

ESTUDIO DE CASO ACERCA DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE
REPARACIÓN DE SISTEMAS DE INYECCIÓN DIÉSEL ELECTRÓNICOS EN UN
LABORATORIO DIÉSEL, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING
Y LEAN SIX SIGMA.



JAIDER ADAMED HERRERA CARVAJAL
VALERIA JARAMILLO GARZON



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO

2025

ESTUDIO DE CASO ACERCA DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE
REPARACIÓN DE SISTEMAS DE INYECCIÓN DIÉSEL ELECTRÓNICOS EN UN
LABORATORIO DIÉSEL, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING
Y LEAN SIX SIGMA.

JAIDER ADAMED HERRERA CARVAJAL
VALERIA JARAMILLO GARZON

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

Orden: Profesional

Modalidad: Curso o seminario de profundización

Asesor

Mg. DIANA PAOLA GUTIERREZ ROMERO

Dirección y Administración de Empresas

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL
VILLAVICENCIO

2025

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O. P.

Rector General

P. Fray Mauricio Antonio CORTES GALLEGO, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O. P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Adrián Mauricio GARCIA PEÑARANDA, O. P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaria General Seccional Villavicencio

Mg. Víctor Andrés RINCON GONZALEZ

Decano de Facultad de Ingeniería Industrial

Agradecimientos

El presente estudio de caso acerca de la estandarización de los procesos de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos en un laboratorio diésel, utilizando la metodología Lean Manufacturing y Lean Six Sigma lo queremos agradecer a nuestras familias, cuyo respaldo incondicional y confianza fueron fundamentales para culminar con éxito nuestra formación profesional. También nos gustaría extender especial reconocimiento al Laboratorio Diesel Solution, a su representante legal Daniel Felipe Herrera Carvajal y a su equipo de trabajo, por la disposición, el compromiso y la colaboración brindada durante el desarrollo de este proyecto académico.

De igual manera, expresamos nuestra gratitud a la asesora Diana Paola Gutiérrez Romero, por su orientación, acompañamiento y aporte significativo en la consolidación de este trabajo de grado.

Contenido

Resumen	11
Abstract.....	12
Glosario.....	13
Introducción.....	15
Título del proyecto.....	16
Planteamiento del caso	17
Marco de referencia	22
Preguntas de reflexión	29
Justificación	30
Objetivo General.....	31
Objetivos específicos.....	31
Marco Metodológico	32
Tipo de Estudio	32
Diseño Metodológico	32
Población.....	33
Muestra.....	33
Técnicas de Instrumentos de Recolección de Información.....	33
Narración del caso	34
1.1. Definir	34
1.2. Medir:.....	43
1.3. Analizar:.....	47
1.4. Implementar	52
1.5. Controlar.....	65
Lecciones y recomendaciones	73
Bibliografía.....	74
Anexos	77

Lista de Tablas

Tabla 1. Datos generales del proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos de la empresa Diésel Solutions.	44
Tabla 2. Gráfico de Pareto (Datos)	50
Tabla 3. Estudio de Tiempos y movimientos.....	53

Lista de Figuras

Figura 1. Análisis DOFA.....	35
Figura 2. Diagrama Swimlane	36
Figura 3. Matriz ILUO.....	38
Figura 4. Zona de Laboratorio ANTES	39
Figura 5. Mesa de trabajo al salir ANTES.....	40
Figura 6. Mesa de trabajo durante el proceso de reparación ANTES.....	41
Figura 7. Banco de pruebas después de usar ANTES.....	41
Figura 8. Carro de herramientas después de usar ANTES	42
Figura 9. Zona de lavado ANTES	42
Figura 10. Calculadora del nivel Sigma.....	43
Figura 11. Código Qr de la encuesta de satisfacción.....	46
Figura 12. Diagrama de Ishikawa.....	48
Figura 13. Diagrama de Pareto	51
Figura 14. Metodología 5S Área Banco de pruebas	55
Figura 15. Metodología 5S Área Banco de Trabajo	56
Figura 16. Metodología 5S Área de Lavado.....	57
Figura 17. Metodología 5S Área de Patio.....	58
Figura 18. Metodología 5S Área de Calibración Electrónica	59
Figura 19. Zona de reparación antes (AS IS).....	60
Figura 20. Zona de reparación después (TO BE)	61
Figura 21. Zona de bancos de pruebas.....	62
Figura 22. Mesa de trabajo antes sin rotulado (AS)	63
Figura 23. Herramienta rotulada después (TO BE).....	64
Figura 24. Implementación de tablero Kanban.....	65
Figura 25. Área de lavado antes (AS IS)	66
Figura 26. Área de lavado después (TO BE).....	67
Figura 27. Formato de lista de chequeo	68
Figura 28. Formato de lista de chequeo (Segunda página).....	69
Figura 29. Formato Registro de control de limpieza y mantenimiento	70

Figura 30. Formato Registro de control de limpieza y mantenimiento (Segunda Pagina)..... 70

Figura 31. Tablero Kanban 71

Lista de Anexos

Anexo 1. Organigrama Laboratorio Diesel Solution	77
Anexo 2. Certificado de implementación por parte de la empresa.	78
Anexo 3. Certificado de implementación por parte de la empresa (Segunda página).....	79

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. Disponibilidad	45
Ecuación 2. Disponibilidad Calculada	45
Ecuación 3. Rendimiento	45
Ecuación 4. Rendimiento Calculado	45
Ecuación 5. Calidad	45
Ecuación 6. Calidad Calculada	45
Ecuación 7. OEE	45
Ecuación 8. Tasa de Garantía.....	46

Resumen

El presente proyecto de opción de grado expone el desarrollo de un estudio de caso encaminado al mejoramiento del proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos en el Laboratorio Diesel Solution, ubicado en Villavicencio. El proyecto sale ante la necesidad de optimizar la eficiencia operativa y reducir los tiempos de reparación, los reprocesos y los costos asociados, mediante la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing y la metodología DMAIC de Six Sigma.

Inicialmente se realizó un diagnóstico situacional en donde se identificaron cuellos de botella, deficiencias en la distribución del área de trabajo y ausencia de estandarización en actividades críticas. La fase de medición permitió establecer indicadores clave como el OEE, el nivel sigma, el tiempo promedio de reparación y la tasa de garantías. Posteriormente, mediante el análisis de Ishikawa, se implementaron estrategias de mejora basadas en 5S, estudio de tiempos y movimientos, y la creación de un tablero Kanban para el control visual del proceso.

Como resultados se obtuvo una reducción significativa en los tiempos de reparación, una mejora en la organización del área técnica y un aumento en la confiabilidad de los equipos intervenidos. Finalmente, se establecieron indicadores de control para la sostenibilidad de las mejoras implementadas y la toma de decisiones futuras en el laboratorio.

Palabras Clave: Laboratorio Diésel, Lean Manufacturing, Lean Six Sigma, DMAIC, Inyector, Mejora Continua, Eficiencia, Garantía.

Abstract

This degree project presents the development of a case study aimed at improving the repair process of electronic diesel injectors at Laboratorio Diesel Solution, located in Villavicencio. The project arises from the need to optimize operational efficiency and reduce repair times, rework, and associated costs through the application of Lean Manufacturing tools and the DMAIC methodology from Six Sigma.

Initially, a situational diagnosis was carried out to identify bottlenecks, deficiencies in the workspace layout, and the lack of standardization in critical activities. The measurement phase made it possible to establish key indicators such as OEE, sigma level, average repair time, and warranty rate. Subsequently, through the Ishikawa analysis, improvement strategies were implemented based on the 5S methodology, time and motion studies, and the creation of a Kanban board for visual process control.

As a result, there was a significant reduction in repair times, an improvement in the organization of the technical area, and an increase in the reliability of the serviced equipment. Finally, control indicators were established to ensure the sustainability of the implemented improvements and to support future decision-making within the laboratory.

Key Word- Diesel Laboratory, Lean Manufacturing, Lean Six Sigma, DMAIC, Injector, Continuous Improvement, Efficiency, Warranty.

Glosario

1. **5S:** Metodología japonesa de organización del lugar de trabajo que significa Seiri (clasificar), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar), Seiketsu (estandarizar) y Shitsuke (disciplina).
2. **Control visual:** Técnica de gestión que utiliza señales, símbolos y otros elementos visuales para comunicar información de manera rápida y clara, sin necesidad de texto escrito.
3. **Cuello de botella:** Es un punto de congestión en un flujo de trabajo o proceso productivo que crea un rezago.
4. **Ishikawa:** Diagrama de espina de pescado o de causa-efecto
5. **Diésel:** Es un hidrocarburo líquido formado por parafinas y comúnmente se usa como combustible para motores diésel o calefacción.
6. **Diagrama de Pareto:** Concepto que sugiere que el 80% de los resultados finales de una acción se deben al 20% de las causas.
7. **DMAIC:** Acrónimo de "Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar"
8. **Eficiencia:** Es la capacidad de lograr un objetivo utilizando la menor cantidad de recursos posibles, como tiempo, dinero o esfuerzo.
9. **Eficacia:** Es la capacidad de lograr un objetivo o resultado esperado
10. **Estudio de tiempos y movimientos:** Técnica de gestión que analiza las tareas para mejorar la eficiencia y aumentar la productividad.
11. **Garantía:** Obligación que se contrae de asegurar a alguien el disfrute de un derecho o de protegerle de un riesgo.
12. **Inyector:** Dispositivo mecánico que pulveriza y distribuye combustible en los cilindros de un motor para una combustión eficiente.
13. **Inyector Diésel Electrónico:** Es un componente de un sistema de inyección de combustible moderno que utiliza la electrónica para pulverizar el combustible de manera precisa y oportuna directamente en la cámara de combustión del motor.
14. **Kaizen:** Es un término japonés que significa "cambio a mejor" o "mejora continua".
15. **Kanban:** Es una metodología de gestión de proyectos que significa "tablero visual" o "tarjeta visual" en japonés.

16. **Lean Manufacturing:** Es una metodología para optimizar la producción eliminando los "desperdicios" (actividades que no añaden valor) y buscando la mejora continua.
17. **Mejora continua:** Proceso sistemático y sin fin para mejorar productos, servicios y procesos a través de pequeños cambios incrementales.
18. **OEE (Overall Equipment Effectiveness):** Es una métrica para medir el rendimiento de los procesos de fabricación o de equipos.
19. **Reproceso:** Volver a realizar una actividad para corregir un producto o servicio que no cumple con los requisitos.
20. **Six Sigma:** Es una metodología de mejora de procesos que busca reducir defectos y variabilidad, con el objetivo final de alcanzar la máxima calidad y satisfacción del cliente.

Introducción

El proyecto de opción de grado se llevó a cabo en el Laboratorio Diesel Solution, una empresa dedicada a la reparación, mantenimiento y comercialización de sistemas de inyección diésel electrónicos, ubicada en la ciudad de Villavicencio. La iniciativa surgió ante la necesidad de mejorar la eficiencia de los procesos operativos y garantizar la calidad del servicio técnico, factores determinantes para la competitividad en el sector automotriz. Además, la aplicación de metodologías de lean manufacturing y lean six sigma se debieron en gran medida por la puesta en practica de los conocimientos adquiridos a lo largo del diplomado en mejora continua de procesos aplicando lean six sigma.

Durante el desarrollo del trabajo y gracias al diagnóstico situacional inicial se identificaron diferentes oportunidades de mejora relacionadas con los tiempos de reparación, la organización del área de trabajo y la falta de estandarización en algunas actividades críticas. Estas condiciones generaban cuellos de botella, demoras, reprocesos y dificultades para medir el desempeño del laboratorio de manera objetiva.

Con el propósito de abordar esta situación, se aplicaron herramientas de Lean Manufacturing y la metodología DMAIC de Six Sigma, que permitieron realizar un diagnóstico técnico, medir el desempeño actual, analizar las causas de las ineficiencias y proponer acciones de mejora sostenibles en el tiempo. Entre las estrategias implementadas se incluyeron la aplicación de 5S, el estudio de tiempos y movimientos, y la incorporación de un tablero Kanban para fortalecer el control visual del proceso.

Título del proyecto

Estudio de caso acerca de la estandarización de los procesos de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos en un laboratorio diésel, utilizando la metodología Lean Manufacturing y Lean Six Sigma.

Planteamiento del caso

El Laboratorio Diesel Solution, ubicado en la ciudad de Villavicencio, se dedica a la reparación, mantenimiento y comercialización de sistemas de inyección diésel electrónicos. Su principal actividad consiste en la reparación de inyectores de marcas como Bosch, Denso y Delphi, atendiendo clientes del sector automotriz, ya sean particulares, personas del sector agrícola e industrial de la región de la Orinoquía.

La industria automotriz genera millones de empleos y mueve importantes sumas de dinero. Según la OICA (Organización Internacional de Constructores de Automóviles) en 2022, a nivel global, la industria empleó a más de 100 millones de personas directamente, y se estima que, generó alrededor de 500 millones de empleos indirectos. (Ávila Fadul et al., 2025, p. 2).

