del proceso de corte.*

A partir de estos hallazgos se elaboró el diagrama en U, una herramienta que facilita visualizar el camino desde la realidad actual hasta la realidad futura deseada. En él se integran los pasos a seguir, los efectos que se esperan y las soluciones clave para lograr una transformación efectiva del sistema. Esta representación guarda una estrecha relación con la Teoría de las Restricciones (TOC), pues nos recuerda que todo sistema enfrenta puntos críticos que limitan su desempeño. Como señala Cohen (2010), comprender tanto la situación actual como la futura permite reconocer esos cuellos de botella y diseñar soluciones que no solo resuelvan problemas específicos, sino que impulsen mejoras en todo el sistema, haciendo posible una transformación más integral y sostenible.

Figura 6 Diagrama en U



Nota: El diagrama representa el contraste entre los medidores de desempeño bajos, causados por una operación desarticulada y basada en empuje, y los medidores de desempeño altos, resultado de una transformación hacia un sistema sincronizado y basado en flujo. Elaboración propia con base en Cohen (2010)

A partir de la identificación de la restricción del proceso y la causa raíz, se aplicó la Teoría de las Restricciones (TOC) como metodología central para abordar la mejora del proceso,

enfocándose en la eliminación del cuello de botella identificado. Para ello, se aplicarán de manera estructurada los 3 pasos de la TOC:

1. Identificar la Restricción

Restricción del proceso:

Según lo observado en la planta se presenta acumulación de material después de cortado, generando desorden y retraso en el proceso de corte (Restricción física). Esta acumulación del material después de cortado en el proceso de corte se debe a la falta de integración entre las áreas de Planificación, diseño, corte y producción, generando una operación basada en empuje; produciendo sin tener en cuenta la capacidad de los siguientes procesos y ocasionando una acumulación de material cortado, desorden y retrasos en el flujo (Restricción política o causa raíz). La falta de coordinación para despachos inmediatos impide un trabajo fluido y sincronizado lo que afecta la eficiencia del proceso de corte. Se llegó a esta causa raíz con la ayuda del diagrama espina de pescado, metodología de los 5 por qué y diagrama en U, ver figura 6

2. Explotar la Restricción (Maximizar su uso sin aumentar costos)

En este paso la Teoría de las Restricciones TOC, busca maximizar la eficiencia de las restricciones (física y política) sin aumentar los costos. A continuación, se explicará cómo se explotará la restricción física:

2.1 Justo a Tiempo (JIT)

Aplicar principios de Justo a Tiempo (JIT): Este principio habla de producir únicamente lo que se necesita, en la cantidad necesaria y en el momento justo, en función de la demanda real del siguiente proceso (ensamble o despacho) y establecer un sistema Kanban visual en el área de corte para limitar la cantidad de piezas cortadas que pueden permanecer en espera. Esto actúa como una señal visual que evita la sobreproducción. Lo que se busca con este sistema es que el

proceso de corte se alinee con la capacidad real del área de ensamble, reduciendo el trabajo en proceso y promoviendo un flujo más controlado.

Al identificar qué actividades no están aportando valor (mudas), es posible tomar decisiones más conscientes para eliminarlas y así enfocarse en lo que realmente sí suma al resultado final. En este sentido, las mudas no son solo una herramienta técnica, sino una guía útil para trabajar de forma más eficiente, aprovechar mejor los recursos y reducir los costos innecesarios.

Entender en qué momentos del proceso aparecen las *mudas* ayuda no solo a ver con mayor claridad los problemas operativos, sino también a pensar en soluciones más prácticas y acertadas.

A continuación, se muestra el análisis de las mudas que se identificaron en el proceso de corte de forma visual.

Tabla 4 *Las mudas*

MUDA	Descripción en CMA
1. Sobreproducción	Cortar piezas sin necesidad inmediata, generando acumulación
2. Inventario Excesivo	Exceso de láminas almacenadas o piezas cortadas sin uso inmediato
3. Transporte innecesario	Múltiples movimientos del material desde y hacia el área de corte, ya sea utilizando el puente grúa o transportado por operarios
4. Espera	Operarios esperando planos, materiales transportados por el puente grúa o por operarios.
5. Sobre procesamiento	Reprocesos por ajustes innecesarios o errores en planos, información errónea en la ordenes de producción.
6. Movimientos innecesarios	Búsqueda de herramientas o consumibles
7. Defectos	Errores en corte por medidas incorrectas o por falta de validación
8. Talento no aprovechado	Falta de propuestas desde el equipo operativo.

Nota: Las MUDAS identificadas en el proceso de corte de CMA Ingeniería & Construcción.
Elaboración propia con base en los ocho tipos de desperdicio del sistema Lean Manufacturing.

Una vez identificadas las mudas del proceso (ver tabla 4) todo empieza a fluir mejor: se produce solo lo necesario, se evitan acumulaciones de material y se reduce el exceso de trabajo que no aporta valor. Gracias a esto, los insumos pueden llegar en el momento justo, sin generar esperas ni interrupciones, y cada recurso se utiliza de forma más consciente, respondiendo a lo que realmente se necesita. En ese sentido, las *mudas* actúan como obstáculo en el proceso y en el momento de eliminarlas, el proceso se vuelve más ágil, ordenado y eficiente. De acuerdo con lo anterior, para implementar el Sistema JIT, se debe hacer un diagnóstico inicial para conocer las condiciones actuales del proceso.

1. El primer paso es la revisión de datos históricos de entrada y salida de materiales, mapeo del proceso de corte para visualizar cuellos de botella, mediante los siguientes registros.
 - a. Recolección de datos sobre entregas, almacenamiento, tiempo de espera y reproceso, (ver anexo 002), el motivo de este registro es verificar si el acero solicitado llegó completo y en la fecha programada.
 - b. Realizar observación directa en el área de corte mediante el registro *Lista de chequeo en el área de corte* (corte, almacenaje intermedio, despacho), (ver anexo 003), lo que permite establecer los momentos donde la máquina permanece inactiva por falta de lámina o acumulación de piezas.
 - c. Cronometrar tiempo muertos y espera operativa: estudio de tiempos (inicio - fin – causa del tiempo muerto), (ver anexo 004) evidencia cuánto tarda un operario desde que solicita material hasta que lo recibe.
 - d. Tomar tiempos de ciclo balanceados, (ver anexo 009), en todas las estaciones del proceso de corte.

- e. Registrar los tiempos de preparación de máquina, (ver anexo 010) con el fin de separar actividades **internas** (que requieren detener la máquina) de las **externas** (que pueden hacerse mientras la máquina sigue operando).
- f. Análisis de devoluciones y retrabajos, identificando si las piezas se están devolviendo por errores de corte o por mal estado del material, (ver anexo 005).

Resultado esperado: Identificar los motivos que causan los retrasos en el proceso de corte a través de la identificación clara de desperdicios, demoras y acumulaciones actuales.

2. El segundo paso es diseñar el nuevo flujo de materiales mediante la identificación de interrupciones:
 - a. Rediseñar el layout del área de corte para permitir un flujo sin interrupciones, realizar un plano actual de área de corte y trazar el recorrido real de los materiales y operarios.

Resultado esperado: Establecer el nuevo flujo del proceso de corte.

3. El tercer paso es la concordancia del suministro de materiales, de acuerdo con la programación de las entregas internas y externas según producción.
 - a. Registrar el plan semanal de entregas, planificar entregas con al menos 48 horas de anticipación al uso real en proceso de corte. (ver anexo 006).
 - b. Establecer acuerdos con proveedores para entregas programadas, teniendo en cuenta como mínimo los siguientes acuerdos con los proveedores:
 - Productos y cantidades entregadas aproximados por semana/mes.
 - Días fijos de entrega o avisos mínimo de entrega.
 - Condiciones de calidad y presentación del material.
 - Penalidad por incumplimiento o entregas tardías.

