UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIRÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

TEMA:

"PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL ÁREA DE ENDEREZADO Y PINTURA DEL TALLER AUTOMOTRIZ KATS AUTOSERVICIOS MEDIANTE SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y MODELACIÓN."

AUTOR: Chiluisa Pambaquishpe Kevin Ariel
DIRECTOR: PhD. Valencia Chapi Robert Mauricio

Ibarra – Ecuador

2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	CHILUISA PAMBAQUISHPE KEVIN ARIEL

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO EN EL ÁREA DE ENDEREZADO Y PINTURA DEL TALLER AUTOMOTRIZ KATS AUTOSERVICIOS MEDIANTE SOFTWARE DE SIMULACIÓN Y MODELACIÓN.
AUTOR (ES):	CHILUISA PAMBAQUISHPE KEVIN ARIEL
FECHA: DD/MM/AAAA	Ibarra, a los 26 días del mes de agosto de 2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** ☐ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO INDUSTRIAL
DIRECTOR /ASESOR:	PHD. VALENCIA CHAPI ROBERT MAURICIO / ING. ERAZO ARTEAGA VICTOR ALFONSO

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de agosto de 2026

EL AUTOR:



Firma

Nombre: Chiluisa Pambaquishpe Kevin Ariel

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 26 de agosto de 2026.

Ing. Valencia Chapi Robert Mauricio, PhD
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:
Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Firmado electrónicamente por VALENCIA CHAPI ROBERT MAURICIO - ***9849**.



Ing. Valencia Chapi Robert Mauricio, PhD

C.C: 1003134879

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “ Propuesta de optimización del proceso productivo en el área de enderezado y pintura del taller automotriz Kats Autoservicios mediante software de simulación y modelación. ” elaborado por Kevin Ariel Chiluisa Pambaquishpe , previo a la obtención del título del INGENIERO INDUSTRIAL , aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

Firmado electrónicamente por VALENCIA CHAPI ROBERT MAURICIO - ***9849**.

Ing. Valencia Chapi Robert Mauricio, PhD

C.C: 1003134879

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
VICTOR ALFONSO ERAZO ARTEAGA

Ing. Victor Alfonso Erazo Arteaga, MSc

C.C: 1719188029

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a mis padres, Luz María Pambaquishpe Terán y Carlos Aníbal Chiluisa Chiluisa, por ser el principal apoyo a lo largo de mi formación académica y personal. Gracias por su amor, confianza, esfuerzo y sacrificio, así como por estar presentes en cada momento de este camino. Su apoyo incondicional ha sido fundamental para permitirme alcanzar esta meta y culminar mis estudios universitarios.

A mis hermanos, por su compañía, cariño y por las palabras de aliento que me brindaron durante esta etapa. Cada uno de ustedes ha formado parte importante de este proceso y ha contribuido, de una u otra manera, a motivarme a seguir adelante y no rendirme ante las dificultades.

A mis compañeros Gabriela, Edison, Seylin, Javier y Joy, por compartir conmigo esta etapa universitaria, por el apoyo constante, la amistad, los consejos y los momentos que hicieron más llevadero este camino. Gracias por estar presentes en los momentos de dificultad, por el trabajo compartido y por cada experiencia que quedará como parte de este importante capítulo de nuestras vidas.

Finalmente, dedico este logro a todas las personas que estuvieron presentes durante mi formación universitaria y que, con su apoyo, consejos, motivación y confianza, contribuyeron de alguna manera a que pudiera superar los desafíos y alcanzar esta meta.

Kevin Ariel Chiluisa Pambaquishpe

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme la vida, fortaleza, sabiduría y perseverancia necesarias para afrontar cada desafío durante mi formación universitaria y permitirme culminar satisfactoriamente esta importante etapa de mi vida.

A mis padres y familiares, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante durante todo este proceso. Su confianza y acompañamiento fueron fundamentales para mantenerme firme ante las dificultades y continuar trabajando para alcanzar esta meta.

A la Universidad Técnica del Norte, por brindarme la oportunidad de formarme académica y profesionalmente en la carrera de Ingeniería Industrial. Agradezco a todos los docentes que, mediante sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, contribuyeron a mi formación y me proporcionaron las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

Al Ing. Klever Taboada y a la Ing. Alexandra Rosero, propietarios de Kats Autoservicios, por brindarme la oportunidad de desarrollar este trabajo en sus instalaciones, así como por su apertura, colaboración y disposición para facilitar el acceso a la información necesaria. Su apoyo fue fundamental para el levantamiento de información y el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización y culminación de este trabajo de titulación, aportando con su tiempo, conocimientos, colaboración y apoyo durante las diferentes etapas de este proceso.

Kevin Ariel Chiluisa Pambaquishpe

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA 7

AGRADECIMIENTO 8

ÍNDICE DE FIGURAS 13

ÍNDICE DE TABLAS 13

RESUMEN 15

ABSTRACT 16

CAPÍTULO I

1.1 Planteamiento del Problema 17

1.2 Objetivos 18

1.2.1 Objetivo General 18

1.2.2 Objetivos Específicos 18

1.3 Alcance y delimitación 18

1.4 Justificación 19

CAPÍTULO II

2.1 Antecedentes 21

2.2 Báses teóricas 23
2.2.1 Fundamentos teóricos del proceso 23
2.2.1.1 Elementos que tiene un proceso 24
2.2.1.2 Mapa de Procesos 24
2.2.1.3 Proceso Productivo 25
2.2.2 Fundamentos del estudio de métodos 26
2.2.2.1 Etapas del estudio de métodos 27
2.2.2.2 Cuellos de botella 28
2.2.2.3 Estandarización 29
2.2.2.4 Optimización 30
2.2.3 Simulación 30
2.2.4 Enderezada 30
2.2.5 Fundamentos técnicos para la estandarización del proceso de mezcla de pintura 31
CAPÍTULO III
3.1 Metodología 32
3.1.1 Método cuantitativo 32
3.1.2 Método cualitativo 33
3.1.3 Método Analítico 33
3.2 Tipos de Investigación 33
3.2.1 Investigación Descriptiva 33
3.2.2 Investigación Aplicada 34
3.3 Técnicas e instrumentos 34

3.3.1 Observación directa 34
3.3.1.1 Observación directa por método cualitativo 34
3.3.2 Encuestas 35
3.3.3 Entrevista 35
3.3.4 Técnica de la fotografía 36
3.4 Población 36
3.5 Descripción del lugar de estudio 37
3.5.1 Misión 37
3.5.2 Visión 37
3.5.3 Localización geográfica 37
3.5.4 Análisis FODA 38
3.5.5 Estructura Organizacional 40
3.5.6 Diagrama SIPOC 40
3.5.7 Layout 41
CAPÍTULO IV
4.1 Descripción inicial del taller 42

4.2 Diagnostico inicial del taller 42
4.2.1 Etapa 1: Seleccionar 43
4.2.2 Etapa 2: Registro del método actual 48
4.2.3 Etapa 3: Examinar lo registrado 60
4.2.3.1 Operador 1 área de pintura 63
4.2.3.2 Operador 2 área de pintura 67
4.2.3.3 Operador 1 área de enderezada 72
4.2.3.4 Operador 2 área de enderezada 77
4.2.4 Etapa 4: Establecer el método 82
4.2.4.1 Identificación de oportunidades de mejora 83
4.2.4.2 Elaboración del método propuesto para el área de pintura 85
4.2.4.3 Elaboración del método propuesto para el área de enderezada 102
4.2.4.4 Estandarización de actividades complementarias para la optimización de los tiempos de espera 110
4.2.5 Etapa 5: Evaluación del método propuesto 113
CONCLUSIONES 116
RECOMENDACIONES 117
BIBLIOGRAFÍA 118
ANEXOS 123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Procesos 23
Figura 2 Mapa de procesos 25
Figura 3 Etapas del estudio de métodos 27

Figura 4 Localización geográfica 38
Figura 5 Layout 41

Figura 6 Proceso de enderezada 49
Figura 7 Proceso de pintura 51
Figura 8 Layout de Procesos 53
Figura 9 Diagrama de flujo de la propuesta para el área de pintura 101
Figura 10 Diagrama de flujo de la propuesta para el área de enderezada 109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz FODA 39
Tabla 2 Matriz SIPOC 40

Tabla 3 Resultados de la encuesta aplicada al área de pintura 44
Tabla 4 Resultados de la encuesta aplicada al área de enderezado 46
Tabla 5 Tiempos totales de las categorizaciones (min) 56
Tabla 6 Clasificación del error porcentual (validación de simulación) 58
Tabla 7 Validación del modelo: comparación de TP real vs TP simulado 59
Tabla 8 Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Pintor 1 63
Tabla 9 Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Pintor 2 67
Tabla 10 Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Enderezador 1 73
Tabla 11 Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Enderezador 2 77
Tabla 12 Identificación de oportunidades de mejora 84
Tabla 13 Propuesta de estandarización del proceso de mezcla de pintura 87
Tabla 14 Parámetros para la estandarización del proceso de mezcla de pintura . . . 89
Tabla 15 Observaciones registradas para la actividad de mezcla de pintura 91
Tabla 16 Estadísticos descriptivos de la actividad de mezcla de pintura 94
Tabla 17 Observaciones registradas para la actividad de verificación de color . . . 96
Tabla 18 Estadísticos descriptivos de la actividad de verificación de color 97
Tabla 19 Procedimiento para el proceso de pintura 98
Tabla 20 Propuesta de estandarización del proceso de enderezada 103
Tabla 21 Parámetros para la estandarización del proceso de enderezada 105
Tabla 22 Justificación técnica de las actividades del procedimiento estandarizado para el proceso de enderezada 106
Tabla 23 Actividades complementarias propuestas para el aprovechamiento de los tiempos de espera 111
Tabla 24 Comparación del TP real, TP simulado y TP simulado propuesto 113

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar una propuesta de optimización del proceso productivo en las áreas de enderezada y pintura del taller automotriz Kats Autoservicios mediante el uso de herramientas de simulación y modelación. El estudio inició con el levantamiento de información del proceso actual, empleando la técnica de la fotografía para analizar la utilización de la jornada laboral de los operarios e identificar actividades productivas, auxiliares, suplementarias e improductivas. Los resultados del diagnóstico evidenciaron la existencia de actividades repetitivas, tiempos de espera, desplazamientos innecesarios y ausencia de procedimientos estandarizados, factores que afectaban el desempeño operativo y la productividad del taller.

Con base en los hallazgos obtenidos, se desarrolló una propuesta de mejora orientada a la estandarización de las actividades, la reorganización de la secuencia de trabajo, la optimización del abastecimiento de materiales y el mejor aprovechamiento de los tiempos improductivos, manteniendo los tiempos propios de las operaciones técnicas de reparación y pintura. Posteriormente, las mejoras fueron incorporadas en un modelo de simulación desarrollado en FlexSim, con el propósito de evaluar su comportamiento antes de una posible implementación en el entorno real.

Los resultados de la simulación demostraron un incremento significativo del trabajo productivo de los operarios, alcanzando porcentajes superiores al 93 % en el escenario propuesto, evidenciando una mejor utilización de la jornada laboral y una disminución de actividades que no agregaban valor al proceso. En consecuencia, se concluye que la propuesta desarrollada constituye una alternativa técnica viable para mejorar la productividad del taller, optimizando la organización de las actividades y el aprovechamiento de los recursos disponibles sin requerir modificaciones en los tiempos propios de las operaciones de enderezada y pintura.

Palabras clave: Optimización de procesos, estudio de tiempos, técnica de la fotografía, simulación, FlexSim, estandarización de procesos, productividad.

ABSTRACT

The present research aimed to develop a proposal for optimizing the production process in the body repair and painting areas of the Kats Autoservicios automotive workshop through the use of simulation and modeling tools. The study began with the collection of information on the current process by applying the work sampling technique to analyze the operators' utilization of the working day and identify productive, auxiliary, supplementary, and non-productive activities. The diagnostic results revealed the presence of repetitive tasks, waiting times, unnecessary movements, and the absence of standardized procedures, all of which negatively affected the workshop's operational performance and productivity.

Based on the findings, an improvement proposal was developed focusing on the standardization of activities, the reorganization of the work sequence, the optimization of material supply, and the better utilization of non-productive time while maintaining the inherent processing times required for body repair and painting operations. Subsequently, these improvements were incorporated into a simulation model developed in FlexSim to evaluate their performance before any potential implementation in the real operating environment.

The simulation results demonstrated a significant increase in the operators' productive work, achieving productivity levels above 93 % in the proposed scenario. These findings indicate a more efficient use of the working day and a reduction in activities that did not add value to the process. Consequently, it is concluded that the proposed optimization represents a technically feasible alternative for improving the workshop's productivity by enhancing the organization of activities and the utilization of available resources without modifying the inherent processing times of the body repair and painting operations.

Keywords: Process optimization, time study, work sampling technique, simulation, FlexSim, process standardization, productivity.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

En el taller automotriz especializado en colisiones se está llevando a cabo un proceso de expansión de sus instalaciones, lo que representa una oportunidad significativa para aumentar su capacidad operativa mediante la creación de nuevas bahías de trabajo. Sin embargo, en las áreas específicas de enderezado y pintura, persisten diversas problemáticas operativas que impiden aprovechar al máximo este crecimiento. Actualmente, los procesos en estas dos áreas no se encuentran estandarizados, lo que ha generado una serie de ineficiencias. Entre las principales dificultades se identifican la falta de tiempos definidos para las actividades, la desorganización en la secuencia de operaciones, y la inexistencia de un control adecuado sobre los recursos humanos y materiales. Estas condiciones provocan cuellos de botella en el flujo de trabajo, tiempos muertos debido a esperas prolongadas, movimientos innecesarios, y una mala asignación de tareas. Como consecuencia, se retrasa la entrega de los vehículos reparados, disminuye la eficiencia del servicio y se compromete tanto la satisfacción del cliente como la rentabilidad del taller. Las causas de estas problemáticas radican, principalmente, “en la falta de procedimientos estandarizados, una deficiente distribución física del área de trabajo, y la ausencia de herramientas de control que permitan medir y mejorar el desempeño de los procesos y del personal” [1] Desde el enfoque de la ingeniería industrial, “este problema puede ser abordado mediante el estudio de tiempos y movimientos en las áreas de enderezado y pintura, con el fin de estandarizar las operaciones y establecer tiempos promedios para cada actividad” [2] . Asimismo, como menciona Kazyna Turdibayeva [3] mediante el uso de software de simulación se pueden modelar los procesos actuales y proponer nuevas estrategias de distribución de espacios, asignación de recursos y organización del flujo de trabajo. Esta herramienta

permitirá también monitorear el rendimiento del sistema, predecir resultados y tomar decisiones fundamentadas que incrementen la productividad y eficiencia en ambas áreas".

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Proponer una mejora del sistema productivo en las áreas de enderezado y pintura de un taller automotriz mediante la simulación de operaciones y optimización de tiempos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Revisar fuentes bibliográficas y el estado de la técnica de estandarización de tiempos optimización de procesos, simulación y modelación de sistemas de producción.

- Analizar la situación actual del flujo de trabajo en las áreas de enderezado y pintura para identificar cuellos de botella, tiempos muertos y actividades improductivas.

- Determinar los tiempos estándar de las principales actividades mediante el estudio de tiempos y movimientos para simular escenarios aplicando herramientas de ingeniería industrial con el fin de optimizar la distribución del trabajo, reducir ineficiencias y aumentar la productividad.

1.3 Alcance y delimitación

La presente investigación se centrará en las áreas de enderezado y pintura de un taller automotriz especializado en colisiones, con el objetivo de analizar, medir y proponer mejoras

en sus procesos operativos. El estudio abarcará la identificación de cuellos de botella, tiempos muertos y actividades improductivas que afectan el flujo de trabajo y la productividad en dichas áreas. Se realizará un diagnóstico del estado actual de los procesos, determinar los tiempos estándar mediante estudios de tiempos y movimientos, y, finalmente, desarrollar una propuesta de mejora basada en la simulación de operaciones utilizando herramientas propias de la ingeniería industrial. El trabajo estará limitado al diseño de estrategias de mejora aplicables dentro del entorno actual del taller, sin contemplar la implementación física de dichas mejoras. Sin embargo, se entregará una propuesta factible, con datos sustentados y simulaciones que respalden su efectividad, dejando las recomendaciones listas para su futura aplicación por parte del taller.