En los últimos diez años, el sector de la automoción ha llevado a cabo importantes transformaciones tecnológicas en diversas dimensiones pertinentes al producto en sí, lo que ha dado como resultado una progresión sistemática del concepto convencional del automóvil. Las plataformas ahora presentan características de seguridad mejoradas y una mayor eficiencia, mientras que la integración de los componentes electrónicos y los sistemas informáticos se ha vuelto cada vez más pronunciada. Paralelamente a los avances en los procesos de fabricación, la industria ha facilitado un sector de posventa más sofisticado e intrincado (que abarca el mantenimiento y las reparaciones), lo que se ha traducido en un aumento de los costos. (Aguilera Avellaneda & Castro Velandia, 2022)

En Colombia, se generaron 550.00 empleos (aproximadamente el 2.5% del empleo en Colombia). Esta mano de obra no solo abarca a los trabajadores directamente vinculados a la industria automotriz, también a aquellos en sectores complementarios como el transporte, la logística y los servicios de postventa. Finalmente, se estima que el tamaño del mercado es cercano al 1,7 % del PIB (Producto Interno Bruto), lo que significa aproximadamente ventas por 24.986 miles de millones de pesos colombianos. (Ávila Fadul et al., 2025)

El sector automotriz colombiano puede caracterizarse como un conglomerado de entidades que son intrínsecamente complejas, que poseen intereses específicos que a menudo divergen, en el que las partes interesadas pueden albergar perspectivas marcadamente distintas con respecto a su papel en el avance industrial del país. Sin embargo, este consorcio interactúa y forja redes de relaciones centradas en los objetivos de la automoción, lo que permite analizarlos desde una

perspectiva sistémica. Este dominio industrial ha sufrido transformaciones sustanciales debido a un entorno altamente dinámico, atribuido a los acuerdos comerciales asimétricos (en relación con las escalas de producción y tecnológica), a las considerables cargas tributarias (incluida la estructura tributaria sobre la comercialización, que combina el arancel de importación, el impuesto al valor agregado y el impuesto al consumidor hasta el precio final del producto) y políticas gubernamentales que han fomentado un mercado totalmente liberalizado, descuidando el bienestar de la industria local y su crecimiento endógeno; dentro de la cadena de suministro; de automoción componentes y en su comercialización, que está considerablemente restringida debido a su naturaleza empresarial familiar, caracterizada por una perspectiva empresarial limitada. (Macías, 2021)

Sin embargo, si estas entidades no poseen el estatus de taller oficial o no representan a marcas reconocidas, hay que averiguar el origen de esta demanda. En un mercado caracterizado por millones de vehículos que funcionan simultáneamente, el inevitable desgaste de varios componentes crea una demanda suficientemente sustancial que se manifiesta como oportunidades de negocio en el sector de posventa. En consecuencia, han surgido alternativas a los talleres oficiales de las marcas para satisfacer estas necesidades de servicio. Con frecuencia, características como la informalidad, el conocimiento empírico y la rentabilidad dominan este panorama, una combinación que a menudo se traduce en niveles inadecuados de servicio al cliente, en la explotación de la ignorancia de los consumidores y en una calidad deficiente de los procesos operativos. (Aguilera Avellaneda & Castro Velandia, 2022)

Los laboratorios Diesel son centros automotrices especializados en el diagnóstico, mantenimiento y reparación de sistemas de inyección diésel, en este caso, sistemas de inyección diésel electrónicos, por medio de herramientas, maquinaria especializada y personal capacitado, los laboratorios diésel corrigen problemas relacionados con las bombas, inyectores y demás componentes del sistema de inyección (inyectores y riel), tanto problemas electrónicos como mecánicos, además se realizan mantenimientos que proporcionan un cuidado preventivo en los sistemas de inyección que posteriormente le ahorran a los clientes tiempo y costos de reparación. En consecuencia, la prestación de un servicio de calidad puede ayudar a reducir costos de reparación y mantenimiento, tiempo de reparación de vehículos, adicionalmente un sistema de inyección en óptimas condiciones contribuye con el medio ambiente, ya que, ayuda a reducir las

emisiones contaminantes, mejorar la eficiencia del combustible y prolongar la vida útil de los motores diésel.

Laboratorio Diesel Solution es un laboratorio diésel encargado de la reparación, mantenimiento y diagnósticos de sistemas de inyección diésel electrónicos, ubicado en la ciudad de Villavicencio. Inició actividades en el año 2019, desempeñando servicios de calidad, con un personal capacitado, con herramientas y maquinaria de última tecnología, generando una trayectoria de confiabilidad, calidad y fidelidad con sus clientes en el mercado regional como una empresa a la vanguardia tecnológica y con las mejores técnicas. La empresa cuenta con un amplio portafolio de servicios, desde los servicios de reparación, mantenimiento y comercialización de sistemas de inyección diésel, junto con la comercialización de repuestos y autopartes originales, escaneo, diagnóstico de vehículos, bombas de inyección, rieles de alta presión e inyectores de los diferentes sistemas de inyección diésel y por último la empresa cuenta con la venta y distribución de aditivos para los sistemas de inyección que maneja.

Según Modestus La'a, Vip Pramarta en su estudio "Desarrollo de un sistema de información de laboratorio para mejorar la eficiencia y la precisión", comentan que la eficiencia es una práctica que se debe implementar en los laboratorios diésel. Mejorar la eficiencia de los laboratorios es crucial porque mejora la precisión operativa y reduce el riesgo de errores humanos asociados con las tareas manuales repetitivas, como la entrada de datos y la generación de informes. Los sistemas ineficientes pueden provocar una pérdida de tiempo y un flujo de información fragmentado, lo que dificulta la productividad. Al adoptar un sistema de información de laboratorio integrado, los laboratorios pueden agilizar los procesos, facilitar un intercambio de información más fluido y, en última instancia, mejorar la calidad y la productividad del servicio, haciendo que las operaciones del laboratorio sean más eficaces y confiables. (La'a & Pramarta, 2023)

En el panorama competitivo y en rápida evolución del sector automotor, tanto la eficacia como la eficiencia constituyen elementos fundamentales para la prosperidad de cualquier empresa de mecánica automotriz. Estas organizaciones se enfrentan a desafíos incesantes relacionados con el continuo avance del panorama tecnológico y las crecientes demandas de los clientes en relación con la calidad y el servicio. (Cardona Lara, 2023)

Durante el cumplimiento del primer objetivo en la etapa del diagnóstico situacional, se evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con la eficiencia operativa, los tiempos de reparación y la organización del área técnica. En promedio, el laboratorio atendía 80 inyectores

por semana, con un tiempo de reparación de aproximadamente 7 horas y 40 minutos por juego de inyectores (cuatro unidades). Este desempeño se veía afectado por reprocesos y una tasa de garantías cercana al 8 %, generando sobrecarga de trabajo y costos adicionales. Estas condiciones se relacionaban principalmente con la falta de estandarización de actividades, deficiencias en la organización del área de trabajo y una limitada gestión de indicadores operativos.

El proceso técnico cuenta con la participación de cuatro trabajadores, quienes realizan labores de desarme, diagnóstico, reparación, calibración y prueba en banco. Se identificó que la falta de estandarización de procedimientos, la disposición inadecuada del área de trabajo y la ausencia de indicadores de seguimiento impedían medir con precisión el rendimiento de la operación.

Pérez Fernández conceptualiza la estandarización de procesos como un enfoque sistemático que armoniza toda la eficiencia que la organización aspira a lograr para garantizar posibles ventajas; enfatiza dos categorías de análisis: 1) Cuando el producto final es consistentemente similar a los bienes industrializados; 2) Cuando el contexto externo, que abarca clientes, tecnología y competidores, muestra trayectorias de desarrollo predecibles, lo que hace que las tareas a ejecutar sean comprensibles para las personas que las emprenden. Por el contrario, en escenarios en los que el entorno de producción se caracteriza por la volatilidad o la imprevisibilidad, como las frecuentes alteraciones provocadas por las demandas de los clientes, la complejidad del producto y los desafíos asociados a las tareas a realizar, junto con el exigente ritmo de respuesta exigido por el cliente, implican que la estandarización no proporciona información fundamental sobre los protocolos que deben cumplirse. (Londoño Villa, 2022)

El problema central identificado en el Laboratorio Diesel Solution se relaciona con la ineficiencia operativa en el proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos, manifestada en tiempos prolongados de servicio, reprocesos y ausencia de control sistemático del desempeño. Esta situación motivó el desarrollo del presente estudio de caso, orientado al análisis, medición y optimización del proceso mediante herramientas de la ingeniería industrial, con el fin de aumentar la productividad, reducir los costos operativos y mejorar la satisfacción del cliente.

Posterior a la implementación de las mejoras, el tiempo promedio de reparación por juego de inyectores se redujo a 6 horas y 30 minutos, evidenciando avances significativos en la gestión del flujo de trabajo y en la organización del área operativa. Sin embargo, el laboratorio requiere continuar con la consolidación de indicadores de desempeño y documentos de control

estandarizados que permitan garantizar la sostenibilidad de los resultados y fortalecer la toma de decisiones operativas.

En retrospectiva, La estandarización del proceso de reparación y mantenimiento de los sistemas de inyección diésel electrónicos del Laboratorio Diesel Solution es fundamental para garantizar la calidad, la eficiencia operativa y la confiabilidad del servicio. Al establecer procedimientos claros, uniformes y documentados, se minimizan los errores técnicos, se optimiza el tiempo de respuesta y se mejora la trazabilidad de las intervenciones realizadas.

Marco de referencia

Es importante conocer los términos relevantes en la investigación como lo son los sistemas de inyección diésel y su funcionamiento. El sistema de inyección diésel constituye el componente principal del motor y desempeña la función esencial de transportar combustible al motor para garantizar un funcionamiento óptimo dentro de la cámara de combustión. El sistema de inyección funciona en conjunto con la bomba de inyección, que se encarga de generar una alta presión de combustible dirigida hacia los inyectores. (Cajamarca & Roberto, 2022)

Los motores diésel, introducidos por primera vez por Rudolf Diesel en 1897, son un tipo de motor de combustión interna en el que la ignición del combustible se activa por la alta temperatura del aire dentro del cilindro, resultante de la compresión mecánica. Por ello, los motores diésel se conocen como motores de encendido por compresión (CI), a diferencia de los motores de gasolina, que se basan en el encendido por bujía para encender la mezcla aire-combustible. Su eficiencia y fiabilidad inherentes han propiciado su uso generalizado en diversos sectores, como el transporte ferroviario, aeronáutico y marítimo. (Yuan, 2024)

Las funciones básicas del sistema de inyección de combustible incluyen el control de la inyección, principalmente el inicio, la presión y la dosis de combustible. Su principal función es mantener una alta eficiencia del motor y una alta repetibilidad de la presión de inyección, lo que garantiza la suavidad del motor. Los parámetros del proceso de inyección y combustión en un motor equipado con el sistema Common Rail son controlados por el controlador, que limita su voltaje al rango permitido. El controlador es responsable de la presión y la dosis del combustible inyectado para cada carga del motor, así como del ángulo correcto de inicio de la inyección. (Lotko, 2022)

Los sistemas de inyección electrónica diésel utilizan unidades de control electrónico (ECU) para gestionar el tiempo y la cantidad de inyección de combustible, optimizando la combustión. Mecánicamente, sustituyen los componentes tradicionales por inyectores controlados electrónicamente que funcionan a alta presión, lo que permite un suministro preciso de combustible. La ECU procesa los datos de varios sensores y ajusta parámetros como la presión de inyección y la temporización en función de la carga y la velocidad del motor. Esta integración mejora la eficiencia, reduce las emisiones y mejora el rendimiento al permitir múltiples eventos de

inyección y estrategias de inyección variables adaptadas a las condiciones de operación. (Lotko, 2022)

Los laboratorios de diésel se enfrentan a desafíos relacionados con la complejidad y el costo de los sistemas de inyección directa de diésel, particularmente para equilibrar la mejora del rendimiento, la reducción del consumo de combustible y el control de emisiones. Además, la flexibilidad que requieren los distintos métodos de modelación de la velocidad de inyección, como el ajuste con aguja y la modulación de la presión, presenta dificultades para mantener unas características de pulverización y una eficiencia óptimas. Estos desafíos requieren evaluaciones teóricas y experimentales exhaustivas durante las primeras fases del desarrollo del producto para cumplir con eficacia los requisitos futuros. (Frank, 2020)

El sistema de producción Lean es una estrategia de gestión adaptable a todas las organizaciones y basada en la mejora de procesos. Las técnicas lean se utilizan ampliamente en la industria manufacturera para garantizar la entrega de productos justo a tiempo y, en última instancia, generar valor para el consumidor con el mínimo consumo de recursos. "Lean" es un término relacionado con las filosofías derivadas del Sistema de Producción Toyota. Los principales objetivos del sistema lean son crear trabajo estandarizado para optimizar el flujo de trabajo y eliminar pasos innecesarios en un proceso. El sistema Lean se centra en lograr un flujo continuo a través del sistema mediante la identificación del valor en cada paso del proceso. Si un paso no aporta valor o genera redundancia para el siguiente usuario del proceso, dificulta la calidad y el flujo, por lo que se elimina. Con la reducción de los tiempos de espera entre pasos y la provisión exacta de lo que necesita el siguiente usuario del proceso, se mejoran la calidad y la productividad. (Moreno-Carrillo et al., 2023)

La fabricación ajustada tiene sus orígenes en la metodología de producción Just In Time (JIT), que fue concebida en la década de 1950 por la empresa automotriz Toyota. A principios de la década de 1930, Kichiro Toyoda, Taichi Ohno y otros miembros del personal directivo de esta empresa iniciaron una serie de prácticas innovadoras en sus sistemas de producción para promover tanto el flujo continuo de materiales como la adaptabilidad requerida para fabricar diversas líneas de productos. Tras el final de la Segunda Guerra Mundial, surgió la necesidad de producir pequeñas cantidades de una amplia gama de productos, lo que llevó al desarrollo del renombrado Sistema de Producción de Toyota (TPS: Sistema de Producción de Toyota). No fue hasta finales de la década de 1980 que el concepto de fabricación ajustada adquirió protagonismo internacional,

basado fundamentalmente en los principios del sistema de producción de Toyota.(Vargas Castrillón, 2022)

La metodología Six Sigma fue desarrollada por Bill Smith, un ingeniero de Motorola, en el año 1987. Se introdujo como un enfoque estratégico para las operaciones comerciales y la mejora de la calidad. Posteriormente, General Electric abogó por su adopción en el ámbito industrial. En este marco, incorpora los principios de la gestión de la calidad total y el control estadístico de los procesos. Además, integra ciertos componentes del ciclo de planificación, verificación y acción (PDCA) de Deming. (Echeverría, 2020)

Una de las metodologías a considerar es ciclo PHVA (PDCA, por su sigla en inglés), que integra de manera cíclica e iterativa las fases Planear – Hacer – Verificar – Actuar, y cuyo marco permite resolver problemas en la gestión de procesos y proyectos (Realyvásquez-Vargas, 2018). Esta metodología ha probado ser especialmente útil cuando es aplicada para el mejoramiento interno de las compañías, permitiendo mejorar la coordinación de los procesos, reducir costos, incrementar ganancias, aumentar la satisfacción de clientes internos y externos, entre otros beneficios (Hargrave, 2021). (Pelález Arroyave, 2023)

Desde el punto de vista conceptual, la fase de planear (P) consiste en identificar y priorizar las oportunidades de mejora, determinar las hipótesis de las posibles causas y proponer las alternativas de solución. En la etapa de hacer (H) se deben implementar las acciones planeadas en la fase anterior y documentar la información que se genere de los resultados obtenidos. En la validación (V) se realiza un análisis exhaustivo de las salidas de la fase previa y se verifica el cumplimiento de los objetivos planteados en la planeación. Finalmente, en la etapa de actuar (A) se desarrollan métodos y procedimientos para estandarizar las acciones que generan las mejoras alcanzadas en los casos en los que el proceso arroja resultados positivos, o en el caso contrario, se reinicia el ciclo planteando nuevas alternativas de solución (Realyvásquez-Vargas, 2018). (Pelález Arroyave, 2023)

La mejora continua de procesos (CPI) es un enfoque sistemático destinado a mejorar los procesos, la seguridad y los resultados mediante cambios incrementales. En los entornos de laboratorios industriales y diésel, el CPI se aplica definiendo problemas específicos, comparando el rendimiento y estableciendo objetivos medibles. Se utilizan metodologías como los ciclos Lean, Six Sigma y Planificar-Hacer-Estudiar-Actuar (PDSA) para implementar proyectos iterativos de mejora de la calidad. Estos proyectos implican medir los efectos de los cambios y

repetir el proceso hasta lograr la eficiencia operativa y el cumplimiento deseados. (O'Donnell & Gupta, 2023)