- Tiempo de respuesta ante urgencias (reposición express).
- Coordinador de logística por parte de CMA y del proveedor.
- c. Crear Buffers mínimos (stock), (ver anexo 007), lo que asegura que nunca se interrumpa el flujo de producción por falta de materiales críticos, la ubicación del buffer debe estar en una zona visible, delimitada y rotulada.

Resultado esperado: Disminución de paros del proceso por desabastecimiento de material y establecimiento de criterios mínimos para garantizar la continuidad de la operación de corte.

Al realizar los tres pasos anteriores se logrará

- Evitar la acumulación de trabajo lento en estaciones, operarios esperando materiales y paras innecesarias o desperdicios por sobreproducción.
- Establecer el flujo en línea (Secuencia lógica del proceso, Minimizar el transporte y el movimiento)
- Delimitar las zonas para inventarios en proceso (WIP)
- Establecer sitios cerca a los puestos de trabajo para almacenar las herramientas menores y consumibles.
- Delimitar el camino del operario

Resultado esperado: Al aplicar los anteriores pasos permite que CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., reduzca la acumulación de material cortado, estableciendo un flujo de operación más ágil y coordinado desde el corte hasta el siguiente proceso.

2.2 Sistema Kanban

Dentro del proceso de corte CNC, los requerimientos del cliente se establecen y gestionan mediante una cola de trabajo, lo cual permite optimizar el flujo operativo, evitar cuellos de

botella y minimizar inventarios en proceso. La cola de trabajo se entiende como un sistema en el cual las solicitudes del cliente se organizan como tareas dentro de una lista priorizada (backlog), y se atienden conforme a la capacidad real del sistema para procesarlas.

Como requerimientos mínimos del cliente se debería tener:

- Tipo de corte.
- Volumen requerido.
- Fecha de entrega.
- Tolerancias técnicas.
- Otros criterios específicos.

Cada requerimiento se convierte en una tarjeta Kanban, que debe contener como mínimo la siguiente información:

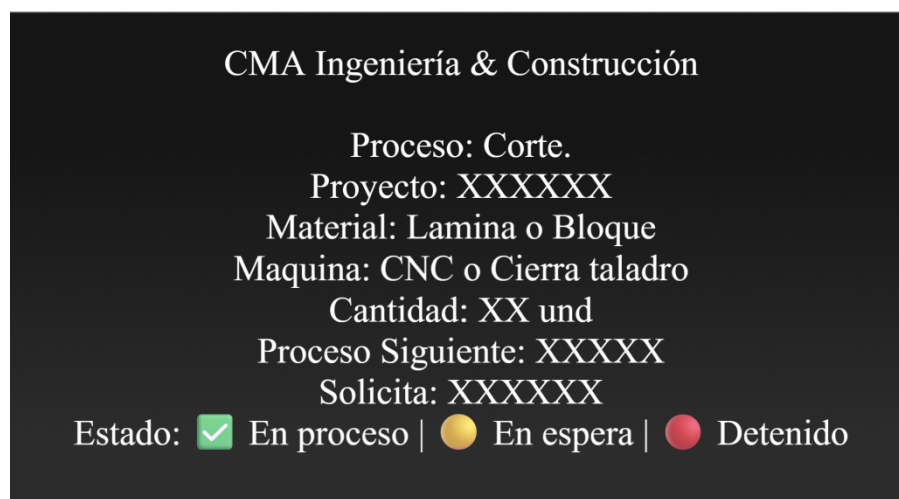
- Proceso.
- Proyecto asociado.
- Material requerido.
- Máquina designada.
- Cantidad solicitada.
- Proceso siguiente.

- Solicitante.
- Estado (pendiente, en proceso, completado).

Para entender el funcionamiento de las tarjetas Kanban, es importante contar con el layout rediseñado en el Justo a Tiempo para poder desarrollar el sistema Kanban propuesto.

Una vez entendido el proceso rediseñado y los requerimientos propuestos por el cliente, se genera la tarjeta Kanban. La tarjeta llega a cada una de las áreas del proceso siguiendo su flujo y la lógica de este. A continuación, se presenta la tarjeta Kanban a utilizar

Figura 7 Tarjeta Kanban



Nota: Tarjeta Kanban diseñada para el proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción.

Elaboración propia como herramienta de gestión visual para controlar el flujo de trabajo y el estado de cada orden en tiempo real.

A continuación, se define el límite máximo de tareas que realiza cada área:

- Abastecimiento

Para que el sistema Kanban funcione sin interrupciones, es necesario contar con un stock mínimo de láminas que garantice la atención oportuna de los requerimientos. Al tener un stock

mínimo de material se asegura que se puede mantener la operación sea fluida sin llegar a tener exceso de material, pero si cumpliendo con un abastecimiento mínimo.

$$\text{Abastecimiento minimo} = (\text{Consumo diario} * \text{Tiempo de reabastecimiento}) \\ + \text{Inventario de seguridad}$$

(Render, 2010)

Además, debe establecerse un stock máximo, ajustando:

- La capacidad de almacenamiento disponible.
- La eficiencia de corte y tasa de salida.
- El ritmo de entrada de nuevos pedidos

Estableciendo el stock máximo se protege el flujo, se evita el desperdicio y se mejora la capacidad de respuesta del sistema.

- Inspección

Una vez el material se encuentra en el área de abastecimiento, y se cumple con los requerimientos del cliente y el stock mínimo pasa a ser inspeccionado. En el WIP (Work in Progress) se debe tener en cuenta cuantas láminas puede inspeccionar el equipo de trabajo que está asignado en el área de inspección para que no se desborde el trabajo y no se desborde el proceso.

Para calcular el número de láminas que el grupo de trabajo puede inspeccionar usamos la siguiente fórmula

Capacidad requerida de inspección (CR):

Capacidad de Inspección

$$= \left(\frac{\textit{Tiempo disponible por inspector}}{\textit{Tiempo promedio de inspección por lámina}} \right) * \textit{Número de inspectores}$$

Al aplicar esta fórmula sabemos que si llegan más láminas de las que se pueden inspeccionar, se forma un cuello de botella en el área de inspección (WIP desbordado) (Heizer, Render, & Munson, 2020).

Con el límite de inspección, es decir, cuántas láminas puede inspeccionar el equipo de trabajo sin desbordar el proceso, es posible establecer un límite WIP realista en el tablero Kanban, almacenar el flujo de entrada y salida de la inspección y sería un indicador para revisar si es necesario reevaluar el personal asignado a esta parte del proceso.

- Corte

Cuando se llega al área de corte se debe calcular la eficiencia tanto de las máquinas CNC como la Sierra taladro para determinar cuántas láminas pueden ser procesadas por unidad de tiempo y así establecer un ritmo de alimentación compatible con la capacidad real de la máquina. La eficiencia de la máquina indica que tan bien está trabajando la máquina en comparación con lo que se espera de ella. Para calcular la Eficiencia usamos la siguiente fórmula:

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Capacidad efectiva}} * 100$$

$$\textit{Tiempo del ciclo} = \frac{\textit{Tiempo de producción disponible por día}}{\textit{Unidades requeridas por día}}$$

El tiempo del ciclo es el tiempo real que se invierte para completar un paso de la tarea o del proceso. Algunos pasos del proceso pueden ser necesarios para completar el producto

- Calidad

Cuando las láminas llegan a calidad se debe calcular cuantas láminas el equipo puede revisar por unidad de tiempo sin desbordarse (Heizer, Render, & Munson, 2020).