1.4 Justificación

La presente investigación surge como respuesta a una necesidad real y concreta en el contexto de un taller automotriz de colisiones, específicamente en las áreas de enderezado y pintura. Estas áreas representan etapas complejas dentro del proceso de reparación de vehículos, ya que de su eficiencia depende en gran medida el tiempo de entrega y la calidad del servicio ofrecido al cliente. Sin embargo, actualmente se enfrentan a problemas operativos relacionados con la falta de estandarización, tiempos indefinidos y desorganización en el flujo de trabajo, lo que genera cuellos de botella, tiempos muertos y baja productividad.

Como menciona Rosero [4] “uno de los beneficios de la productividad eficiente es lograr una mayor competitividad de la empresa frente a otras, obteniendo una mayor permanencia en el mercado, y destacándose por su constante innovación en sus procesos”.

El desarrollo de esta investigación permite aplicar los conocimientos adquiridos en el campo de la ingeniería industrial, especialmente en técnicas de análisis de procesos, estudio de tiempos y simulación. Además, brinda la oportunidad de generar una propuesta real de mejora que integre herramientas teóricas y prácticas con un enfoque sistemático para resolver problemas operativos comunes en este tipo de talleres. Además, este trabajo busca aportar de cono-

cimiento sobre la mejora continua de procesos en pequeñas y medianas empresas del sector automotriz, utilizando metodologías cuantitativas y herramientas tecnológicas que permitan visualizar y analizar distintos escenarios antes de implementar cambios en la realidad. Este enfoque también abre la posibilidad de replicar la metodología en otros talleres con características similares, fomentando investigaciones futuras.

"La mejora de los procesos productivos en el taller contribuye a ofrecer un mejor servicio a los clientes, reduciendo los tiempos de espera y elevando la calidad de las reparaciones. Esto genera una mayor satisfacción del cliente y fortalece la reputación del negocio en su entorno, impactando positivamente en la comunidad local" [5].

La simulación es la utilización de un modelo de sistemas, que trata de acercarse más a las características de la realidad, a fin de reproducir la esencia de las operaciones reales. Asimismo, es una representación de un proceso real, mediante el empleo de un modelo o sistema que reaccione de la manera similar a la que reaccionaría uno real, en un conjunto de condiciones dadas [6].

La propuesta busca reducir pérdidas ocasionadas por ineficiencias operativas, mejorar el uso de recursos y aumentar la productividad del taller. "Esto puede generar mayores ingresos, mejor uso de la infraestructura recientemente expandida, y mayor competitividad en el mercado"[7]. Además, "al optimizar los procesos, se pueden reducir costos asociados a retrabajos, materiales desperdiciados y tiempos ociosos del personal" [8].

La investigación aportará herramientas de ingeniería industrial aplicadas al análisis de procesos, tales como diagramas de flujo, estudios de tiempos y simulación por computadora. Estas herramientas no solo permitirán diagnosticar la situación actual, sino también diseñar soluciones viables y fundamentadas, reforzando la importancia de la ingeniería como disciplina clave para laoptimización de procesos en cualquier tipo de organización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En un estudio orientado a mejorar el proceso productivo de una empresa dedicada a la fabricación de kits deportivos [4] se realizó un diagnóstico detallado basado en fuentes bibliográficas, lo que permitió establecer un marco teórico sólido y seleccionar como objeto de análisis el producto con mayor demanda. El estudio determinó un tiempo estándar inicial de 29.4 minutos por kit, con una producción diaria de 41 unidades. A través de la estandarización de procesos y la optimización de actividades clave como sublimación, corte y confección, se logró reducir el tiempo a 21.2 minutos por kit, representando una mejora del 27.9 % , lo que permitió incrementar la capacidad productiva a 5.7 kits por hora. Este caso demuestra la efectividad de aplicar herramientas de ingeniería industrial, como el estudio de tiempos y movimientos, para mejorar el rendimiento y eficiencia en entornos productivos [4].

En una investigación basada en la aplicación de la ingeniería de métodos y estudio de tiempos [9] se evidenció la importancia de estas herramientas para mejorar la organización del trabajo y, en consecuencia, aumentar la productividad y los ingresos de una empresa. A través de un diagnóstico de la situación actual, se identificaron subprocesos clave del sistema productivo como tejeduría, planchado, corte, confección, acabado, control de calidad y empaque, encontrando deficiencias tanto en la distribución de planta como en la medición de tiempos. El proceso productivo presentaba un tiempo estándar de 16,66 minutos por unidad y una producción mensual de 616 sacos. Con la implementación de una propuesta de mejora, se logró una reducción de 1,99 minutos por unidad, además de una optimización en el recorrido del personal, pasando de 78,6 metros a 47,0 metros, lo que refleja una mejora significativa en la

eficiencia operativa. Este estudio demuestra cómo la aplicación de herramientas de ingeniería industrial permite detectar y corregir ineficiencias, mejorando el rendimiento global del sistema productivo [9].

En una investigación orientada a optimizar el trabajo en proceso y reducir costos asociados al inventario en curso (WIP) [10], se aplicó una metodología basada en diseño de experimentos y simulación discreta, empleando herramientas como los softwares ProModel y Minitab. Esta metodología permitió construir modelos computacionales y realizar análisis estadísticos que identificaron el tiempo de la prensa como el único factor significativo en el desempeño del proceso, con un nivel de confianza del 95 % . Los resultados obtenidos evidenciaron que, mediante la simulación de distintos escenarios operativos, es posible reducir el tiempo total de producción e inspección, pasando de 48 minutos a valores menores, lo que se traduce en una disminución del WIP y de los costos asociados. Este estudio demuestra que la aplicación de técnicas de simulación y análisis estadístico permite tomar decisiones informadas que mejoran la eficiencia operativa y reducen los costos en procesos industriales.[10]

En un estudio enfocado en el rediseño de procesos industriales [11] utilizaron la simulación con el software FlexSim como herramienta estratégica para evaluar mejoras operativas antes de su implementación. Como resultado del rediseño, se logró una reducción del 74.29 % en el tiempo de ciclo y un incremento del 25 % en la capacidad operativa, eliminando cuellos de botella y mejorando significativamente la eficiencia del sistema. La optimización incluyó la eliminación de un brazo robótico y la simplificación del sistema, lo que permitió reducir costos operativos y aumentar la confiabilidad ante escenarios de alta demanda. Este caso evidencia el valor de la simulación como una herramienta clave para validar propuestas, minimizar riesgos y tomar decisiones informadas en el rediseño de sistemas productivos [11].

2.2 Báses teóricas

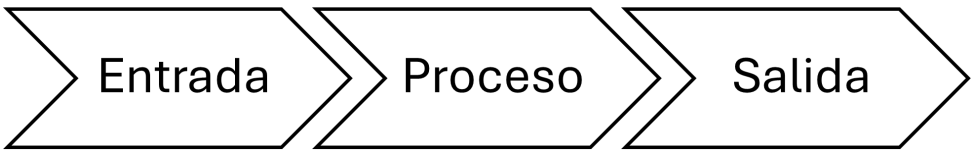
2.2.1 Fundamentos teóricos del proceso

Antes en el Ecuador en los años sesenta y ochenta, los procesos de industrialización eran escasos y deficientes para talleres artesanales, lo que los llevo a formar y cumplir de manera empírica dichos procesos, lo cual ahora en la actualidad es totalmente diferente, ya que se ha ido introduciendo y actualizando las metodologías, mejorando los procesos de trabajo dentro de talleres y empresas [12]. En la industria automotriz se ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos tiempos, lo que ha llevado a una demanda de servicios de enderezado y pintura en talleres especializados. La optimización de la gestión de dichos talleres es crucial para mejorar la eficiencia, reducir los tiempos de entrega y garantizar la satisfacción al cliente [12].

La norma ISO 900:2015 menciona que el proceso es un conjunto de actividades que están relacionadas e interactúan entre si, las cuales transforman un elemento de entrada en resultados, es decir, en un producto o servicio [13].

Los procesos consisten en una combinación estructurada de actividades y recursos que trabajan conjuntamente. Su propósito es convertir las entradas (elementos de partida) en salidas (productos o servicios), generando un valor perceptible para el destinatario final o cliente[14].

Figura 1.
Diagrama de Procesos



Fuente: Tomado de[14] Elaboración propia

2.2.1.1 Elementos que tiene un proceso

Segun [14] los elementos que conforman la (Fig. 1) son los que se describen a continuación:

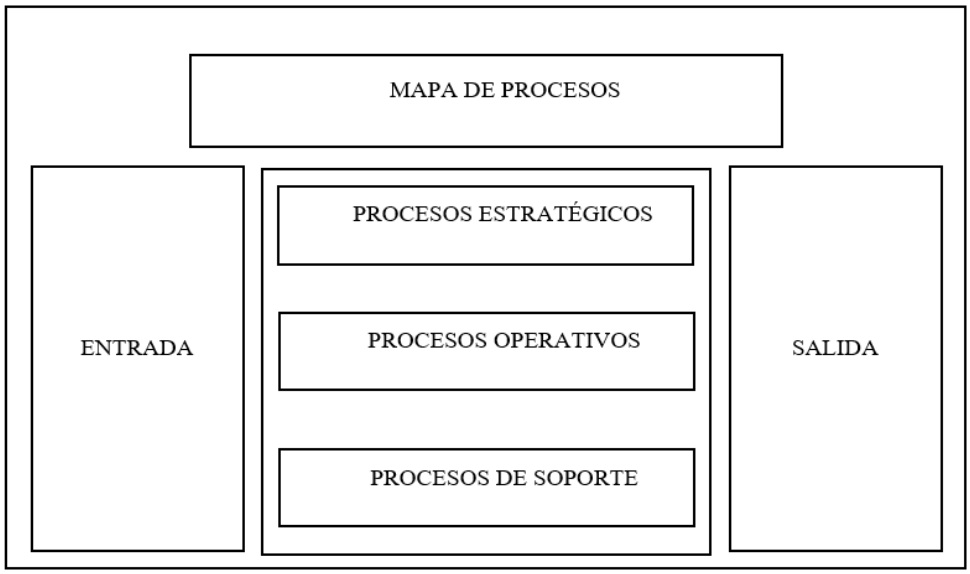
- **Entrada:** Es el insumo (producto o servicio) que entra al proceso con las cualidades precisas para satisfacer los requerimientos del siguiente paso en la cadena de valor. Puede ser proporcionado por un socio interno o externo.
- **Proceso:** La secuencia lógica de pasos, métodos y procedimientos que se aplican a las entradas para agregarles valor y convertirlas en el resultado deseado.
- **Salida:** El producto, servicio, o información transformada que ha sido generada tras completar las actividades del proceso. Las salidas de un proceso a menudo se convierten en las entradas del proceso siguiente.

2.2.1.2 Mapa de Procesos

El Mapa de Procesos es una representación visual y ordenada de las etapas de un proceso. Su alcance puede variar, desde enfocarse en un subproceso específico hasta cubrir la totalidad de las operaciones de la empresa [15].

Segun [15] el propósito principal del mapeo de procesos es analizar cada actividad y paso para distinguir entre lo esencial y lo innecesario. Esto se hace para simplificar la operación y utilizar los recursos de manera más eficiente.

Figura 2.
Mapa de procesos



Fuente: Tomado de [14] Elaboración propia

Segun [15] los tipos de procesos son:

- **Procesos estratégicos:** Los Procesos Estratégicos son aquellos que definen la dirección y las políticas de la empresa. No transforman recursos directamente ni proveen apoyo físico, sino que guían al resto de la organización.
- **Procesos operativos:** Son los procesos dedicados a la transformación de recursos para obtener un bien o servicio, caracterizados por la creación de valor añadido. Por lo tanto, abarcan únicamente las actividades que cumplen este criterio.
- **Procesos de Soporte:** Estos procesos son esenciales porque aseguran la infraestructura y los recursos necesarios para que los Procesos Clave (los que generan valor al cliente) y los Procesos Estratégicos puedan operar de manera efectiva.

2.2.1.3 Proceso Productivo

Es la serie secuencial de acciones que, al incorporar valor, logran la transformación de un insumo en el producto o servicio requerido para cubrir las necesidades del cliente [16].

El proceso productivo es el conjunto de tareas y procedimientos que realiza una empresa para transformar materias primas en bienes o servicios, con el fin de satisfacer una necesidad o demanda del mercado [17].

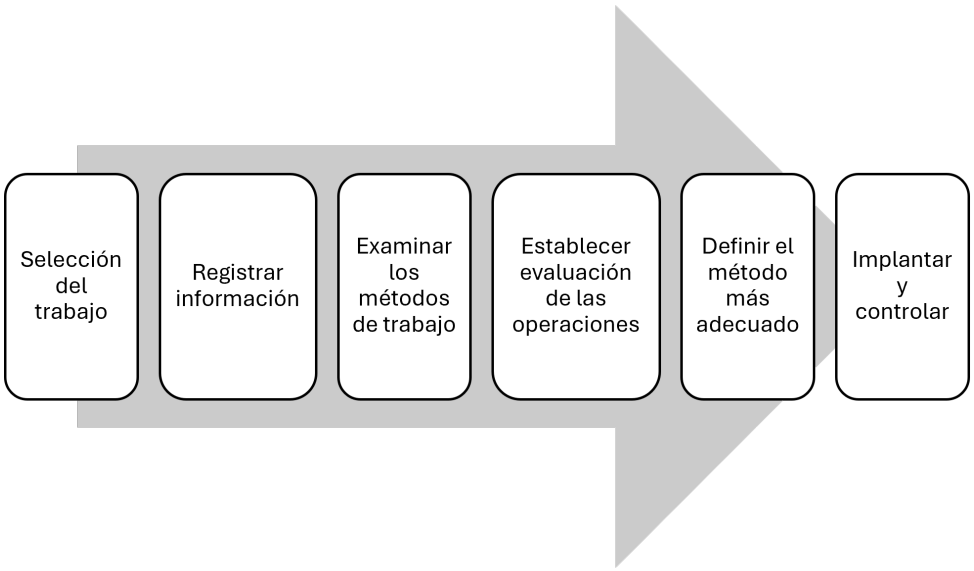
Un proceso de fabricación es el conjunto organizado de actividades y operaciones que se aplican a uno o varios materiales desde la emisión de la orden de producción hasta la entrega del producto final al cliente, ya sea interno o externo. Incluye todas las etapas necesarias para transformar los insumos en un resultado terminado, garantizando calidad, eficiencia y cumplimiento de los requisitos establecidos [18].

2.2.2 Fundamentos del estudio de métodos

Según [19] el estudio de métodos o también conocido como análisis de métodos, se centra en determinar como se realiza el trabajo, teniendo en consideración las tareas y actividades que son necesarias para un solo operario o para un grupo de operarios en el uso de herramientas, maquinaria o equipos. El EM se puede definir como el registro y examen crítico-sistemático de la manera en que se realizan las actividades, con el objetivo de proponer mejoras en el rendimiento de los empleados e impulsando la cantidad de productos o servicios resultado de su trabajo

Ségun Urbina [19] estudio de métodos (EM) se conforma por 8 etapas:

Figura 3.
Etapas del estudio de métodos



Fuente: Tomado de [19] Elaboración propia

2.2.2.1 Etapas del estudio de métodos

- **Selección del trabajo:** Consiste en identificar el proceso o actividad que presenta problemas o necesita mejoras, considerando aspectos como costos, tiempo, productividad o calidad.
- **Registrar información:** Esta etapa se basa en observar y recopilar información del trabajo tal como se realiza, registrando tiempos, movimientos y actividades necesarias para el análisis.
- **Examinar los métodos de trabajo:** Consiste en analizar detalladamente el proceso para identificar fallas, actividades innecesarias, retrasos o métodos que puedan mejorarse.
- **Establecer Evaluación de las operaciones:** En esta etapa se propone una nueva forma de realizar el trabajo, buscando que sea más eficiente, práctica y económica.
- **Evaluar opciónes:**Consiste en comparar las diferentes alternativas de mejora para seleccionar la opción que ofrezca mayores beneficios para el proceso.