La mejora continua de los procesos implica esfuerzos continuos para mejorar los productos, servicios o procesos mediante mejoras incrementales. En entornos industriales y de laboratorios diésel, se aplica mediante el uso de herramientas y metodologías de gestión de la calidad, como las técnicas de producción ajustada, para identificar las ineficiencias y eliminar los residuos. Esto incluye controlar las fechas de caducidad de los reactivos, implementar sistemas de gestión visual y emplear métodos como el análisis de Pareto y el análisis de la causa raíz para corregir las inexactitudes en los resultados de laboratorio y, en última instancia, mejorar la calidad y aumentar la satisfacción de los consumidores. (Krektunova & Savchik, 2022)

La producción ajustada, iniciada por Toyota, es una metodología destinada a minimizar los residuos en los procesos de fabricación de automóviles. Asociada con el Sistema de Producción de Toyota (TPS), la producción Lean implica la implementación de varias herramientas para optimizar el diseño y el funcionamiento de la planta de producción. Este documento proporciona una exploración en profundidad de las herramientas clave de Lean, incluyendo Kaizen, PDCA, Standardization, Jidoka, Poka Yoke, Just in Time (JIT), Heijunka, Kanban, 5S, Andon y SMED. Kaizen, enfatizando la mejora continua, involucra a todo el personal en cambios sistemáticos a pequeña escala para mejorar la eficiencia y la calidad. PDCA, que sirve como un marco para la mejora continua, implica la planificación, ejecución, evaluación y ajuste. La estandarización establece las mejores prácticas, asegurando la coherencia entre los procedimientos. Jidoka se centra en el control de calidad, deteniendo los procesos al detectar defectos. Poka Yoke, o prueba de errores, evita errores a través del diseño mecánico. JIT tiene como objetivo producir solo lo que se necesita cuando se necesita, minimizando el desperdicio. Heijunka regula el flujo de producción para lograr un funcionamiento fluido. Kanban facilita la producción impulsada por la demanda a través de la programación visual. 5S promueve la organización y la limpieza del lugar de trabajo. SMED minimiza el tiempo de configuración para cambios eficientes de productos. El documento ofrece información detallada sobre la implementación y la importancia de cada herramienta en la producción Lean, enfatizando su papel en la reducción de residuos y la optimización de procesos. (Phatale, 2020)

La metodología conocida como 5S representa el requisito de la fase inicial para la transición de un sistema de producción tradicional a un paradigma de fabricación ajustada; se

conoce como metodología o estrategia de los 5S debido a que incorpora acciones articuladas en cinco términos japoneses que comienzan por la letra S. Este enfoque metodológico funciona como un marco instrumental para mejorar tanto la calidad como la productividad, y abarca una serie de actividades destinadas a establecer condiciones de trabajo que faciliten la ejecución de las tareas de forma sistemática de manera organizada, ordenada e higiénica. (Vargas Castrillón, 2022)

El ciclo de mejora continua, conocido como Método Kaizen, constituye un enfoque sistemático dirigido principalmente a la erradicación de las actividades que no agregan valor dentro de la cadena de producción. Esta metodología tiene un potencial significativo para mejorar las métricas de productividad de las organizaciones. (Valencia Arias, 2022)

La eficacia general del equipo (OEE), también conocida como eficiencia general del equipo, constituye un marco metodológico para la evaluación, la evaluación y el diagnóstico de la eficiencia productiva de varios procesos, utilizando métricas porcentuales para facilitar una toma de decisiones más informada y orientada a la mejora continua de la organización. Según Cruelles (2019), el mérito de la OEE radica en su capacidad de “cuantificar, mediante una métrica singular, todos los parámetros esenciales pertinentes a la producción industrial: disponibilidad, rendimiento y calidad”.

El cálculo de la OEE se ejecuta mediante la multiplicación de las tres proporciones porcentuales de:

$$- \text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

El objetivo principal de este indicador es volver más productiva y eficiente la planta. Los tres ítems que componen el OEE son:

Disponibilidad: La disponibilidad mide el tiempo realmente productivo tanto de las máquinas como de los operarios.

$$- \text{Disponibilidad} = \text{Tiempo productivo} / \text{Tiempo Disponible}$$

Rendimiento: El rendimiento muestra la eficiencia de los procesos.

$$- \text{Rendimiento} = \text{Producción Real} / \text{Capacidad Productiva}$$

Calidad: La calidad muestra la cantidad de unidades producidas que cumplen los parámetros respecto al total.

$$- \text{Calidad} = \text{Total de unidades buenas} / \text{Total de unidades producidas}$$

(Rojas Ruiz, 2021)

Las unidades de fabricación de PYMES son contribuyentes básicos a las industrias automotrices indias. Estas unidades se enfrentan a un momento difícil debido a la desaceleración económica, el aumento del mercado de vehículos eléctricos, la variación en la demanda, la mayor variación en los productos/clientes, los requisitos de automatización y los trastornos políticos en todo el mundo. Los métodos Lean se centran en la reducción de 7 tipos de residuos importantes. Estos métodos fueron utilizados por primera vez en Toyota Corporation Japan por Eiji Toyoda. Six Sigma es la técnica de mejora de la operación utilizada para reducir el número de defectos, fallas y errores. (Zala et al., 2024)

La estandarización de los procesos constituye un instrumento dinámico, en el que resulta imperativo documentar meticulosamente las tareas que se ejecutarán, los materiales que se utilizarán y los instrumentos que se emplearán, con el objetivo de fomentar la mejora continua de los procesos y, por lo tanto, conferir una ventaja competitiva. La estandarización representa esencialmente la implementación de las normas establecidas dentro de la organización, sirviendo como un elemento crítico en el ámbito de la gestión de la producción y, en este momento, delineando los recursos necesarios y las metodologías para promulgar las normas estipuladas dentro de la institución. (Londoño Villa, 2022)

La mezcla de los métodos Six Sigma y Lean ha dado excelentes resultados para muchos sectores del mundo, estas técnicas se utilizan regularmente en las industrias de procesos, las industrias farmacéuticas y el sector de TI, Lean Six Sigma podría traer un cambio positivo a las pymes, pero estas unidades son reacias a implementar Lean Six Sigma. En el trabajo de investigación presentado, las herramientas importantes de Lean Six Sigma se derivaron de expertos, consultores y académicos de la industria. La empresa ABC (promedio de 5 años de facturación de 8,2 millones de ras) fue seleccionada para implementar herramientas Lean Six Sigma. Se implementaron herramientas importantes como 5S, VSM, Ishikawa y la estandarización de la operación. (Zala et al., 2024)

Desarrollo de Métricas de Calidad: Aplicación de métricas como precisión de cálculos, eficiencia operativa y cumplimiento de plazos, estas con el fin de definir cuáles eran los procesos con falencias y así desarrollar los procesos correctos para mejorar todas las actividades en las diferentes obras. Para establecer un protocolo integral en el diseño estructural dentro del proyecto de Earthgreen Colombia, se consideraron principios clave adaptados de métricas de diseño usadas en ingeniería de software. Estos principios fueron aplicados al desarrollo de procedimientos

estandarizados y a la estructuración de procesos críticos en cálculos estructurales, presupuestos y planificación de obra.(Benjumea Avalos, 2025)

La automatización en los laboratorios ha mejorado las operaciones como herramienta de diagnóstico para revelar la precisión, la eficiencia y la calidad general en los laboratorios. La automatización de las muestras en la gestión de los laboratorios se arroja luz en esta revisión, centrándose en una mayor eficiencia, menos interferencia humana para aumentar los errores y el control de calidad como prioridad número uno. Se ha encontrado consistentemente que las RF de manejo de líquidos automatizados, los sistemas robóticos, los sistemas de gestión de la información de laboratorio (LIMS) y los dispositivos de automatización del punto de atención mejoran el diagnóstico y la eficiencia. Sin embargo, las contradicciones han incluido una alta inversión inicial, la integración en los sistemas existentes y una gran preocupación por la capacitación del personal como factores que impiden que las organizaciones los adopten. (Alreshidi et al., 2024)

Entre los paradigmas importados se encuentra el concepto de mantenimiento preventivo, que posteriormente integra nociones adicionales como mantenimiento productivo, prevención de mantenimiento, ingeniería de confiabilidad, entre otras. Esta integración transforma radicalmente el panorama industrial japonés y culmina en lo que se conoce como mantenimiento productivo total (TPM), que en ocasiones se caracteriza como un mantenimiento productivo ejecutado por todo el personal, basado en el principio de que la mejora del rendimiento de los equipos requiere la participación de todos los miembros de la organización, desde los operadores hasta la alta dirección (Mora, 2009). La implementación exitosa del TPM en la planta de fabricación requiere el respaldo de la alta dirección para integrarlo en las políticas fundamentales de la organización, lo que facilita el logro de los objetivos, incluida la extensión de las tasas de utilización de los equipos para que superen el 80% y la reducción de las fallas en un mínimo del 50%, entre otros objetivos. (Ceballos Restrepo, 2021)

En conjunto, estos estudios muestran que los laboratorios y empresas del sector automotriz e industrial han recurrido a metodologías de mejora continua, Lean, Six Sigma, automatización y estandarización para enfrentar problemas de cuellos de botella, eficacia, eficiencia, calidad y productividad. El caso del Laboratorio Diesel Solution se inscribe en esta misma línea, aportando evidencia aplicada sobre cómo la implementación de herramientas de Lean Six Sigma puede optimizar el proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos en un contexto real de taller especializado.

Preguntas de reflexión

1. ¿Cómo las herramientas de Lean Manufacturing, particularmente las 5S y el tablero Kanban, pueden optimizar la distribución del área de trabajo y reducir los tiempos improductivos en el proceso de reparación de los inyectores diésel electrónicos?
2. ¿De qué manera la aplicación de la metodología DMAIC contribuye a definir, medir, analizar, implementar y controlar las principales causas que afectan la eficiencia del proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos en el Laboratorio Diesel Solution?
3. ¿De qué forma la estandarización de procesos y el control visual contribuyen al fortalecimiento de la calidad del servicio y a la reducción de reprocesos y garantías?
4. ¿Qué impacto tiene la medición del OEE y del nivel sigma en la eficiencia del proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos y en la toma de decisiones dentro del laboratorio?

Justificación

El proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos cumple una función esencial en el rendimiento de los motores modernos, por lo que su correcta ejecución impacta directamente en la calidad del servicio y en la satisfacción del cliente. En este contexto, el Laboratorio Diesel Solution desempeña un papel importante en la región al ofrecer servicios técnicos especializados, que requieren altos niveles de precisión y control. Sin embargo, la ausencia de estandarización en algunas actividades, los reprocesos y los tiempos prolongados de reparación evidencian la necesidad de optimizar el proceso para asegurar su eficiencia. La intervención de un ingeniero industrial en este estudio de caso resulta fundamental, ya que permite aplicar metodologías de mejora continua, como Lean Manufacturing y Six Sigma, orientadas a la identificación de desperdicios, la reducción de reprocesos y la optimización del flujo de trabajo. La estandarización de procesos y la implementación de herramientas como 5S y Kanban facilitan el orden, la trazabilidad y el control de las actividades, generando un sistema más confiable y sostenible.

Objetivo General

Optimizar el proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos en el Laboratorio Diesel Solution, mediante la aplicación de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma y las herramientas del lean manufacturing.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico situacional del área de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos, para determinar las posibles herramientas de lean Manufacturing y lean Six sigmas aplicables en un proceso de mejora continua.
- Medir los indicadores clave de desempeño del laboratorio tiempo promedio de reparación, OEE, nivel sigma y tasa de garantías para establecer una línea base y determinar el impacto de las causas críticas sobre la productividad.
- Implementar estrategias de mejora en base a las herramientas Lean Manufacturing como 5S, estudio de tiempos y movimientos y tablero Kanban.

Marco Metodológico

Tipo de Estudio

El siguiente estudio de caso se basa en una investigación de enfoque mixto, ya que, se va a realizar una investigación de tipo cuantitativa, cualitativa y descriptiva con el fin de determinar las mejores herramientas del lean Manufacturing y lean Six sigma para implementar una serie de mejoras en el proceso de reparación de los sistemas de inyección diésel electrónicos en la empresa Laboratorio Diesel Solution de Villavicencio.

El enfoque de investigación fue mixto, combinando técnicas cuantitativas, como el estudio de tiempos, la medición del OEE y el cálculo del nivel sigma, con herramientas cualitativas, como la observación directa y la entrevista con los técnicos especializados. Esta integración metodológica facilitó la comprensión del proceso tanto desde el punto de vista del personal técnico operativo, identificando los cuellos de botella que afectaban la productividad.

Diseño Metodológico

El presente estudio de caso se realizará conforme al ciclo DMAIC con el objetivo principal de implementar una serie de mejoras con la ayuda de las herramientas del lean Manufacturing y Lean Six Sigma en el Laboratorio Diesel Solution en el proceso de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos. Durante la fase Definir, se realizó un diagnóstico situacional mediante herramientas como el DOFA, el diagrama swinlane, el mapa AS IS y la matriz ILUO, con el fin de representar las actividades, tiempos y responsabilidades de cada etapa. Estas herramientas permitieron visualizar los cuellos de botella y establecer la línea base del proceso.

En la fase Medir, se recopilaron datos sobre tiempos de reparación, garantías y capacidad productiva. Se aplicaron indicadores como el OEE (Overall Equipment Effectiveness) para evaluar la eficiencia global del proceso, y se calculó el nivel sigma con el fin de determinar la variabilidad y el desempeño frente a estándares de calidad. En la fase Analizar, se empleó el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto para identificar las causas más relevantes de las ineficiencias, clasificándolas por su impacto en los resultados. Esta etapa permitió priorizar las acciones correctivas necesarias para la mejora del proceso.

La fase Implementar se desarrolló aplicando herramientas de Lean Manufacturing tales como 5S y el estudio de tiempos y movimientos, que contribuyeron a mejorar la organización del área de trabajo, reducir desplazamientos innecesarios y eliminar desperdicios. Además, se diseñó e implementó un tablero Kanban como sistema de control visual, facilitando la programación de las tareas y el seguimiento del flujo de trabajo.

Finalmente, en la fase Controlar, se estableció un conjunto de indicadores de seguimiento que permiten monitorear la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas. Se elaboraron formatos de mantenimiento, registros de limpieza y un tablero de control visual con métricas actualizadas del proceso, asegurando la continuidad del desempeño y la toma de decisiones basada en datos.

Población

La población definida de interés para el estudio de caso es el Laboratorio Diesel Solution, que cuenta con una mano de obra de 6 colaboradores, distribuidos en un área administrativa (2 colaboradores) y un área operativa (4 Colaboradores). Ver *Anexo I*

Muestra

No se sacará una muestra puntual, ya que, el estudio de caso se realizará con 100% de la población.

Técnicas de Instrumentos de Recolección de Información

Conforme a las técnicas de recolección de información para el estudio de caso, se ejecutaron diferentes instrumentos de recolección de información, incluyendo documentos de manejo internos ya preestablecidos por la organización, tales como: “Formato Ingreso de Vehículos”, “Formato Ingreso Repuestos” y remisiones. Ver anexos II, III y IV También, entrevistas tanto con el personal administrativo como el operativo y se pretende realizar encuestas de satisfacción con el servicio a los clientes.