Capacidad de inspección

$$= \left(\frac{\textit{Tiempo disponible por Inspector}}{\textit{Tiempo promedio de inspección por lámina cortada}} \right)$$

* *Número de inspectores*

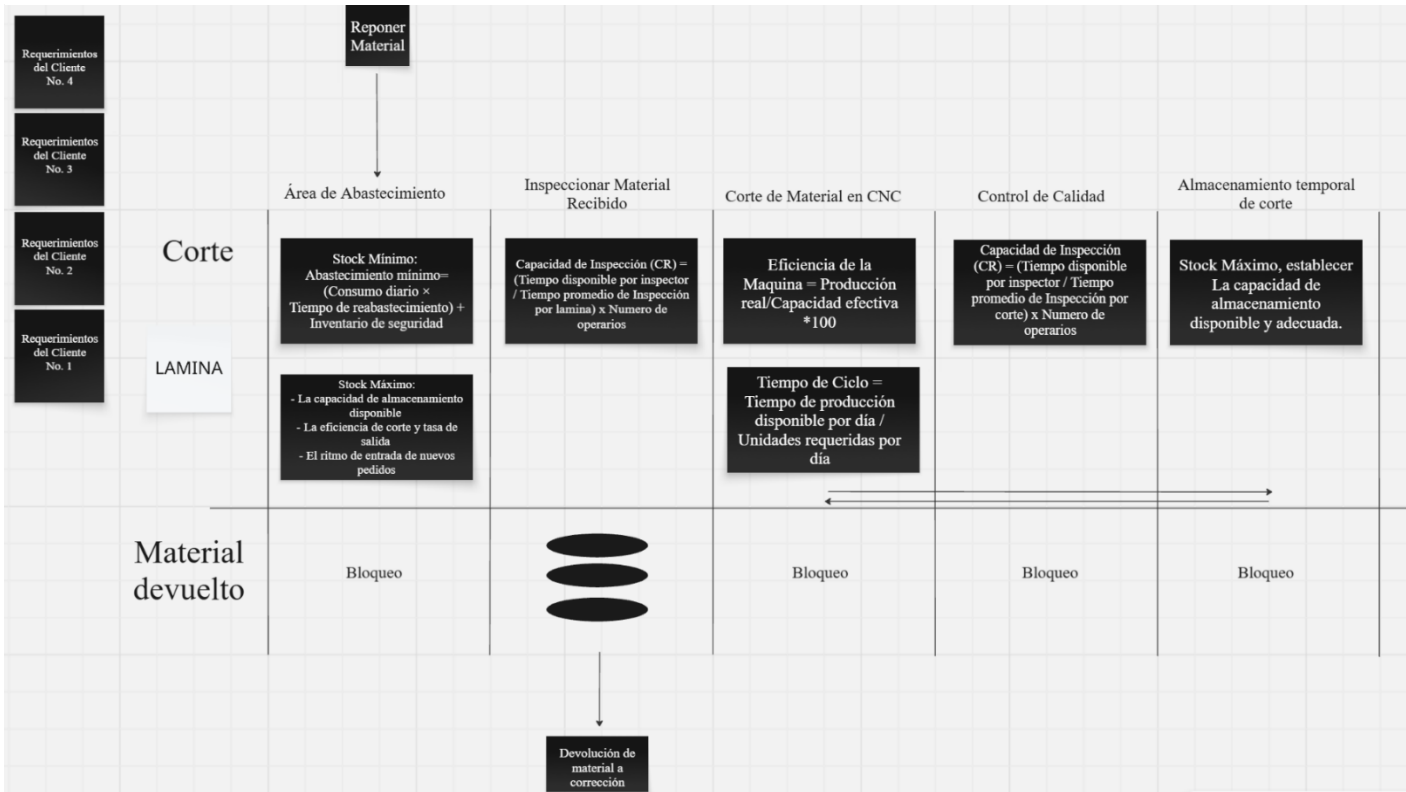
- Almacenamiento

Una vez las piezas salen del control de calidad, pasan al área de almacenamiento, por lo que es fundamental conocer la capacidad máxima del área de almacenamiento disponible y adecuada. Este almacenamiento está estrechamente relacionado con la eficiencia de la máquina de corte. Si la máquina opera con una eficiencia muy alta, existe el riesgo de que el volumen de material terminado supere la capacidad del área de almacenamiento, lo que puede generar acumulación o desbordamiento y llevar el proceso a un cuello de botella. Por ello, debe existir un equilibrio entre la cantidad de láminas cortadas y la capacidad del espacio adecuado destinado a guardarlas.

Se propone utilizar ya sea un tablero físico o digital dividido en columnas que representen el estado del flujo de trabajo ver figura 9. Las tarjetas Kanban se moverán entre columnas según el avance real del lote, teniendo en cuenta la tarjeta Kanban presentada anteriormente. A continuación, se presenta un ejemplo del tablero Kanban, acompañado de las condiciones

operativas que deben cumplirse en cada etapa del proceso de corte. Estas condiciones son fundamentales para mantener el flujo controlado y evitar desbordamientos en el sistema, asegurando así una operación sincronizada y eficiente.

Figura 8 Propuesta Tablero Kanban



Nota: Propuesta de tablero Kanban aplicado al proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción. *Elaboración propia. El esquema representa el flujo de trabajo desde el área de abastecimiento hasta el almacenamiento temporal del material cortado, integrando conceptos de stock mínimo, capacidad de inspección, eficiencia de máquina y stock máximo.*

Una vez explotada la restricción física, se precede a explotar la restricción política se una reunión diaria entre 10 y 20 minutos, entre las áreas de planificación, Diseño, Corte y

Producción, donde se defina lo que se corta ese día para lograr que este en función de la capacidad del sistema, no solo del área de corte. Con esta acción se busca alinear a las personas, los procesos y las decisiones con el flujo total del sistema, creando un entorno más eficiente y colaborativo.

Como parte de la explotación de esta restricción, se propone el monitoreo continuo de los tiempos de respuesta y cumplimiento de cada área involucrada, con especial énfasis en la ejecución efectiva de lo acordado en las reuniones diarias. Este seguimiento permitirá identificar desajustes, mejorar la toma de decisiones operativas y ajustar la programación de forma dinámica, contribuyendo a la estabilidad del sistema.

Resultados Esperados:

- Menor acumulación de material cortado, se espera que, en la aplicación del Sistema, este permita cortar solo necesario y en el momento justo.
- Trabajo fluido entre áreas, con la aplicación del sistema los procesos estarán mejor coordinados, para que el flujo de los materiales se desplacen sin interrupciones.
- Mejor organización y cumplimiento, el sistema facilitara entregar los pedidos a tiempo y sin contratiempo.
- Aprovechamiento de los recursos, al aplicar el sistema se equilibrará la carga de trabajo evitando que las maquinas u operarios estén sobrecargados, mientras otros estén inactivos.
- Mayor Calidad y control, gracias al tablero Kanban, todos los involucrados podrán ver en tiempo real que tareas están pendientes, en proceso o terminadas.

3. Subordinar la restricción:

Para subordinar tanto la restricción física como política, se necesita que todos los demás procesos se adapten al ritmo de la restricción, para lograr que esta trabaje al máximo sin llegar a sobrecargarse. Se busca que no haya interrupciones, acumulaciones ni reprocesos causados por otros eslabones del sistema. A continuación, se proponen algunos planes para subordinar la restricción.

