

Informe Final Pasantía: Reducción de discrepancias en el Proceso de exportación de componentes 'CORE' en la Distribuidora Cummins Chile

Nombre: Vicente Terrazas Mujica

Carrera: Ingeniería Civil Industrial

Empresa: Distribuidora Cummins Chile

Fecha entrega: martes 5 de diciembre de 2023

Resumen ejecutivo

La pasantía pasantía fue realizada en la Distribuidora Cummins Chile, empresa líder en la industria de motores diésel y tecnologías asociadas, estuvo enfocada en un proyecto crítico dentro del departamento de operaciones, específicamente en el área de exportaciones. El objetivo fue abordar un problema significativo en el proceso de exportación de componentes CORE. Estos componentes, a diferencia de los productos RECON (reconstruidos), son partes usadas que se envían a EE. UU. para su remanufactura. La empresa enfrenta un desafío considerable debido a la alta tasa de discrepancias (5.9%) y un 'lead time' prolongado de dos meses desde Chile hasta EE. UU., lo que dificulta la gestión eficiente y la resolución de discrepancias en tiempo real.

El proyecto tiene como objetivo reducir la tasa de rechazo y discrepancia al 3.5% en cinco meses. Para lograr esto, estudié distintas alternativas de solución pasando por la metodología Six Sigma, utilizando su herramienta DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar), la automatización del proceso de empaque y envío utilizando tecnología de RFID y por último, la implementación de un sistema de revisión en dos etapas. Del estudio realizado de las tres alternativas, la solución fue escogida mediante una matriz de elección, resultando seleccionada la solución integral mediante la metodología Six Sigma. Esta metodología se enfocó en la estandarización de los procesos, la capacitación del personal y el establecimiento de un sistema de seguimiento y control más robusto y eficiente. Estos cambios no solo buscaron reducir la tasa de discrepancia, sino también mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad de la empresa.

Los resultados del proyecto fueron notables. Se logró una reducción significativa en la tasa de discrepancia y se mejoró la eficiencia operativa del proceso de exportación de componentes CORE en su totalidad.

Este proyecto no solo optimizó un proceso clave en la Distribuidora Cummins Chile, sino que también subrayó la importancia de una gestión eficiente del 'lead time' en la cadena de suministro. El proyecto demostró cómo una planificación y ejecución cuidadosas pueden llevar a mejoras significativas en la eficiencia operativa y la rentabilidad, alineándose con las metas estratégicas de la empresa y reafirmando su compromiso con la innovación y la mejora continua. Este resumen ejecutivo refleja la complejidad y el valor agregado de mi proyecto a la organización, destacando su impacto significativo en la mejora de procesos empresariales clave.

Abstract

I completed my internship at Distribuidora Cummins Chile, a leading company in the diesel engine and associated technologies industry, focusing on a critical project within the operations department, specifically in the exports area. The aim was to address a significant issue in the CORE component export process. These components, unlike the RECON (reconstructed) products, are used parts sent to the U.S. for remanufacturing. The company faces a considerable challenge due to a high discrepancy rate (5.9%) and an extended 'lead time' of two months from Chile to the U.S., hindering efficient management and real-time discrepancy resolution.

The project's goal was to reduce the rejection and discrepancy rate to 3.5% in five months. To achieve this, I studied various solution alternatives, including the Six Sigma methodology using its DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) tool, the automation of the packing and shipping process using RFID technology, and the implementation of a two-stage review system. From the study of these three alternatives, the solution was chosen using a selection matrix, resulting in the comprehensive solution through Six Sigma methodology. This approach focused on process standardization, staff training, and establishing a more robust and efficient tracking and control system. These changes sought not only to reduce the discrepancy rate but also to improve the company's operational efficiency and profitability.

The project results were notable. We achieved a significant reduction in the discrepancy rate and improved operational efficiency of the CORE components export process in its entirety.

This project not only optimized a key process at Distribuidora Cummins Chile but also underscored the importance of efficient 'lead time' management in the supply chain. The project demonstrated how careful planning and execution could lead to significant improvements in operational efficiency and profitability, aligning with the company's strategic goals and reaffirming its commitment to innovation and continuous improvement. This executive summary reflects the complexity and added value of my project to the organization, highlighting its significant impact on improving key business processes.

Índice

Introducción	5
OBJETIVOS	7
Estado del Arte	8
Gestión de la remanufacturación de componentes usados y desgastados de sus equipos en Caterpillar Inc:	8
Transformar la gestión de vehículos al final de su vida útil y sus componentes en Renault's Re-Factory:	9
Recuperación y reciclaje de componentes electrónicos en Dell Technologies:	9
Literatura e investigaciones	10
Soluciones	11
Propuesta de solución 1: Solución integral mediante la implementación de la Metodología Six Sigma y su herramienta DMAIC	11
Propuesta de solución 2: Automatización del Proceso de Empaque y Envío Utilizando Tecnología RFID	11
Propuesta de solución 3: Implementación de sistema de revisión y verificación en dos etapas	12
Matriz de elección	12
Solución escogida	13
Matriz de riesgos y sus mitigaciones	13
Evaluación Económica	14
Metodologías	15
Medidas de desempeño	16
Desarrollo del proyecto basado en la metodología DMAIC.	16
Fase 1: Definir	16
Fase 2: Medir	19
Fase 3: Analizar	20
Fase 4: Mejorar	22
Fase 5: Controlar	25
Resultados cualitativos y cuantitativos	26
Conclusiones y discusiones	28
Anexos	29

Introducción

El Holding Komatsu Cummins es una operación conjunta en Chile de Komatsu Ltd. (Japón) y Cummins Inc. (USA). Ambas compañías, referentes a nivel global, ofrecen desde hace más de cien años soluciones integrales para potenciar la productividad de las empresas más importantes del país en el sector minero, industrial, transporte marítimo y terrestre, generación de energía y servicios. Es así como el Holding Komatsu Cummins es hoy una empresa integrada por más de 8.000 personas distribuidas a lo largo del país.

Yo realicé mi pasantía en la distribuidora Cummins Chile S.A., la cual es la distribuidora oficial de motores diésel Cummins en Chile y entregan soluciones a todas las necesidades de los mercados en los que están presentes: Repuestos, grupos generadores, filtros, componentes varios, arriendo de equipos, soporte y servicios en sucursales y faenas y contratos MARC (maintenance and repair contract). Específicamente, trabajé en el área de operaciones, la cual abarca responsabilidades tales como la planificación de inventario aftermarket, la gestión logística, el control de sobre stock y de inventario bloqueado, la exportación de inventario y CORES a fábrica, y la planificación de la demanda para los master rebuild center (MRC) y faenas.

El proyecto tratado en el siguiente informe está vinculado a la exportación de componentes CORE a fábrica. En este modelo, los componentes CORE son aquellos que han llegado al final de su vida útil y se envían de vuelta a la fábrica para su refabricación, formando la base de los componentes RECON. Estos componentes son versiones reacondicionadas de los CORE, ofreciendo alternativas de calidad y más económicas que los componentes nuevos. Este ciclo se sustenta en un sistema de adquisición donde cada compra de un componente RECON crea un cupo para el retorno de un componente CORE, asegurando así una gestión eficiente y sostenible de los recursos. La compra de componentes nuevos, que no participan en este ciclo, conduce eventualmente a su desecho al final de su vida útil.

Una característica notable en el proceso de exportación de componentes CORE es el lead time de tránsito, que abarca aproximadamente dos meses desde que el cargamento sale del puerto de San Antonio en Chile hasta su recepción y revisión por la fábrica en EE. UU. Este período extenso implica que, cuando se recibe el reporte de fábrica correspondiente al mes X, en realidad, se ve el reflejo de las operaciones y envíos realizados en el mes X-2. Esta dinámica temporal es crucial para entender y analizar la eficacia de las operaciones de exportación.

Este proceso de exportación implica un valor anual de 4.2 millones de dólares, lo que representa el 1.2% de la facturación anual total de la empresa, que asciende a 350 millones de dólares aproximadamente. Aunque este porcentaje pueda parecer relativamente pequeño, es importante considerar que la exportación de 10.000 componentes anuales aproximadamente es una operación significativa tanto en términos logísticos como de gestión de inventario.