Narración del caso

Una de las herramientas a efectuar antes mencionadas es el ciclo DMAIC, centrando su enfoque en cada una de las etapas (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar), que se deben incluir en el ciclo del proceso en conjunto con los objetivos del estudio de caso.

1.1. Definir

Esta fase inicial tiene como objetivo delinear las especificaciones de las necesidades del cliente y comprender los procesos importantes en los que se ve afectada. Identifica explícitamente la demografía de los clientes, además de sus requisitos y expectativas específicos. En última instancia, es imprescindible establecer los parámetros del proyecto. (Echeverría, 2020)

Durante la fase Definir, se realizó un análisis situacional con el propósito de comprender las condiciones reales del proceso y las principales dificultades del proceso. Para ello se aplicaron herramientas como la matriz DOFA, que permitió identificar fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas; el diagrama Swimlane, que facilitó la visualización de responsabilidades y flujos de trabajo; y la matriz ILUO, que ayudó a clasificar las actividades según su impacto y nivel de urgencia. Adicionalmente, se elaboraron los diagramas AS IS, los cuales representaron el proceso actual y el proceso ideal, respectivamente, sirviendo como base para orientar las acciones de mejora.

Para determinar las posibles vías de mejora, se emplea un análisis DOFA, que es un instrumento de evaluación sistemática que facilita la formulación de elecciones informadas en diversos ámbitos. Mediante la identificación de las vulnerabilidades, las ventajas, las perspectivas y los peligros asociados a una circunstancia o proceso de toma de decisiones en particular, se pueden implementar medidas estratégicas para mejorar los resultados favorables y, al mismo tiempo, mitigar los riesgos potenciales. (*Matriz DOFA*, 2023)

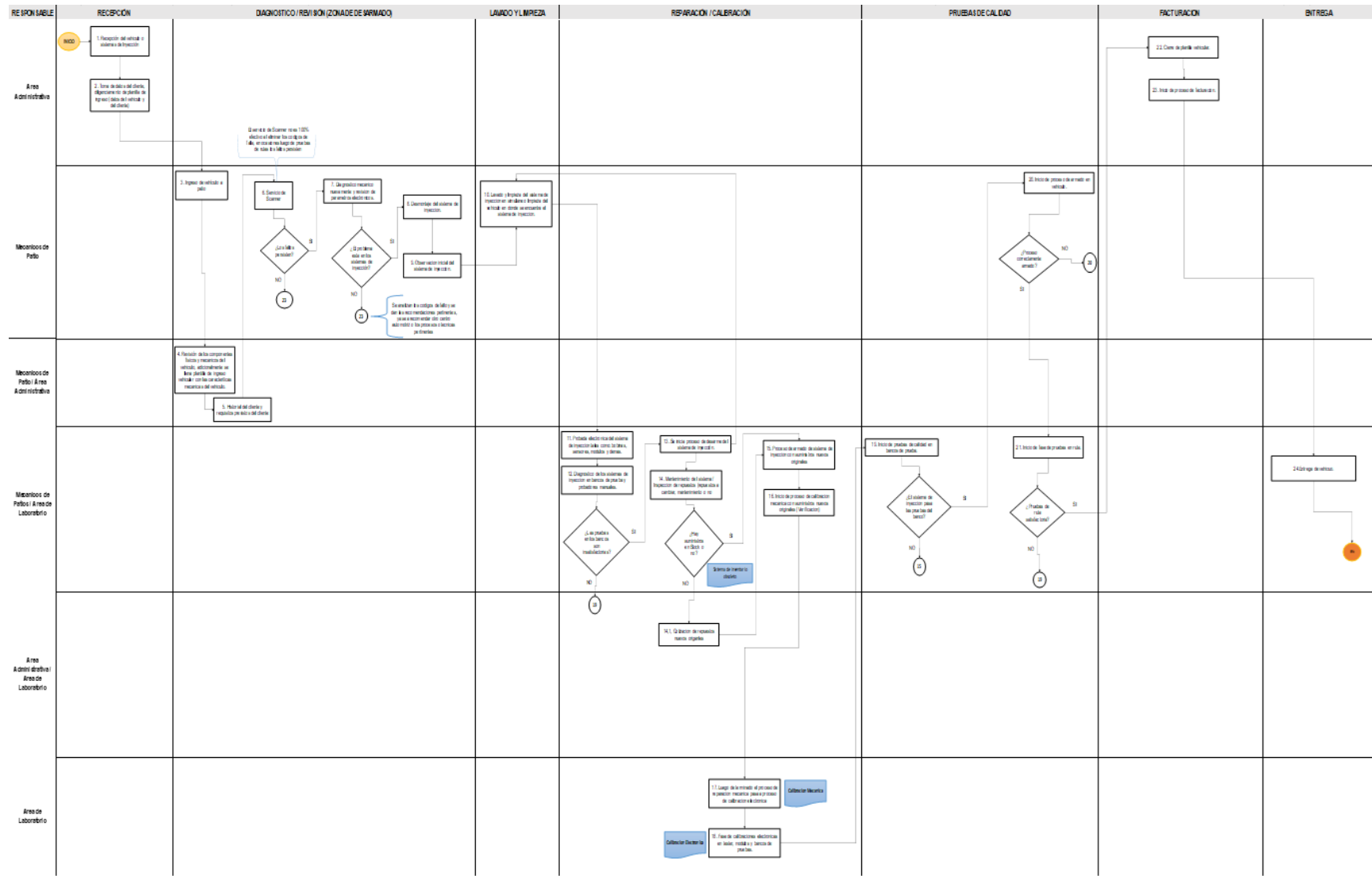
Figura 1. Análisis DOFA



El área de reparación de sistemas de inyección diésel en el laboratorio diésel Solution enfrenta diferentes problemas, en gran medida a la falta de estandarización del proceso como tal, lo cual genera atrasos en las operaciones de reparación, a su vez se generan demoras en el proceso de entrega de los vehículos en las fechas preestablecidas, creando malestar entre los clientes.

Posteriormente se diseñó el diagrama de flujo de proceso con el método swimlane, con el fin de conocer de manera visual las diferentes etapas que se deben cumplir desde la recepción del vehículo o sistemas de inyección, hasta la entrega de los mismos y sus respectivos responsables en el desarrollo del proceso.

Figura 2. Diagrama Swimlane



Según el diagrama de flujo del proceso, se logra evidenciar que hay al redor de 24 etapas en el proceso de reparación de sistemas de inyección diésel en el Laboratorio Diesel Solution, dejando en evidencia que la zona de desarmado o zona de patio, junto con la zona de reparación y calibración son las que mas impactan en el proceso de reparación de los sistemas de inyección, y que los responsables de las áreas como los mecánicos de patio y los técnicos diésel del área de laboratorio enfrentan la mayor carga de responsabilidad en el desarrollo de este proceso. En simultaneo, en estas áreas se encuentra la maquinaria, dispositivos, software y herramientas mas importantes que intervienen en el proceso.

Por otro lado, según el diagrama de carriles es necesario diagnosticar cuales son los procesos más importantes en el área de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos. Por lo mismo, se desarrolló el mapa de procesos que busca determinar los macroprocesos, procesos, actividades, tareas, procedimientos e instructivos que se manejan en la organización conforme a las 24 etapas mencionadas anteriormente. Aunque dicho mapa no se incluye en el presente documento, su desarrollo sirvió como base para la comprensión integral del flujo operativo y la identificación de oportunidades de mejora. Además, su información fue empleada para la estructuración del estudio de tiempos y movimientos que mas adelante se vera reflejado en el estudio de caso.

Posteriormente se diseñó la matriz ILUO como herramienta de diagnóstico frente a las competencias de los colaboradores en la organización y su impacto en el conocimiento de las herramientas necesarias para la prestación de servicios de reparación, mantenimiento y diagnósticos de sistemas de inyección.

Se logra determinar por medio de la matriz que hay 5 etapas macro de la prestación del servicio en la organización, las cuales son: Recepción de vehículos y sistemas de inyección, Diagnostico y revisión / Plantilla vehicular (Zona de patio o Laboratorio), Lavado y Limpieza, Reparación y Calibración, Pruebas de calidad y Facturación y entrega. A su vez, se evidencia una amplia dependencia al gerente general que es también el técnico mejor preparado y con mayor experiencia.

Figura 3. Matriz ILUO

		Conocimientos en Herramientas necesarios																					
		1			2			3			4			5			6						
		Recepción de vehículos y sistemas de inyección			Diagnostico y revisión / Plantilla vehicular (Zona de patio o Laboratorio)			Lavado y Limpieza			Reparacion y Calibracion			Pruebas de Calidad			Facturacion						
		Prioridad			Prioridad			Prioridad			Prioridad			Prioridad			Prioridad						
		Semi Crítica			Crítica			Semi Crítica			Crítica			Semi Crítica			Semi Crítica						
		Desarrollo Promedio			Desarrollo Promedio			Desarrollo Promedio			Desarrollo Promedio			Desarrollo Promedio			Desarrollo Promedio			Desarrollo por Tema			
		78%			58%			67%			42%			58%			67%			62%			
		Brecha			Brecha			Brecha			Brecha			Brecha			Brecha			Brecha por Tema			
		22%			42%			33%			58%			42%			33%			38%			
Reg	Nombre	D	A	DES	D	A	DES	D	A	DES	D	A	DES	D	A	DES	D	A	DES	Desarrollo	Brecha		
1	Daniel Felipe Herrera Carvajal	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	75%	96%	4%
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
2	Jaidier Adamed Herrera Carvajal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	75%	83%	17%
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
3	Yomaira Contadora	X			X	X				X				X	X			X	X	X	75%	13%	88%
		X	X		X	X				X	X			X	X			X	X	X			
4	Natalia Henao Reyes	X	X	X	X	X	X			X				X	X	X		X	X	X	100%	50%	50%
		X	X	X	X	X	X			X	X			X	X	X		X	X	X			
5	Yeiler Andres Rueda Carvajal	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X		X	X	X	50%	75%	25%
		X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X		X	X	X			
6	Juan Munevar	X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X		X	X	X	25%	53%	47%
		X	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X	X		X	X	X			

Adicionalmente en esta etapa de *Definir* del DMAIC, conforme a realizar el diagnóstico situacional del área de reparación, se hizo uso de otra herramienta del Lean Manufacturing como es el *AS IS - TO BE*, con el fin de comparar el estado inicial del área y el estado final mejorado o ideal para el área.

AS IS

Figura 4. Zona de Laboratorio *ANTES*



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Figura 5. *Mesa de trabajo al salir ANTES*

Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Figura 6. Mesa de trabajo durante el proceso de reparación ANTES



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Figura 7. Banco de pruebas después de usar ANTES



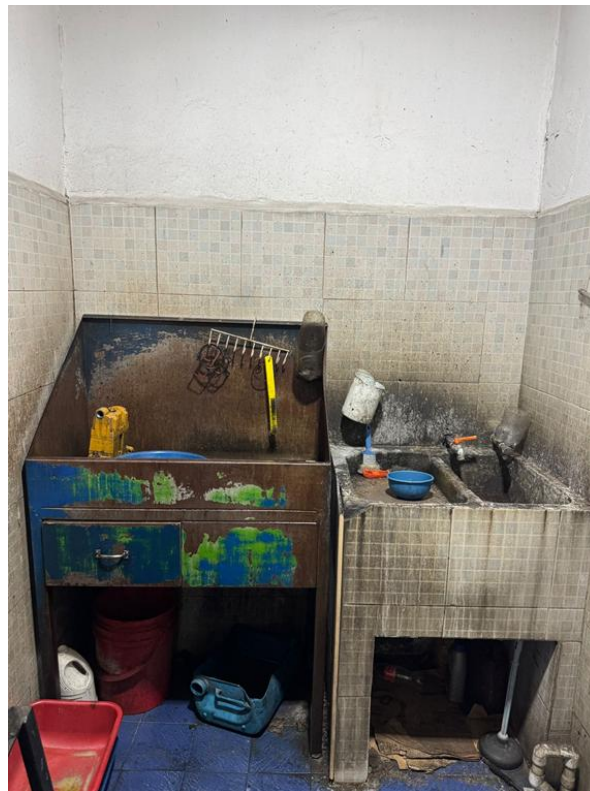
Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Figura 8. Carro de herramientas después de usar ANTES



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Figura 9. Zona de lavado ANTES



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propi

1.2. Medir

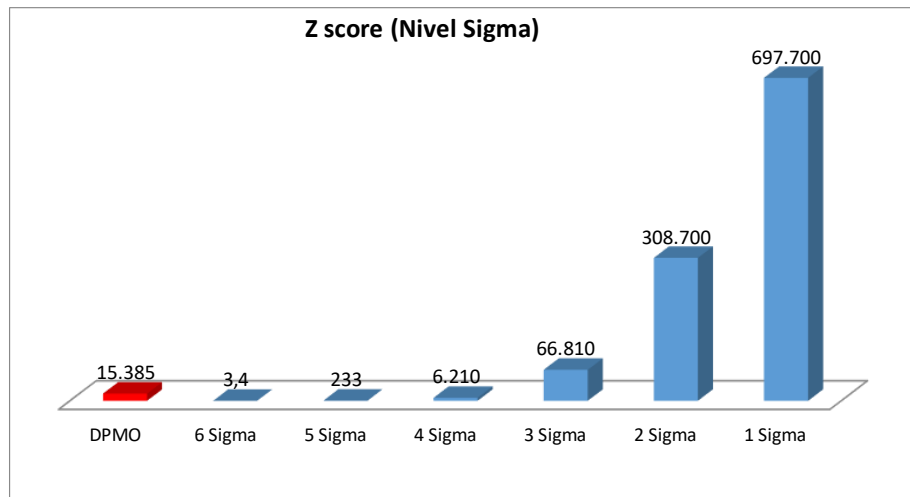
Durante esta etapa, los datos y la información derivados del análisis de la situación de la organización se recopilan para determinar el estado actual del sistema, lo que facilita la observación, el diagnóstico y la cuantificación de los problemas reconocidos en las fases anteriores. (Medina, 2022)

En la fase Medir se recopilaron los datos del proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos con el propósito de establecer una línea base del desempeño operativo del laboratorio. Para ello se calcularon los indicadores tiempo promedio de reparación, OEE (Overall Equipment Effectiveness), nivel sigma y tasa de garantías, empleando herramientas estadísticas y calculadoras propias de la metodología Six Sigma.