Tabla 5 *Planes para subordinar la Restricción*

Acción	Descripción
1. Establecer una programación basada en capacidad real de corte	Se debe liberar material al área de corte si el proceso está listo y si las siguientes estaciones (como ensamble o despacho) también están disponibles.
2. Integrar la planificación entre áreas	Crear un comité operativo diario o semanal que integre Planificación, Diseño, Corte y Producción, para revisar cargas de trabajo y ajustar liberaciones de producción.
3. Implementar buffers visibles antes y después del corte	Usar las tarjetas Kanban propuestas, las cuales indican cuándo el corte debe detenerse o reanudarse según el estado de los procesos siguientes.
4. Movilizar el material cortado.	Priorizar el retiro del material ya cortado antes de iniciar nuevos lotes, estableciendo tiempos máximos de permanencia en piso.
5. Medir y comunicar el estado de la restricción diariamente	Generar tableros visuales para mostrar si el área de corte está en espera, en proceso o bloqueada por acumulación. Esto crea conciencia y acción inmediata.

NOTA. Elaboración propia con base en los principios de subordinación de la Teoría de las Restricciones (TOC) y la gestión basada en flujo.

En cualquier empresa, tomar buenas decisiones depende de saber medir lo que realmente importa. La Teoría de las Restricciones (TOC), propuesta por Eliyahu Goldratt, ayuda a enfocar

los esfuerzos en lo que acerca a la organización a su meta principal: ganar dinero hoy y en el futuro. Para ello, TOC propone tres indicadores clave de desempeño (KPI): el Trúput, la Inversión y los Gastos de Operación (Corbett, 1998).

Estos tres medidores permiten entender si una decisión mejora o no el desempeño del sistema.

Los medidores de desempeño KPI's que propone TOC son:

1. Throughput (TP)

“El Trúput se define como todo el dinero que entra a la empresa menos el dinero que le pagamos a sus proveedores” (Corbett, 2005, p. 29). En otras palabras, el Throughput es la velocidad con la que la empresa genera dinero a través de las ventas. (Piénsalo Colombia Ltda, s.f.).

$$T = \text{Ventas} - \text{Costos Totalmente variable}$$

La idea es tener un throughput alto para asegura que se está generando más dinero a partir de las ventas reales sin aumentar inventario ni gastos operativos. Al ser un indicador tan importante (Cox & Schleier, 2010) propone medirlo diaria o semanalmente de esta forma se puede tomar decisiones basados en datos reales del rendimiento del sistema y si es el caso detectar cuellos de botella, interrupciones o cambios en la demanda.

2. Inversión

La inversión representa todo el dinero que la empresa ha destinado a comprar elementos que espera vender, como por ejemplo materias primas, productos en proceso, productos terminados y otros activos. En la Teoría de Restricciones es útil dividir la inversión en dos grandes grupos: por un lado, el inventario de materia prima, y por otro, el trabajo en proceso (WIP), el producto

terminado y los activos restantes. Esta clasificación permite entender mejor cómo cada tipo de inversión impacta la operación. Por ejemplo, contar con suficiente materia prima garantiza que la producción no se detenga, mientras que acumular demasiado producto en proceso o terminado puede indicar cuellos de botella o sobreproducción, lo que inmoviliza recursos y disminuye la eficiencia del sistema (Corbett, 2005, p. 30).

3. Gastos de operación

Son todos los desembolsos necesarios para convertir la inversión en Trúput, incluyendo sueldos, arrendamientos, servicios, etc. TOC no clasifica los gastos en fijos o variables, sino en totalmente variables o no totalmente variables (Corbett, 2005, p. 30).

Con este indicador se busca que los gastos operativos estén controlados sin que se vaya a frenar la capacidad del sistema.

Los indicadores Trúput (T), Inversión (I) y Gastos de Operación (GO) permiten hacer un vínculo directo entre las decisiones que se toman día a día en una empresa y los resultados financieros más conocidos, como la Utilidad Neta (UN) y el Retorno sobre la Inversión (ROI).

Estas relaciones se pueden expresar así:

$$\mathbf{UN = T - GO}$$










$$\mathbf{ROI = (T - GO) / I}$$


Lo ideal es tomar decisiones que aumenten el trúput, reduzcan la inversión y disminuyan los gastos de operación, sin embargo, no siempre se logra todo al mismo tiempo; por eso, si una decisión mejora el ROI y este supera un valor mínimo esperado, ya se puede considerar que la empresa está avanzando hacia su meta.

Tabla 6 KPI (Optimo, Alerta, Critico)


KPI	Semáforo Verde (Óptimo)	Semáforo Amarillo (Alerta)	Semáforo Rojo (Crítico)
Troughput (TP).	Se encuentra por encima o igual al valor meta establecido.	Ligera disminución respecto al valor esperado.	Disminución considerable del TP. Hay que revisar el Cuello de Botella activo.
Inventario.	Dentro del nivel esperado según capacidad y rotación.	Inventario creciendo sin justificación.	Inventario excesivo o estancado. Puedo haber un Cuello de Botella.
Gastos de Operación.	Dentro del nivel esperado según capacidad y rotación.	Aumento moderado sin mayor impacto en el throughput.	Aumento significativo sin generar más valor.

Tabla 7 Ejemplo se seguimiento mediante semaforización.

Semana	Troughput (TP)	Inventario	Gastos operativos	Observaciones
Semana 1				Aumento leve en los costos por mantenimientos.
Semana 2				Inventario sin rotación en corte.
Semana 3				Posible cuello de botella en área de abastecimiento.

 Dentro de los rangos esperados.

 Requiere revisión.

 Requiere tomar una acción inmediata.

Con el ánimo de mejorar de forma integral el proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción S.A.S., se plantea un plan estratégico dividido en cuatro etapas, que combina herramientas prácticas de mejora continua con enfoques reconocidos como la Teoría de las Restricciones (TOC), el sistema Justo a Tiempo (JIT) y el uso de herramientas visuales como Kanban. Este plan busca, paso a paso, identificar y resolver el principal cuello de botella del

proceso, mejorar la forma en que se abastece el área de corte, asegurar que el flujo de trabajo sea constante y ágil, y contar con una forma clara y sostenible de hacerle seguimiento al desempeño, a través de indicadores clave. Cada etapa incluye acciones específicas, responsables definidos y resultados esperados, lo que permite hacer seguimiento al avance, tomar decisiones informadas a tiempo y mantener el compromiso con la mejora continua. A continuación, se presenta el plan estratégico propuesto.

Tabla 8 Plan estratégico

Etapa 1: DIAGNÓSTICO Y PRIORIZACIÓN (TOC)			
ACCIÓN	RESPONSABLE	RESULTADO ESPERADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Realizar mapeo de flujo actual de corte y análisis de desperdicios (MUDAS).	Ingeniero de Producción/ Supervisor	Identificación clara de puntos críticos.	Flujograma del proceso de corte actual.
Detectar la restricción clave y causa raíz.	Ingeniero de Producción/ Supervisor	Acumulación de material después de cortado.	Causa Raíz: Diagrama de Ishikawa y los cinco por Qué. Restricción: Diagrama U.
Etapa 2: MEJORA EN LA PLANIFICACIÓN Y ABASTECIMIENTO (JIT)			
ACCIÓN	RESPONSABLE	RESULTADO ESPERADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Definir criterios mínimos para entregas de material al área de corte.	Coordinador de Abastecimiento / Supervisor de Corte	Disminución de inventario en espera	Definición de mínimos y máximos de inventario.
Implementar acuerdos de entregas con proveedores para garantizar disponibilidad Justo A Tiempo	Coordinador de Abastecimiento / Supervisor de Corte	Entregas cada 48h en lugar de acumulaciones semanales.	Informe de cumplimiento de entregas, teniendo los acuerdos mínimos con los proveedores
Crear buffers mínimos para garantizar operación sin interrupciones.	Coordinador de Abastecimiento / Supervisor de Corte	Reducción de acumulaciones.	Registro de buffers mínimos (stock) (ver anexo 007)

Rediseñar layout para organizar áreas de preparación, corte y transporte de material.	Coordinador de Abastecimiento / Supervisor de Corte	Disminución de desplazamientos innecesarios	Plano de Layout propuesto.
---	---	---	----------------------------

Etapa 3: VISIBILIZACIÓN Y GESTIÓN DE FLUJO (KANBAN)

ACCIÓN	RESPONSABLE	RESULTADO ESPERADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Implementar Tarjetas Kanban para cada requerimiento.	Jefe de Producción / Supervisor de Corte	Visibilidad y priorización de trabajo	Tarjetas Kanban propuesta para cada requerimiento.
Crear un Tablero Kanban físico ó digital para visibilidad en tiempo real.	Jefe de Producción / Supervisor de Corte	Visibilidad y priorización de trabajo	Tablero Kanban Físico/Digital
Establecer los límites máximos en cada área del proceso de corte	Jefe de Producción / Supervisor de Corte	Disminución de inventario en espera	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento máximo. • Capacidad requerida de inspección (CR). • Eficiencia. • Tiempo de ciclo.
Capacitar al personal para interpretar señales visuales.	Supervisor de Operaciones / Supervisor de Corte	Garantizar el cumplimiento de prioridades.	Registro de capacitación del personal.