La elección de este proyecto surgió tras la identificación de una brecha significativa en este proceso, caracterizada por una tasa de discrepancia y rechazos entre lo que se envía desde Cummins Chile y lo que reconoce la fábrica en EE. UU., lo que finalmente resulta en pérdidas económicas y operativas de consideración. El propósito y contexto del proyecto es abordar y solucionar este problema que afecta directamente la rentabilidad de la empresa.

Históricamente, los datos y tendencias muestran un patrón preocupante. Al analizar los registros de exportación en lo que va del año (ene23-jul23), se identificó una tasa promedio de discrepancia y rechazo del 5.9%, lo cual representó pérdidas de USD140.994 para la empresa.

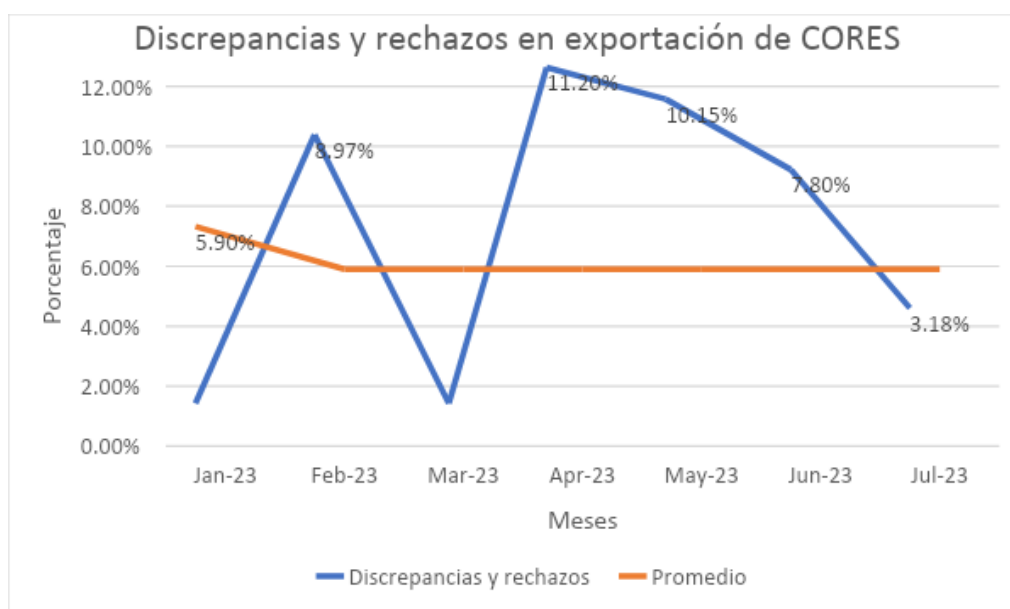


Gráfico 1

Este problema se evidencia claramente en el *gráfico 1*, que refleja la magnitud y la frecuencia de las discrepancias y rechazos. Del gráfico, se puede observar una gran desviación respecto del promedio, lo que indica una clara falta de estabilidad y estandarización en este proceso.

Este conjunto de desafíos resalta la necesidad de una solución integral que aborde todos los aspectos del proceso de envío de componentes CORE. Es evidente que la mejora de este proceso no sólo beneficiará a Cummins Chile en términos de reducción de costos y eficiencia operativa, sino que también tendrá un impacto positivo en la relación con la fábrica en EE.UU. y, en última instancia, en la satisfacción del cliente. El proyecto, por lo tanto, se enfocará en desarrollar e implementar una solución que pueda abordar de manera efectiva estas áreas críticas.

La justificación para emprender este proyecto se basa en la premisa de que mejorar el proceso de exportación de componentes CORE no sólo es vital para la operación eficiente y rentable de Cummins Chile, sino que también es un paso crucial hacia la mejora continua y la excelencia en la gestión de la cadena de suministro. Este enfoque en la eficiencia y la sostenibilidad se alinea con los valores centrales de Cummins Inc. y refleja un compromiso con la innovación y la mejora continua.

OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es reducir la tasa de discrepancia y rechazo en los envíos de componentes CORE del 5.9% al 3.5% en un periodo de 5 meses. Este objetivo se alinea con las metas estratégicas de Cummins Chile de mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad, al tiempo que se mantienen altos estándares de calidad y se minimiza el impacto ambiental a través de una gestión de recursos más eficiente.

Los objetivos específicos del proyecto son componentes críticos que, en su conjunto, facilitan la consecución del objetivo general. Uno de estos objetivos es identificar las causas principales de rechazo y discrepancia en los envíos, lo que implica realizar un análisis exhaustivo de los datos históricos de envíos y evaluar los procesos actuales para detectar fallos y áreas de mejora. Además, se busca estandarizar el protocolo de revisión pre-envío, desarrollando y documentando procedimientos estándar para la revisión de los componentes CORE antes de su envío y asegurando su aplicación sistemática en todas las operaciones.

Otro aspecto crucial es la capacitación del personal en los nuevos procedimientos y mejores prácticas. Esto incluye diseñar y ejecutar un programa de formación que capacite al personal para implementar eficazmente los nuevos protocolos. Paralelamente, se establece el objetivo de implementar un sistema de seguimiento y control robusto para el proceso de envío, introduciendo herramientas para monitorear los envíos de manera continua y estableciendo indicadores de desempeño clave para evaluar la efectividad del proceso mejorado.

Finalmente, el proyecto persigue realizar revisiones periódicas para evaluar y mejorar continuamente el proceso de envío, abordando cualquier área de mejora adicional que se identifique y fomentando una cultura de mejora continua en la logística y el manejo de componentes.

Estado del Arte

Gestión de la remanufacturación de componentes usados y desgastados de sus equipos en Caterpillar Inc:

Caterpillar Inc., reconocido líder en el sector de maquinaria pesada y competencia directa del Holding Komatsu Cummins, se enfrentaba a un considerable desafío de ingeniería y logística: la eficiente gestión de la remanufacturación de componentes usados y desgastados de sus equipos. Este desafío no era trivial, ya que involucraba una diversidad de piezas con variados ciclos de vida y requisitos específicos de reacondicionamiento, desde complejos motores hasta componentes más pequeños. La complejidad se intensificaba al considerar la logística necesaria para recolectar estos componentes de diferentes partes del mundo, evaluar su condición de manera precisa y luego procesarlos eficientemente para su reutilización o reciclaje.

Para abordar este desafío, Caterpillar aplicó un enfoque ingenieril integral, centrado en tres pilares fundamentales: la estandarización de procesos, la mejora en la logística y la inversión en tecnología avanzada. Desde una perspectiva de ingeniería de procesos, Caterpillar implementó procedimientos estandarizados para la evaluación y remanufacturación de componentes, lo que no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también redujo significativamente la variabilidad en los resultados, asegurando una calidad constante y fiable.

En cuanto a tecnología, la compañía invirtió en sistemas avanzados para optimizar tanto la evaluación como el procesamiento de los componentes. Esto incluyó la implementación de tecnologías de automatización y sistemas de gestión de datos que permitieron un análisis más detallado y preciso de cada componente, facilitando decisiones informadas sobre su reacondicionamiento o reciclaje.

Finalmente, en el ámbito logístico, Caterpillar perfeccionó su cadena de suministro global, estableciendo un sistema más eficiente para la recolección y distribución de componentes a nivel mundial. Este enfoque permitió no solo un manejo más eficaz de los recursos, sino también una

reducción en los tiempos de procesamiento y entrega, elementos cruciales para mantener la competitividad en el mercado.¹

Transformar la gestión de vehículos al final de su vida útil y sus componentes en Renault's Re-Factory:

Renault, al enfrentar el desafío de revolucionar el manejo de vehículos al final de su vida útil y sus componentes, implementó la Re-Factory con un enfoque ingenieril para transformar radicalmente sus procesos de remanufacturación y reciclaje. Este proyecto no solo abordaba la eficiencia operativa sino también la sostenibilidad ambiental, retos significativos en la ingeniería moderna.