Figura 10. Calculadora del nivel Sigma

Variables		Introduzca los valores solicitados en los espacios amarillos	
1	Número de unidades procesadas	N =	65
2	Número total de defectos	D =	23
3	Número de oportunidades para defectos	O =	23
4	Defectos Por Unidad (DPU)	DPU =	0,354
5	Defectos por oportunidad (DPO)	DPO =	0,015
4	Resultado de Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO)	DPMO	15.385
5	Z score (nivel Sigma)	ZL t=	3,66
6	Rendimiento (Yield)	%	98,5%

DPMO	15.385
6 Sigma	3,4
5 Sigma	233
4 Sigma	6.210
3 Sigma	66.810
2 Sigma	308.700
1 Sigma	697.700



Esta herramienta se utilizó con el propósito de medir y evaluar la calidad del proceso y el desempeño que se tiene al momento de reparar un sistema de inyección diésel electrónico, por medio del Six Sigma, que permite ponderar el nivel de defectos que se presentan al momento de prestar el servicio de reparación, por medio de indicadores como: DPU, DPO, DPMO y el nivel Sigma (ZLt). Logrando así, identificar oportunidades de mejora y establecer medidas para aumentar la eficiencia del proceso.

El análisis arrojó un DPMO de 15.385 y un nivel Sigma de 3,66, lo que equivale a una eficiencia del 98,5 % en la reparación de inyectores. Esto significa que, por cada millón de oportunidades, se presentarían aproximadamente 15.385 defectos, indicando un proceso con buen control de calidad, aunque con posibilidad de optimizarse.

Adicionalmente se incluyeron indicadores durante el proceso de *Medir* con el propósito de interpretar el diagnóstico situacional del área de reparación y controlar el desempeño del proceso. Inicialmente tomamos los datos del tiempo disponible de la máquina “banco de prueba de inyectores diésel electrónicos”, también el tiempo productivo, la capacidad de prestación de servicios que la empresa puede ofrecer y el estado actual de la prestación de servicios que se alcanzan, así como también los inyectores buenos, que no presentan garantía y los inyectores defectuosos que presentan garantía. Todos estos datos se recopilaron con el fin de utilizar una metodología descrita en el marco de referencias como la Eficacia General del Equipo (OEE), para evaluar la eficiencia operativa del proceso y tener en cuenta los parámetros más relevantes que intervienen en el proceso

Tabla 1. Datos generales del proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos de la empresa Diésel Solutions.

Variable	Descripción	Valor
Tiempo disponible semanal	8 h/día × 5 días	40 horas
Tiempo productivo semanal	5 h 30 min × 5 días	27,5 horas
Capacidad esperada	6 juegos × 5 días	30 juegos
Producción real	4 juegos × 5 días	20 juegos
Inyectores buenos (sin garantía)	—	10 juegos
Inyectores defectuosos o que presentaron garantía.	—	10 juegos

Estos datos se toman antes de la implementación de las mejoras y se formulan como parte del diagnóstico situacional del área, adicionalmente se emplean en el AS IS para demostrar si las mejoras funcionaron posteriormente.

Ecuación 1. Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Productivo}}{\text{Tiempo Disponible}}$$

Ecuación 2. Disponibilidad Calculada

$$\text{Disponibilidad} = \frac{27.5}{40} = 0.6875 \rightarrow \mathbf{68.75\%}$$

Ecuación 3. Rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Produccion Real}}{\text{Capacidad Productiva}}$$

Ecuación 4. Rendimiento Calculado

$$\text{Rendimiento} = \frac{20}{30} = 0.6667 \rightarrow \mathbf{66.67\%}$$

Ecuación 5. Calidad

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Unidades Buenas}}{\text{Total Reparadas}}$$

Ecuación 6. Calidad Calculada

$$\text{Calidad} = \frac{10}{20} = 0.5 \rightarrow \mathbf{50\%}$$

Eficacia General del Equipo (OEE) Total: Disponibilidad X Rendimiento X Calidad

Ecuación 7. OEE

$$\text{OEE} = 0.6875 \times 0.6667 \times 0.5 = 0.229 \rightarrow \mathbf{22.9\%}$$

Tasa de Garantías: Porcentaje de unidades con garantía sobre total reparadas

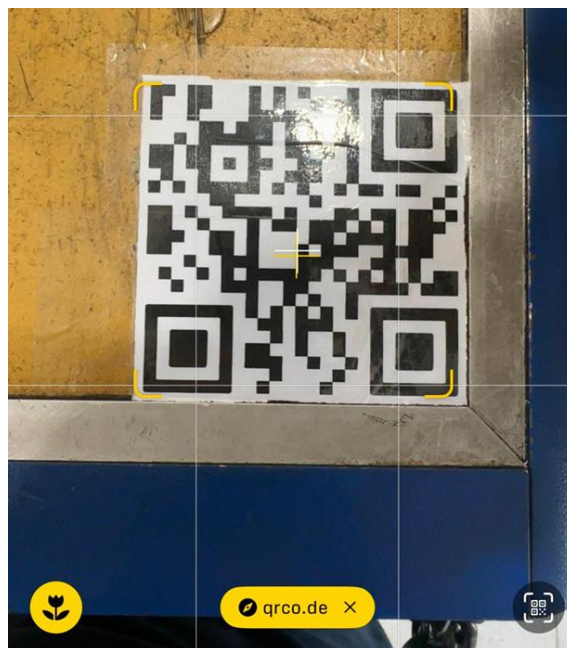
Ecuación 8. *Tasa de Garantía*

$$Tasa\ de\ Garantía = \frac{10}{20} \times 100 = 50\%$$

En resumen, existen pérdidas de tiempo en el indicador de disponibilidad por pausas, mantenimientos, retrasos o esperas que afectan la disposición de la máquina. El indicador de rendimiento refleja que la producción se encuentra por debajo del 70% de la meta esperada que sería la reparación de 6 juegos de inyectores cada uno con 4 inyectores para reparar diariamente, en consecuencia, la mitad de los inyectores reparados requieren garantía, siendo esto un indicador alarmante de la calidad del servicio y finalmente el OEE nos demuestra un nivel bajo de eficiencia y una oportunidad significativa de mejora. Por otro lado, la alta tendencia a las garantías esta impactando directamente en la productividad del área de reparación.

Adicionalmente se diseñó una encuesta de satisfacción para conocer la percepción de los clientes frente a la prestación del servicio de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos.

Figura 11. *Código Qr de la encuesta de satisfacción*



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Los resultados evidenciaron un OEE del 85,4 %, un nivel sigma de 3,66 y una eficiencia promedio estable, aunque con variaciones en la disponibilidad y el rendimiento. Estos indicadores permitieron identificar las causas críticas que afectaban la productividad, especialmente en las etapas de calibración y prueba final, proporcionando una base cuantitativa para orientar las acciones de mejora en las fases posteriores del proyecto.

1.3. Analizar

Reconocer las causas del problema en cuestión. Este paso consiste en utilizar distintas herramientas que permitan entender por qué se comporta el sistema de esa manera. (Echeverría, 2020)

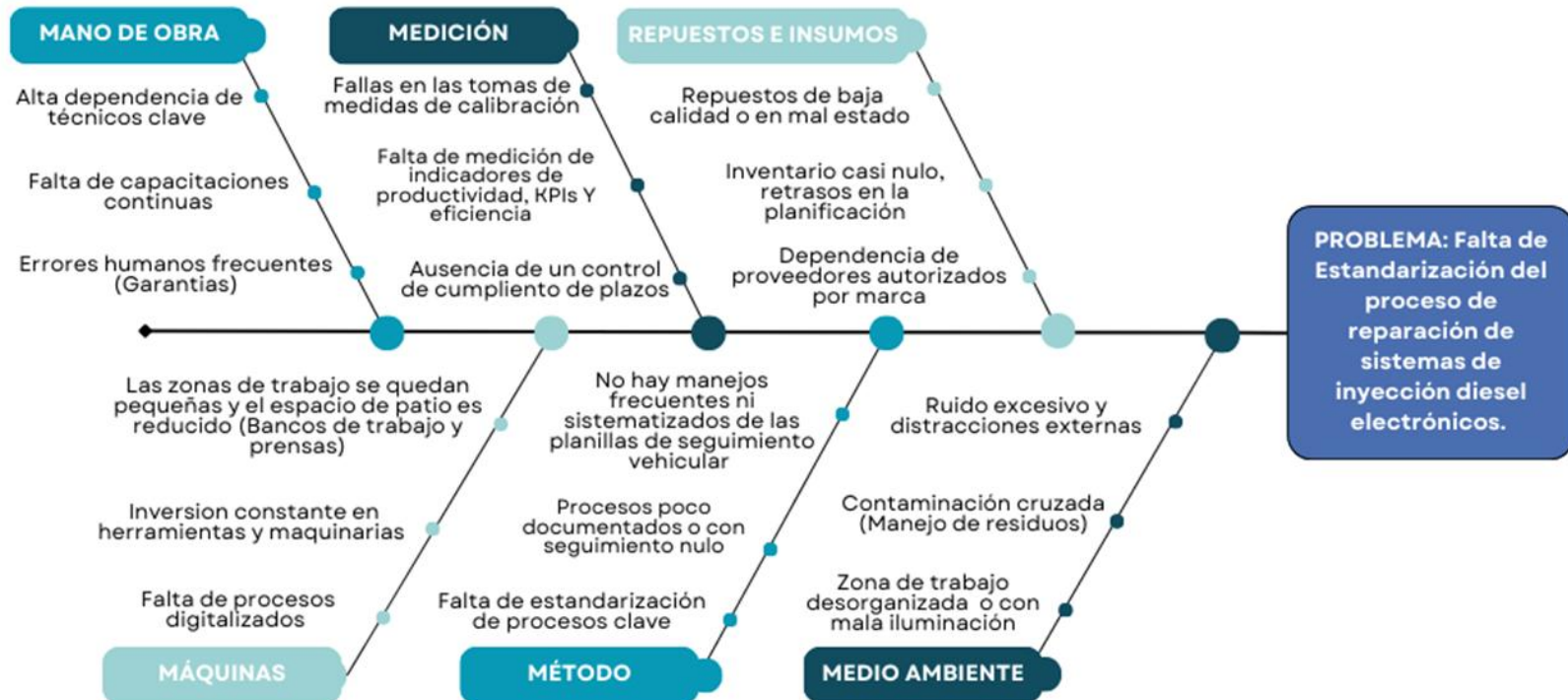
En la fase Analizar se aplicaron herramientas de análisis situacional para identificar las principales causas que impactaban la eficiencia y la calidad del proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos. A través del diagrama de Ishikawa, se agruparon los factores según las categorías de método, mano de obra, maquinaria, materiales, medición y medio ambiente. Posteriormente, mediante el análisis de Pareto, se organizaron de mayor a menor las causas encontradas.

En consecuencia, las demoras en tiempo y el desconocimiento en los insumos genera una pérdida de recursos, frente a estas problemáticas se optó por diseñar un análisis de Ishikawa con el fin de determinar las diferentes causas que hay en el proceso de la posible estandarización del proceso de reparación de sistemas de inyección diesel electrónicos. Para recopilar y expresar las causas del problema en cuestión, de una forma más clara y gráfica, se empleó un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado o causa y efecto, que tiene como propósito darle una estructura visual a las ideas, las cuales se ubican de cierta manera en la que se tenga un orden lógico de visualizar las causas que confluyen en el problema. Cada una de las distintas ramas se componen de subcategorías que conforman la causa principal de la que hacen parte y se juntan en una columna central y común que termina en el problema.(Peñalosa Pinzón, 2022)

Figura 12. Diagrama de Ishikawa

Resolución de problemas

Diagrama de Ishikawa



Conforme al anterior diagrama de presentan las principales causas que presenta la falta de estandarización de los procesos de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos en el laboratorio diésel Solution, a través de las diferentes categorías que se manejaron. Este diagrama permite establecer una base solidad para la implementación de diferentes herramientas Lean para mejorar la productividad, eficiencia y calidad del proceso lo que permitió evidenciar que las principales dificultades se concentraban en la falta de estandarización de tareas, la disposición inadecuada del área de trabajo y la ausencia de formatos de control

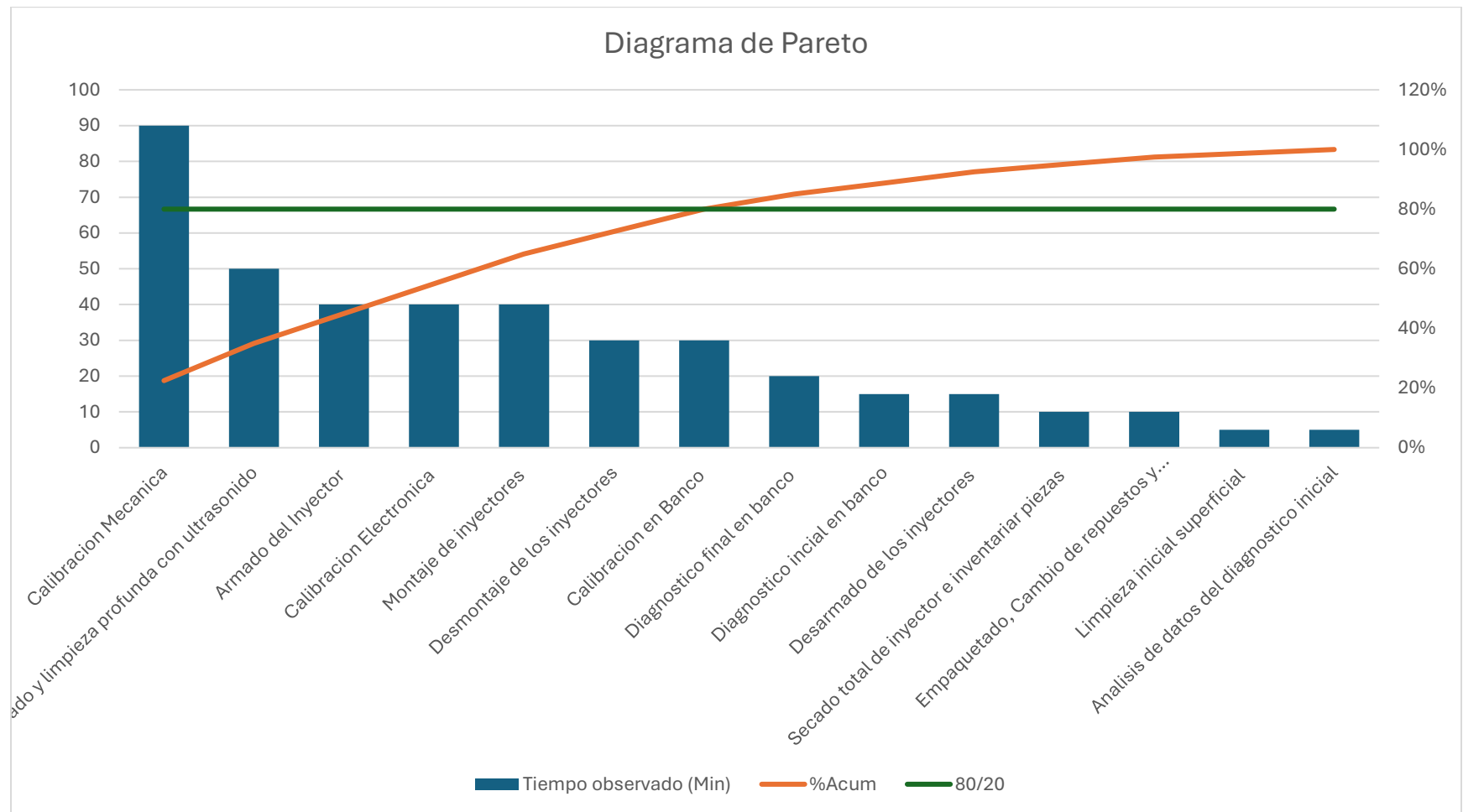
Por otro lado, se realizó un diagrama de Pareto señalando inicialmente los 14 pasos que se llevan a cabo en la fase de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos, posteriormente se determinó un tiempo promedio para cada una de las etapas que conlleva el proceso y se nombró como tiempo observado, dándonos como resultado un procedimiento que dura 6 horas y 40 min, demostrando que un pequeño grupo de factores principalmente el desorden en la zona de lavado, las esperas entre etapas y la dependencia de un solo técnico especializado representaban el mayor impacto sobre la productividad. Estos resultados proporcionaron una visión clara de las prioridades de intervención y sirvieron como base para diseñar las estrategias de mejora implementadas en la siguiente fase del proyecto.