Etapa 4: SEGUIMIENTO, INDICADORES DE DESEMPEÑO Y MEJORA CONTINUA

ACCIÓN	RESPONSABLE	RESULTADO ESPERADO	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Definir e implementar KPI's para evaluar flujo de corte.	Gerente Genera/ Jefe de producción.	Medición de Throughput, Inventario en Proceso y Eficiencia Operacional	Seguimiento de los KPIs en Excel, semaforización del estado de los KPIs

Realizar reuniones diarias para evaluar el flujo del proceso.	Gerente de Operaciones / Ingeniero de Producción	Identificación de errores para ajuste inmediato.	Minutas de reunión y actas de seguimiento.
---	--	--	--

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. El análisis de datos y la interacción directa con los operarios permitió identificar que los cuellos de botella en el proceso de corte están relacionados con la acumulación de material debido a falta de coordinación y comunicación entre las áreas de planificación, diseño, corte y producción, generando un flujo productivo basado en empuje y no en demanda.
2. La integración de las metodologías TOC, JIT y Kanban ofrece un modelo operativo sincronizado que optimiza el flujo de materiales, reduce retrasos y minimiza desperdicios, generando mayor eficiencia y reducción de costos en el proceso de corte.
3. La implementación de indicadores clave de desempeño, como el throughput, nivel de inventario y gastos operativos, permitirá monitorear eficazmente el desempeño del proceso y fomentar una cultura de mejora continua alineada con los objetivos estratégicos de CMA Ingeniería & Construcción.
4. Las estrategias propuestas, que incluyen reingeniería del layout, establecimiento de buffers mínimos, reuniones interfuncionales diarias y sistemas visuales Kanban, constituyen una ruta viable y escalable para mejorar la competitividad y sustentabilidad del proceso de corte y potencialmente de otras áreas productivas dentro de la organización.

En el proceso de identificar recursos críticos y cuellos de botella mediante el análisis de datos recolectados en el campo, se encontraron cuellos de botella en el proceso de corte. Estos problemas están principalmente relacionados con la falta de coordinación en

el suministro de materiales, tiempos muertos prolongados por escasez de insumos y acumulaciones entre áreas. Estos cuellos de botella son perjudiciales para la continuidad del flujo productivo, lo que resulta en reprocesos, pérdida de tiempo y retrasos en las entregas.

La combinación de metodologías como JIT, Kanban y la Teoría de Restricciones (TOC) permitirá crear un modelo operativo más sincronizado en el proceso de corte, estas herramientas se enfocan directamente con diagnosticar, intervenir y optimizar el proceso, gestionando la reducción de los cuellos de botella. Además, el rediseño de un layout más optimizado, establecer buffers mínimos y utilizar control visual mediante tarjetas Kanban, ayudará a nivelar el flujo de materiales y a reducir las interrupciones en el proceso.

Establecer indicadores como el Throughput, el nivel de inventario y los gastos operativos, todos alineados con los principios de la Teoría de las Restricciones (TOC), permitirá monitorear de manera efectiva el desempeño de la restricción principal del proceso, junto con las herramientas complementarias como registros operativos, observación directa y tableros de control visual, permitirá un seguimiento regular del proceso de corte. Estas acciones facilitarán la toma de decisiones basadas en datos reales y fomentarán una cultura de mejora continua dentro de la organización.

Si se toman decisiones que aumenten el throughput y reduzcan los gastos de operación, en la práctica esto no siempre ocurre. Basta con que una decisión genere una mejora en el ROI por encima del límite definido para que se considere efectiva y alineada con el objetivo principal de la organización, permitiendo avanzar hacia la meta financiera propuesta.

Con esta estrategia fundamentada en datos y respaldada por herramientas de análisis y seguimiento, CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. no solo logrará una operación de corte más organizada, sincronizada y eficiente, sino que también asegurará un crecimiento sostenible para satisfacer las demandas actuales y futuras del sector.

En cuanto a la viabilidad operativa de las propuestas y su potencial de escalabilidad, las estrategias diseñadas no solo son viables en el contexto operativo actual de CMA, sino que también tienen el potencial de ser escaladas a otras áreas del proceso productivo.

1. Identificación y Gestión de Cuellos de Botella Crucial para la Productividad:

El análisis realizado permitió identificar que la acumulación de material cortado y la falta de sincronización entre áreas son las principales restricciones que limitan la eficiencia del proceso de corte en CMA. La gestión adecuada de estas restricciones es fundamental para evitar paros, reprocesos y retrasos en entregas.

2. Metodologías TOC, JIT y Kanban Complementarias para la Mejora del Flujo:

La implementación integrada de metodologías probadas como la Teoría de las Restricciones, Justo a Tiempo y Kanban ofrece un marco robusto para optimizar el flujo de materiales, eliminando desperdicios, regulando la producción y mejorando la coordinación interdepartamental.

3. Importancia de Indicadores de Desempeño y Control Visual:

El establecimiento de KPIs claros como throughput, nivel de inventarios y gastos operativos, junto con tableros visuales Kanban, posibilita el seguimiento constante del proceso, facilitando la toma de decisiones basadas en datos, la detección temprana de desviaciones y la promoción de mejoras sostenibles.

4. Viabilidad y Potencial de Escalabilidad de la Propuesta:

Las estrategias diseñadas son no solo aplicables en el proceso de corte sino que tienen potencial para extenderse a otras áreas productivas de CMA, sentando las bases para una gestión operativa más eficiente, sincronizada y orientada al cliente en toda la empresa.

5. Enfoque Humano y Organizacional Clave para la Sostenibilidad:

La creación de espacios para la participación activa del personal, la formación continua y la formalización de comités operativos impulsa un cambio cultural necesario para consolidar la mejora continua y la adaptación a futuros retos tecnológicos y de mercado.

Recomendaciones

1. Adopción de un sistema de producción tipo flujo tirado (pull)

Para evitar la acumulación de material cortado y asegurar un flujo continuo en el proceso, se sugiere hacer la transición del modelo actual de empuje a uno basado en la demanda (pull). Este enfoque asegura que cada etapa del proceso solo pida el material que puede manejar según su capacidad operativa, lo que resulta en menos sobreproducción, tiempos de espera más cortos, mejor coordinación entre áreas y una mayor eficiencia en general.

2. Implementación de un sistema visual Kanban

Se propone implementar un tablero Kanban, ya sea físico o digital, que permita visualizar el progreso y estado de cada orden de producción. Este sistema, respaldado por tarjetas Kanban que contengan información clave (proyecto, tipo de material, fecha de entrega, estado del pedido, entre otros), facilitará la toma de decisiones, reducirá errores de programación y promoverá una mejor comunicación entre los equipos.