El principal problema residía en establecer un proceso eficiente y sostenible para desmontar vehículos, clasificar los componentes y remanufacturarlos para su reutilización o reciclaje. Renault necesitaba reducir el desperdicio y mejorar la recuperación de materiales, manteniendo al mismo tiempo los estándares de calidad y seguridad.

La solución de Renault, la Re-Factory, se convirtió en la primera planta de remanufacturación dedicada a la economía circular en Europa. La centralización del proceso fue un movimiento estratégico, estableciendo una instalación dedicada que permite una gestión más eficiente de los vehículos y componentes al final de su vida útil. Esta centralización facilitó la optimización de procesos y la implementación de controles de calidad más rigurosos.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, Renault adoptó prácticas sostenibles en todo el proceso, desde el desmontaje hasta el reciclaje. Esto implicó no solo el manejo responsable de los materiales, sino también la minimización del impacto ambiental a través de la reducción de emisiones y el uso eficiente de los recursos.

Además, la innovación y la colaboración jugaron un papel crucial en la Re-Factory. Renault promovió la innovación al colaborar con otras empresas y startups, buscando constantemente desarrollar nuevas tecnologías y métodos en la remanufacturación y reciclaje. Esta colaboración intersectorial

¹ Tandfonline Article: Desconocido. (2018). "Improving the efficiency of remanufacture through enhanced pre-processing inspection – a comprehensive study of over 2000 engines at Caterpillar remanufacturing, U.K." Journal of Manufacturing Technology Management.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2018.1471750?scroll=top&needAccess=true>

permitió a Renault integrar soluciones de vanguardia y mejorar continuamente sus procesos, reflejando un enfoque de ingeniería progresivo y adaptativo.²

Recuperación y reciclaje de componentes electrónicos en Dell Technologies:

En Dell Technologies, la gestión integral del ciclo de vida de sus productos electrónicos representó un complejo desafío, enfocado en la recuperación y reciclaje de componentes electrónicos. Este desafío englobaba no solo aspectos logísticos significativos, como la recolección eficiente de equipos electrónicos usados, sino también desafíos técnicos, que requerían una meticulosa clasificación y extracción segura de materiales tanto valiosos como potencialmente peligrosos. La empresa se comprometió a realizar estas tareas dentro de un marco que garantizara la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica.

Para superar estos desafíos, Dell implementó un programa robusto de recuperación y reciclaje. Este programa no solo se basaba en el uso de tecnologías avanzadas, sino que también involucraba alianzas estratégicas con proveedores y recicladores. Estas alianzas eran esenciales para mejorar la eficiencia en el proceso de recolección y reciclaje y para ampliar el alcance de los programas de Dell. La solución de Dell también incluía programas específicos orientados tanto a consumidores individuales como a empresas, para la recolección de sus equipos electrónicos usados. La aplicación de tecnología avanzada en la clasificación y el procesamiento de los materiales recuperados aseguraba no solo la eficiencia, sino también la seguridad y la fiabilidad del proceso de reciclaje. Este enfoque multifacético de Dell hacia la gestión del ciclo de vida de sus productos electrónicos reflejaba un enfoque ingenieril integrado y sistemático, adaptándose a los desafíos modernos del reciclaje electrónico y la sostenibilidad ambiental. Al combinar innovación tecnológica con colaboraciones estratégicas, Dell logró no solo abordar los aspectos prácticos del reciclaje, sino también hacer una contribución significativa a las prácticas de sostenibilidad en la industria electrónica.³

² Ellen MacArthur Foundation: Ellen MacArthur Foundation. (2021). Groupe Renault. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/groupe-renault>

³Dell Blog: Dell (2019). Dell recovered 2 billion pounds of used electronics. <https://www.dell.com/en-us/blog/dell-recovered-2-billion-pounds-used-electronics/>

Literatura e investigaciones

La literatura académica actual aborda profundamente la eficiencia en la remanufacturación y logística, destacando la remanufacturación como un componente esencial de la economía circular y la sostenibilidad. Los estudios identifican desafíos como la variabilidad en la calidad de los componentes usados y la necesidad de procesos eficientes de clasificación y reparación. Adicionalmente, se subraya la importancia de metodologías como Lean y Six Sigma en la mejora de estos procesos, enfocándose en la reducción de errores, la mejora de la calidad y la disminución de los tiempos de entrega. Por otro lado, la relevancia de la tecnología avanzada y la automatización en la remanufacturación es destacada, incluyendo el uso de sistemas automatizados, tecnologías de seguimiento y software de gestión avanzada, lo cual facilita una mayor eficiencia y precisión en los procesos de remanufacturación.⁴

Soluciones

Propuesta de solución 1: Solución integral mediante la implementación de la Metodología Six Sigma y su herramienta DMAIC

En el contexto del proyecto actual, se estudió una solución integral para enfrentar el desafío de las discrepancias y rechazos en el proceso de exportación de componentes, aplicando la metodología Six Sigma y su herramienta DMAIC. Esta estrategia está diseñada para abordar de manera exhaustiva y desde múltiples perspectivas, las debilidades del proceso de exportación, con el objetivo de mejorar el proceso en su totalidad. La metodología DMAIC estructura el proyecto en cinco fases esenciales: Inicialmente, en la fase de 'Definición', se identificó la oportunidad de mejora, delineando claramente el proyecto, el plan de acción y el mapeo del proceso actual. Posteriormente, la etapa de 'Medición', se enfocó en comprender el estado actual del proceso, mediante reuniones con las partes interesadas para recoger sus observaciones, quejas e ideas. Seguidamente, en la fase de 'Análisis', se evaluó en profundidad el proceso y, basándose en los datos recabados en la fase anterior, se identificaron las variables clave (X's) que requieren ajustes. Durante la etapa de 'Mejora', se implementaron las modificaciones óptimas necesarias en estas variables identificadas y se verificaron los resultados obtenidos. Finalmente, en la fase de 'Control', se estableció un plan

⁴ ScienceDirect Article: Desconocido. (2018). Remanufacturing challenges and possible lean improvements.

Journal of Cleaner Production.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617326744#:~:text=Many%20researchers%20agree%20that%20remanufacturing,challenges%20outside%20the%20companies%27%20borders>

robusto para el monitoreo y control continuo del proceso, con el fin de prevenir futuras recurrencias del problema.

Propuesta de solución 2: Automatización del Proceso de Empaque y Envío Utilizando Tecnología RFID

En el marco de este proyecto, se estudió la automatización del proceso de empaque y envío a través de la integración de la tecnología RFID (radio-frequency identification). Esta iniciativa buscó mejorar la trazabilidad y precisión durante el proceso de empaque y envío, una necesidad crítica identificada en el análisis previo de nuestras operaciones. Desde un punto de vista ingenieril, esta solución fue prometedora en términos de optimización de la gestión de inventarios y en la reducción de errores humanos. Este plan permite a la empresa adoptar progresivamente la tecnología RFID, evaluando su efectividad y eficiencia en cada fase, para garantizar una transición exitosa hacia un sistema más eficiente y confiable de empaque y envío.

Propuesta de solución 3: Implementación de sistema de revisión y verificación en dos etapas

Para resolver eficazmente el problema de discrepancias y rechazos en el proceso de exportación de componentes CORE, se estudió la implementación de un sistema de revisión y verificación en dos etapas, combinado con una comunicación mejorada con la fábrica en EE. UU.

La primera etapa debe enfocarse en una revisión detallada y una clasificación de los componentes en el punto de origen. Esto implica la creación de un equipo especializado que se encargue exclusivamente de inspeccionar y clasificar cada componente CORE según su estado y elegibilidad para la exportación. Cada componente debe pasar por un proceso de verificación riguroso, donde se documentarán sus características y condiciones específicas.

La segunda etapa debe consistir en la implementación de un sistema de comunicación efectiva y en tiempo real con la fábrica en EE. UU. Antes de la exportación, se debe compartir un informe detallado de los componentes que se van a enviar, incluyendo su estado, clasificación y fotografías o vídeos cuando sea necesario. Esto permitirá a la fábrica revisar y confirmar la recepción de la información antes del envío, minimizando así las posibilidades de discrepancias a su llegada.