- **Definir el nuevo método:** Esta etapa consiste en documentar y describir claramente cómo debe ejecutarse el nuevo procedimiento de trabajo.
- **Implantar el método:** Se refiere a poner en práctica el nuevo método, capacitando al personal y asegurando que se aplique correctamente.
- **Controlar la aplicación:** Consiste en supervisar el funcionamiento del nuevo método para verificar que se mantengan las mejoras y evitar volver al sistema anterior.

2.2.2.2 Cuellos de botella

Según [20] "un cuello de botella se refiere a cualquier recurso cuya capacidad no alcanza a cubrir la demanda, convirtiéndose en una limitación dentro del sistema que frena la producción. En los procesos de manufactura, representa el punto donde el flujo de trabajo se reduce considerablemente. Este tipo de restricción puede estar originada por una máquina específica, la escasez de personal calificado o la necesidad de una herramienta especializada. Las observaciones en la industria han demostrado que la mayoría de las plantas presentan solo unas pocas operaciones que actúan como cuellos de botella".

El tiempo estándar es el tiempo requerido para completar una tarea por un operario calificado, trabajando a ritmo normal y en condiciones ideales [21].

Los factores externos son en gran medida los causantes de que los modelos determinísticos de planear, programar y controlar los sistemas productivos no funcionen como en teoría deberían funcionar, algunos de estos factores son disponibilidad de materias primas y mano de obra calificada, el clima político, régimen arancelario, ajustes económicos gubernamentales [22].

2.2.2.3 Estandarización

La estandarización de procesos constituye uno de los principios fundamentales de la Ingeniería Industrial para mejorar la productividad, reducir la variabilidad y asegurar la repetibilidad de las operaciones. En términos generales, un proceso estandarizado establece la mejor forma conocida de ejecutar una actividad bajo condiciones previamente definidas, permitiendo que cualquier operario obtenga resultados consistentes independientemente de su nivel de experiencia. Desde la perspectiva del estudio del trabajo, la estandarización no busca restringir la capacidad del trabajador, sino eliminar las diferencias innecesarias en la ejecución de una tarea, facilitando el control del proceso y la mejora continua[23].

En este sentido, [23] señala que la finalidad del estudio de métodos consiste en desarrollar procedimientos más simples, seguros y eficientes mediante el análisis sistemático de cada operación. Una vez identificado el método más conveniente, este debe documentarse y convertirse en el procedimiento estándar de trabajo, garantizando que todas las actividades sean ejecutadas de manera uniforme. De forma similar, [21] sostienen que la estandarización constituye un requisito indispensable para la medición del trabajo, ya que únicamente un proceso estable permite establecer tiempos confiables, evaluar el desempeño de los operarios e implementar mejoras sostenibles.

Dentro de los sistemas modernos de producción, la estandarización adquiere un papel estratégico. Liker [24] afirma que el trabajo estandarizado representa el fundamento del Sistema de Producción Toyota, debido a que proporciona estabilidad al proceso, reduce la variabilidad operativa y facilita la identificación inmediata de desviaciones. Desde esta perspectiva, un estándar de trabajo debe definir claramente la secuencia de actividades, los materiales requeridos, las herramientas utilizadas, las condiciones de operación y los criterios de calidad que deben cumplirse durante la ejecución de cada tarea.

2.2.2.4 Optimización

La optimización es la acción de desarrollar una actividad con mayor eficiencia, es decir, hacer que se usen de mejor manera los recursos y disminuir los tiempos de operación, la optimización se puede aplicar en diversos ámbitos laborales como son la administración de empresas, la economía, la informática, entre otros [25].

2.2.3 Simulación

La simulación de eventos discretos modela el comportamiento de un sistema en función de eventos específicos que ocurren en momentos puntuales. Este enfoque es ideal para procesos industriales como los de un taller de colisión [26].

FlexSim es un software de simulación y modelado de procesos que se utiliza para analizar, visualizar y optimizar sistemas complejos, especialmente en el ámbito industrial. Es muy popular en la ingeniería industrial, manufactura, logística, salud y otros sectores donde es necesario mejorar la eficiencia de los procesos [27].

2.2.4 Enderezada

El enderezado de vehículos constituye una etapa fundamental dentro del proceso de reparación y pintura automotriz. Consiste en restaurar la estructura original del automóvil mediante la reparación o sustitución de las partes dañadas. El procedimiento inicia con una inspección detallada de la carrocería para evaluar el grado del daño. Una vez determinada la magnitud del impacto, los técnicos comienzan el trabajo de enderezado, el cual puede implicar el cambio de componentes, la alineación de paneles o el uso de herramientas especializadas para corregir deformaciones en la carrocería [28].

2.2.5 Fundamentos técnicos para la estandarización del proceso de mezcla de pintura

El termino pintura se lo puede conceptualizar como el resultado del conjunto de algunos componentes en su mayoría líquidos pigmentados, que posteriormente se transforma en una superficie consistente y solida al que se le aplica al auto que lo necesite; su función principal es la de dar un color, belleza, decoración, hacerlo más llamativo, pero principalmente para evitar la oxidación del metal es decir la corrosión [29].

Aplicando estos principios al área de pintura automotriz, la obtención del color correcto depende de múltiples variables técnicas que deben mantenerse bajo control, entre ellas la formulación del color, la proporción entre pintura, catalizador y diluyente, la viscosidad de la mezcla, la temperatura ambiental, la humedad relativa y el método de aplicación. La ausencia de parámetros claramente definidos incrementa la probabilidad de variaciones en el acabado final, generando reprocesos, desperdicio de materiales y mayores tiempos de preparación.

Los fabricantes de sistemas de pintura automotriz establecen que cada producto debe prepararse siguiendo estrictamente las especificaciones técnicas contenidas en sus fichas técnicas. Estas especificaciones determinan la relación exacta de mezcla, el tipo de endurecedor compatible, el porcentaje de diluyente, el tiempo de vida útil de la mezcla, el diámetro recomendado de la boquilla de aplicación, la presión de atomización y los tiempos de evaporación entre capas. El cumplimiento de estos parámetros garantiza que la pintura alcance las propiedades físicas y químicas previstas por el fabricante, reduciendo la posibilidad de defectos superficiales y diferencias cromáticas[30][31][32]

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para comprender integralmente el funcionamiento del proceso de enderezado y pintura en el taller automotriz, identificar sus deficiencias operativas y plantear una propuesta de mejora basada en la estandarización y la simulación de procesos. y, posteriormente, formular una propuesta de optimización basada en modelación y simulación. Según Creswell, los enfoques mixtos permiten integrar datos numéricos con descripciones profundas del entorno, produciendo análisis más robustos y adaptados a contextos reales [33].

3.1.1 Método cuantitativo

El método cuantitativo permitirá obtener un diagnóstico preciso del proceso, sustentado en mediciones objetivas como tiempos, frecuencias, capacidades operativas y flujos de trabajo. Este enfoque es fundamental para construir un modelo de simulación confiable. Para ello, se recopilarán y analizarán datos numéricos mediante técnicas como la fotografía de actividades, la medición de tiempos improductivos, el cálculo de índices de productividad y el uso de herramientas de simulación. “La información cuantitativa permitirá establecer tiempos estándar, evaluar el rendimiento actual del proceso y medir con precisión los beneficios de las mejoras propuestas” [34].

3.1.2 Método cualitativo

El método cualitativo se utilizará para comprender las percepciones, experiencias y sugerencias del personal técnico que opera en las áreas de enderezado y pintura. “A través de entrevistas semiestructuradas y observaciones, se obtendrá información sobre las prácticas actuales, dificultades operativas, condiciones de trabajo y posibles propuestas de mejora desde la perspectiva del operario” [35].

3.1.3 Método Analítico

“El método analítico permitirá descomponer el proceso de reparación automotriz en sus componentes fundamentales, específicamente en las actividades que se llevan a cabo en las áreas de enderezado y pintura” [12]. A partir de esta descomposición se analizarán las tareas, los flujos de trabajo, los tiempos de operación y los recursos implicados, lo que facilitará la identificación de las principales fuentes de ineficiencia y los puntos críticos dentro del proceso.

3.2 Tipos de Investigación

3.2.1 Investigación Descriptiva

El estudio es de tipo descriptivo, puesto que se orienta a caracterizar el estado actual del proceso productivo sin manipular las variables de manera experimental. Hernández, Fernández y Baptista señalan que la investigación descriptiva busca detallar fenómenos tal como se presentan, permitiendo identificar patrones, deficiencias y relaciones [36].

3.2.2 Investigación Aplicada

La investigación también es aplicada, ya que persigue resolver un problema real del taller automotriz mediante técnicas científicas de medición, análisis y simulación. Este tipo de investigación transforma el contexto mediante propuestas basadas en evidencia, tal como lo describe Sampieri [36].

3.3 Técnicas e instrumentos

3.3.1 Observación directa

Se realizará una observación presencial en las áreas de enderezado y pintura, durante el desarrollo de los procesos cotidianos.

3.3.1.1 Observación directa por método cualitativo

La observación directa permitirá identificar:

- Secuencia real de actividades.
- Interrupciones, esperas y retrabajos.
- Movimientos de operarios y desplazamientos.
- Uso de recursos y herramientas.
- Condiciones físicas del entorno (layout, orden, accesos).

Taylor y Bogdan indican que la observación facilita la comprensión del comportamiento humano en su contexto natural, aspecto fundamental en procesos productivos manuales como los de enderezado y pintura [37].

3.3.2 Encuestas

Las encuestas serán el instrumento cuantitativo clave para obtener información directamente del personal del área de enderezado y pintura. Este instrumento permitirá recopilar datos sobre:

- Actividades donde se presentan mayores retrasos.
- Disponibilidad y suficiencia de herramientas y materiales.
- Identificación de las partes más recurrentes en reparación.
- Opiniones sobre abastecimiento del inventario.
- Criterios para clasificar daños.

Según Hernández, Fernández y Baptista, las encuestas permiten obtener información estandarizada y cuantificable sobre percepciones, comportamientos y condiciones de trabajo [36], lo que contribuye a una medición más objetiva de las variables involucradas en el proceso productivo.

3.3.3 Entrevista

”La entrevista es una técnica de comunicación e investigación en la que una persona obtiene información directa de otra mediante una conversación formal. Su finalidad es recopilar datos específicos de acuerdo con los objetivos planteados dentro de una investigación”[38].

La técnica de entrevista fue utilizada para recopilar información directa de los trabajadores y del encargado del taller, con el fin de identificar problemas operativos, causas de tiempos improductivos y oportunidades de mejora dentro del proceso de enderezado y pintura.

3.3.4 Técnica de la fotografía

La técnica de la fotografía será utilizada como herramienta cualitativa y documental para registrar visualmente el entorno productivo. Este método permite capturar:

- La disposición actual del taller (layout).
- El flujo real de los vehículos dentro del proceso.
- Herramientas y zonas de trabajo utilizadas con mayor frecuencia.
- Condiciones físicas, ordenamiento y almacenamiento.
- Evidencias del estado inicial de vehículos y daños predominantes (especialmente frontales).
- Situaciones que generan tiempos muertos o desplazamientos innecesarios.

López y Sandoval destacan que la fotografía es un instrumento eficaz en estudios de ingeniería industrial y procesos productivos, ya que preserva evidencia visual detallada que permite analizar posteriormente el comportamiento del sistema sin alterar su operación natural [39].

3.4 Población

El taller cuenta con 15 operarios, sin embargo, la investigación se realizo en el taller automotriz de colisiones que cuenta con 4 enderezadores y 4 pintores, siendo estos la población de interés a la que se necesita analizar.

3.5 Descripción del lugar de estudio

3.5.1 Misión

Somos un equipo de profesionales especializados que ofrece soluciones integrales de mantenimiento automotriz, comprometidos con estándares de calidad, seguridad y excelencia en el servicio. Nos esforzamos por superar las expectativas de nuestros clientes a través de la innovación y el mejoramiento continuo, brindando servicios en mecánica, enderezado, pintura y otras áreas del sector automotriz.

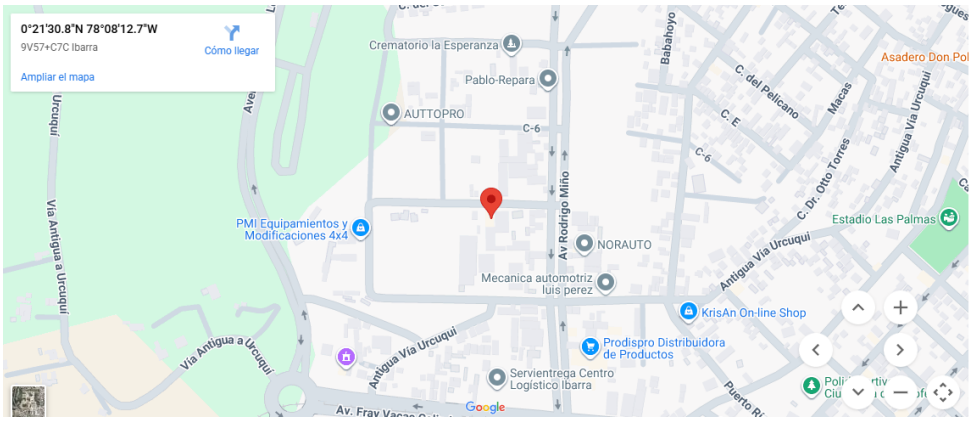
3.5.2 Visión

Ser el taller automotriz líder en el norte del país, reconocido por la innovación en nuestros procesos, la excelencia en el servicio y nuestro compromiso con el desarrollo sostenible. Aspiramos a ser un referente en el sector automotriz, contribuyendo activamente al bienestar de nuestros clientes, la sociedad y el medio ambiente.

3.5.3 Localización geográfica

El taller Autoservicios KATS se encuentra ubicado en la ciudad de Ibarra, específicamente en el sector del Parque Industrial, entre las calles B y Rodrigo de Miño.

Figura 4.
Localización geográfica



3.5.4 Análisis FODA

Mediante el análisis de los factores internos y externos es posible obtener un diagnóstico inicial de la situación actual de la empresa, lo que permite comprender con claridad las condiciones reales por las que está atravesando.

Tabla 1.
Matriz FODA

Fortalezas	Debilidades
•Técnicos con experiencia y formación automotriz.	• Capacitación continua insuficiente.
• Servicio personalizado que fomenta la fidelidad del cliente.	• Limitación en el equipo técnico (herramientas–maquinaria).
• Diversidad de servicios como mecánica, enderezado, pintura, detailing de vehículos.	• Falta de certificaciones o acreditaciones.
• Ambiente de trabajo colaborativo.	• Dependencia excesiva de proveedores locales.
• Conocimiento de clientes.	• Incumplimiento en plazos de entrega.
• Alianzas estratégicas con entidades de seguros.	• Reprocesos en los trabajos.
	• Desorden y falta de limpieza en las diferentes áreas de trabajo.
	• Falta de señalización de seguridad dentro del taller.
Oportunidades	**Amenazas**
•Aumento del parque vehicular en la región.	• Alta competencia.
• Incorporación de nuevas herramientas y software para diagnóstico y reparación.	• La evolución constante de las tecnologías automotrices puede dejar atrás a quienes no se adapten.
• Oportunidad de ofrecer servicios adicionales como venta de repuestos, mantenimiento preventivo y asesoría técnica.	• Aumento en los costos de insumos.
• Ubicación en un lugar estratégico.	• Aumento del costo hora–hombre.
• Instalaciones con amplio espacio.	

Elaboración propia

3.5.5 Estructura Organizacional

3.5.6 Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC sirve para visualizar de manera clara y resumida todo el proceso de servicio automotriz, identificando a los proveedores de repuestos y materiales, las entradas necesarias para trabajar, las actividades principales de enderezado y pintura, las salidas como los vehículos reparados y, finalmente, los clientes que reciben el servicio. Esta herramienta ayuda a entender el flujo completo del taller, aclarar responsabilidades y detectar oportunidades de mejora en eficiencia y calidad.