3. Rediseño del área de corte

Es crucial optimizar el diseño del área de corte, estableciendo flujos de trabajo más eficientes que minimicen desplazamientos innecesarios, eviten interferencias y mejoren las condiciones de seguridad. La implementación de diseños como el layout en U o células de trabajo puede contribuir significativamente a la fluidez del proceso, reduciendo accidentes, tiempos muertos y aumentando la productividad.

4. Creación de un comité operativo interfuncional

Se recomienda formar un comité operativo con representantes de planificación, diseño, corte y producción, que se reúna diariamente o semanalmente para alinear la programación con la capacidad real del sistema. Esta dinámica facilitará una toma de decisiones más ágil, reducirá la saturación de procesos y ayudará a cumplir efectivamente con los planes de producción.

5. Formalizar indicadores de desempeño.

Es fundamental adoptar indicadores como el Throughput, el nivel de inventario y el gasto operativo, que nos permitan monitorear la eficiencia del proceso. El control debe realizarse, como mínimo, de manera diaria o semanal y compartirse con los responsables de cada área. Esto tiene como objetivo fomentar la mejora continua, cultivar una cultura organizacional basada en datos, tomar decisiones oportunas y enfocarse en el rendimiento del sistema.

6. Establecer las herramientas de capacidades internas a través de formación continua.

Para asegurar que herramientas como JIT, Kanban y TOC sean efectivas, es esencial capacitar al personal en estas metodologías. Debemos explicar su lógica, beneficios y aplicación en CMA. Estas capacitaciones ayudan a reducir la resistencia al cambio y empoderan al personal en la mejora de procesos.

7. Crear buffers controlados en puntos críticos del proceso.

Es vital establecer buffers (stock) mínimos y máximos antes y después del área de corte, con medidas claras para su activación y desactivación. Esto permite manejar variaciones en la producción sin crear cuellos de botella y fortalece la continuidad operacional ante cambios en la orden de producción.

8. Incorporar tecnología.

Para optimizar el proceso de corte, se puede considerar la implementación de sistemas tecnológicos que permitan monitorear en tiempo real las órdenes de producción, el inventario y el estado de las máquinas. Integrar la información de la programación en los diferentes procesos operativos nos dará una mayor capacidad de respuesta, ayudará a prevenir fallos y optimizará los recursos.

Se plantean sugerencias para mejorar, modificar o innovar en cuanto a la problemática investigada. Los resultados esperados: conocimientos teóricos, experimentales, de aplicación o solución de problemas propuestos consistentes y coherentes con el problema, los objetivos y el marco de referencia construido. Estos resultados deben ser significativos para los conocimientos existentes o para la sociedad (empresa, organización, gremio, localidad, etc.) y deben abrir espacios para futuras investigaciones, proponer nuevos métodos, modelos, estrategias de acción, entre otros.

1. **Fortalecer la Comunicación Interdepartamental:**

Se recomienda establecer canales formales y regulares de comunicación entre planificación, diseño, corte, producción y logística para mejorar la coordinación y evitar el modelo de trabajo basado en empuje. Esto puede incluir reuniones diarias breves y uso de herramientas colaborativas digitales que permitan visibilidad en tiempo real del estado del proceso.

2. **Implementar Programas de Capacitación Continua:**

Capacitar constantemente al personal operativo y a supervisores en metodologías TOC, JIT y Kanban, así como en nuevas tecnologías aplicables al control de producción y flujo

de materiales. La formación también debe abordar la importancia del trabajo en equipo, la mejora continua y la identificación de desperdicios.

3. Adoptar Tecnología para Monitoreo en Tiempo Real:

Integrar sistemas digitales para el seguimiento del flujo de materiales y el estado de las máquinas CNC que permitan medir indicadores clave automáticamente y mejorar la toma de decisiones rápida. Esto puede incluir sensores, software MES (Manufacturing Execution System) y tableros digitales Kanban.

4. Optimizar el Layout y Espacios de Almacenamiento:

Rediseñar el área de corte para facilitar un flujo continuo de materiales, minimizar desplazamientos innecesarios y eliminar el almacenamiento en pasillos que interfiera con la operación y la seguridad. La implementación de un layout en forma de U o células de trabajo puede favorecer la sincronización del proceso.

5. Definir y Controlar Buffers Claros de Inventario:

Establecer niveles mínimos y máximos de inventario (buffers) para materias primas, producto en proceso y producto terminado antes y después del área de corte para evitar sobreacumulación y paros por falta de material. Además, implementar controles visuales para su activación y desactivación.

6. Crear un Comité de Mejora Continua Multidisciplinario:

Formar un comité con representantes de todas las áreas involucradas que se reúna periódicamente para evaluar el desempeño del proceso, analizar los KPIs, identificar desviaciones y proponer acciones correctivas o mejoras innovadoras, para asegurar la sostenibilidad del sistema.

Promover la Cultura Kaizen en la Planta:

Incentivar la participación activa del personal en la detección de problemas, propuesta de soluciones y seguimiento de resultados para fomentar una cultura organizacional basada en la mejora continua y el compromiso con la calidad y la eficiencia

Plan de Acción para la Mejora del Flujo de Materiales en el Proceso de Corte

Objetivo General

Proponer e implementar un plan que elimine cuellos de botella y optimice el flujo de materiales en el proceso de corte, asegurando un trabajo sincronizado, eficiente y medible para CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.

Etapa 1: Diagnóstico y Priorización

Acción 1.1: Mapear el flujo de materiales actual y analizar desperdicios (Mudas)

- **Responsable:** Ingeniero de Producción / Supervisor de Corte
- **Actividades:**
 - Realizar mapeo detallado del proceso de corte y flujo de materiales.
 - Identificar puntos críticos, acumulaciones y desperdicios usando herramientas Lean (Mudas, Ishikawa).
- **Resultados Esperados:** Flujograma actualizado con identificación de cuellos de botella y desperdicios.
- **Plazo:** 2 semanas.

Acción 1.2: Validar causa raíz y restricciones principales

- **Responsable:** Equipo de mejora con asesoría del gerente general
- **Actividades:**

- Aplicar técnica de los 5 Por Qué y diagrama en U para identificar causas raíz.
- Priorizar restricciones físicas y políticas.
- **Resultados Esperados:** Informe con restricciones y causas raíz claras.
- **Plazo:** 1 semana después de Acción 1.1.

Etapa 2: Mejora en Planificación y Abastecimiento (JIT)

Acción 2.1: Definir y formalizar criterios mínimos y máximos para entregas al área de corte

- **Responsable:** Coordinador de Abastecimiento / Supervisor de Corte
- **Actividades:**
 - Establecer límites mínimos/máximos para inventarios y buffers visibles.
 - Formalizar acuerdos con proveedores para entregas programadas y penalizaciones.
- **Resultados Esperados:** Documentos formales de control de inventario y compromiso con proveedores.
- **Plazo:** 3 semanas.

Acción 2.2: Rediseñar layout del área de corte para optimizar flujo

- **Responsable:** Coordinador Logístico / Ingeniero de Producción
- **Actividades:**

- Realizar plano actual y propuesto basado en principios de flujo continuo.
- Delimitar zonas de almacenamiento, tránsito y trabajo para evitar cuellos y riesgos.
- **Resultados Esperados:** Nuevo layout aprobado para implementación.
- **Plazo:** 4 semanas.

Etapa 3: Visibilidad y Gestión de Flujo (Kanban)

Acción 3.1: Implementar sistema Kanban con tarjetas visuales por requerimiento

- **Responsable:** Jefe de Producción / Supervisor de Corte
- **Actividades:**
 - Crear tarjetas Kanban con información clave de cada orden de corte.
 - Establecer límites WIP máximos para cada estación según capacidad.
- **Resultados Esperados:** Sistema Kanban en funcionamiento visible para todo el equipo.
- **Plazo:** 2 semanas.