Matriz de elección

Se realizó una evaluación de las soluciones propuestas mediante una matriz de selección, se puede ver el detalle de la matriz en Anexo 1.

Criterios / Soluciones	Solución 1: Solución Integral con Six Sigma DMAIC	Solución 2: Automatización con Tecnología RFID	Solución 3: Sistema de Revisión y Verificación en Dos Etapas
Efectividad de la solución	8	5	7
Costo implementación (invertido)	7	4	5
Facilidad de integración	7	4	5
Sostenibilidad a largo plazo	8	6	7
Mejora en eficiencia operativa	8	7	7
Viabilidad de Implementación en 5 Meses	6	2	4
	44	28	35

Tabla 1

Solución escogida

Los puntajes asignados en la matriz reflejan una evaluación cuidadosa de cada solución frente a criterios clave. La solución con mayor puntaje, la **solución integral mediante la implementación de la metodología Six sigma y su herramienta DMAIC** es la seleccionada, esta recibe puntajes altos en efectividad, sostenibilidad y mejora operativa, debido a su enfoque integral y su adaptabilidad a diversos problemas y contextos. Sin embargo, su viabilidad en un plazo de 5 meses recibe una puntuación más baja, considerando la complejidad de implementar un cambio sistémico. Además, la metodología Six Sigma, respaldada por estudios de caso y literatura académica, ofrece un marco estructurado para abordar y resolver problemas complejos en la cadena de suministro, alineándose con las necesidades y objetivos de Cummins Chile.

La Solución 2, que implica la automatización con tecnología RFID, tiene puntuaciones más bajas en costos de implementación y viabilidad a corto plazo, dada la inversión significativa requerida y los desafíos de implementar la tecnología en gran escala. No obstante, su efectividad en la reducción de discrepancias y mejora operativa es reconocida con puntajes moderados.

Por último, la Solución 3, centrada en la revisión y verificación en dos etapas, obtiene la puntuación más alta en la reducción de discrepancias debido a su enfoque específico en la identificación y corrección de errores. Aunque la implementación es más viable que la de la tecnología RFID en un

plazo de 5 meses, enfrenta desafíos debido a la intensidad de mano de obra necesaria para revisar una gran cantidad de componentes, lo que se refleja en una puntuación moderada en costos de implementación y facilidad de integración.

Matriz de riesgos y sus mitigaciones

La matriz de riesgos identifica la probabilidad y el impacto de los riesgos en el proyecto. El detalle se encuentra en el anexo 2.

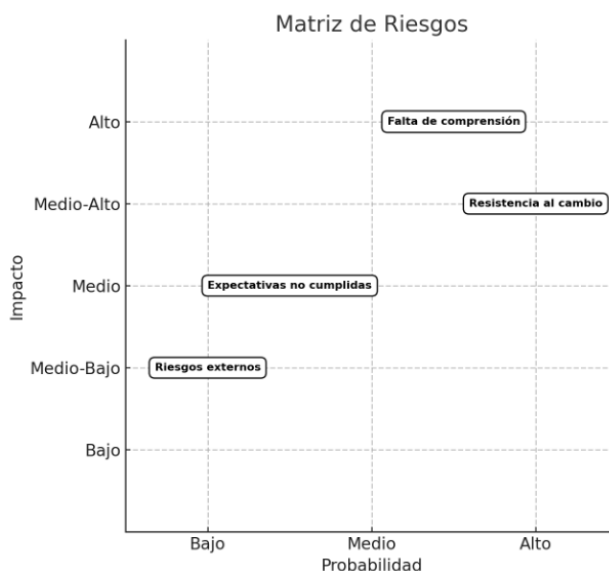


Gráfico 2

Evaluación Económica

El detalle de la evaluación económica del proyecto, reflejada en la tabla 2 se puede ver en el anexo 3.

Ítems / Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
(+) Ingresos					
Ingresos por venta exportación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5.049.156	\$ 7.128.220
Total Ingresos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5.049.156	\$ 7.128.220
(-) Egresos					
Inversión inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo consultoría six sigma	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo realización auditoría	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Capacitación del personal	\$ -	\$ -	\$ 1.650.000	\$ -	\$ -
Sueldo líquido practicante	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 300.000
Total Egresos	\$ 300.000	\$ 300.000	\$ 1.950.000	\$ 300.000	\$ 300.000
Flujo de caja neto	\$ -300.000	\$ -600.000	\$ -2.550.000	\$ 2.199.156	\$ 9.027.375

Tasa de descuento	10%
VAN	\$4.422.895
TIR	70%

Tabla 2

Metodologías

La metodología seleccionada para optimizar la gestión y exportación de componentes reacondicionados se basa en la herramienta DMAIC de Six Sigma, desplegada en cinco fases estructuradas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

En la fase de Definir, se identificará claramente el problema, el alcance del proyecto y los requisitos necesarios, estableciendo objetivos cuantificables y desarrollando un plan detallado con una carta Gantt para visualizar la cronología y secuencia de actividades.

Durante la fase de Medir, se llevará a cabo un levantamiento de los procesos actuales para establecer una línea base de rendimiento, identificando las causas y etapas críticas de fallas en el envío de componentes. También se realizará un proceso KJ, este método, creado por Jiro Kawakita, es una técnica de organización de datos que facilita la clasificación de ideas complejas. Involucra la obtención de información, la agrupación por similitudes, el etiquetado por temas y la síntesis para identificar tendencias y establecer estrategias de acción.

En la fase de Analizar, se utilizarán los datos recopilados para comprender el rendimiento actual y formular hipótesis sobre las causas raíz de las variaciones y defectos, analizando los procesos para identificar las etapas problemáticas y aislar las variables críticas que impactan la calidad y eficiencia, mediante un mapa de red de influencia. En este mapa se unirán, por medio de flechas, los diferentes puntos levantados en el proceso KJ para así obtener las variables a trabajar en la siguiente fase.

La fase de Mejorar se centrará en desarrollar y probar soluciones basadas en el análisis previo, estandarizando las mejores prácticas y ajustando los procesos para alcanzar los objetivos de rendimiento definidos. Se trabajará cada variable X, identificadas en la fase anterior, por separado.

Finalmente, en la fase de Controlar, se realizará un monitoreo continuo a los KPI's, se establecerán auditorías regulares y mecanismos de alerta, y se formulará un plan de respuesta a incidentes, asegurando así la sostenibilidad y eficacia a largo plazo de las mejoras implementadas.

Medidas de desempeño

Es importante destacar que las medidas de desempeño son calculadas a partir del Excel enviado por la gente de fábrica una vez que estos reciben los componentes CORE en EE.UU. Este Excel trae los datos de la cantidad de componentes exportados (ellos lo envían como "Expected Qty"), la cantidad componentes aceptados y la cantidad rechazada (todo esto por número de parte).

- **Porcentaje de discrepancia (%D):**

$$\%D = 100\% - (\%CR + \%CA)$$

Donde:

- Porcentaje de componentes rechazados (%CR):

$$\%CR = \frac{\sum \text{ComponentesRechazados}}{m} \times 100$$

- Porcentaje de componentes aceptados (%CA):

$$\%CA = \frac{\sum \text{ComponentesAceptados}}{m} \times 100$$

- m es el número total de componentes exportados en ese mes.

Desarrollo del proyecto basado en la metodología DMAIC.

Fase 1: Definir

En la primera fase del DMAIC, la fase de Definir, el enfoque fue establecer una base sólida y clara para el proyecto de optimización del proceso de exportación de componentes "CORE" en Cummins Chile. Esta fase fue crucial para asegurar que todas las actividades subsiguientes estuvieran alineadas con los objetivos estratégicos y respondieran eficazmente al problema identificado. A continuación, está el detalle de las acciones clave realizadas:

- **Identificación del Problema:**

La primera tarea fue identificar y definir claramente el problema existente. Mediante la recopilación y análisis de datos operacionales, entrevistas con el personal y revisión de informes históricos, se pudo determinar que el principal desafío era la ineficiencia en el proceso de exportación de componentes "CORE" a fábrica, lo que resultaba en tasas considerables del 5.9% entre rechazo y discrepancias en los envíos en el último año, lo que representó pérdidas económicas de USD140.994 para la empresa.