Tabla 2. *Gráfico de Pareto (Datos)*

Nº	Actividad / Operación	Tiempo observado (Min)	%Acum	%Ind	80/20
1	Calibracion Mecanica	90	23%	23%	80%
2	Lavado y limpieza profunda con ultrasonido	50	35%	13%	80%
3	Armado del Inyector	40	45%	10%	80%
4	Calibracion Electronica	40	55%	10%	80%
5	Montaje de inyectores	40	65%	10%	80%
6	Desmontaje de los inyectores	30	73%	8%	80%
7	Calibracion en Banco	30	80%	8%	80%
8	Diagnostico final en banco	20	85%	5%	80%
9	Diagnostico inicial en banco	15	89%	4%	80%
10	Desarmado de los inyectores	15	93%	4%	80%
11	Secado total de inyector e inventariar piezas	10	95%	3%	80%
12	Empaquetado, Cambio de repuestos y mantenimiento de repuestos	10	98%	3%	80%
13	Limpieza inicial superficial	5	99%	1%	80%
14	Analisis de datos del diagnostico inicial	5	100%	1%	80%
Tiempo Total en minutos		400			
Tiempo total		6 horas y 40 min			
Tiempo Estandar (15% suplementario)		460 min 7 horas y 40 min			

Sin embargo, se tomó un tiempo estándar adicional o tiempo de tolerancia, ya que, en el desarrollo de esta fase se presentan diferentes factores como necesidades personales, fatiga, interrupciones por consultas de clientes o demoras inevitables.

Figura 13. Diagrama de Pareto



Como diagnóstico del diagrama de Pareto podemos concluir que la mayor concentración de tiempo del proceso de relación de sistemas de inyección diésel electrónicos se centra en 3 actividades: calibración mecánica, lavado y armado del inyector, las cuales representa el 80% del tiempo total observado. Esto indica que estas etapas influyen enormemente en la duración total del servicio y por lo tanto concentra las mayores oportunidades de mejora.

1.4. Implementar

En la fase de implementar, se sugieren numerosas alternativas que tienen el potencial de abordar los problemas fundamentales identificados en la etapa anterior. Su objetivo es evaluar los efectos de ciertas alternativas mediante la utilización de un modelo de simulación. (Citelly, 2020)

Durante la fase Implementar se desarrollaron acciones orientadas a optimizar la eficiencia del proceso de reparación mediante la aplicación de herramientas propias del Lean Manufacturing, tales como 5S, estudio de tiempos y movimientos y tablero Kanban.

Inicialmente en la fase *Implementar*, se desarrollo el estudio de tiempos y movimientos para por medio de un formato de elaboración propia que se denominó “Formato – Hoja de Captura de tiempos y movimientos”, esta herramienta se utilizo para medir el proceso de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos desde el desmontaje del sistema en el vehículo, hasta el montaje de los inyectores.

Tabla 3. Estudio de Tiempos y movimientos

Formato – Hoja de Captura de Tiempos y Movimientos						
Proceso: Reparación de sistema de inyección diésel electrónicos						
Operario: DANIEL HERRERA						
Fecha: 20/09/2025						
Observador: JAIDER HERRERA						
Nº	Actividad / Operación	Tiempo observado	(Min)	Nº Repeticiones	Tiempo promedio (Min)	Observaciones de movimientos innecesarios
1	Desmontaje de los inyectores	30	min	4	7,5	En ocasiones toca buscar herramientas especiales que no se encuentran en el kit de reparación y hay desplazamientos variados para buscar las herramientas.
2	Limpieza inicial superficial	5	min	4	1,25	Hay un amplio desplazamiento desde la zona de patio hasta la zona de lavado (Alrededor de 16 mts de desplazamiento) y hay varios obstáculos en el camino.
3	Diagnostico inicial en banco	15	min	4	3,75	En ocasiones el banco de prueba se encuentra con adaptaciones que debieron ser corregidas al momento de dejar de usar la maquina
4	Analisis de datos del diagnostico inicial	5	min	4	1,25	Hay un registro fotografico que en ocasiones puede fallar por falta de internet, almacenamiento o resolucio.n.
5	Desarmado de los inyectores	15	min	4	3,75	Piezas pequeñas dispersas en la mesa de trabajo, se incrementan las posibilidades de la pérdida de elementos propios de los inyectores
6	Lavado y limpieza profunda y con ultrasonido	50	min	4	12,5	Amplio margen de desplazamiento desde la mesa de trabajo hasta la zona de lavado
7	Secado total de inyector e inventariar piezas	10	min	4	2,5	Hay un inventariado manual uno por uno de las partes del inyector.
8	Empaquetado, Cambio de repuestos y mantenimiento de repuestos	10	min	4	2,5	Traslado de almacen o bodega por falta de repuestos en la zona de reparacion.
9	Armado del Inyector	40	min	4	10	Herramientas dispersas y falta de categorizacion o rotulacion de las mismas
10	Calibracion Mecanica	90	min	4	22,5	Operación mas larga, muchas pruebas de ensayo y error, no hay un estandar en las piezas de ajuste.
11	Calibracion Electronica	40	min	4	10	Cables, herramientas e insumos dispersos en el area y fuera de ella
12	Calibracion en Banco	30	min	4	7,5	Carro movable con herramienta desorganizada y grasosa
13	Diagnostico final en banco	20	min	4	5	No hay un factor fijo aprobacion de medidas o datos de calibracion
14	Montaje de inyectores	40	min	4	10	Busqueda de piezas finales, perdida de piezas al momento de armar. No hay una rotulacion definida.
Tiempo parcial en minutos		400				
Tiempo total		6 horas y 40 min				
Tiempo Estandar (15% suplementario)		460 min 7 horas y 40 min				

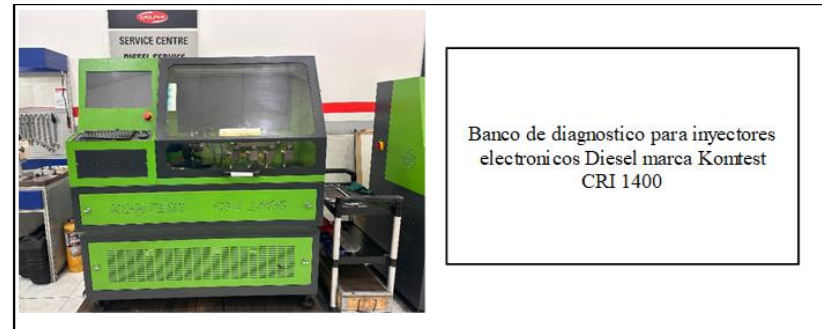
El estudio de tiempos y movimientos permitió identificar actividades que no generaban valor y ajustar la secuencia operativa, eliminando desplazamientos innecesarios y equilibrando las cargas de trabajo entre los técnicos. El estudio determinó que la etapa de calibración mecánica es donde se presenta mayor impacto en el tiempo total y el área de lavado de inyectores representa una gran distancia y un tiempo de espera bastante grande por su ejecución por ciclos. Hay varios desplazamientos extensos por ejemplo desde la zona de mesa de trabajo, hasta la zona de lavado que puede provocar pérdida de elementos, fatiga o retrasos en el proceso.

Posteriormente se aplicó la metodología 5S con el fin de mejorar en cuanto al orden y aseo, por medio de esta herramienta se busca optimizar el espacio de trabajo, reducir tiempos y movimientos, mejorar la seguridad de los operarios y aumentar la productividad

Figura 14. Metodología 5S Área Banco de pruebas

Checklist rápido 5S – Área de reparación

Área observada: Banco de Pruebas
 Fecha: 20/09/2025
 Responsable: Daniel Herrera

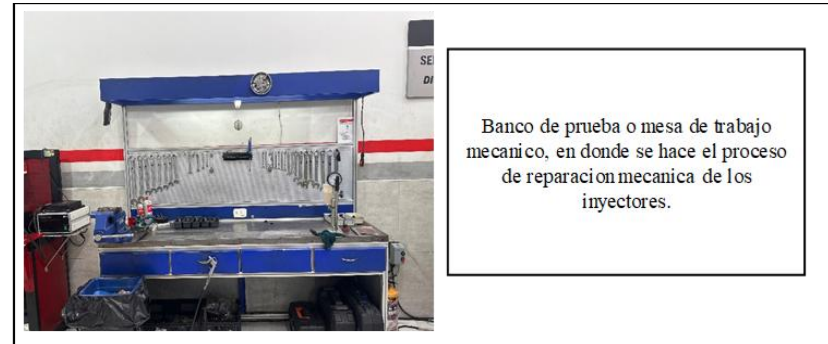


Principio 5S	Estado actual (Sí / No / Parcial)	Observaciones	Propuesta rápida de mejora
Seiri (Clasificar) – Solo lo necesario en el área	Se cumple parcialmente	Se tiene una especie de mesa de trabajo movable y funcional para colocar herramientas para el uso de la maquina "Banco de pruebas" como por ejemplo llaves de ajuste milimetricas y de pulgada, asi como tambien acoples y adaptadores para probar diferentes referencias de inyectores. Sin embargo no hay una rotulacion general.	Separar y rotular piezas útiles/no útiles
Seiton (Ordenar) – Todo tiene un lugar definido	Se cumple parcialmente	No se logra identificar con facilidad que adaptadores, acoples o ajustadores corresponden a cada sistema de inyeccion	Usar gavetas o compartimentos rotulados para identificar los posibles usos
Seiso (Limpiar) – Área libre de suciedad y grasa	Se cumple parcialmente	La maquina se expone a altos niveles de suciedad a diario	Rutina diaria de limpieza al cierre
Seiketsu (Estandarizar) – Procedimientos visibles	No se cumple	No hay un procedimiento estandar para medir y evaluar las condiciones anteriores y posteriores al uso de la maquina	Crear formato estándar de cierre de turno
Shitsuke (Disciplina) – Hábitos sostenidos	No se cumple	Los mantenimientos a la maquinaria son esporadicos sin un control fijo de fechas o procedimientos establecidos	Revisión semanal por supervisor

Figura 15. Metodología 5S Área Banco de Trabajo

Checklist rápido 5S – Área de reparación

Área observada: Banco de trabajo
 Fecha: 20/09/2025
 Responsable: Jaider Herrera



Principio 5S	Estado actual (Sí / No / Parcial)	Observaciones	Propuesta rápida de mejora
Seiri (Clasificar) – Solo lo necesario en el área	Se cumple parcialmente	En la mesa de trabajo usualmente se encuentran insumos, herramientas, piezas, adaptadores o repuestos que no corresponden o como tal no generan valor a la cadena de reparación.	Separar y rotular piezas útiles/no útiles y determinar lugares apropiados para los objetos que no cumplen un rol fijo en la mesa de trabajo.
Seiton (Ordenar) – Todo tiene un lugar definido	Se cumple parcialmente	Se evidenció que hay herramientas que deben estar en la mesa de trabajo que al momento de realizar una operación de reparación no se encontraron con facilidad y su pérdida momentánea genera atrasos.	Marcar y rotular cada una de las herramientas en su espacio predeterminado.
Seiso (Limpiar) – Área libre de suciedad y grasa	Se cumple parcialmente	Al ser un área en donde convergen varios elementos como aceites, grasas, combustibles, entre otros. La limpieza no se hace a diario.	Rutina diaria de limpieza al cierre
Seiketsu (Estandarizar) – Procedimientos visibles	No se cumple	No hay un formato estandarizado para describir como tal el modelo de reparación que se debe seguir con los respectivos procedimientos	Crear un formato estandar de cumplimiento de procedimientos y un paso a paso del proceso de reparación.
Shitsuke (Disciplina) – Hábitos sostenidos	Se cumple parcialmente	Semanalmente hay un aseo general que conlleva a limpiar y organizar el área de trabajo, que en ocasiones se puede omitir.	Revisión semanal por supervisor

Figura 16. Metodología 5S Área de Lavado

Checklist rápido 5S – Área de reparación

Área observada: Area de Lavado
 Fecha: 20/09/2025
 Responsable: Jaider Herrera

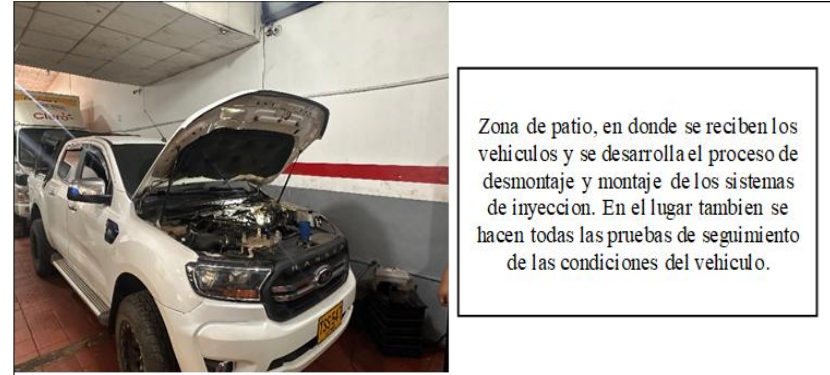


Principio 5S	Estado actual (Sí / No / Parcial)	Observaciones	Propuesta rápida de mejora
Seiri (Clasificar) – Solo lo necesario en el área	Se cumple parcialmente	Hay herramientas que no se encuentran al momento de desarrollar el proceso de limpieza	Rotular y determinar lugares fijos para herramientas indispensables en el proceso de lavado y limpieza.
Seiton (Ordenar) – Todo tiene un lugar definido	Se cumple parcialmente	No hay un lugar fijo para conservar todos los elementos necesarios en el proceso.	Rotular gavetas y determinar lugares fijos para conservar las herramientas necesarias en el proceso.
Seiso (Limpiar) – Área libre de suciedad y grasa	Se cumple parcialmente	Es una zona en constante suciedad, en especial la maquina de ultrasonido que no cuenta con un mantenimiento predeterminando	Diseñar un formato de mantenimientos periodicos y limpieza de la maquina de ultrasonido.
Seiketsu (Estandarizar) – Procedimientos visibles	No se cumple	No hay un formato definido para señalar el paso a paso del procedimiento de limpieza y lavado	Diseñar un formato estandar de limpieza y lavado.
Shitsuke (Disciplina) – Hábitos sostenidos	No se cumple	No hay un control establecido sobre el area de lavado, tampoco un control acerca del procedimiento y no se tiene establecido un paso a paso estandarizado.	Determinar que formatos se utilizaran en la estandarizacion del proceso y generar una supervision semanal del mismo.