Tabla 2.
Matriz SIPOC

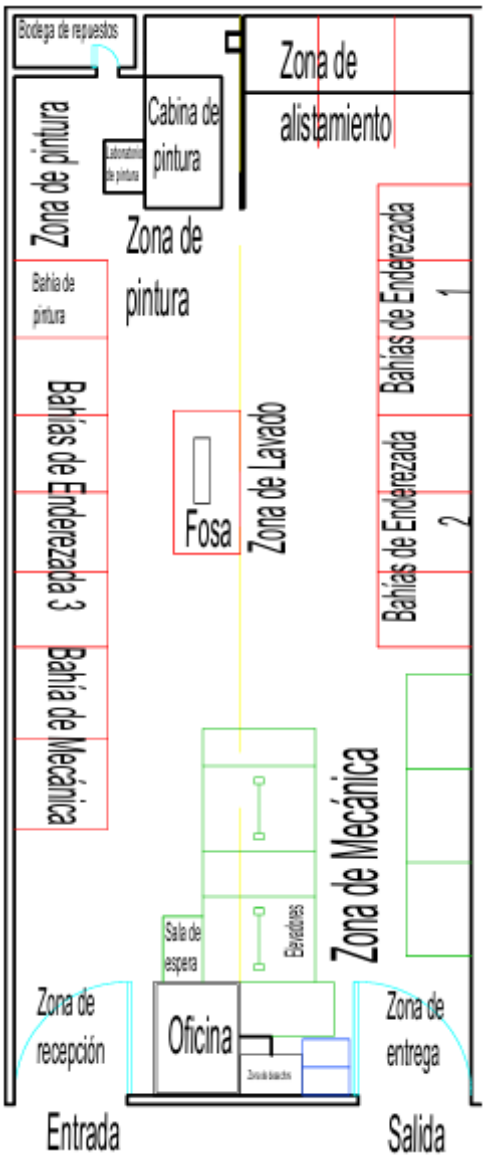
S (Proveedores)	I (Entradas)	P (Proceso)	O (Salidas)	C (Clientes)
Proveedores de repuestos.	Vehículo del cliente.	Recepción y diagnóstico del vehículo.	Vehículo reparado.	Aseguradoras.
Proveedores de insumos y herramientas.	Repuestos.	Elaboración de proformas o cotización.	Informe del trabajo realizado.	Flotas de vehículos.
Proveedores de pinturas.	Requerimientos.	Orden de trabajo.	Mantenimiento vehicular.	Clientes Pago.
Proveedores de servicios.	Información técnica del vehículo.	Planificación del servicio.	Factura y recomendaciones.	
		Ejecución del servicio.		
		Control de calidad.		

	Comunicación y entrega del vehículo al clien- te.

Elaboración propia

3.5.7 Layout

Figura 5.
Layout



Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Descripción inicial del taller

El Taller KATS Autoservicios es un establecimiento dedicado a servicios de enderezado, pintura y mantenimiento automotriz, que actualmente presenta diversas oportunidades de mejora en la gestión de sus procesos productivos.

4.2 Diagnostico inicial del taller

En el taller Kats Autoservicios, debido a su reciente incursión en el mercado local, no se dispone de un levantamiento formal de información ni de diagramas de procesos que describan de manera estructurada las actividades desarrolladas en cada una de las áreas de trabajo. Esta falta de documentación y estandarización ha generado dificultades en la gestión del flujo operativo, evidenciándose la presencia de cuellos de botella y tiempos improductivos.

Asimismo, el taller carece de indicadores clave de desempeño (KPIs) que permitan evaluar variables fundamentales como la productividad de los operarios, la eficiencia de los procesos y la existencia de reprocesos, lo que limita la toma de decisiones orientadas a la mejora continua.

Con el fin de caracterizar la situación actual del taller, se aplicó la técnica de observación directa, lo que permitió identificar y descomponer los procesos operativos en actividades detalladas. De manera complementaria, se realizaron entrevistas semiestructuradas a ocho operarios, distribuidos en dos áreas clave: cuatro en el área de enderezado y cuatro en el área de

pintura. Estas entrevistas permitieron validar la información obtenida y recopilar datos relevantes desde la experiencia directa de los trabajadores, quienes poseen un conocimiento profundo de las actividades y limitaciones presentes en el sistema productivo.

A partir de la información recopilada, se procedió a aplicar las etapas del estudio de métodos, con el objetivo de identificar los procesos más críticos y aquellos con mayor impacto en la eficiencia operativa del taller.

4.2.1 Etapa 1: Seleccionar

Con base en el diagnóstico realizado, la primera etapa del estudio de métodos consistió en identificar y seleccionar las áreas de trabajo con mayor incidencia en la productividad y en la generación de ineficiencias dentro del sistema productivo.

En la presente investigación, la selección se enfocó en las áreas de enderezado y pintura, debido a que constituyen etapas críticas en el proceso de reparación de vehículos. En estas áreas se concentran diversas actividades operativas que presentan variabilidad en su ejecución, dependiendo del tipo de daño, las características del vehículo y la disponibilidad de recursos.

Durante esta etapa se efectuó una observación preliminar del funcionamiento del taller, con el propósito de identificar las operaciones involucradas y los operarios responsables de su ejecución. Como resultado, se determinó centrar el estudio en el análisis del desempeño de los operarios de dichas áreas, evaluando la distribución de su tiempo de trabajo y clasificando los tiempos en productivos, improductivos y auxiliares.

La selección de estas áreas se justifica por la presencia de tiempos de espera, interrupciones en el flujo de trabajo y variabilidad en las actividades, factores que inciden directamente en la generación de cuellos de botella y en la eficiencia global del taller. Por ello, se consideró pertinente aplicar técnicas de estudio de tiempos y movimientos que permitan obtener información confiable para la posterior propuesta de mejoras.

Con el propósito de determinar la técnica más adecuada para el desarrollo de la investigación de tiempos, se realizó una encuesta dirigida a los trabajadores del taller, con el fin de conocer su opinión y obtener información relacionada con las condiciones en las que desempeñan sus actividades laborales. Mediante esta herramienta se logró identificar aspectos importantes como el tiempo aproximado que emplean en cada trabajo, las actividades que realizan con mayor frecuencia y las partes de los vehículos en las que intervienen durante el proceso de reparación.

La información obtenida permitió tener un mejor entendimiento del entorno de trabajo y de las características operativas de cada área, facilitando así la selección de la técnica de análisis más apropiada para el estudio. Además, los resultados de la encuesta sirvieron como apoyo para complementar la observación directa y el levantamiento de tiempos realizados durante la investigación.

Tabla 3.
Resultados de la encuesta aplicada al área de pintura

A. Naturaleza de los trabajos						
Pregunta	**Opciones / Operarios**	**Richard**	**Diego**	**Santiago**	**Richard 2**	**Total**
1. ¿Cuál es la parte del vehículo que requiere reparación o pintura con mayor frecuencia?	Parachoques	X		X	X	3
	Puertas					0
	Guardafangos		X			1
	Capó	X	X			2
	Techo					0
2. ¿Qué tipo de daños son más comunes en el área de pintura?	Rayones	X		X	X	3
	Golpes leves		X	X	X	3
	Desgaste o pérdida del color	X				1
	Pelado de pintura					0
B. Tiempos de trabajo						
3. ¿En qué actividad del proceso de pintura se demora más?	Preparación de superficie (lijado, masillado)	X	X	X	X	4
	Empapelado				X	1
	Aplicación de pintura					0
	Secado					0

	Pulido		X		X	2
4. En promedio, ¿Cuántas horas toma reparar un daño estándar?	Menos de 2 horas					0
	2-4 horas		X			1
	4-6 horas			X	X	2
	Más de 6 horas	X				1
C. Disponibilidad de materiales y herramientas						
5. ¿Cuenta con los materiales y herramientas necesarias para cada trabajo?	Siempre	X		X		2
	Casi siempre		X		X	2
	A veces					0
	Rara vez					0
	Nunca					0
6. ¿El inventario de materiales está disponible cuando lo necesita?	Siempre	X		X	X	3
	Casi siempre		X			1
	A veces					0
	Rara vez					0
	Nunca					0
7. Cuando falta algún material, ¿debe esperar para continuar el trabajo?	Sí	X	X			2
	No			X	X	2
D. Clasificación del daño						
8. ¿Considera posible clasificar los daños en leves, medios y fuertes?	Sí	X		X	X	3
	No		X			1
9. ¿Qué método considera más adecuado para clasificar el daño?	Tiempo estimado de reparación			X		1
	Porcentaje de daño de la pieza	X	X	X		3
	Costo de reparación				X	1

Elaboración propia

La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a los operarios del área de pintura. No obstante, al analizar la información recopilada se evidencia una situación particular, ya que en el módulo B, pregunta 4, los trabajadores mencionan que el tiempo requerido para la reparación de las partes de los vehículos es relativamente corto. Sin embargo, esta información difiere de lo observado durante el diagnóstico inicial del taller.

En la evaluación realizada dentro del área de trabajo se pudo constatar que los vehículos

no son terminados en los tiempos estimados por los operarios, debido a que, en la práctica, las reparaciones suelen extenderse por más de un día. Esta diferencia entre la percepción de los trabajadores y la realidad observada puede estar relacionada con diversos factores.

Tabla 4.

Resultados de la encuesta aplicada al área de enderezado

A. Naturaleza de los trabajos						
Pregunta	**Opciones / Operarios**	**Paul Prado**	**Julio Prado**	**José Calderón**	**Luis Arciniega**	**Total**
1. ¿Cuál es la parte del vehículo que requiere enderezado con mayor frecuencia?	Puertas	X	X			2
	Guardafangos					0
	Parachoques			X		1
	Laterales		X			1
	Chasis				X	1
2. ¿Qué tipo de daños son más comunes en el área de enderezado?	Golpes leves				X	1
	Abolladuras profundas			X		1
	Doblado de piezas	X				1
	Daños estructurales		X	X		2
B. Tiempos de trabajo						
3. ¿En qué actividad del proceso de enderezado se demora más?	Diagnóstico del daño			X		1
	Desmontaje			X		1
	Enderezado de piezas	X	X	X	X	4
	Ajustes y acoples					0
	Montaje final					0
4. Tiempo aproximado para reparar un golpe promedio	Menos de 2 horas					0
	2-4 horas	X	X		X	3
	4-6 horas					0
	Más de 6 horas			X		1
C. Disponibilidad de materiales y herramientas						
5. ¿Dispone de las herramientas necesarias (martillos, haladores, bancadas, gatos, etc.)?	Siempre	X	X	X		3
	Casi siempre				X	1
	A veces					0
	Rara vez					0
	Nunca					0
6. ¿El inventario de insumos (masillas, soldadura, repuestos, etc.) está disponible cuando lo necesita?	Siempre	X	X	X		3
	Casi siempre					0

	A veces					0
	Rara vez					0
	Nunca					0
7. ¿Debe esperar para continuar el trabajo cuando falta alguna herramienta o material?	Sí			X		1
	No	X	X		X	3
D. Clasificación del daño						
8. ¿Es posible clasificar los daños en leves, medios y fuertes en el área de enderezado?	Sí	X	X	X	X	4
	No					0
9. Si su respuesta fue "Sí", ¿Qué método considera más adecuado para medir la gravedad del daño?	Tiempo estimado de reparación	X		X		2
	Porcentaje de deformación		X		X	2
	Costo del trabajo					0

Elaboración propia

En el área de enderezado también se aplicó la encuesta a los operarios, evidenciándose nuevamente el mismo fenómeno observado en el área de pintura. Los trabajadores indicaron que las actividades de reparación se realizan en tiempos relativamente cortos; sin embargo, durante el diagnóstico inicial y la observación directa del proceso se constató que los vehículos permanecen en reparación por un tiempo mayor al estimado en las encuestas.

Debido a esta diferencia entre la información proporcionada por los operarios y la realidad observada en el taller, se tomó la decisión de utilizar la técnica de la fotografía de trabajo, ya que esta permite analizar y registrar todas las actividades que realizan los trabajadores a lo largo de la jornada laboral. Mediante esta técnica se puede determinar la productividad y eficiencia de los operarios durante el día de trabajo, más no únicamente en la ejecución total de una reparación específica. Además, esta metodología facilita la identificación de tiempos productivos, improductivos, esperas, desplazamientos y otras actividades que influyen en el desempeño del proceso.

Por otro lado, también se consideró la aplicación de la técnica de cronometraje; sin embargo, esta fue descartada debido a que su implementación requiere que las actividades sean com-

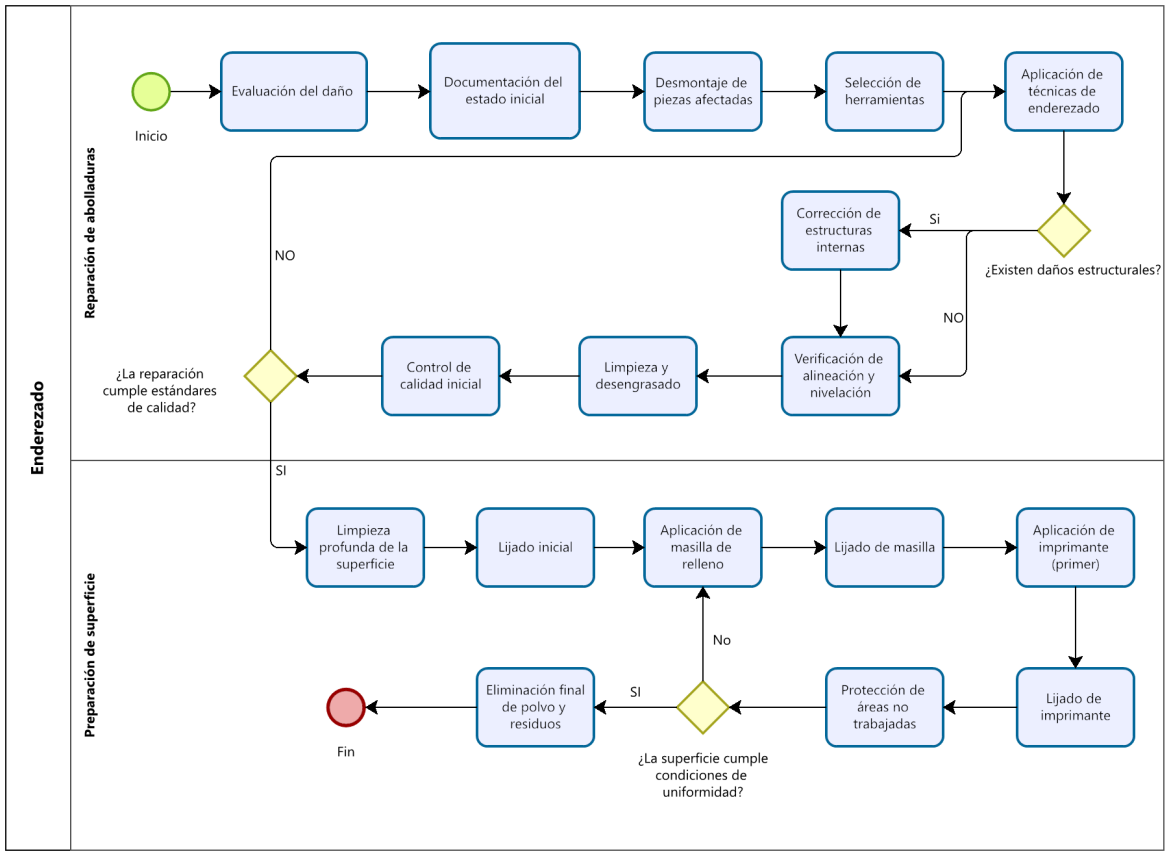
pletamente repetitivas y que se tome el tiempo de una misma tarea varias veces para obtener resultados confiables. En el caso de un taller automotriz, las actividades realizadas presentan una alta variabilidad, ya que dependen del tipo de daño, las condiciones del vehículo y el procedimiento de reparación requerido en cada caso. Por esta razón, las tareas no mantienen una secuencia repetitiva constante, lo que dificulta la aplicación adecuada de esta técnica.

En consecuencia, la fotografía de trabajo fue seleccionada como la técnica más apropiada para la investigación, ya que permite obtener una visión más real del comportamiento de los operarios durante la jornada laboral y facilita determinar las causas por las cuales los datos proporcionados en las encuestas no coinciden con lo observado durante el diagnóstico inicial del taller.