- **Definición de Componentes CORE y RECON:**

Para comprender la naturaleza del problema y el alcance del proyecto fue esencial entender bien la definición de lo que constituyen los componentes "CORE" y "RECON".

- **Componentes CORE:** En Cummins, un componente se clasifica como "CORE" cuando ha alcanzado el final de su vida útil y está listo para ser enviado de vuelta a la fábrica para su reacondicionamiento. Los componentes CORE son esenciales para el modelo de negocio circular de Cummins, ya que proporcionan la materia / el cuerpo principal de los componentes RECON. Son recuperados de los motores en reparación que necesitan un cambio de componentes tanto por mantenimiento como por OH (overhaul) y son la pieza fundamental en el proceso de refabricación. Lo que se observa en la *imagen 1*, son componentes CORE, específicamente turbos, dentro del cajón en el cual son enviados a fábrica.



Imagen 1

- **Componentes RECON:** Estos son componentes reacondicionados que han pasado por un proceso de refabricación en la fábrica de Cummins en EE. UU. Los componentes RECON son vendidos como alternativas de calidad y más económicas a los componentes nuevos. Al adquirir un componente RECON, se genera un "cupó" para el mismo componente que, una vez que haya terminado su vida útil, será devuelto a fábrica como un componente CORE.
- **Ciclo Circular de Reacondicionamiento:** En Cummins, se practica un modelo de negocio circular para los componentes, donde la compra de un componente RECON genera un cupo para el retorno del mismo tipo de componente como CORE. Este modelo asegura la sostenibilidad y eficiencia en el uso de los componentes, y es un elemento clave en la estrategia de la compañía para promover prácticas de negocio sostenibles.

- **Adquisición de Componentes y Cupos:** Existen dos formas de adquirir componentes en Cummins: comprar un componente nuevo o comprar un componente reacondicionado (RECON). Cada compra de un componente RECON genera un cupo para el retorno de un componente CORE. En contraste, la compra de un componente nuevo no genera dicho cupo y el componente será eventualmente desechado al final de su vida útil.
- **Identificación y Documentación de Procedimientos de Componentes CORE:**

Se realizó un análisis detallado de los procedimientos actuales relacionados con los componentes "CORE". Esto incluyó la identificación de los diferentes tipos de componentes, sus especificaciones, y los flujos de trabajo asociados a su manejo y exportación. Dependiendo del modelo del motor (QSK60 o QSK78), se utilizan entre 41 y 45 componentes RECON. Estos incluyen, 16 y 18 culatas y 16 y 18 inyectores en los motores QSK60 y QSK78 respectivamente. También incluyen 4 turbos de baja y alta, y un filtro eliminador por motor. La vida útil aproximada de estos componentes es de 18,000 horas.

- **Levantamiento de Procesos:**

Con el fin de entender a fondo el proceso de estos componentes, se llevó a cabo un levantamiento de procesos exhaustivo, como se puede ver en la *imagen 2*. Se utilizaron técnicas de mapeo de procesos y observación directa para documentar cada etapa del proceso de exportación de componentes "CORE". Este levantamiento me permitió visualizar el flujo completo del proceso, desde la recepción del componente en el MRC hasta su exportación, identificando así las áreas críticas que requerían atención.

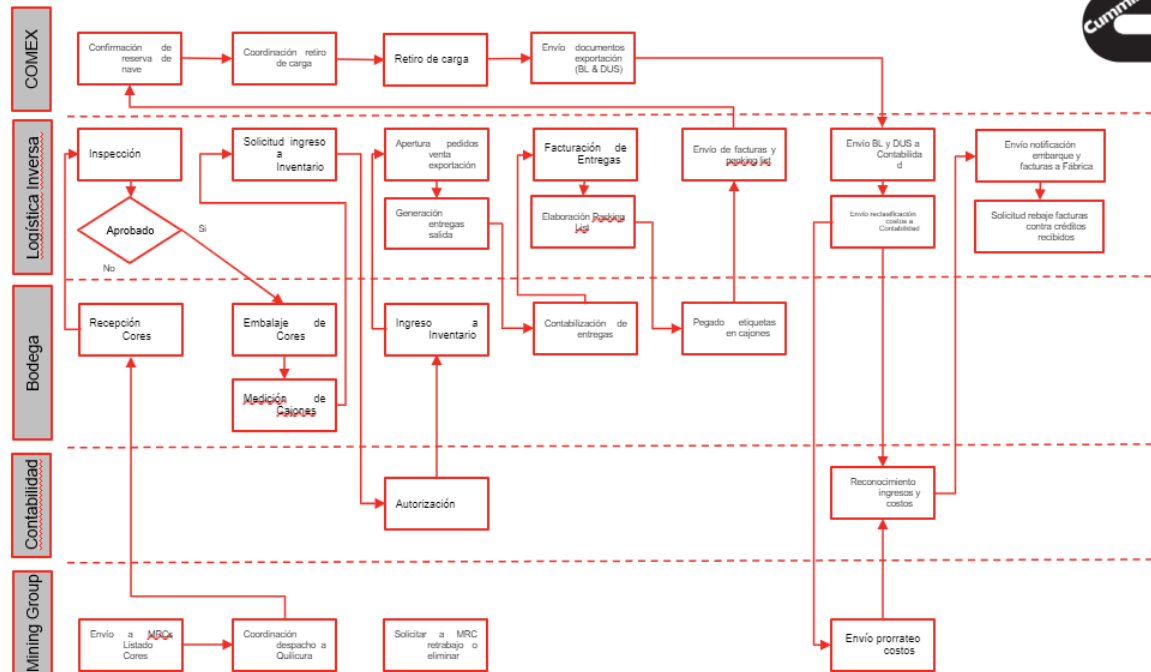


Imagen 2

- Establecimiento del Objetivo General SMART y Objetivos Específicos:

Con base en el entendimiento adquirido sobre el problema y el proceso, se formuló un objetivo general claro y medible, siguiendo los criterios SMART (Específico, Medible, Alcanzable, Relevante, Temporalmente definido). El objetivo general fue reducir la tasa de rechazo y discrepancia del 5.9% que existía en ese momento a un 3.5% en un período de cinco meses. Además, se establecieron objetivos específicos que incluyeron la estandarización de procedimientos, la mejora en la precisión del empaquetado y etiquetado, y la implementación de medidas de control de calidad más rigurosas.

Fase 2: Medir

En la fase de Medir, se cuantificó y comprendió el alcance del problema en el proceso de exportación de componentes "CORE". Esta etapa fue fundamental para establecer una línea base del rendimiento actual y para identificar específicamente dónde y cómo se podían realizar mejoras. A continuación, se describen detalladamente las actividades que se realizaron:

- Evaluación del Alcance y Magnitud del Problema:

Se inició esta fase con una evaluación profunda del alcance y la magnitud del problema. Esto implicó analizar las áreas del proceso de exportación que estaban siendo afectadas y el impacto económico

asociado con las ineficiencias identificadas. Se utilizaron herramientas analíticas como el análisis de frecuencia y de variabilidad y se identificaron brechas en los datos para desglosar los costos asociados con rechazos y discrepancias, lo que permitió comprender el impacto financiero directo del problema.

- **Recopilación de Datos de Discrepancia y Rechazo:**

Se recopilaron datos detallados sobre la tasa de discrepancia y rechazo actual en el proceso de exportación. Esto incluyó la revisión de registros históricos, informes de calidad y datos de envíos anteriores desglosando el porcentaje total de rechazos y discrepancias, que era del 5.9%. De este total, el 25.67% correspondía a componentes rechazados, mientras que el 74.33% restante se atribuía a discrepancias en los componentes.

En términos económicos, los rechazos representaban una pérdida de USD 36.193, y las discrepancias resultaron en una pérdida significativamente mayor de USD 104.801. Este análisis proporcionó una clara visión del impacto financiero de los problemas en el proceso de exportación y fue fundamental para establecer prioridades en las fases subsiguientes del proyecto.