Figura 17. Metodología 5S Área de Patio

Checklist rápido 5S – Área de reparación

Área observada: Area de Patio
 Fecha: 20/09/2025
 Responsable: Jaidier Herrera



Principio 5S	Estado actual (Sí / No / Parcial)	Observaciones	Propuesta rápida de mejora
Seiri (Clasificar) – Solo lo necesario en el área	No se cumple	Hay herramientas, repuestos y residuos mezclados en el área donde se estacionan los vehículos.	Retirar materiales que no correspondan al patio y señalar zonas de almacenamiento temporal.
Seiton (Ordenar) – Todo tiene un lugar definido	No se cumple en su totalidad.	No hay demarcación clara de espacios para vehículos, equipos y repuestos.	Pintar líneas de parqueo y zonas delimitadas de tránsito peatonal.
Seiso (Limpiar) – Área libre de suciedad y grasa	Se cumple parcialmente	Presencia de manchas de aceite y restos de suciedad en el piso.	Implementar rutina de limpieza con productos absorbentes y detergentes especializados.
Seike tsu (Estandarizar) – Procedimientos visibles	No se cumple	No hay instructivo de cómo debe mantenerse el área despejada y segura.	Crear reglamento visual con pictogramas en el área.
Shitsuke (Disciplina) – Hábitos sostenidos	No se cumple	Algunos trabajadores no respetan las zonas asignadas para parqueo o almacenamiento.	Supervisión periódica y retroalimentación en reuniones de equipo.

Figura 18. Metodología 5S Área de Calibración Electrónica

Checklist rápido 5S – Área de reparación

Área observada: Área de Calibración Electrónica
 Fecha: 20/09/2025
 Responsable: Jaider Herrera



Principio 5S	Estado actual (Sí / No / Parcial)	Observaciones	Propuesta rápida de mejora
Seiri (Clasificar) – Solo lo necesario en el área	No se cumple	Se encuentran cables, tarjetas electrónicas y equipos de medición mezclados sin distinción de uso actual o desuso.	Separar componentes útiles y obsoletos, rotular con fecha de última calibración.
Seiton (Ordenar) – Todo tiene un lugar definido	Se cumple parcialmente	Los equipos de diagnóstico y multímetros no tienen un espacio fijo, se dejan sobre cualquier mesa.	Implementar tablero o estantería con señalización para cada equipo.
Seiso (Limpiar) – Área libre de suciedad y grasa	No se cumple	El área presenta polvo y restos de empaques electrónicos que afectan la limpieza y pueden dañar los equipos.	Establecer limpieza diaria con productos adecuados para equipos electrónicos.
Seiketsu (Estandarizar) – Procedimientos visibles	No se cumple	No existe formato que indique la frecuencia de calibración de equipos electrónicos.	Crear hoja estándar de control de calibraciones.
Shitsuke (Disciplina) – Hábitos sostenidos	Se cumple parcialmente	No todos los técnicos siguen el mismo método para la conexión de los equipos.	Capacitar al personal en buenas prácticas y verificar semanalmente su cumplimiento.

La metodología 5S permitió reorganizar el área técnica del laboratorio, estableciendo condiciones de orden, limpieza y clasificación que facilitaron el flujo de trabajo y redujeron las demoras por búsqueda de herramientas o componentes. Por su parte, la implementación del tablero Kanban fortaleció el control visual de las actividades, mejoró la comunicación interna y permitió gestionar de forma más efectiva la programación de los servicios. En conjunto, estas estrategias lograron una reducción del 31,6 % en el tiempo total de reparación, un mejor aprovechamiento del espacio de trabajo y una mayor trazabilidad en cada etapa del proceso.

TO BE

Luego de la aplicación de las estrategias de Lean Manufacturing Y Six Sigma en el Laboratorio Diesel Solution, se realizó la distribución espacial final del área de reparación con el objetivo de lograr un flujo de trabajo ordenado. La nueva disposición se basó en los principios de 5S, priorizando la organización y la limpieza de espacios para cada etapa del proceso técnico.

Figura 19. Zona de reparación antes (AS IS)



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Figura 20. Zona de reparación después (TO BE)



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

En la distribución espacial final, las estaciones de trabajo fueron organizadas de forma lineal y secuencial, siguiendo la ruta lógica del proceso: recepción, diagnóstico, reparación, calibración, prueba y entrega. Se implementó una señalización con demarcaciones de color azul en el piso, que define claramente las áreas de tránsito, zonas de operación y ubicación de equipos, reduciendo interferencias y desplazamientos innecesarios.

Los bancos de prueba Komtest CRI1400 y UNITest 4000 fueron reubicados para optimizar la conexión eléctrica y de aire, garantizando mayor accesibilidad y seguridad durante las pruebas de calibración. Adicionalmente, las herramientas y materiales se agruparon por tipo y frecuencia de uso, colocándolos en gabinetes y paneles visuales etiquetados, lo que facilita su localización inmediata y contribuye a mantener el orden en todo momento.

Figura 21. Zona de bancos de pruebas



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

El resultado final de la implementación muestra un entorno limpio, higienico y visualmente controlado, que cumple con los criterios de higiene, flujo continuo y seguridad industrial. Esta disposición permite una mejor coordinación entre los técnicos, reduce los tiempos muertos y mejora la trazabilidad de cada servicio. En conjunto, el nuevo diseño del área representa un avance significativo en la eficiencia operativa y la cultura de mejora continua del laboratorio, asegurando la sostenibilidad de los resultados obtenidos en el proceso de optimización.

También se implementó un sistema de rotulación e identificación visual de las herramientas en el área técnica del Laboratorio Diesel Solution, con el propósito de optimizar la organización, reducir pérdidas de tiempo y garantizar un control eficiente de los recursos.

1.4.1 Rotulación de herramienta

Antes de la intervención, las herramientas se encontraban distribuidas sin un orden definido, con ausencia de marcación o registro visual que permitiera identificar su ubicación o responsable. Esta situación generaba demoras en el inicio de las tareas, duplicidad de elementos y desorden en las estaciones de trabajo, afectando la productividad y la fluidez del proceso.

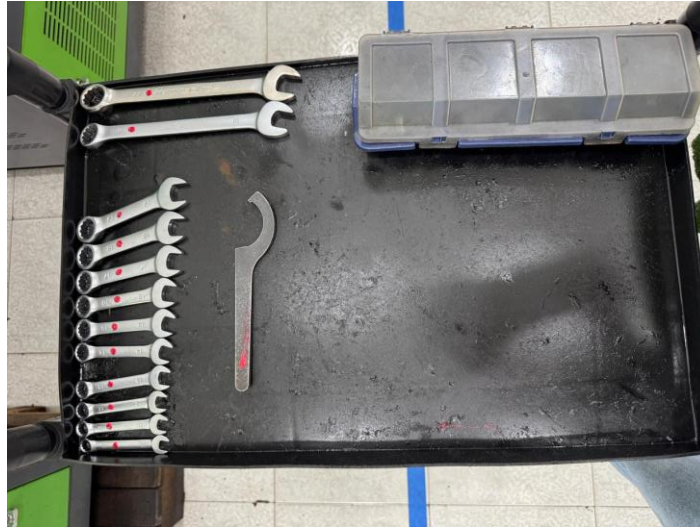
Figura 22. Mesa de trabajo antes sin rotulado (AS)



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Tras la implementación del nuevo sistema, cada herramienta fue rotulada con puntos de color que identifican su área de uso y técnico responsable, facilitando la trazabilidad y el control diario. Se incorporaron paneles perforados con siluetas de referencia, gabinetes organizadores y carros de herramientas estructurados según la frecuencia de uso. Esta codificación por colores, además de mejorar la estética del espacio, permitió detectar fácilmente la ausencia de elementos y agilizar su devolución al finalizar cada jornada.

Figura 23. Herramienta rotulada después (TO BE)



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

El nuevo esquema de control visual fortaleció el orden, la estandarización y la responsabilidad individual, reduciendo significativamente los tiempos de búsqueda y mejorando la eficiencia en la preparación y ejecución de las labores técnicas. De esta forma, la rotulación de herramientas se consolidó como una práctica sostenible dentro del programa 5S, contribuyendo al mantenimiento del nuevo estándar alcanzado y al compromiso del laboratorio con la mejora continua.

1.4.2 Tablero Kanban

Se incorporó un tablero Kanban como herramienta de control visual para gestionar de manera eficiente las actividades diarias del proceso de reparación. El tablero fue diseñado con columnas que representan los estados de las tareas (pendiente, en proceso y finalizado), permitiendo visualizar el avance de cada orden de trabajo y asignar responsabilidades de forma clara a los técnicos. Asimismo, se integraron post it que distinguen los tipos de servicio (Inyectores o Vehículo), lo que facilita la priorización de actividades y evita acumulación de trabajo en determinadas etapas. Su implementación mejoró significativamente la comunicación interna, redujo los tiempos de espera entre operaciones y fortaleció la coordinación del equipo técnico,

contribuyendo al flujo continuo del proceso y a la estandarización de las rutinas operativas dentro del laboratorio.

Figura 24. Implementación de tablero Kanban



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Algunas de las mejoras que se implementaron gracias a la aplicación de diferentes herramientas Lean que diagnosticaron el estado del área de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos fueron:

1.5. Controlar

En la fase Controlar se reunieron las acciones necesarias para mantener el control de las mejoras alcanzadas en el proceso de reparación de inyectores diésel electrónicos. Se elaboró un análisis comparativo AS IS / TO BE de la zona de lavado, donde se evidenció la transformación del espacio: pasó de un espacio desorganizado, con herramientas dispersas y acumulación de residuos, a un área limpia, delimitada y con disposición visual de elementos según el método 5S, facilitando el acceso y reduciendo tiempos improductivos.

Área de lavado: Debido a que esta área representaba una gran distancia para los colaboradores, como que también mantenía en condiciones desfavorables de aseo y mantenimiento, también contaba con funciones muy manuales como lavar los inyectores por medio de vasijas, se optó por cambiar la zona de lavado.

Figura 25. *Área de lavado antes (AS IS)*



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

Figura 26. *Área de lavado después (TO BE)*

Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio


Se optó por adecuar un baño cerca de la mesa de trabajo a unos 5 metros aproximadamente y se colocó un lavadero portátil con un sistema de llave a chorro movable y funcional, cambio que redujo las distancias de desplazamientos de la antigua zona de lavado desde la mesa de trabajo a la nueva zona de lavado desde la mesa de trabajo y con un sistema de lavado más moderno y eficiente.

Para garantizar la trazabilidad del mantenimiento de los equipos, se diseñaron formatos de lista de chequeo para los bancos de prueba, donde se registran las rutinas de verificación, calibración y limpieza, asegurando la operatividad continua y la detección temprana de fallas. Asimismo, se implementaron formatos de control de limpieza y mantenimiento, con frecuencias

asignadas y responsables definidos, que permiten monitorear las condiciones de orden y aseo en cada estación de trabajo.

Bancos de prueba: Con el objetivo de ampliar el tiempo de disponibilidad de los bancos y cuidar por medio de mantenimientos preventivos se realizaron unos formatos de control de limpieza y mantenimiento que se llevaran de forma mensual y a su vez una lista de chequeo o paso a paso que se debe seguir para realizar los correspondientes mantenimientos.

Figura 27. Formato de lista de chequeo



LABORATORIO DIESEL SOLUTIONS
 NIT: 1.122.139.997
 Cel: 3143510720
 Correo: danielfel08@hotmail.com

Formato Lista de chequeo para el Registro de control de limpieza y mantenimiento

LISTA DE CHEQUEO PARA EL REGISTRO DE CONTROL DE LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LOS BANCOS DE PRUEBA DIESEL.

Nº	Actividad / Paso	Descripción del procedimiento	Cumple (✓ / X)	Observaciones
1	Desconexión del banco	Verificar que el banco esté apagado y desconectado de la fuente de poder.		
2	Drenaje de combustible	Retirar el diésel viejo del tanque con bomba o recipiente autorizado.		
3	Limpieza del tanque	Lavar internamente el tanque con diésel limpio y paño sin pelusa.		
4	Verificación de mangueras y uniones	Inspeccionar que no haya fugas ni fisuras en las líneas de combustible.		
5	Limpieza de filtros	Extraer y limpiar los filtros de entrada y retorno de diésel.		
6	Limpieza de conectores eléctricos	Aplicar limpiador dieléctrico y revisar estado de los pines.		
7	Limpieza externa del banco	Usar trapo húmedo y producto neutro; no aplicar directamente sobre panel.		
8	Revisión del sistema hidráulico	Verificar nivel de aceite hidráulico y posibles fugas.		
9	Abastecimiento de diésel limpio	Llenar tanque con diésel nuevo y verificar nivel.		
10	Prueba de encendido	Encender banco, revisar funcionamiento general y posibles fugas.		
11	Registro de horas de trabajo semanal	Registrar total de horas trabajadas por el banco durante la semana.		

LABORATORIO DIESEL SOLUTIONS
 NIT: 1.122.139.997
 Cel: 3143510720
 Correo: danielfel08@hotmail.com

permitiendo verificar el avance de cada orden de servicio, asignar prioridades y mantener el flujo de trabajo sin interrupciones. Este conjunto de mecanismos de control garantiza la sostenibilidad de los resultados obtenidos y promueve una cultura de responsabilidad y mejora continua en el Laboratorio Diesel Solution.

Figura 31. Tablero Kanban



Nota. Fotografía tomada por dispositivo propio

El tablero Kanban se consolidó como una herramienta esencial para el seguimiento y sostenimiento de las mejoras implementadas. Su uso diario permite supervisar el cumplimiento de las tareas, gracias a su carácter visual el tablero facilita la detección inmediata de retrasos o desviaciones, promoviendo la comunicación efectiva entre los técnicos y el control permanente de las actividades. De esta manera, el Kanban se convirtió en un mecanismo de control operativo que asegura la estabilidad del proceso, refuerza la disciplina organizacional y garantiza la sostenibilidad de la mejora continua en el Laboratorio Diesel Solution.

En esta etapa se establecieron los mecanismos necesarios para mantener la sostenibilidad de las mejoras implementadas en el estudio de caso. Se diseñaron formatos de lista de chequeo para el mantenimiento de los bancos de prueba y registros de limpieza y control del área técnica, que aseguran la trazabilidad y el cumplimiento de las rutinas operativas. Asimismo, el tablero

Kanban se consolidó como herramienta de seguimiento visual, permitiendo controlar el avance de las órdenes de trabajo, verificar el cumplimiento de tareas y mantener la comunicación entre los técnicos. En conjunto, estas acciones garantizan la estabilidad del proceso, la continuidad del flujo operativo y la preservación del nuevo estándar de organización alcanzado en el Laboratorio Diesel Solution.