4.2.2 Etapa 2: Registro del método actual

En esta etapa se realizó el levantamiento de información de los procesos actuales del taller, desde la recepción de los vehículos hasta su entrega final, con el objetivo de documentar y comprender el funcionamiento real del sistema productivo tanto de enderezada como de pintura.

Figura 6.
Proceso de enderezada



Elaboración propia

En la Figura 6 se presenta el proceso actualmente ejecutado en el área de enderezado, el cual es desarrollado por los trabajadores del taller en sus condiciones habituales de operación. La información para la construcción de este proceso fue recopilada mediante observación directa en las bahías de trabajo, complementada con entrevistas informales a los operarios y validada con el jefe de taller, lo que permitió obtener una representación fiel de las actividades realizadas en la práctica.

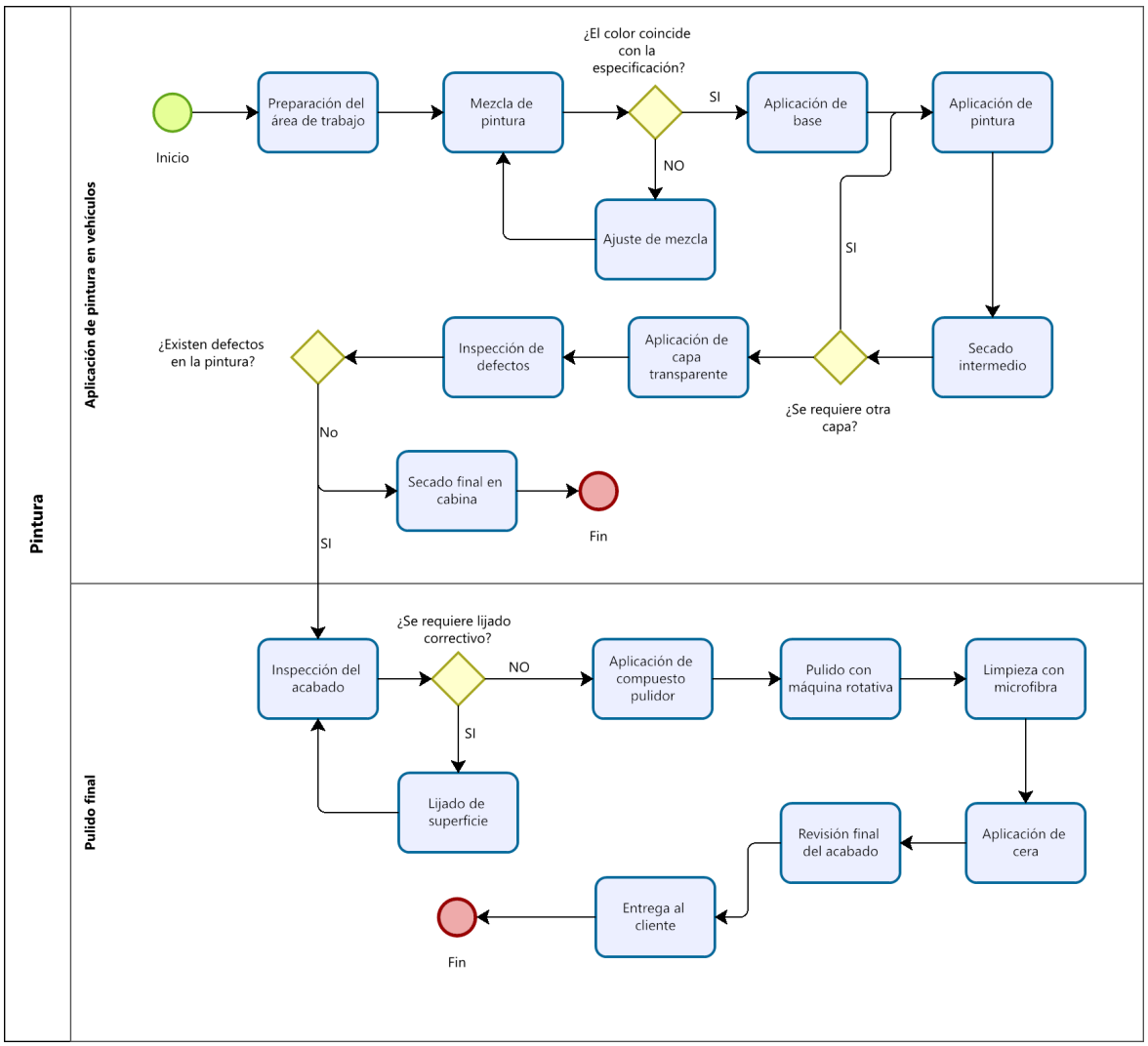
Durante el levantamiento de información, se identificó que varias de las actividades no siguen una secuencia completamente lineal, sino que se repiten de manera frecuente. Esto se debe principalmente a la necesidad de realizar ajustes adicionales sobre las piezas trabajadas, con el fin de alcanzar las condiciones requeridas antes de pasar a la siguiente etapa del proceso. Estas repeticiones evidencian la presencia de reprocesos internos, los cuales incrementan el

tiempo total de intervención y afectan la eficiencia operativa.

Asimismo, se observó que, una vez que las piezas son trasladadas al área de pintura, en ciertos casos son devueltas al área de enderezado debido a la detección de imperfecciones superficiales o defectos no corregidos previamente. Esta situación genera retrabajos entre áreas, provocando interrupciones en el flujo del proceso, aumento en los tiempos de ciclo y una utilización ineficiente de los recursos disponibles.

En conjunto, estos hallazgos permiten evidenciar que el proceso actual presenta variabilidad y falta de estandarización, lo cual se traduce en pérdidas de tiempo asociadas a reprocesos, movimientos innecesarios y correcciones posteriores. Esta problemática constituye un punto clave para el análisis y la propuesta de mejora del sistema productivo en el taller.

Figura 7.
Proceso de pintura



Elaboración propia

De igual manera, en la Figura 7 se presenta el proceso que se lleva a cabo en el área de pintura. Tal como se mencionó previamente, en esta etapa también se evidencian reprocesos que inciden directamente en la demora de la finalización de los trabajos.

Se pudo identificar que esta área mantiene, en la mayoría del tiempo, una alta carga de trabajo, lo que refleja su papel crítico dentro del flujo productivo del taller. No obstante, se presentan casos puntuales en los que los operarios deben interrumpir sus actividades habituales para ejecutar tareas adicionales o no planificadas, principalmente como consecuencia de

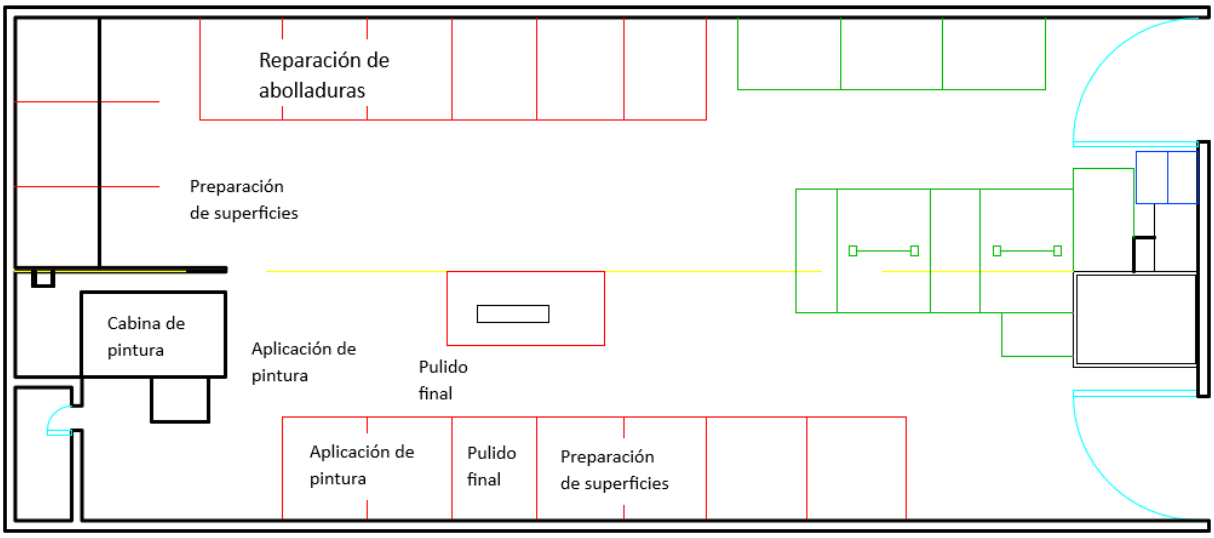
reprocesos provenientes del área de enderezado o por ajustes necesarios en la igualación de pintura.

Estas situaciones generan variaciones en el flujo de trabajo, ya que obligan a modificar la secuencia normal de actividades, provocando tiempos de espera, cambios de prioridad y, en algunos casos, la atención simultánea de múltiples tareas. Asimismo, se evidenció que ciertas actividades, como la mezcla de pintura, verificación de color y aplicación, deben repetirse en varias ocasiones debido a inconsistencias en el acabado o en la tonalidad requerida, lo que incrementa los tiempos de operación.

En consecuencia, el proceso en el área de pintura presenta interrupciones y repeticiones frecuentes, lo que afecta la continuidad del flujo productivo y reduce la eficiencia del sistema. Estos aspectos ponen en evidencia la necesidad de implementar mejoras orientadas a la estandarización de procesos, reducción de reprocesos y optimización de la coordinación entre áreas, con el fin de garantizar una mayor fluidez y calidad en el servicio.

Ademas, a partir de la observación directa, se evidenció que la distribución física del taller no sigue una secuencia lógica acorde a una línea de producción eficiente. En particular, se identificó una disposición inadecuada de las bahías de trabajo como se muestra en la Figura 5, en la que se encuentran mezcladas las áreas de enderezado y pintura, generando desorden y afectando el flujo continuo de las operaciones.

Figura 8.
Layout de Procesos



Elaboración propia

En la Figura 8 se presenta la distribución actual de los trabajadores dentro del taller para la ejecución de los distintos procesos. Se evidenció que los operarios no se encuentran ubicados de manera adecuada en sus respectivas zonas de trabajo, lo que genera desplazamientos innecesarios y una utilización ineficiente del espacio disponible.

Adicionalmente, se identificó que las bahías de trabajo, que deberían destinarse exclusivamente a la ejecución de actividades productivas, son utilizadas con frecuencia como espacios de almacenamiento temporal de vehículos en espera. Esta situación provoca una saturación de las áreas operativas, ya que los vehículos permanecen en dichas bahías mientras esperan la disponibilidad de repuestos o la realización de procesos adicionales, especialmente en casos de daños de mayor complejidad.

Como consecuencia, se genera un desorden en el flujo de trabajo, debido a la obstrucción de las zonas destinadas a la operación, lo que dificulta la movilidad de los trabajadores y retrasa la ejecución de las actividades. Este problema se ve acentuado por la alta demanda de servicios del taller, lo que incrementa la acumulación de vehículos y reduce la disponibilidad de espacios adecuados para trabajar de manera eficiente.

En este contexto, las bahías dejan de cumplir su función principal como áreas de trabajo y pasan a ser utilizadas como zonas de espera, lo que afecta directamente la productividad del taller. Esta situación evidencia la necesidad de mejorar la distribución de planta y la gestión del flujo de vehículos, con el fin de optimizar el uso del espacio, reducir tiempos improductivos y garantizar una operación más ordenada y eficiente.

Asimismo, se observó la existencia de actividades que no agregan valor al proceso productivo, tales como el uso del teléfono celular, conversaciones prolongadas y el consumo de alimentos fuera de los tiempos establecidos. Estas situaciones contribuyen a la generación de tiempos improductivos durante la jornada laboral.

A partir de esta problemática, se procedió a realizar un estudio de tiempos enfocado en el seguimiento de las actividades ejecutadas por los trabajadores durante toda la jornada laboral. El objetivo de este análisis fue identificar actividades que no agregan valor, la presencia de reprocesos y la secuencia real del flujo de trabajo, con el fin de comprender el desempeño operativo en condiciones reales.

Para el levantamiento de información, se seleccionaron dos trabajadores por cada área (enderezado y pintura), considerando como criterio principal su nivel de experiencia, con el propósito de obtener datos representativos del desempeño habitual dentro del taller. La recolección de datos se llevó a cabo mediante observación directa, utilizando un cronómetro para el registro de tiempos, así como herramientas digitales como computador y hojas de cálculo en Excel, en donde se documentó de manera detallada cada una de las actividades realizadas.

Es importante destacar que, para garantizar la precisión y confiabilidad de la información, se destinó un día completo de observación por cada trabajador. Esta metodología permitió evitar la mezcla de datos entre operarios y reducir posibles distorsiones en los resultados, asegurando así un análisis individual del desempeño y una mejor identificación de variaciones en el proceso.

En conjunto, este procedimiento permitió obtener una base de datos detallada del proceso

actual, la cual servirá como insumo fundamental para el análisis de eficiencia, identificación de desperdicios y desarrollo de propuestas de mejora.

Una vez recopilados los datos correspondientes a cada operario, es decir, las actividades ejecutadas durante la jornada laboral junto con sus respectivos tiempos de ejecución, se procede a realizar la clasificación de dichas actividades. Esta etapa es fundamental dentro del estudio, ya que permite identificar cómo se distribuye el tiempo de trabajo y determinar qué actividades agregan valor al proceso productivo.

Para ello, las actividades observadas son organizadas y categorizadas de acuerdo con la técnica de análisis de tiempos y movimientos. Esta clasificación facilita el análisis detallado del desempeño de los operarios y permite detectar actividades innecesarias, reprocesos, esperas y desplazamientos que afectan la eficiencia del proceso.

Además, mediante esta categorización se obtiene una visión más clara del flujo real de trabajo dentro de las áreas estudiadas, lo cual sirve como base para plantear propuestas de mejora orientadas a la optimización.

Las actividades se clasificaron en:

TP = Trabajo Productivo, transforma directamente el vehículo.

TO = Trabajo Operacional, control/verificación del trabajo ejecutado.

TA = Trabajo Auxiliar, preparación o apoyo necesario.

TS = Trabajo Suplementario, desplazamientos y actividades complementarias inevitables.

TIRTO = Tiempo improductivo responsable del trabajador operativo, improductividad causada por el trabajador.

TIDO = Tiempo improductivo debido a la organización, improductividad causada por el proceso o la organización.

TNP = Tiempo no productivo, pausas personales o actividades sin relación al proceso.

A partir de esta clasificación de actividades, se procede a realizar la sumatoria de los tiempos correspondientes a cada categoría, con el propósito de obtener el tiempo total empleado por cada operario durante la jornada laboral. Este análisis permite conocer de manera detallada cómo se distribuye el tiempo de trabajo y evaluar el rendimiento actual de cada trabajador dentro del proceso productivo.

Tabla 5.
Tiempos totales de las categorizaciones (min)

Clasificación	Área de pintura		Área de enderezada	
	Trabajador 1	**Trabajador 2**	**Trabajador 1**	**Trabajador 2**
TO	252	200	269	266,5
TA	58	105	39	48,5
TS	84	106	63	67
TIRTO	41	7	54	61
TIDO	45	62	55	37
TP	394	411	371	382
TNP	86	69	109	98
Jornada laboral	**480**	**480**	**480**	**480**

Elaboración propia

La tabla 5 corresponde al tiempo de trabajo registrado para todos los operarios evaluados, donde cada valor fue considerado y expresado en minutos. Las actividades realizadas por los trabajadores fueron analizadas y subclasificadas en diferentes categorías de tiempo, tales como TO (Tiempo Operativo), TA (Tiempo Auxiliar), TS (Tiempo Suplementario), TIRTO (Tiempo Improductivo Relacionado con la Organización) y TIDO (Tiempo Improductivo Dependiente del Operario), con el fin de identificar la naturaleza de cada actividad desarrollada durante la

jornada laboral.

Posteriormente, a partir de estas subclasificaciones, se realizó la sumatoria de los tiempos para obtener los indicadores globales correspondientes al TP (Tiempo Productivo) y TPN (Tiempo No Productivo).