- **Evaluación del Enfoque de Solución:**

Una decisión crítica en esta etapa fue determinar si el problema debía abordarse por componente específico o si debía enfocarse en el proceso de exportación en su conjunto. Después de analizar los datos recopilados, se concluyó que la mejor estrategia era abordar el proceso de exportación como un todo, ya que esto permitiría una solución más integral y efectiva, impactando de manera positiva en todos los componentes.

- **Implementación del Método KJ y Recolección de Datos:**

Para finalizar esta fase de medición, se reunió con representantes de diversas áreas clave, como comercial, MRC, minería y faena, para discutir y comprender a fondo los desafíos en el proceso de exportación de CORES. Utilicé el Método KJ, para organizar y luego analizar la gran cantidad de datos, opiniones y preocupaciones expresadas por cada área. Este enfoque permitió recopilar un amplio espectro de perspectivas y transformarlas en información accionable.

Fase 3: Analizar

- **Identificación de Temas Clave:**

Las ideas y puntos recopilados en el método KJ se anotaron en notas adhesivas y luego se clasificaron en grupos basados en temas comunes. Este ejercicio condujo a la identificación de ocho temas centrales: Reportabilidad, Definición del Proceso, Etapas de Control, Capacitaciones, Cupos, KPIs, Incremento Comercial y Reducción de Discrepancias. Cada tema representaba un aspecto crítico del proceso de exportación de CORES que requería atención.

- **Creación del Mapa de Red de Influencia:**

Para comprender cómo estos temas interactúan e influyen en el proceso global, se desarrolló un Mapa de Red de Influencia, tal como se ve en la imagen 3. Este mapa visualizó las relaciones causales entre las diferentes variables, mostrando cómo las acciones o cambios en una variable pueden afectar a otras.

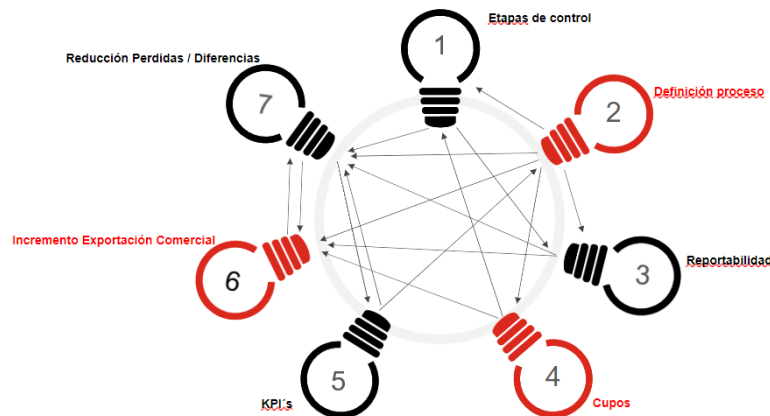


imagen 3

- **Racionalización de Variables de Salida (Y's) y Entrada (X's):**

El detalle de la racionalización de la imagen 4 se puede ver en el anexo 4.



Imagen 4

Fase 4: Mejorar

En esta fase, el foco fue implementar soluciones específicas dirigidas a las variables de entrada (X's) identificadas en la fase de análisis. Esta fase fue crucial para traducir los análisis y hallazgos en acciones concretas que mejoraran el proceso de exportación de componentes CORE. A continuación, está el detalle de cómo se abordó cada variable X:

- Etapas de Control (X1): Auditoría del MRC y nuevo etiquetado

Se realizó una auditoría exhaustiva en el MRC de Santiago para evaluar la calidad y precisión en el proceso de embalaje y etiquetado. Esta auditoría (ver *Tabla 3* adjunta) se centró en varios aspectos clave, tales como la verificación de procedimientos, la precisión en etiquetado y documentación, la revisión de controles de calidad y la gestión de discrepancias y rechazos.

Auditoría	Evaluación	Comentarios	Acciones	Responsables
¿Cómo se determina qué cores deben ser incluidos en un cajón específico?	En normativa indicada por fábrica nos indican que por tipo de material deben ir separados por cajones o pallets	No se está haciendo uso de la normativa indicada por fábrica.	Se tradujo al español la normativa de fábrica y se entregó para que sepan como incluir los cores	Alejandro Vega
¿Cómo se gestiona y verifica el etiquetado de cada cajón?	Se pinta el cajón con un spray con el bulto correspondiente	Forma de identificación de bulto ineficiente, generando confusión y errores al momento de verificar la carga en fábrica.	Fábrica envía papeleta de etiquetado por tipo de cajón, además se empezará a generar RID único por MRC (stgo-ant)	Abel Piña
¿Cómo se garantiza que la documentación corresponde exactamente a los contenidos de cada cajón?	El encargado del encajonamiento de los componentes realiza un proceso ordenado y controlado para que las cantidades indicadas en el packing list sean las mismas que van dentro del cajón	Los componentes core son almacenados en los pallets comunes, esto genera confusiones, cambios de materiales, en otras palabras, una pérdida en la trazabilidad de estos componentes.	Nuevo proceso, al momento de desarmar el motor, componentes recon serán llevados inmediatamente al cajón correspondiente para envío fábrica	Alejandro Vega
¿Con qué frecuencia se revisan estos controles de calidad y quién es responsable de ellos?	Estos controles no son revisados	Esto fue una de las iniciativas del proyecto 6S	De manera trimestral comenzarán a regir nuevos controles de calidad, indicados el procesamiento de fábrica	Sebastián Bernaldo
¿Ha habido alguna incidencia relacionada con problemas de calidad en los cajones de cores?	Se han rechazado componentes core la mayoría de los meses del último año	Este rechazo genera pérdidas económicas considerables a la empresa	Se está abarcando en el proyecto 6S	Vicente Terrazas
¿Existen métricas para medir la eficiencia del proceso de exportación?	Actualmente no existen métricas de rendimiento del proceso	Se necesita crear métricas para tomar medidas basadas en datos	Creación de KPI's mensuales con la tasa de aceptación, rechazo y discrepancia	Sebastián Bernaldo
¿Cómo se manejan las discrepancias o errores en el proceso, y qué medidas correctivas se han implementado anteriormente?	No se tomaban medidas ya que no teníamos comprobación de rechazos/discrepancias con fábrica, por lo que se asumía que todo lo exportado llegaba bien	Si los responsables del embalaje no saben que hay discrepancias o rechazos de componentes, no tienen como saber que están fallando por lo tanto no tienen como mejorar.	Se hará saber a los responsables el embalaje de cajones de exportación de las discrepancias y rechazos existentes, para que se asegure de poner los componentes correspondientes en cada cajón, asegurando también las normas de calidad de estos.	Sebastián Bernaldo

Tabla 3

Anteriormente el contenido de los cajones era marcado directamente sobre la madera por el personal de turno, tal como se muestra en la *imagen 5*, una práctica que carecía de estandarización y comprometía la trazabilidad de los envíos.

Para abordar este problema, se introdujo un sistema de etiquetado estandarizado, reflejado en la *imagen 6*, donde cada cajón de "CORE" ahora lleva una etiqueta clara y profesional con un RID number. Este cambio ha sido fundamental para mejorar la trazabilidad y asignar responsabilidades de manera más efectiva. Con el RID number, cada cajón puede ser rastreado, y cualquier problema de envío o discrepancia puede ser rápidamente identificado y resuelto, atribuyendo responsabilidad al MRC correspondiente.



Imagen 5



Imagen 6

- Definición del Proceso (X2): Mejora y Documentación

Se perfeccionó el levantamiento de procesos para la exportación de componentes CORE, creando una representación visual detallada que articula cada fase del proceso. Este avance se logró colaborando estrechamente con los equipos de MRC, minería, operaciones y faena, asegurando una comprensión y ejecución uniformes de los procedimientos. Las reuniones con los responsables de cada área fueron cruciales para definir roles claros y producir flujos de procesos bien definidos.

- Reportabilidad (X3): Establecimiento de un Sistema de reportes

La información de los componentes aceptados y rechazados la envía fábrica apenas reciben y revisan los cajones con los componentes CORE. Como se puede ver en *Tabla 3*, esto viene por número de parte, con el número de factura correspondiente.