Acción 3.2: Crear tablero Kanban (físico o digital) para seguimiento en tiempo real

- **Responsable:** Jefe de Producción / Supervisor TI
- **Actividades:**

- Diseñar y desplegar tablero visual con columnas de estado: pendiente, en proceso, completado.
- Capacitar al personal para interpretar y actualizar estados.
- **Resultados Esperados:** Tablero accesible con uso activo por el equipo.
- **Plazo:** 3 semanas.

Etapa 4: Seguimiento, Indicadores y Mejora Continua

Acción 4.1: Definir KPIs alineados con TOC (Throughput, Inventarios, Gastos Operativos)

- **Responsable:** Gerente General / Jefe de Producción
- **Actividades:**
 - Establecer metas y valores de referencia para cada KPI.
 - Crear formatos para el registro diario/semanal y análisis.
- **Resultados Esperados:** Sistema formal de medición y reporte de KPIs.
- **Plazo:** 2 semanas.

Acción 4.2: Realizar reuniones diarias breves para evaluar flujo y resolver desviaciones

- **Responsable:** Gerente de Operaciones / Ingeniero de Producción
- **Actividades:**

- Programar reunión diaria (10-20 minutos) con representantes de planificación, diseño, corte y producción.
- Analizar estado de flujo, resolver cuellos de botella y ajustar programación.
- **Resultados Esperados:** Mejor coordinación y respuesta rápida a problemas operativos.
- **Plazo:** Inicio inmediato y permanente.

Acción 4.3: Capacitación continua en TOC, JIT, Kanban y gestión visual

- **Responsable:** Recursos Humanos / Consultor externo
- **Actividades:**
 - Planificar e impartir sesiones periódicas de formación para todo el personal operativo y de supervisión.
 - Promover cultura Kaizen para fomentar participación y mejora continua.
- **Resultados Esperados:** Personal capacitado, comprometido y empoderado para la mejora continua.
- **Plazo:** Primer ciclo de capacitación en 6 semanas, luego continuo.

Cronograma General Resumido

Etapa	Acciones Principales	Duración Estimada	Inicio	Fin
Diagnóstico y Priorización	Mapear flujo, análisis Ishikawa y 5 Por Qué	3 semanas	Semana 1	Semana 3
Mejora Planificación y Layout	Definir buffers, acuerdos proveedores, rediseño layout	4 semanas	Semana 4	Semana 7
Implementación Kanban	Crear tarjetas y tablero Kanban	3 semanas	Semana 8	Semana 10
Seguimiento y Capacitación	Definir KPIs, reuniones diarias, formación	Permanente / 6 sem.	Semana 11	Continuo

Este plan es escalable y puede ajustarse en función de resultados y feedback del equipo. Su éxito dependerá del compromiso de todos los niveles organizacionales y un seguimiento riguroso de los indicadores definidos.

A continuación, presentamos un modelo de Tarjeta Kanban, Reporte de indicadores clave y formato de reuniones diarias, estos ejemplos apoyan la implementación y seguimiento del plan de mejora en el flujo de materiales en el proceso de corte en CMA Ingeniería & Construcción.

1. Formato de Tarjeta Kanban



2. Formato de Reporte de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Fecha	Throughput (TP)	Nivel de Inventario (Unidades)	Gastos Operativos (COP)	Estado Semáforo	Observaciones
24/08/2025	1500	120	1,200,000	Verde	Operación normal, sin desviaciones
25/08/2025	1400	130	1,250,000	Amarillo	Inventario sube, revisar buffers
26/08/2025	1300	150	1,300,000	Rojo	Riesgo de cuello de botella

3. Formato de Acta para Reuniones Diarias de Coordinación

Fecha	Participantes	Temas Tratados	Acuerdos y Compromisos	Responsable	Fecha de Cumplimiento
24/08/2025	Planificación, Producción, Corte	Revisión flujo de materiales, cuellos detectados	Ajustar programación para nivelar carga	Jefe de Producción	25/08/2025
25/08/2025	Planificación, Diseño, Logística	Definición de límites WIP y actualización Kanban	Implementar tarjetas Kanban físicas	Supervisor Corte	30/08/2025

Referencias

- Burrows, M. (2020). *Right to Left: The digital leader's guide to Lean and Agile*. New York: IT Revolution Press.
- CMA Ingeniería & Construcción S.A.S. (s. f.).
- Cohen, O. (2010). *Mejorar siempre: Una guía para gerenciar operaciones al estilo TOC*. Ediciones Piénsalo LTDA
- Corbett, T. (2005). La contabilidad del tróput: El sistema de contabilidad gerencial de TOC (A. Fernández Rivera, Trad.). Ediciones Piénsalo Ltda. (Obra original publicada en 1998).
- Corbett, T. (2005). *La contabilidad del tróput: El sistema de contabilidad gerencial de TOC* (A. Fernández Rivera, Trad.). Ediciones Piénsalo Ltda. (Obra original publicada en 1998).
- Ficha de definición de Reto CMA V 1.0 - Intercluster (2024). *Documento interno de diagnóstico y análisis operativo*. Bogotá: CMA Ingeniería & Construcción S.A.S.
- Goldratt, E. M. (2004). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* (3ª ed.). North River Press.
- Goldratt, E. M. (2004). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* (3ª ed.). North River Press.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (1990). *La Meta: Un proceso de mejora continua*. Editorial Díaz de Santos.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (1990). *La Meta: Un proceso de mejora continua*. Editorial Díaz de Santos.

Gupta, M., & Andersen, C. (2012). *Business Process Management: A South-African Perspective*. Juta and Company Ltd.

Hay, E. (1988). *Just in Time Manufacturing: Performance and Practice*. Industrial Press.

Hay, E. (1998). *The Just-in-Time Breakthrough: Implementing the New Manufacturing Basics*. Wiley.

Hay, E. (1998). *The Just-in-Time Breakthrough: Implementing the New Manufacturing Basics*. Wiley.

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). **Principios de administración de operaciones** (12ª ed.). Pearson Education.

InfoConstrucción. (2024, septiembre 6). Ventajas de las estructuras metálicas en la construcción moderna. InfoConstrucción.

InfoConstrucción. (2024, septiembre 6). Ventajas de las estructuras metálicas en la construcción moderna. InfoConstrucción.

<https://www.infoconstruccion.es/noticias/20240906/ventajas-estructuras-metalicas>

IPEA. (s.f.). **Just in Time: Objetivos y fundamentos**. Instituto de Planeación Estratégica para América Latina. Recuperado de <https://www.ipea.org>

Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Misión CMA. (s.f.). Recuperado de <https://www.cmaingenieria.com.co/mision>

Parmenter, D. (2010). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (2ª ed.). Wiley.

Parmenter, D. (2010). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs* (2ª ed.). Wiley.

Piénsalo Colombia Ltda. (s.f.). *Consultoría TOC: KPIs y throughput*. Recuperado de <https://www.piensalocolombia.com>

ProColombia. (2025, 7 de marzo). *El auge de la metalmecánica en Colombia: claves para la competitividad y el crecimiento*. Comunicaciones ProColombia.

Slack, N., Brandon-Jones, A., & Burgess, N. (2020). *Operations Management* (9ª ed.). Pearson.

Sociedad Colombiana de Arquitectos. (s.f.). *La importancia del acero en la infraestructura nacional*. Recuperado de <https://www.sociedadcolombianadearquitectos.org>

Turner, J. R. (2007). *Gower Handbook of Project Management* (4ª ed.). Gower Publishing.