Las subclasificaciones que corresponden a TP son:

$$TP = TO + TA + TS \tag{4.1}$$

Y para TPN:

$$TPN = TIRTO + TIDO \tag{4.2}$$

Asimismo, la consolidación de estos tiempos facilita la comparación entre operarios, permitiendo identificar diferencias en la ejecución de las actividades, niveles de productividad, tiempos improductivos y posibles ineficiencias en el desarrollo de las tareas. De esta manera, se obtiene una base objetiva para evaluar el desempeño operativo y detectar oportunidades de mejora orientadas a optimizar los procesos y reducir actividades que no generan valor.

Una vez ejecutado el modelo de simulación, se procedió a la verificación y comparación de los resultados obtenidos con los datos recolectados en el sistema real. Este proceso permitió analizar el nivel de variabilidad existente entre ambos conjuntos de datos, considerando las posibles diferencias propias de la naturaleza estocástica del sistema y de la simulación.

Se evaluó el comportamiento del modelo mediante el cálculo del error porcentual, con el fin de determinar el grado de correspondencia entre el sistema real y el modelo simulado. Este indicador permitió identificar si la simulación representa de manera adecuada la realidad operativa del proceso, garantizando que los resultados obtenidos sean confiables para el análisis y la toma de decisiones.

De esta manera, la validación del modelo no solo se basa en la comparación numérica, sino también en la coherencia del comportamiento del sistema simulado respecto al sistema real, lo que permite establecer si el modelo es adecuado para el estudio y la propuesta de mejoras en el proceso analizado.

Para la validación del modelo se utilizó el error porcentual absoluto entre los datos reales y simulados, siguiendo el enfoque propuesto por Banks [40] y Law [41], quienes establecen que la validación de modelos de simulación discreta se basa en la comparación de resultados y el juicio de aceptación del investigador, considerando rangos de error aceptables generalmente inferiores al 10 % en aplicaciones industriales.

Tabla 6.
Clasificación del error porcentual (validación de simulación)

Error (%)	**Clasificación**	**Interpretación**
0 % – 5 %	Excelente	El modelo representa muy bien la realidad
5 % – 10 %	Bueno	Modelo válido con ligera desviación
10 % – 15 %	Aceptable	Representa el sistema, pero requiere ajustes menores
15 % – 20 %	Regular	El modelo tiene desviaciones importantes
$> 20\,\%$	Deficiente	El modelo no es confiable, debe revisarse

Elaboración propia

Para determinar el porcentaje de error existente entre los datos reales y los obtenidos a través del modelo de simulación, se aplicó la siguiente fórmula:

$$Error(\,\%) = \frac{|TP_{real} - TP_{simulado}|}{TP_{real}} \times 100 \tag{4.3}$$

Obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla 7.
Validación del modelo: comparación de TP real vs TP simulado

Área	Trabajador	TP (%)		Error (%)
		Real	Simulado	
Pintura	TRAB_1_PIN	82	75,83	7,52
Pintura	TRAB_2_PIN	86	82,29	4,31
Enderezada	TRAB_1_END	77	71,46	7,19
Enderezada	TRAB_2_END	80	82,71	3,39

Elaboración propia

A partir de la comparación entre los valores de tiempo productivo (TP) obtenidos en el sistema real y los resultados generados por el modelo de simulación, se evidencia una correspondencia aceptable entre ambos escenarios. En el área de pintura, los errores porcentuales se encuentran en un rango de 4,31 % a 7,52 %, mientras que en el área de enderezada oscilan entre 3,39 % y 7,19 %. Estos valores indican que la desviación entre el comportamiento real del sistema y su representación en el modelo es relativamente baja.

En términos generales, el modelo de simulación presenta un error promedio de 5,60 %, lo que sugiere que la representación del proceso es adecuada y captura de manera razonable la dinámica del sistema real. Asimismo, se observa que las diferencias no son homogéneas entre trabajadores, lo cual puede atribuirse a variaciones propias del desempeño operativo y a la simplificación inherente del modelo de simulación. No obstante, al mantenerse los errores dentro de un rango inferior al 10 %, se considera que el modelo es válido para representar el sistema productivo y puede ser utilizado para el análisis y evaluación de mejoras en el proceso.

Por otro lado, se constató la ausencia de registros formales de los procesos y de indicadores de desempeño que permitan medir y controlar la productividad, la eficiencia y el rendimiento

de los operarios. Esta falta de información dificulta la identificación de problemas y la implementación de acciones correctivas efectivas.

Como resultado del análisis realizado, se identificaron cuellos de botella ocasionados principalmente por una inadecuada distribución de los puestos de trabajo, falta de orden en las áreas operativas y poco control en la ejecución de las actividades. Además, se observaron interrupciones en el flujo de trabajo y desplazamientos innecesarios que afectan el desarrollo normal de las operaciones.

Estas situaciones generan retrasos en la reparación de los vehículos, incrementan los tiempos improductivos y disminuyen la eficiencia operativa del taller, afectando directamente la productividad y el cumplimiento de los tiempos de entrega.

4.2.3 Etapa 3: Examinar lo registrado

En esta etapa se realizó el levantamiento de información de los procesos actuales del taller, desde la recepción de los vehículos hasta su entrega final, con el objetivo de documentar y comprender el funcionamiento real del sistema productivo.

Una vez realizado este análisis, es necesario evaluar lo que ocurre dentro de los procesos y el flujo operativo del taller. Como se observa en la Figura 8, la distribución actual de los trabajadores y de las áreas de trabajo no permite mantener una circulación adecuada de los vehículos. En un taller automotriz, lo recomendable es trabajar con un flujo en forma de U, ya que este facilita el desplazamiento continuo de los vehículos entre procesos y reduce recorridos innecesarios.

Sin embargo, la mala distribución de las zonas de trabajo genera desorden y limita la movilidad dentro del taller. Se observó que los vehículos son estacionados en espacios no adecuados, reduciendo las áreas de circulación e incluso bloqueando completamente ciertos accesos. Esta situación ocasiona interrupciones constantes en el flujo de trabajo y dificulta el traslado de herramientas, materiales y vehículos entre áreas.

Además, durante la jornada laboral se identificaron actividades que afectan directamente el rendimiento de los operarios, como conversaciones frecuentes, distracciones, uso del celular, salidas del taller y tiempos destinados a la búsqueda o espera de materiales de trabajo. A esto se suma la falta de organización en el estacionamiento de los vehículos, ya que en varias ocasiones los operarios deben mover uno, dos o hasta tres vehículos para poder trasladar otro hacia el área requerida. Posteriormente, los vehículos deben volver a ser acomodados, generando pérdidas de tiempo y esfuerzo en actividades que no agregan valor directamente al proceso de reparación.

En la encuesta realizada, los trabajadores respondieron de acuerdo con su criterio y percepción sobre el tiempo que emplean en sus actividades. Sin embargo, esta situación resulta preocupante, ya que al tabular y analizar los datos obtenidos se evidenció que el rendimiento real de los operarios no coincide con las respuestas proporcionadas en la encuesta. Además, durante la observación directa del método de trabajo diario se constató que los vehículos no son terminados en una sola jornada laboral, sino que generalmente permanecen en proceso de reparación por más de un día.

En la Tabla 5 se evidencia que el tiempo no productivo de los trabajadores oscila entre 69 y 109 minutos por jornada laboral, lo que representa una cantidad significativa de tiempo que no contribuye directamente a la generación de valor dentro del proceso productivo. Este resultado pone de manifiesto la existencia de oportunidades de mejora en la gestión y aprovechamiento del tiempo de trabajo, ya que una parte importante de la jornada se destina a actividades que no aportan al avance de las operaciones de enderezado y pintura.

Al analizar la distribución de estos tiempos, se observa que las mayores incidencias corresponden a las actividades clasificadas como TIRTO, TIDO y determinadas actividades consideradas como TS . Estas categorías reflejan situaciones como interrupciones, desplazamientos innecesarios, esperas, pausas prolongadas y otras acciones que reducen la eficiencia del proceso. Debido a que gran parte de estas actividades están vinculadas al comportamiento del trabajador, a la organización del trabajo y a la coordinación de las operaciones, su reducción podría generar un incremento significativo en los niveles de productividad.

Por lo tanto, los resultados obtenidos sugieren la necesidad de implementar acciones de mejora orientadas a optimizar los métodos de trabajo, fortalecer la supervisión de las actividades, reducir tiempos de espera y promover una mejor utilización de los recursos disponibles. Estas medidas permitirían disminuir los tiempos no productivos y aumentar el tiempo efectivo dedicado a actividades que agregan valor al servicio, contribuyendo así a una mayor eficiencia operativa del taller automotriz.

Cada trabajador desarrolla su propio método de trabajo a partir de los conocimientos y experiencias adquiridos durante su trayectoria laboral. Sin embargo, estos métodos empíricos no siempre representan la forma más eficiente de ejecutar las actividades, ya que suelen depender de hábitos individuales que pueden generar variaciones en los tiempos de ejecución y en la calidad de los resultados obtenidos. Esta situación provoca que una misma tarea pueda realizarse de diferentes maneras, dificultando el control y la estandarización de los procesos dentro de la organización.

En la actualidad, los avances tecnológicos y el desarrollo de nuevas herramientas de gestión han permitido disponer de recursos que facilitan la estandarización de los métodos de trabajo. La implementación de procedimientos definidos, instrucciones operativas, equipos especializados y herramientas de control contribuye a que las actividades se ejecuten de manera uniforme, reduciendo la variabilidad asociada a la experiencia individual de cada trabajador. Además, la capacitación del personal en estos métodos estandarizados permite mejorar el aprovechamiento del tiempo disponible, optimizar el uso de los recursos y disminuir la ocurrencia de actividades improductivas.

Por lo tanto, la adopción de métodos de trabajo estandarizados constituye una alternativa efectiva para incrementar la eficiencia operativa, ya que facilita el seguimiento de las actividades, mejora el control de los tiempos de ejecución y promueve una mayor productividad en los procesos de enderezado y pintura. De esta manera, la organización puede asegurar que las tareas se desarrollen bajo criterios uniformes, orientados al cumplimiento de los objetivos de calidad, tiempo y desempeño establecidos.

Con el fin de identificar las principales oportunidades de mejora dentro del proceso productivo, es necesario analizar detalladamente la información recopilada durante el trabajo de campo. Este análisis permite examinar las actividades ejecutadas por los operarios, identificar tareas que se repiten con frecuencia y detectar aquellas que generan demoras o afectan el flujo normal de trabajo. A partir de esta evaluación, es posible reconocer las causas que influyen en el desempeño de las operaciones y establecer acciones orientadas a incrementar la eficiencia del proceso. En este contexto, el análisis se inicia con los trabajadores del área de pintura.

4.2.3.1 Operador 1 área de pintura

Tabla 8.
Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Pintor 1

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificación
1	Inicio Jornada (Cambiarse de vestimenta)	8:30:00	8:40:00	0:10:00	TS
2	Alistamiento de material	8:40:00	8:45:00	0:05:00	TA
3	Limpieza área de trabajo	8:45:00	8:54:00	0:09:00	TA
4	Empapelado vehículo 1	8:54:00	9:06:00	0:12:00	TO
5	conversa	9:06:00	9:09:00	0:03:00	**TIRTO**
6	Empapelado vehículo 1	9:09:00	9:14:00	0:05:00	TO
7	Pulido, limpieza y toma de fallos capo vehículo 1	9:14:00	9:34:00	0:20:00	TO
8	Pulido, limpieza vehículo 1	9:34:00	9:38:00	0:04:00	TO
9	Uso del celular	9:38:00	9:39:00	0:01:00	**TIRTO**
10	Preparación de materiales, herramientas	9:39:00	9:41:00	0:02:00	TA
11	Traslado de piezas	9:41:00	9:42:00	0:01:00	TA

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificación
12	Pulido, limpieza de pieza	9:42:00	9:45:00	0:03:00	TO
13	Preparación y pintado de pieza	9:45:00	9:54:00	0:09:00	TO
14	Preparación de materiales, herramientas	9:54:00	9:55:00	0:01:00	TA
15	Pulido de pieza	9:55:00	9:56:00	0:01:00	TO
16	Llamada por celular	9:56:00	9:58:00	0:02:00	**TIRTO**
17	Pulido de pieza	9:58:00	10:09:00	0:11:00	TO
18	Salida del taller	10:09:00	10:34:00	0:25:00	**TIRTO**
19	Llegada al taller, revisión de vehículo	10:34:00	11:10:00	0:36:00	TS
20	Caminar por las áreas	11:10:00	11:15:00	0:05:00	**TIRTO**
21	Pulido de pieza	11:15:00	11:25:00	0:10:00	TO
22	Preparación de materiales y corrección de imperfecciones	11:25:00	11:34:00	0:09:00	TO
23	conversa	11:34:00	11:39:00	0:05:00	**TIRTO**
24	Pulido	11:39:00	11:53:00	0:14:00	TO
25	Busca y preparación de material	11:53:00	11:54:00	0:01:00	TA
26	Limpieza y lijado de pieza	11:54:00	12:08:00	0:14:00	TO
27	Busca material	12:08:00	12:09:00	0:01:00	TA
28	Limpieza de pieza	12:09:00	12:19:00	0:10:00	TO
29	Descanso y conversa	12:19:00	12:20:00	0:01:00	TS
30	Inspección de pieza	12:20:00	12:22:00	0:02:00	TS
31	Traslado de piezas	12:22:00	12:23:00	0:01:00	TA
32	Limpieza de cabina de pintura	12:23:00	12:50:00	0:27:00	TA

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificación
33	Almuerzo	12:50:00	13:20:00	0:30:00	**TS**
34	Preparación de pintura (mezcla de colores)	13:20:00	13:35:00	0:15:00	TO
35	Prueba de color en muestra	13:35:00	13:45:00	0:10:00	TO
36	Ajuste de tonalidad de pintura	13:45:00	14:00:00	0:15:00	TO
37	Empapelado final del vehículo	14:00:00	14:20:00	0:20:00	TO
38	Limpieza de superficie (desengrasado)	14:20:00	14:30:00	0:10:00	TA
39	Aplicación de base de pintura	14:30:00	14:50:00	0:20:00	TO
40	Espera de secado	14:50:00	15:05:00	0:15:00	**TIDO**
41	Aplicación de segunda capa	15:05:00	15:25:00	0:20:00	TO
42	Espera de secado	15:25:00	15:40:00	0:15:00	**TIDO**
43	Aplicación de barniz	15:40:00	16:00:00	0:20:00	TO
44	Secado final	16:00:00	16:15:00	0:15:00	**TIDO**
45	Retiro de empapelado	16:15:00	16:25:00	0:10:00	TO
46	Inspección final de pintura	16:25:00	16:30:00	0:05:00	TS

Elaboración propia

En la Tabla 8 se presentan las actividades realizadas por el operario durante una jornada laboral en el área de pintura, lo que permite identificar aquellas tareas que no generan valor agregado dentro del proceso productivo y analizar su impacto en la eficiencia global del trabajo. Del análisis efectuado se observa que las actividades 5, 9, 16, 18, 20 y 23 corresponden a acciones improductivas, cuya suma representa aproximadamente 41 minutos de la jornada. Estas actividades, en su mayoría, no cuentan con un control o supervisión directa por parte de la jefatura del taller, y se originan principalmente por decisiones del propio operario, lo que

evidencia una oportunidad de mejora en la gestión del tiempo de trabajo y en el control operativo.

En concordancia con lo anterior, se identifican dentro de las actividades clasificadas como TIRTO diversos comportamientos no productivos que afectan la continuidad del proceso, tales como conversaciones ajenas al trabajo, uso del teléfono celular, llamadas, desplazamientos sin finalidad operativa y salidas del taller durante la jornada. Estas acciones refuerzan la existencia de tiempos improductivos asociados al comportamiento del operario, los cuales generan fragmentación en el flujo de trabajo y reducción del tiempo efectivo de producción.

Por otro lado, dentro de las actividades clasificadas como TIDO (tiempos improductivos por demoras organizacionales), se identifican periodos de espera que, si bien no pueden eliminarse ni adelantarse debido a la naturaleza técnica del proceso, sí pueden ser aprovechados de manera más eficiente. En este caso, dichos intervalos son utilizados en ocasiones para actividades no productivas como el uso del celular o conversaciones informales. Sin embargo, estos tiempos representan una oportunidad para ser redirigidos hacia actividades de apoyo que generen valor, tales como la revisión de otros vehículos, limpieza del área de trabajo o preparación de materiales, contribuyendo a una mejor utilización del tiempo disponible.