Customer N°	Ship To	RID No	D Part No	Expected Qty	Accepted Qty	Reject Qty	FACTURA No	Referencia	Contenedor	Motivo de Rechazo
55800	55800	609043-900	364049200 D	7	6	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	364051800 D	41	7	33	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	Excessive Rust
55800	55800	609043-900	364941700 D	10	5	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	364946700 D	7	6	1	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	Missing Parts
55800	55800	609043-900	365057800 D	6	6	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	365061200 D	127	114	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	380028600 D	42	41	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	380099300 D	4	11	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	380333900 D	24	21	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	380473000 D	66	61	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	401728900 D	130	126	203	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	Missing Parts
55800	55800	609043-900	408842600 D	256	205	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	410092600 D	7	7	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	438530800 D	1	0	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	492810200 D	2	1	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	540609600 D	0	73	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	363195800 D	0	1	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	367523300 D	0	1	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	408997200 D	0	9	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	283720100 D	0	1	1	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	Cracked / Broken
55800	55800	609043-900	400207000 D	0	5	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	
55800	55800	609043-900	362328900 D	0	2	0	FACTURA NO 3177;3178; R.U.T.: 96.843.140-4		TCNU6098585	

Tabla 4

Antes, la información sobre discrepancias y rechazos en los envíos solo la manejaban el ingeniero de calidad y el área de finanzas. Ahora se implementó un sistema de reportes más detallado: se revisan las facturas para identificar y clasificar cada componente por tipo y número de parte. Se

crean dos tablas dinámicas: una para rechazos, mostrando la cantidad y el costo asociado, y otra para discrepancias, con datos similares. Estos reportes, detallados en las *Tablas 5 y 6*, se envían mensualmente a los MRC responsables. Gracias al nuevo sistema de etiquetado implementado en la X1, se asigna un MRC responsable en la última columna de cada tabla, lo que permite a los jefes de taller tomar acciones basadas en datos específicos. Esta práctica mejora la reportabilidad y mantiene una presión constructiva hacia la mejora continua de las métricas de rendimiento.

D Part No	Description	Cantidad facturada	Cantidad aceptada	Discrepancia	\$ Discrepancia en USD	MRC RESPONSABLE
364049200 D	PUMP, WATER HHP KIT	7	6	-1	\$750	MRC SANTIAGO
364051800 D	ROD, CONN QSK45/60	41	7	-1	\$160	MRC SANTIAGO
365061200 D	ROD, ENGINE CONNECTING	128	115	-13	\$3.900	MRC ANTOFAGASTA
380028600 D	TURBO, HX60	42	41	-1	\$300	MRC ANTOFAGASTA
380333900 D	TURBO,HX80	24	21	-3	\$900	MRC SANTIAGO
380473000 D	TURBO,HX82	66	61	-5	\$1.500	MRC SANTIAGO
408842600 D	INJ, ICI QV	256	205	-51	\$21.675	Ambos MRCS
438530800 D	PUMP,FUEL INJECTION QSK95	1	0	-1	\$10.000	MRC SANTIAGO
492810200 D	FUEL PUMP HHP QSK50 / QSK60	2	1	-1	\$7.000	MRC SANTIAGO
					\$46.185	

Tabla 5

D Part No	Description	Cantidad rechazada	\$ Rechazado	MRC RESPONSABLE
364051800 D	ROD, CONN QSK45/60	33	\$5.280	MRC SANTIAGO
364946700 D	HEAD, LUB OIL FILTER	1	\$4.000	MRC ANTOFAGASTA
401728900 D	FOLL, CAM QSK45/60	203	\$2.458	MRC ANTOFAGASTA
			\$11.738	

Tabla 6

- Cantidad de Cupos (X4): Información de Disponibilidad

Se notificará a los departamentos de minería, MRC y comercial sobre los cupos "CORE" mensuales para la exportación, mejorando la planificación de recursos. Se realizan reuniones mensuales con la fábrica para actualizar sobre la evolución de los cupos.

- **KPIs (X5): Desarrollo e Implementación de Indicadores**

Se implementaron KPIs mensuales que cuantifican el porcentaje de cores rechazados, aceptados y las discrepancias en los envíos. A través de un sistema de seguimiento, se puede recopilar y analizar los datos mensualmente, permitiendo identificar tendencias y áreas clave para la mejora continua del proceso de exportación.

Fase 5: Controlar

En la última fase del DMAIC, se estableció una tabla de control robusta para asegurar la mejora continua en el proceso de exportación de componentes CORE. Esta tabla abarca auditorías trimestrales de las etapas de control del embalaje, la estandarización anual del proceso de exportación, y reportabilidad mensual para monitorear la efectividad del proceso. Además, se incluye un seguimiento mensual de los cupos disponibles y la efectividad del proceso mediante KPIs específicos. Cada variable tiene un plan de reacción detallado para abordar proactivamente cualquier desviación, garantizando así la alineación con los estándares de calidad y eficiencia establecidos.

Part / process number	Variable	Proceso	Métodos			Reaction plan
			Evaluación	Muestra	Método de control	
Reducir las discrepancias y rechazos en el proceso de exportación de cores	X1: Etapas de control	Auditoría para evaluar proceso del packing list	Actualización de etapas de control	Trimestral	Proceso controlado por logística	Controlar realización trimestral de auditorías y correcto etiquetado de bultos de exportación
Reducir las discrepancias y rechazos en el proceso de exportación de cores	X2: Definición del proceso	Estandarización de proceso de exportación de componentes	Definición de responsabilidades y roles de las respectivas áreas	Anual	Proceso controlado por logística	Controlar que el proceso se realice de manera correcta
Reducir las discrepancias y rechazos en	X3: Reportabilidad	Establecimiento de sistema de reportabilidad	Fijar y definir a quien se le	Mensual	Proceso controlado	Controlar que se envíe la reportabilidad

el proceso de exportación de cores			enviará la reportabilidad		por logística	
Reducir las discrepancias y rechazos en el proceso de exportación de cores	X4: Cupos	Visibilidad y control de cupos de core mensuales que tiene la compañía	Fijar y definir a quien se le enviará la reportabilidad	Mensual	Proceso controlado por logística y fábrica	Controlar comportamiento de cupos y vencimientos con fábrica
Reducir las discrepancias y rechazos en el proceso de exportación de cores	X5: KPI's	Definir KPI's para medir efectividad del proceso	Medición mensual de KPI's	Mensual	KPI's mensuales	Evaluar alertas de ineficiencias en el proceso mediante KPI's

Tabla 7

Resultados cualitativos y cuantitativos

Los resultados cualitativos del proyecto reflejan mejoras sustanciales en la gestión del proceso de exportación de componentes 'CORE' en Cummins Chile. La adopción de un sistema de etiquetado estandarizado y un esquema de reportabilidad ampliado condujo a una operación más transparente y rastreable. Las capacitaciones y el rediseño de procedimientos fortalecieron el conocimiento y las competencias del personal, incrementando la conciencia sobre la importancia de la calidad y la precisión en el proceso de exportación. Estas mejoras se tradujeron en una comunicación interna más efectiva y en la adopción de una cultura de mejora continua, que son fundamentales para el éxito a largo plazo de la empresa.

Por otro lado, los resultados cuantitativos del proyecto comenzaron a ser medibles recién a partir del mes de octubre, debido al lead time de exportación, el cual, como se mencionó en la introducción de este informe, es de dos meses. Sin embargo, en el primer mes dentro de la empresa estuve introduciéndome en ésta y entendiendo el problema, por lo que en agosto no fue implementado nada, ósea que el porcentaje del mes de octubre (que refleja lo exportado en agosto) no sirve como medición para resultados. En el mes de septiembre fueron aplicados los cambios en el proceso de exportación, como por ejemplo el nuevo etiquetado de cajones. Los resultados expuestos en el *gráfico 3* demuestran una mejora significativa en la eficiencia del proceso de exportación de componentes 'CORE' con un porcentaje de discrepancia y rechazo de solo el 2%, lo cual es notablemente inferior al objetivo inicial de 3,5%. Este logro cumple con el objetivo

propuesto, representando USD 6.828 dólares de ganancia, los cuales son pagados por la fábrica. Por lo que se puede afirmar que en el primer mes de medición se ha cumplido con el objetivo del proyecto.