Visión CMA. (s.f.). Recuperado de <https://www.cmaingenieria.com.co/vision>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (2ª ed.). Free Press. Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Operations Management for Competitive Advantage* (11ª ed.). McGraw-Hill/Irwin.

Anexo. 001

Encuesta

Señor(a), esta encuesta pretende recopilar información sobre la experiencia con el proceso de corte especialmente en la maquina CNC, la información será utilizada para identificar el manejo que le da a la máquina, posibles retrasos, cuellos de botella e identificar mejoras, oportunidades y optimización de la máquina; sus respuestas son confidenciales y muy valiosas para este estudio.

1. DATOS

1.1 Nombre del operador: _____

1.2 Años de experiencia en el área:

- Menos de 1 año.
- entre 1-3 años.
- entre 3-5 años.
- Más de 5 años.

2. CONOCIMIENTO Y COMPETENCIA TÉCNICA

2.1 ¿Cuál es su máximo nivel educativo que ha alcanzado?

- Primaria
- Secundaria
- Técnico
- Tecnólogo
- Profesional
- Especialización
- Maestría
- Doctorado

2.2 ¿Qué título profesional tiene?

2.3 ¿Posee certificaciones adicionales o cursos relacionados con CNC?

- Sí (Indique cuáles): _____
- No

2.4 ¿Tuvo capacitación formal para operar la máquina?

- Sí
- No
- Parcial

2.5 ¿Tiene la capacidad de identificar fallas técnicas en la máquina?

- Sí
- No
- A veces

2.6 ¿Le fue suministrado por parte de la empresa los manuales o guías de operación de la maquina?

- Sí

- No
- No estoy seguro

3. TIEMPO DEDICADO A LA MAQUINA

3.1 De las siguientes preguntas responda si se las realiza y cuánto tiempo aproximado invierte en realizarla (Marque las opciones que correspondan).

- Sí - No (Encendido de la máquina: _____ minutos)
- Sí - No (Calentamiento o Ajuste inicial: _____ minutos)
- Sí - No (Verificación de herramientas y materiales: _____ minutos)
- Sí - No (Programar la máquina, parámetros o planos: _____ minutos)
- Sí - No (Prueba de funcionamiento, simulación: _____ minutos)
- Sí - No (Ajustes finales antes de comenzar el corte: _____ minutos)
- Otros (Cual): (_____ : _____ minutos)

3.2 ¿Antes de iniciar a cortar, cuánto tiempo tarda en preparar la maquina?

- Menos de 15 minutos
- 15 - 30 minutos
- 31 - 60 minutos
- Más de 60 minutos

3.3 ¿Con su experiencia, qué factores contribuyen a los retrasos en el inicio de la máquina? (Marque los que correspondan)

- Falta de materiales
- Falta de herramientas
- Problemas técnicos en la máquina de corte
- Falta de personal capacitado para el manejo de la maquina
- El Tiempo de programación es excesivo.
- Otros (especifique): _____

3.4 ¿Con su experiencia, de qué depende el tiempo dedicado a la preparación de la maquina?

- Complejidad del material a cortar
- Disponibilidad de herramientas
- Demoras en la preparación del material a cortar
- Se Depende de otros procesos
- Otros: _____

3.5 Si la máquina se encuentra parada, ¿qué funciones realiza durante ese tiempo?

- Realiza inspección visual a la maquina
- Realizo mantenimiento básico a la máquina
- Ayudo en la preparación de material para corte
- Preparo y organizo el área de trabajo
- Reviso y registro datos de producción
- Otros: _____

4. SITUACIONES OPERATIVAS Y DE MANTENIMIENTO

4.1 ¿Con qué periodicidad experimenta problemas en la máquina de corte?

- Diariamente

- Semanalmente
- Mensualmente
- Raramente

4.2 ¿Cuál es el tipo de problema más frecuente?

- Mantenimiento no realizado a tiempo
- Fallos en el software de control CNC
- Problemas mecánicos de la máquina
- Errores humanos

4.3 ¿Cómo soluciona los problemas cuando ocurren?

- Notifico al área de mantenimiento prontamente ocurren
- Intento resolverlo por mi cuenta
- Lo reporto al final del turno

5. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

5.1 ¿ Ha identificado tiempos muertos significativos durante el proceso de corte?

(tiempos muertos: es cuando la máquina no este lista por razones distintas a pausas programadas o cambios de turno, ejemplo: Espera de Materiales, Fallas inesperadas en el Equipo, Capacitación o Reuniones Obligatorias, etc)

- Sí (
- No
- A veces

5.2 Si respondió "Sí" o "A veces", elija las razones más comunes de estos tiempos muertos:

- Espera de materiales o herramientas
- Fallas técnicas en la máquina
- Retrasos en la programación
- Ajustes del equipo
- Cambio o preparación de materiales no contemplados
- Cambio de proyecto inesperado
- Falta de coordinación con otras áreas (logística de materiales o mantenimiento)
- Otros (especifique): _____

5.3 ¿Qué tipo de labores generan más demoras en el proceso?

- Espera de materiales
- Reconfiguración de la máquina
- Cambios de turno
- Otros: _____

5.4 ¿Considera que la organización de las herramientas y materiales en su área de trabajo es eficiente?

(Eficiencia significa que las herramientas y materiales están disponibles de manera oportuna y cercana para realizar su tarea sin retrasos o esfuerzos innecesarios)

- Sí (Qué aspectos considera eficientes):

- No (Indique las principales dificultades que enfrenta):
- Herramientas mal organizadas o fuera de alcance

- () Falta de materiales en el momento necesario
- () Espacios insuficientes para almacenar herramientas
- () Demoras en el suministro desde otras áreas
- () Otros (especifique): _____

5.5 Podría mejorar:

- () Reorganización del espacio de trabajo
- () Establecer un inventario de herramientas y materiales
- () Señalización herramientas y materiales
- () Clasificación herramientas y materiales
- () Establecer un sistema "justo a tiempo" herramientas y materiales
- () Otros (especifique): _____

Entrevista Jefe de Proceso

Buenas tardes, Somos Orlando Pulido y Alejandra Cely, estudiantes de la maestría en Gerencia de Proyectos y actualmente estamos brindando una consultoría a la empresa CMA Ingeniería y Construcción, enfocada en el proceso de corte.

Queremos agradecerle por su tiempo y disposición para conversar con nosotros. Su experiencia y conocimientos sobre el proceso serán de gran valor para identificar oportunidades de mejora.

A continuación, le haremos algunas preguntas para comprender mejor cómo se realiza el proceso de corte, los desafíos que enfrentan y las posibles soluciones que podrían implementarse.

1. Nos podría describir el proceso de corte y como este se integra en del flujo de producción general de la empresa?

2. ¿Qué tipo de maquinaria se utiliza en el proceso de corte?

3. ¿Hay algún tipo de mantenimiento preventivo o correctivo que se realice periódicamente en las máquinas? ¿Con qué frecuencia?
4. ¿Cuáles son las principales dificultades o desafíos que enfrenta la empresa en el proceso de corte?
5. ¿Qué medidas se han implementado para reducir errores o problemas comunes en el proceso de corte?
6. ¿Cuál es el tiempo promedio que toma completar un proceso de corte? ¿Varía mucho dependiendo del material o del tipo de corte?
7. ¿Han implementado algún estudio de tiempos y movimientos para optimizar el proceso de corte? Si es así, ¿qué mejoras han observado?
8. ¿Existen cuellos de botella en el proceso que afecten los tiempos de producción? ¿Cómo los abordan?

Le agradecemos mucho por su tiempo y por compartir con nosotros sus conocimientos sobre el proceso de corte en CMA Ingeniería y Construcción. La información que nos ha proporcionado será muy valiosa para nuestra consultoría y para identificar áreas de mejora que puedan optimizar la operación.

Anexo. 002

Registro Fotográfico