En relación con las actividades clasificadas como TS (trabajo suplementario), es necesario realizar un análisis más detallado debido a que presentan distintas interpretaciones según el contexto operativo. Algunas de estas actividades son necesarias e inherentes al proceso, como el inicio de jornada, donde el operario emplea aproximadamente 10 minutos para el cambio de vestimenta y preparación del trabajo, lo cual se considera indispensable. No obstante, se identifican otras actividades que evidencian oportunidades de mejora, como la revisión de vehículos, la cual en ciertos casos alcanza tiempos elevados que podrían reducirse mediante la estandarización de procedimientos y una mejor planificación operativa.

Asimismo, se identifican momentos de ligera distracción en actividades de inspección y revisión de piezas, así como la ejecución de tareas de almuerzo, las cuales son necesarias dentro de la jornada laboral por tratarse de un derecho del trabajador y un tiempo de descanso obliga-

torio. Finalmente, la inspección final del trabajo realizado se considera una actividad adecuada y necesaria para garantizar la calidad del proceso y la conformidad del producto terminado.

4.2.3.2 Operador 2 área de pintura

Tabla 9.
Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Pintor 2

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
1	Inicio de labores (alistar materia-les)	8:30:00	8:35:00	0:05:00	TA
2	Revisión de nuevo vehículo ingre-sado	8:45:00	8:50:00	0:05:00	TS
3	Limpiar superficie de parte de vehiculo	8:35:00	8:45:00	0:10:00	TA
4	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	8:50:00	8:57:00	0:07:00	TO
5	Verificación (comprobación) de color	8:57:00	9:00:00	0:03:00	**TS**
6	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	9:00:00	9:15:00	0:15:00	TO
7	Limpieza de espacio de trabajo	9:15:00	9:16:00	0:01:00	TA
8	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	9:16:00	9:18:00	0:02:00	TO
9	Verificación (comprobación) de color	9:18:00	9:19:00	0:01:00	**TS**
10	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	9:19:00	9:22:00	0:03:00	TO

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
11	Verificación (comprobación) de color	9:22:00	9:23:00	0:01:00	**TS**
12	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	9:23:00	9:24:00	0:01:00	TO
13	Verificación (comprobación) de color	9:24:00	9:25:00	0:01:00	**TS**
14	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	9:25:00	9:42:00	0:17:00	TO
15	Preparación del área de trabajo	9:42:00	9:43:00	0:01:00	TA
16	Limpieza de pieza	9:43:00	9:44:00	0:01:00	TA
17	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	9:44:00	10:01:00	0:17:00	TO
18	Verificación (comprobación) de color	10:01:00	10:02:00	0:01:00	**TS**
19	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	10:02:00	10:04:00	0:02:00	TO
20	Limpieza de superficie de piezas a pintar	10:04:00	10:10:00	0:06:00	TA
21	Preparación de herramienta para pintura (pistola de pintura)	10:10:00	10:11:00	0:01:00	TA
22	Aplicación de pintura en pieza	10:11:00	10:15:00	0:04:00	TO
23	Preparación de otras áreas a pintar	10:15:00	10:18:00	0:03:00	TA
24	va a pedir material	10:18:00	10:20:00	0:02:00	**TIDO**
25	Limpieza de superficie de piezas a pintar	10:20:00	10:23:00	0:03:00	TA

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
26	Aplicación de pintura en pieza	10:23:00	10:26:00	0:03:00	TO
27	Limpieza de superficie de piezas a pintar	10:26:00	10:32:00	0:06:00	TA
28	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	10:32:00	10:38:00	0:06:00	TO
29	Va a hacer revisión de otro vehícu-lo	10:38:00	10:40:00	0:02:00	**TIRTO**
30	Verificación (comprobación) de color	10:40:00	10:41:00	0:01:00	**TS**
31	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	10:41:00	10:46:00	0:05:00	TO
32	Verificación (comprobación) de color	10:46:00	10:50:00	0:04:00	**TS**
33	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	10:50:00	11:01:00	0:11:00	TO
34	Verificación (comprobación) de color	11:01:00	11:03:00	0:02:00	**TS**
35	Mezcla de pintura (laboratorio de pintura)	11:03:00	11:13:00	0:10:00	TO
36	Verificación (comprobación) de color	11:13:00	11:19:00	0:06:00	**TS**
37	Ubicación de material	11:19:00	11:23:00	0:04:00	TA
38	Limpieza de cabina de pintura	11:23:00	11:35:00	0:12:00	TA
39	Orden de materiales y descarte de residuos	11:35:00	11:45:00	0:10:00	TS

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
40	Mezcla de pintura (ajuste por tono incorrecto)	11:45:00	12:00:00	0:15:00	TO
41	Verificación (comprobación) de color	12:00:00	12:03:00	0:03:00	**TS**
42	Mezcla de pintura (corrección mínima)	12:03:00	12:08:00	0:05:00	TO
43	Limpieza de superficie de pieza	12:08:00	12:15:00	0:07:00	TA
44	Preparación de herramienta (pisto-la)	12:15:00	12:18:00	0:03:00	TA
45	Aplicación de pintura en pieza	12:18:00	12:28:00	0:10:00	TO
46	Espera de secado	12:28:00	12:40:00	0:12:00	**TIDO**
47	Revisión rápida de acabado	12:40:00	12:45:00	0:05:00	TS
48	Va a pedir material	12:45:00	12:50:00	0:05:00	**TIDO**
49	Mezcla de pintura	12:50:00	13:00:00	0:10:00	TO
50	Almuerzo	13:00:00	13:30:00	0:30:00	**TS**
51	Regreso y revisión de pieza pinta-da	13:30:00	13:35:00	0:05:00	TS
52	Limpieza de superficie	13:35:00	13:40:00	0:05:00	TA
53	Aplicación de segunda capa	13:40:00	13:50:00	0:10:00	TO
54	Espera de secado	13:50:00	14:05:00	0:15:00	**TIDO**
55	Verificación de color/acabado	14:05:00	14:10:00	0:05:00	TS
56	Corrección puntual (retoque)	14:10:00	14:20:00	0:10:00	TO
57	Limpieza de herramienta	14:20:00	14:30:00	0:10:00	TA
58	Mezcla de pintura	14:30:00	14:45:00	0:15:00	TO

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
59	Verificación de color	14:45:00	14:48:00	0:03:00	**TS**
60	Preparación de superficie	14:48:00	15:00:00	0:12:00	TA
61	Aplicación de pintura	15:00:00	15:12:00	0:12:00	TO
62	Espera de secado	15:12:00	15:25:00	0:13:00	**TIDO**
63	Revisión de otro vehículo	15:25:00	15:30:00	0:05:00	**TIRTO**
64	Aplicación de segunda capa	15:30:00	15:40:00	0:10:00	TO
65	Espera de secado	15:40:00	15:55:00	0:15:00	**TIDO**
66	Limpieza de cabina	15:55:00	16:10:00	0:15:00	TA
67	Inspección final de piezas	16:10:00	16:20:00	0:10:00	TS
68	Orden y limpieza final	16:20:00	16:30:00	0:10:00	TS

Elaboración propia

En la Tabla 9 se identifica una actividad que destaca por su elevada frecuencia dentro de la jornada laboral: la verificación o comprobación de color, clasificada como trabajo suplementario (TS). Esta actividad se ejecuta en 11 ocasiones a lo largo del día, acumulando un total de 26 minutos. Si bien la verificación del color constituye un control necesario para garantizar la calidad del acabado final, su repetición frecuente evidencia posibles deficiencias en la etapa previa de preparación de la pintura, lo que obliga a realizar ajustes continuos para alcanzar el tono requerido.

De manera complementaria, la actividad de mezcla de pintura, clasificada como trabajo operativo (TO), se realiza en 16 ocasiones durante la jornada, representando un total de 141 minutos. Al analizar conjuntamente ambas actividades, se obtiene un tiempo acumulado de 167 minutos, equivalente a aproximadamente 2 horas y 47 minutos dentro de una jornada laboral de 8 horas. Este resultado evidencia una proporción significativa del tiempo destinada exclusivamente a procesos de ajuste de color, lo cual sugiere ineficiencias en la etapa de pre-

paración de la pintura y una alta recurrencia de reprocesos.

Una de las principales causas de esta situación se asocia a la ausencia de procedimientos estandarizados para la dosificación de pinturas y componentes, así como a la falta de parámetros técnicos definidos para la obtención de colores según el tipo de reparación. Esta condición obliga al operario a realizar múltiples iteraciones de mezcla y verificación hasta alcanzar la tonalidad deseada, generando ciclos repetitivos que incrementan el tiempo de trabajo indirecto y reducen la eficiencia del proceso productivo. En este sentido, la implementación de fórmulas estandarizadas de mezcla, sistemas de codificación de color o métodos de control más precisos permitiría disminuir significativamente la necesidad de ajustes constantes.

Por otra parte, dentro de las actividades clasificadas como TIDO se registran tiempos asociados a la solicitud de materiales y a las esperas por secado. La solicitud de materiales representa aproximadamente 7 minutos, mientras que las esperas por secado acumulan alrededor de 55 minutos durante la jornada. Aunque estas actividades forman parte inherente del proceso productivo y en muchos casos no pueden eliminarse, se observa que durante estos intervalos el operario permanece sin ejecutar actividades complementarias que aporten valor al proceso.

Desde una perspectiva de gestión de operaciones, estos tiempos de inactividad relativa podrían ser aprovechados mediante la asignación de tareas complementarias, tales como la preparación anticipada de materiales, organización del área de trabajo, inspección de otras piezas o apoyo en actividades paralelas dentro del taller. De esta manera, sería posible incrementar la utilización efectiva de la mano de obra y reducir el impacto de las demoras inherentes al proceso de pintura, mejorando así la eficiencia global del sistema productivo.

4.2.3.3 Operador 1 área de enderezada

Tabla 10.

Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Enderezador 1

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
1	Inicio de labores (alistar materia-les)	8:30:00	8:40:00	0:10:00	TA
2	Desmonte de pieza 1	8:40:00	8:46:00	0:06:00	TO
3	Traslado de pieza a pintura	8:46:00	8:48:00	0:02:00	TA
4	Desmontaje de puerta	8:48:00	8:58:00	0:10:00	TO
5	Pulido	8:58:00	9:04:00	0:06:00	TO
6	Soldadura	9:04:00	9:07:00	0:03:00	TO
7	Pulido	9:07:00	9:10:00	0:03:00	TO
8	Preparación de herramientas	9:10:00	9:13:00	0:03:00	TA
9	Enderezado de capo (parte afecta-da)	9:13:00	9:25:00	0:12:00	TO
10	Pulido de zona enderezada	9:25:00	9:27:00	0:02:00	TO
11	Enderezada	9:27:00	9:34:00	0:07:00	TO
12	Compra y degustación de alimen-tos (ensalada de frutas)	9:34:00	9:47:00	0:13:00	**TIRTO**
13	Enderezado, disminución, lijado	9:47:00	9:57:00	0:10:00	TO
14	Uso del celular	9:57:00	9:58:00	0:01:00	**TIRTO**
15	Enderezado, disminución, lijado	9:58:00	9:59:00	0:01:00	TO
16	Salida del taller	9:59:00	10:25:00	0:26:00	**TIRTO**
17	Enderezado, disminución, lijado	10:25:00	10:43:00	0:18:00	TO
18	Llenado tiner, abastecimiento de material	10:43:00	10:44:00	0:01:00	TA

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
19	Conversa, camina por el taller	10:44:00	10:49:00	0:05:00	**TIRTO**
20	Preparación de material y aplicación (masilla)	10:49:00	10:58:00	0:09:00	TO
21	Espera secado de masilla (conversa, come y busca material)	10:58:00	11:11:00	0:13:00	**TIDO**
22	Lijado de masilla	11:11:00	11:32:00	0:21:00	TO
23	Conversa, camina por el taller	11:32:00	11:40:00	0:08:00	**TIRTO**
24	Preparación de material y aplicación (masilla)	11:40:00	11:46:00	0:06:00	TO
25	Trae repuestos	11:46:00	11:49:00	0:03:00	TA
26	Espera secado de masilla (conversa)	11:49:00	11:59:00	0:10:00	**TIDO**
27	Lijado de masilla	11:59:00	12:07:00	0:08:00	TO
28	Colocación pieza 1 y correcciones zona lateral izquierda capo, lijado	12:07:00	12:22:00	0:15:00	TO
29	Despeje de área para el paso de otro vehículo aparte	12:22:00	12:24:00	0:02:00	**TIDO**
30	Desmontaje de pieza 1	12:24:00	12:26:00	0:02:00	TO
31	Revisión de otro vehículo	12:26:00	12:27:00	0:01:00	**TIRTO**
32	Lijado de masilla y sopleteado	12:27:00	12:35:00	0:08:00	TO
33	Anotación en cuaderno de trabajo realizado y revisión del celular para tomar foto y video de evidencia para realización de otro trabajo	12:35:00	12:43:00	0:08:00	TS

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
34	Revisión de otro vehiculo y repa-ración de puerta	12:43:00	13:00:00	0:17:00	TO
35	Almuerzo	13:00:00	13:30:00	0:30:00	**TS**
36	Preparación de área de trabajo	13:30:00	13:40:00	0:10:00	TA
37	Inspección de piezas reparadas	13:40:00	13:55:00	0:15:00	TS
38	Enderezado de puerta (ajustes finales)	13:55:00	14:20:00	0:25:00	TO
39	Pulido de zona intervenida	14:20:00	14:35:00	0:15:00	TO
40	Preparación de superficie (lijado fino)	14:35:00	14:55:00	0:20:00	TO
41	Aplicación de masilla (retoques)	14:55:00	15:10:00	0:15:00	TO
42	Espera de secado de masilla	15:10:00	15:25:00	0:15:00	**TIDO**
43	Lijado final de masilla	15:25:00	15:40:00	0:15:00	TO
44	Limpieza de superficie para pintu-ra	15:40:00	15:50:00	0:10:00	TA
45	Aplicación de imprimante	15:50:00	16:05:00	0:15:00	TO
46	Secado de imprimante	16:05:00	16:20:00	0:15:00	**TIDO**
47	Orden y limpieza del área de tra-bajo	16:20:00	16:30:00	0:10:00	TS

Elaboración propia

En la Tabla 10 se presenta el análisis de las actividades realizadas por el operario durante una jornada laboral en el área de enderezada, a partir del cual se identifican y clasifican los tiempos en TIRTO, TIDO, TA, TS y TO, permitiendo evaluar el nivel de aprovechamiento del tiempo productivo y las principales fuentes de ineficiencia dentro del proceso.

En primer lugar, se observa una presencia significativa de actividades clasificadas como TIRTO, las cuales corresponden a comportamientos que no contribuyen directamente al avance del proceso productivo y que representan desviaciones del flujo normal de trabajo. Dentro de este grupo se identifican acciones como el uso de dispositivos móviles, consumo de alimentos durante la jornada, conversaciones no relacionadas con la actividad laboral, desplazamientos sin finalidad operativa, ausencias temporales del área de trabajo y revisiones de otros vehículos sin asignación formal. Estas actividades interrumpen la continuidad del proceso de enderezado, generando pérdidas de tiempo que no aportan valor al producto final y evidenciando debilidades en los mecanismos de supervisión y control del personal operativo. En conjunto, estas actividades representan aproximadamente 54 minutos de la jornada laboral.

Por otro lado, los tiempos clasificados como TIDO corresponden a esperas inherentes al proceso productivo, principalmente asociadas al secado de masilla e imprimantes, así como a despejes de área necesarios para la circulación y continuidad de las operaciones dentro del taller. Si bien estas actividades son técnicamente inevitables y forman parte del proceso de reparación, se evidencia que durante estos periodos el operario no aprovecha el tiempo disponible para la ejecución de actividades complementarias, lo que representa una oportunidad de mejora en la gestión operativa. La suma de los tiempos TIRTO y TIDO alcanza un total de 109 minutos, lo que refleja una proporción importante de tiempo no productivo dentro de la jornada laboral.