Lecciones y recomendaciones

El desarrollo de este proyecto Estudio de caso acerca de la estandarización de los procesos de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos en un laboratorio diésel, utilizando la metodología Lean Manufacturing y Lean Six Sigma, permitió obtener aprendizajes significativos sobre la aplicación práctica de la metodología Lean Six Sigma y Lean Manufacturing en un entorno real de un laboratorio diésel. A través de la implementación de herramientas como 5S, Kanban, el estudio de tiempos y movimientos y los indicadores de desempeño (OEE y nivel sigma), se comprobó la importancia de la medición, la estandarización y el control visual como pilares para alcanzar la eficiencia operativa. Una de las principales lecciones aprendidas fue que la aplicación estructurada de las herramientas utilizadas en las fases de Definir, Medir y Analizar resulta determinante para comprender y mejorar un proceso. El uso del DOFA, el diagrama Swimlane y la matriz ILUO permitió identificar con claridad las debilidades y cuellos de botella del laboratorio. De igual forma, los cálculos del OEE, el nivel sigma y el análisis de tiempos brindaron una base objetiva para medir el desempeño real del proceso. Finalmente, el diagrama de Ishikawa y el análisis de Pareto facilitaron la identificación de las causas críticas que afectaban la productividad, orientando las decisiones de mejora y priorizando las acciones con mayor impacto.

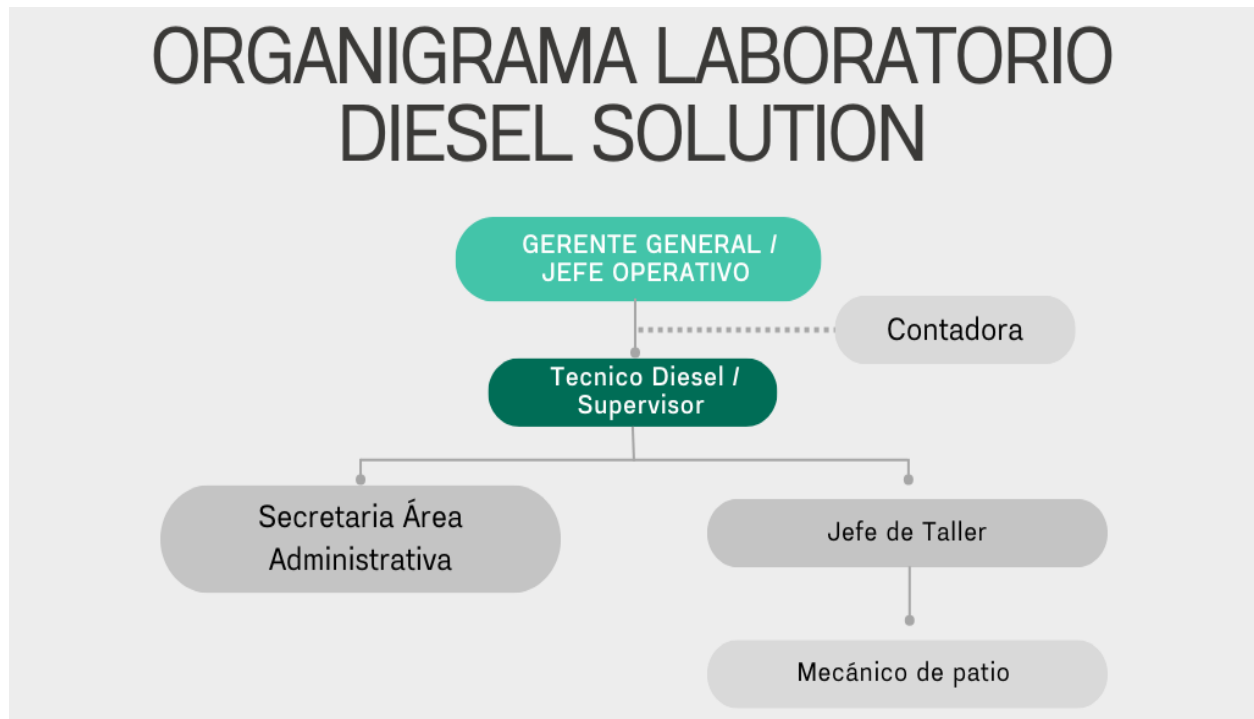
Como recomendaciones, se sugiere fortalecer la capacitación continua del personal técnico en temas de calidad y mejora de procesos, con el fin de mantener la cultura de orden y disciplina implementada. También es importante integrar los indicadores de desempeño a un tablero digital o sistema de registro automatizado, que permita el seguimiento en tiempo real de la eficiencia y de las tasas de garantía. En futuras intervenciones, sería conveniente ampliar el alcance del análisis a otras áreas del laboratorio, como análisis de la zona administrativa o la reparación de otros sistemas de inyección diésel como bombas de alta presión, rieles o incluso inyectores diésel tipo pesado, para replicar las mejoras obtenidas en el proceso de inyectores diésel electrónicos. Finalmente, se recomienda mantener el uso del tablero Kanban y los formatos de control como mecanismos de supervisión permanente, asegurando la sostenibilidad de los resultados y la consolidación del enfoque de mejora continua en el Laboratorio Diesel Solution.

Bibliografía

- Aguilera Avellaneda, A. C., & Castro Velandia, J. C. (2022). Evolve: Emprendimiento e innovación a la medida en el sector salud. [Tesis de Maestría, Universidad de La Sabana]. Repositorio Institucional <https://hdl.handle.net/10818/53198>
- Alreshidi, B. S., Rasheedi, M. H. M., Alrasheedy, A. Ha. H., Nidaa, S. A., Alreshidi, A. M., Alsudayri, H. A., Alreshidi, N. khidhran, Alrashidi, H. M., Almuthebry, A. M., & Alreshidi, T. A. K. (2024). Critical Analysis of Laboratory Automation and Its Role in Quality Assurance. *Journal of Ecohumanism*, 3(8), Article 8. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i8.5249>
- Ávila Fadul, C., Medina Barrera, N., Lizarazo Gutierrez, F. J., & Bermúdez Ramírez, J. F. (2025). *Herramienta para la planeación y gestión logística en el sector automotriz*. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/10554/69642>
- Benjumea Avalos, M. (2025). *Protocolo Integral para la optimización de Diseños Estructurales y procesos de Planificación en Earthgreen Colombia: Estandarización de procesos para la mejora de la Planificación y Ejecución de proyectos. Semestre de Industria*. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional <https://hdl.handle.net/10495/45307>
- Cajamarca, C., & Roberto, J. (2022). *Estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio técnico automotriz de inyección a diésel en el cantón Gualaceo, provincia del Azuay*. [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional
- Cardona Lara, A. F. (2023). *Diseño de manual de funciones para la empresa Taller Autowash Multiservicios S.A.S contribuyendo a sus indicadores de desempeño*. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional <https://hdl.handle.net/10495/36610>
- Ceballos Restrepo, R. A. (2021). *Mejora de productividad del taller de mecánica del Megataller Andar mediante el análisis de diferentes metodologías y propuesta de implementación de una de ellas*. [Trabajo de grado, Pontificia Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10495/19782>
- Citelly, J. F. G. (2020). *Disminución del tiempo de producción y mantenimiento de la productividad de la empresa luisa postres utilizando la metodología six sigma y el ciclo*

- DMAIC*. [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/1992/49437>
- Echeverría, J. D. (2020). *Nivel de pedidos perfectos de la empresa Pastas Comarrico S.A.S. en la ciudad de Barranquilla utilizando la metodología Seis Sigma*. [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/1992/51583>
- Frank, K. D. (2020). *Untersuchung von Diesel-Einspritzkonzepten unter Berücksichtigung von zukünftigen Anforderungen*. [Tesis Doctoral, Technische Universität Berlin]. Repositorio Institucional. <https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/11561>
- Krektunova, V., & Savchik, E. (2022). Improvement of the production laboratory on the basis of quality management and lean production tools. *CITISE*, 31(1). <https://doi.org/10.15350/2409-7616.2022.1.12>
- Londoño Villa, K. D. (2022). *Estandarización del proceso de producción de la empresa “Corporación Construcción Solidaria ESAL” para la obtención de bloques de concreto de mayor calidad* [Tesis de Grado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/10495/30863>
- Lotko, W. (2022). Computer-aided diagnostics of injection and combustion processes in engines equipped with Common Rail fuel injection. *Diagnostyka*, 23(4), 1-7. <https://doi.org/10.29354/diag/156388>
- Macías-Guzmán, M. A. (2021). *Propuesta de un modelo de gestión de inventarios para una empresa comercializadora de repuestos automotrices en la ciudad de Manta, Ecuador* [Tesis de Maestría, Universidad de La Sabana]. Repositorio Institucional Unisabana. <https://hdl.handle.net/10818/45307>
- Medina, J. P. V. (2022). *Reducción de los costos de producción en la empresa San Germain*. [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/1992/63830>
- Moreno-Carrillo, A., Muñoz, Ó., & Díaz Porta, R. M. (2023). *Aplicación de los principios Lean del sistema de producción Toyota para la mejora de los tiempos de atención del servicio de urgencias de un hospital de alta complejidad* [Tesis de Especialización, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10554/65336>
- O'Donnell, B., & Gupta, V. (2023). Continuous Quality Improvement. *StatPearls*. <https://www.statpearls.com/articlelibrary/viewarticle/84186/>

- Peláez Arroyave, G.J. (2023). *Incorporación de una herramienta plm mejorada en un modelo de gestión de la innovación para la generación de valor en proquinal s.a.s.* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/1992/68401>
- Peñalosa Pinzón, J. S. (2022). *Definición, análisis y mejoramiento de procesos de producción y logística realizados al interior de la empresa P&P Suministros Industriales SAS (Bogotá D.C. Colombia).* [Trabajo de grado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/1992/63995>
- Phatale, A. (2020). *An Essential Guide to Lean Production Tools and Techniques: Enhancing Efficiency and Quality in Manufacturing* (Global). 9(11). 1710-1715. <https://www.ijsr.net/getabstract.php?paperid=SR24314023042>
- Rojas Ruiz, S. (2021). *Diseño de un plan para la implementación de un indicador de eficiencia global (OEE) en el centro de distribución de Industria Mercadeo y Color S.A.S.* [Trabajo de grado, Pontificia Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/10495/20828>
- Universidad de los Andes. (2023, septiembre, 21). *Matriz DOFA: ¿Qué es y como potencia tus fortalezas?*. <https://programas.uniandes.edu.co/blog/que-es-una-matriz-dofa-descubre-como-usar-esta-herramienta-para-potenciar-tus-fortalezas>
- Valencia Arias, C. A. (2022). *Diseño de extractor de humos de soldadura en la planta Renault Sofasa.* [Tesis de Maestría, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional <https://hdl.handle.net/10495/31617>
- Vargas Castrillón, F. E. (2022). *Análisis y mejora en planta de producción de la empresa TDI Ingeniería y Diseño S.A.S. mediante herramientas de Lean Manufacturing.* [Tesis de Maestría, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/10495/31936>
- Yuan, Q. (2024). The Evolution and Future Trajectory of Diesel Engine Technology: Applications, Environmental Challenges, and Innovative Solutions for Sustainability. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 119, 829-834. <https://doi.org/10.54097/svv1v115>
- Zala, S. H., Jadeja, N. N., & Chothani, H. G. (2024). Application of Lean Six Sigma Tools for Performance Improvement in an Automobile Sector SME. *International Journal of Mechanical Engineering, Volume 11*. <https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V11I7P101>

Anexos**Anexo 1. Organigrama Laboratorio Diesel Solution**

Anexo 2. Certificado de implementación por parte de la empresa.



LABORATORIO DIESEL SOLUTIONS

NIT: 1.122.139.997

Cel: 3143510720

Correo: daniel08@hotmail.com

CERTIFICACIÓN DE INNOVACIÓN GENERADA EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL

El Ingeniero **VICTOR ANDRÉS RINCÓN GONZÁLEZ** Decano de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio en compañía del Ingeniero **DIANA PAOLA GUTIERREZ ROMERO** como tutores de los estudiantes **JAIDER ADAMED HERRERA CARVAJAL** C.C. 1006796815 y **VALERIA JARAMILLO GARZON** C.C. 1006877027 desarrollaron la mejora denominada **ESTUDIO DE CASO ACERCA DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE REPARACIÓN DE SISTEMAS DE INYECCIÓN DIÉSEL ELECTRÓNICOS EN UN LABORATORIO DIÉSEL, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING Y LEAN SIX SIGMA**, que le permiten a la compañía **LABORATORIO DIESEL SOLUTION** ejecutar su operación con mejores criterios de uso de tecnología y optimización de recursos, que a continuación se describen:

DATOS IMPLEMENTACIÓN INNOVACIÓN EN LA GESTIÓN EMPRESARIAL	
Fecha inicio implementación empresarial:	07/04/2025
Fecha final implementación empresarial:	07/10/2025
DATOS INNOVACIÓN	
Nombre de la innovación:	Estudio de caso acerca de la estandarización de los procesos de reparación de sistemas de inyección diésel electrónicos en un laboratorio diésel, utilizando la metodología Lean Manufacturing y Lean Six Sigma.
Fecha de creación:	Abril - 2025
Descripción de la innovación:	Implementar una serie de mejoras con las herramientas del lean Manufacturing en el proceso de reparación de los sistemas de inyección diésel electrónicos en la empresa Laboratorio Diesel Solutions de Villavicencio.
Productos generados:	<p>En el marco de las labores realizadas se obtuvieron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de control visual • Ahorro de tiempos y movimientos • Encuestas de satisfacción • Tablero Kanban • Formatos de control de limpieza y mantenimiento de maquinaria • Estandarización de formatos • Estandarización de procesos. <p>Esto se dio en el marco del escenario de opción de grado 2 de los estudiantes los cuales cumplen a satisfacción los criterios definidos para la innovación y el mejoramiento de los procesos de la empresa.</p>
Nombre tutor empresa:	Daniel Felipe Herrera Carvajal
Cargo tutor empresa:	Representante Legal

Anexo 3. Certificado de implementación por parte de la empresa (Segunda página)**LABORATORIO DIESEL SOLUTIONS**

NIT: 1.122.139.997

Cel: 3143510720

Correo: danielfel08@hotmail.com

En consecuencia, de la mejora presentada, la compañía autoriza compartir la información en el marco del proceso de certificación de mejoramiento a partir de los lineamientos del Ministerio de Ciencia y Tecnología en Colombia sobre esta innovación con la Universidad Santo Tomás Seccional Villavicencio.

Esta certificación se expide a solicitud de los interesados el día 07 de octubre del 2025 y es válida en todo el territorio colombiano.

Cordialmente,

NOMBRE Daniel Herrera C.

REPRESENTANTE LEGAL