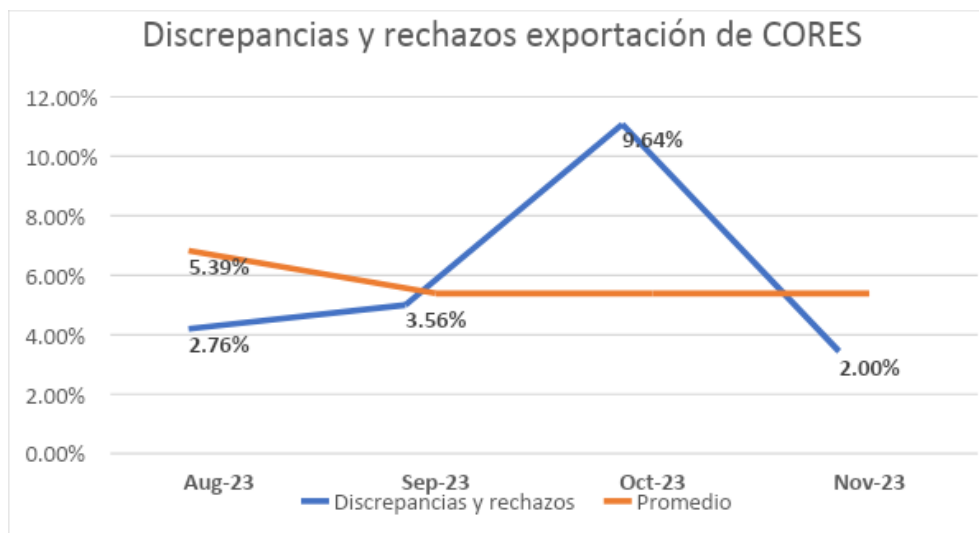


Gráfico 3

Conclusiones y discusiones

En el transcurso de mi pasantía en Cummins Chile, me enfoqué en un proyecto crítico para optimizar el proceso de exportación de componentes 'CORE'. Aunque logré una reducción significativa en la tasa de discrepancia en noviembre, reflejando los cambios implementados en septiembre, no puedo asegurar que el objetivo de reducir la tasa al 3.5% se cumplió en su totalidad, ya que solo se evaluó un mes con las medidas implementadas y debido a la alta desviación histórica de los porcentajes, 4,2% en el presente año, este 2% de discrepancia en septiembre (que se ve reflejado en noviembre) podría no reflejar la situación a largo plazo. Por lo que es necesario esperar hasta el mes de febrero para poder tener una medición más confiable.

Mi contribución en la empresa fue fundamental, aplicando habilidades analíticas y de gestión de proyectos para abordar y resolver un problema complejo mediante la metodología SixSigma. A través de la implementación de un sistema de etiquetado estandarizado y mejoras en la reportabilidad, impulsé un cambio positivo en la cultura organizacional y laboral, aumentando la responsabilidad y la precisión entre los empleados. Aunque no se alcanzó la meta propuesta inicialmente, las lecciones aprendidas han sido invaluable, resaltando la importancia de establecer objetivos realistas, considerar los tiempos de ejecución en la planificación y la necesidad de evaluaciones constantes.

Los próximos pasos incluyen mantener las mejoras implementadas, realizar auditorías regulares y enfocarse en la capacitación continua del personal. Esto asegurará que tanto los empleados nuevos como los experimentados estén alineados con los estándares de calidad y eficiencia, fortaleciendo el compromiso de la empresa con la mejora continua y la sostenibilidad operativa.

Esta experiencia en Cummins ha sido crucial para mi desarrollo como estudiante de Ingeniería Civil Industrial. Trabajar en una empresa líder de la industria me permitió aplicar conocimientos teóricos en un entorno real, enfrentando desafíos críticos para la rentabilidad del negocio. Comparando mis habilidades con colegas experimentados, he ganado perspectiva sobre mi preparación para el mundo laboral y aprendí valiosas lecciones de sus experiencias. Puse a prueba conocimientos de formulación y evaluación de proyectos, contabilidad, finanzas, estadística y gestión de operaciones, lo que me proporcionó una comprensión profunda de los procesos empresariales. Este proyecto reforzó la importancia de adaptabilidad, seguimiento y una planificación realista, enseñándome que la mejora continua es un pilar clave en cualquier entorno empresarial. Estas lecciones serán fundamentales en mi carrera futura, permitiéndome abordar desafíos complejos con una perspectiva equilibrada y basada en evidencias.

Anexos

Anexo 1:

Realicé una evaluación de las soluciones propuestas mediante una matriz de selección, se puede ver en la tabla 1, en la cual asigné puntajes de acuerdo con los siguientes criterios:

a) Efectividad en Reducción de Discrepancias y Rechazos: Este criterio evalúa qué tan bien cada solución disminuye los errores y discrepancias en el proceso de exportación de componentes.

b) Costo de Implementación (Invertido): Se refiere al gasto económico necesario para poner en marcha cada solución. Una puntuación más alta indica un costo más bajo, lo que es preferible.

c) Facilidad de Integración: Evalúa cuán fácilmente cada solución puede ser integrada en los procesos y sistemas existentes de la empresa.

d) Sostenibilidad a Largo Plazo: Considera la capacidad de cada solución para mantenerse eficaz y relevante a lo largo del tiempo, sin requerir cambios o actualizaciones constantes.

e) Mejora en Eficiencia Operativa: Mide el impacto de cada solución en la mejora general de la eficiencia del proceso de exportación, incluyendo la velocidad y precisión del proceso.

f) Viabilidad de Implementación en 5 Meses: Evalúa si es factible implementar completamente cada solución dentro del plazo de 5 meses establecido para el proyecto.

Anexo 2:

Para la falta de comprensión o entrenamiento, se propone un programa de capacitación exhaustivo. Ante la resistencia al cambio, se recomienda la comunicación abierta y la participación temprana de los empleados. En caso de expectativas no cumplidas, se sugiere establecer y comunicar expectativas realistas, con revisiones regulares del progreso. Finalmente, para riesgos externos como variaciones económicas o políticas, es crucial mantenerse al día y elaborar planes de contingencia adecuados.

Anexo 3:

La evaluación económica del proyecto, reflejada en la tabla 2, anticipa una mejora significativa en el proceso de exportación de componentes 'CORE' debido a una reducción en la tasa de discrepancia, pasando de un 5.9% inicial a un 4.2% en el 4to mes, y finalmente a un objetivo de 3.5%. Esta mejora se espera que genere aumentos de ingresos de \$5.049.156 en el cuarto mes y

\$7.128.220 en el quinto mes. Los costos asociados con la capacitación del personal y el sueldo del practicante son los principales egresos considerados. Con estos factores, se proyecta un Valor Actual Neto (VAN) de \$4.422.895, y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 70%, indicando un rendimiento económico muy favorable y superando significativamente la tasa de descuento del 10%. Estas cifras demuestran que el proyecto no solo es financieramente viable, sino que también se espera que contribuya de manera importante a la rentabilidad de la empresa.

Anexo 4:

En el mapa, identifiqué las variables con mayor cantidad de inputs o conexiones entrantes como variables de salida (Y's). Estas variables, que incluían la 'Reducción de Pérdidas/Diferencias' y el 'Incremento de Exportación Comercial', representaban los objetivos finales y los resultados deseados del proceso. La razón de clasificarlas como Y's es que son influenciadas por múltiples factores y reflejan el desempeño y la eficacia del proceso en su conjunto.

Las variables con más conexiones salientes, y las de igual cantidad de salidas y entradas, se clasificaron como variables de entrada (X's), tales como 'Cupos', 'KPI's', 'Reportabilidad', 'Definición del proceso' y 'Etapas de Control'. Estas X's representaban los factores que podíamos ajustar o influir para mejorar las Y's (mayores conexiones entrantes). Su identificación fue crucial porque proporcionaban puntos de intervención claros para mejorar los resultados finales del proceso.