En cuanto a las actividades clasificadas como TA, se identifican tareas de apoyo como traslado de piezas, preparación de herramientas, abastecimiento de materiales, adecuación del área de trabajo y búsqueda de recursos. Estas actividades, aunque no forman parte directa de la transformación del producto, son necesarias para garantizar la continuidad del proceso; sin embargo, su recurrencia sugiere posibles deficiencias en la planificación, organización del puesto de trabajo y disponibilidad de insumos.

Respecto a las actividades clasificadas como TS, se incluyen acciones como el registro de actividades, inspección de piezas, limpieza del área de trabajo y tiempos de almuerzo. Si bien estas actividades no generan valor directo al producto, cumplen un rol importante dentro del

control del proceso y la organización del trabajo, por lo que su adecuada gestión contribuye a la trazabilidad y orden operativo del taller.

Finalmente, las actividades clasificadas como TO representan las operaciones principales del proceso de enderezado, tales como desmontaje de piezas, enderezado de componentes, lijado, soldadura, aplicación de masilla, reparación de piezas y aplicación de imprimante. No obstante, se evidencia que estas actividades productivas se encuentran afectadas por interrupciones constantes derivadas de desplazamientos, esperas y tareas no planificadas, lo que reduce la eficiencia global del proceso y evidencia la ausencia de estandarización en el método de trabajo.

4.2.3.4 Operador 2 área de enderezada

Tabla 11.
Estudio de tiempos - Técnica de la fotografía - Enderezador 2

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
1	Inicio de labores (alistar materiales)	8:30:00	8:38:00	0:08:00	TA
2	Sacar undidos de un vehiculo (reproceso)	8:38:00	8:42:00	0:04:00	TO
3	Pulido	8:42:00	8:43:00	0:01:00	TO
4	Sacar undidos de un vehiculo (reproceso)	8:43:00	8:44:00	0:01:00	TO
5	Pulido	8:44:00	8:47:00	0:03:00	TO
6	Preparación de material	8:47:00	8:49:00	0:02:00	TA
7	Aplicación de masilla	8:49:00	8:50:00	0:01:00	TO

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
8	Preparación y aplicación de material	8:50:00	8:51:00	0:01:00	TO
9	Uso del celular	8:51:00	8:52:00	0:01:00	**TIRTO**
10	Espera de secado de masilla	8:52:00	8:56:00	0:04:00	**TIDO**
11	Lijado	8:56:00	9:01:00	0:05:00	TO
12	Espera por recolocación del vehículo y uso del celular	9:01:00	9:03:00	0:02:00	**TIDO**
13	Traslado al área de mecánica por herramienta	9:03:00	9:04:00	0:01:00	TA
14	Enderesada de área a trabajar	9:04:00	9:05:00	0:01:00	TO
15	Lijado	9:05:00	9:05:45	0:00:45	TO
16	Preparación y aplicación de material	9:05:45	9:08:00	0:02:15	TO
17	Uso del celular y espera en secado de masilla	9:08:00	9:11:00	0:03:00	**TIRTO**
18	Salida del taller	9:11:00	9:22:00	0:11:00	**TIRTO**
19	Busca de material	9:22:00	9:23:00	0:01:00	TA
20	Lijado	9:23:00	9:27:00	0:04:00	TO
21	Limpieza de área (dejar herramientas y materiales en su lugar)	9:27:00	9:28:00	0:01:00	TS
22	Revisión de pieza de otro vehículo	9:28:00	9:30:00	0:02:00	**TIRTO**
23	Desmontaje de placa trasera de vehiculo	9:30:00	9:30:30	0:00:30	TO
24	Busca de material	9:30:30	9:31:00	0:00:30	TA
25	Ajuste del área de trabajo	9:31:00	9:34:00	0:03:00	TA

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
26	Desmontaje partes de pieza	9:34:00	9:40:00	0:06:00	TO
27	Busqueda de material	9:40:00	9:42:00	0:02:00	TA
28	Armado de pieza	9:42:00	9:46:00	0:04:00	TO
29	Soldadura con cautin	9:46:00	9:57:00	0:11:00	TO
30	Montaje partes de pieza	9:57:00	10:00:00	0:03:00	TO
31	Desmontaje parte de pieza	10:00:00	10:05:00	0:05:00	TO
32	Busca de herramientas	10:05:00	10:06:00	0:01:00	TA
33	Enderezada parte metalica de pie-za	10:06:00	10:08:00	0:02:00	TO
34	Revisión de partes	10:08:00	10:11:00	0:03:00	TS
35	Busqueda de herramienta	10:11:00	10:12:00	0:01:00	TA
36	Uso de maquina de calor en parte de pieza	10:12:00	10:13:00	0:01:00	TO
37	Reparación de parte de pieza	10:13:00	10:16:00	0:03:00	TO
38	Soldadura con cautin	10:16:00	10:20:00	0:04:00	TO
39	Arreglo de área de trabajo	10:20:00	10:21:00	0:01:00	TS
40	Salida del taller	10:21:00	10:48:00	0:27:00	**TIRTO**
41	revisión del celular	10:48:00	10:50:00	0:02:00	**TIRTO**
42	Reparación de parte de pieza	10:50:00	11:09:00	0:19:00	TO
43	Mira trabajo de otro operario y ayuda	11:09:00	11:13:00	0:04:00	**TIRTO**
44	Revisión de fallas en otro vehículo	11:13:00	11:20:00	0:07:00	**TIRTO**
45	Arreglo de fallas de otro vehículo (reproceso)	11:20:00	11:29:00	0:09:00	TO

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
46	revisión del celular	11:29:00	11:30:00	0:01:00	**TIRTO**
47	Revisión de fallas en otro vehículo	11:30:00	11:32:00	0:02:00	**TIRTO**
48	Arreglo de fallas de otro vehículo (reproceso)	11:32:00	11:40:00	0:08:00	TO
49	Preparación y aplicación de material	11:40:00	11:47:00	0:07:00	TO
50	Espera de secado de masilla	11:47:00	11:48:00	0:01:00	**TIDO**
51	Revisión del celular	11:48:00	11:49:00	0:01:00	**TIRTO**
52	Limpieza de área (dejar herramientas y materiales en su lugar)	11:49:00	11:51:00	0:02:00	TS
53	Almuerzo	11:51:00	12:21:00	0:30:00	**TS**
54	Preparación de área de trabajo	12:21:00	12:30:00	0:09:00	TA
55	Recepción y revisión de vehículo	12:30:00	12:45:00	0:15:00	**TS**
56	Desmontaje de pieza afectada	12:45:00	13:05:00	0:20:00	TO
57	Enderezado de pieza (zona lateral)	13:05:00	13:35:00	0:30:00	TO
58	Lijado de superficie	13:35:00	13:50:00	0:15:00	TO
59	Preparación y aplicación de masilla	13:50:00	14:05:00	0:15:00	TO
60	Espera de secado de masilla	14:05:00	14:20:00	0:15:00	**TIDO**
61	Lijado de masilla	14:20:00	14:35:00	0:15:00	TO
62	Búsqueda de herramienta/material	14:35:00	14:45:00	0:10:00	TA
63	Ajustes finales de pieza	14:45:00	15:05:00	0:20:00	TO
64	Soldadura puntual	15:05:00	15:20:00	0:15:00	TO
65	Pulido de zona trabajada	15:20:00	15:35:00	0:15:00	TO

N°	Actividad	Hora Inicio	Hora Fin	Duración (min)	Clasificació
66	Limpieza de superficie	15:35:00	15:45:00	0:10:00	TA
67	Aplicación de imprimante	15:45:00	16:00:00	0:15:00	TO
68	Espera de secado	16:00:00	16:15:00	0:15:00	**TIDO**
69	Orden y limpieza del área	16:15:00	16:25:00	0:10:00	TS
70	Registro de actividades / revisión final	16:25:00	16:30:00	0:05:00	**TS**

Elaboración propia

En la Tabla 11 se identifica que una parte considerable del tiempo del operario se encuentra distribuida en actividades clasificadas como TIRTO, las cuales reflejan deficiencias en el control del comportamiento laboral y en la disciplina operativa dentro del taller. Actividades como el uso frecuente del teléfono celular, salidas prolongadas del área de trabajo sin justificación productiva, interacción con otros operarios sin relación directa con la tarea asignada y revisiones de vehículos ajenos a su responsabilidad, evidencian una ausencia de supervisión efectiva y de delimitación clara de funciones. Este tipo de comportamiento genera interrupciones constantes en el flujo de trabajo, afectando directamente la continuidad de las operaciones y reduciendo la eficiencia global del proceso.

Por otro lado, se observa que los tiempos clasificados como TIDO, aunque inherentes al proceso técnico de enderezado y pintura, presentan una gestión ineficiente. Si bien actividades como el secado de masilla, imprimantes y materiales no pueden ser eliminadas, el análisis revela que estos periodos no son aprovechados para la ejecución de tareas complementarias que agreguen valor, lo cual representa una pérdida de oportunidad operativa. En un entorno productivo optimizado, estos tiempos deberían ser gestionados mediante la asignación de actividades de soporte como preparación de herramientas, organización del área de trabajo o avance en otras unidades de producción.

Asimismo, dentro de las actividades clasificadas como TO, que representan el trabajo directamente productivo, se observa que el flujo operativo se encuentra fragmentado por constantes interrupciones, desplazamientos innecesarios y reprocesos. La presencia de múltiples actividades de búsqueda de herramientas y materiales evidencia un problema estructural de organización del puesto de trabajo, lo que sugiere deficiencias en la aplicación de metodologías como 5S o distribución eficiente del layout. Además, la recurrencia de reprocesos en piezas de otros vehículos indica problemas de priorización de tareas y posible sobrecarga o mala planificación del trabajo asignado.

En conjunto, la jornada laboral analizada refleja un sistema de trabajo poco optimizado, donde el tiempo productivo real se ve reducido por factores organizacionales, conductuales y metodológicos. La elevada fragmentación del trabajo, la ausencia de estandarización de métodos, la deficiente gestión de materiales y herramientas, así como el uso ineficiente de los tiempos de espera, evidencian la necesidad urgente de rediseñar el método de trabajo en el área de enderezada bajo principios de ingeniería industrial, tales como estandarización de procesos, balanceo de actividades, implementación de 5S y control sistemático del tiempo productivo.

4.2.4 Etapa 4: Establecer el método

Finalizado el examen crítico del método de trabajo empleado en las áreas de pintura y enderezada, corresponde establecer una propuesta orientada a optimizar la ejecución de las operaciones desarrolladas en el taller automotriz. Esta etapa tiene como propósito definir un método de trabajo que permita incrementar la eficiencia del proceso mediante la reorganización de las actividades, la eliminación de prácticas innecesarias y la incorporación de procedimientos que faciliten una ejecución uniforme de las tareas.

La propuesta se fundamenta en la información obtenida durante el estudio de tiempos y en las observaciones realizadas directamente en el proceso productivo, complementándose con los criterios y la experiencia del personal involucrado en las operaciones. De esta manera, se busca plantear mejoras que, además de responder a principios técnicos de la Ingeniería Indus-

trial, sean viables para las condiciones reales de funcionamiento del taller.

En los apartados siguientes se presentan las propuestas de mejora para cada una de las áreas analizadas, describiendo las acciones que permitirán optimizar el método de trabajo y establecer una forma de operación más eficiente, organizada y sostenible.

4.2.4.1 Identificación de oportunidades de mejora

El examen crítico desarrollado en la etapa anterior permitió identificar diversos aspectos que limitan el desempeño del proceso productivo en las áreas de pintura y enderezada. A partir del análisis de las actividades ejecutadas por los operarios, se evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con la organización del trabajo, la estandarización de procedimientos, la utilización de los tiempos de espera y la gestión de los recursos empleados durante la jornada laboral.

Los resultados obtenidos muestran que una parte de las ineficiencias observadas no se origina en la capacidad técnica del personal, sino en la ausencia de métodos de trabajo claramente definidos, lo que genera variabilidad en la ejecución de las operaciones y diferencias en los tiempos requeridos para desarrollar actividades similares. Asimismo, se identificaron actividades que no agregan valor al proceso, desplazamientos innecesarios, tiempos de espera desaprovechados y deficiencias en la organización de herramientas y materiales.

Con base en estos hallazgos, se establecieron las principales oportunidades de mejora que servirán como fundamento para el diseño del método de trabajo propuesto.

Tabla 12.
Identificación de oportunidades de mejora

Hallazgo identificado	**Efecto en el proceso**	**Oportunidad de mejora**
Ausencia de procedimientos estandarizados para la ejecución de las actividades	Variabilidad en la forma de trabajar y diferencias en los tiempos de operación entre los trabajadores.	Diseñar procedimientos operativos estandarizados (POE) para las áreas de pintura y enderezada.
Repetición de mezclas y verificaciones de color en el área de pintura	Incremento del tiempo de preparación de pintura y generación de reprocesos para alcanzar la tonalidad requerida.	Estandarizar el procedimiento de dosificación y mezcla de pinturas mediante fichas técnicas de color.
Tiempos de espera (TIDO) desaprovechados	Reducción del tiempo efectivo de trabajo debido a periodos de inactividad durante la jornada laboral.	Asignar actividades complementarias que permitan aprovechar los tiempos de espera sin afectar el proceso productivo.
Búsqueda frecuente de herramientas y materiales	Incremento de tiempos auxiliares, desplazamientos innecesarios y retrasos en la ejecución de las operaciones.	Organizar el puesto de trabajo mediante la metodología 5S y definir ubicaciones permanentes para herramientas y materiales.
Actividades improductivas (TIRTO)	Disminución de la productividad por actividades que no generan valor al proceso.	Implementar lineamientos de supervisión y control para reducir actividades improductivas durante la jornada laboral.
Desplazamientos innecesarios entre áreas de trabajo	Interrupciones del flujo de trabajo y aumento del tiempo de ejecución de las actividades.	Reorganizar la secuencia de las operaciones y optimizar la distribución de las actividades dentro del taller.

Elaboración propia

4.2.4.2 Elaboración del método propuesto para el área de pintura

Con base en las deficiencias identificadas durante el estudio de tiempos y el examen crítico del método actual de trabajo, se elaboro una propuesta de mejora para el área de pintura orientada a optimizar la secuencia de las actividades, eliminar operaciones que no generan valor agregado y estandarizar aquellas tareas que presentan una alta variabilidad en su ejecución. El diseño del nuevo método se fundamenta en los principios del estudio de métodos propuestos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), priorizando la simplificación de las operaciones, el aprovechamiento eficiente de los recursos y la reducción de tiempos improductivos.

La propuesta considera los principales problemas detectados durante la etapa de diagnóstico, entre los que destacan la repetición constante de actividades de mezcla y verificación de color, la ausencia de procedimientos estandarizados para la preparación de pinturas, la utilización inadecuada de los tiempos de espera durante el secado, la búsqueda frecuente de herramientas y materiales, así como la ejecución de actividades improductivas relacionadas con el uso del teléfono móvil, conversaciones prolongadas y desplazamientos sin un propósito operativo. Estas situaciones generan interrupciones en el flujo de trabajo y afectan directamente la productividad del proceso.

En respuesta a estas deficiencias, el método propuesto incorpora una secuencia de trabajo estructurada que inicia con la planificación de la reparación, continúa con la preparación organizada del puesto de trabajo y la estandarización del proceso de mezcla de pintura, y finaliza con actividades de control de calidad e inspección. De igual manera, se plantea la asignación de actividades complementarias durante los tiempos de secado, con el propósito de transformar periodos de inactividad en tiempo útil para el taller, mejorando el aprovechamiento de la jornada laboral sin alterar los tiempos técnicos propios del proceso.

Finalmente, el nuevo método busca reducir la variabilidad existente entre los operarios mediante la definición de procedimientos uniformes para las actividades críticas del proceso, permitiendo que las operaciones se ejecuten bajo una misma secuencia de trabajo, independientemente de la experiencia individual de cada trabajador. Con ello, se espera incrementar la eficiencia operativa, disminuir los reprocesos y establecer una base sólida para la implementación de mejoras continuas dentro del taller.

Estandarización del proceso de mezcla de pintura

Uno de los principales problemas identificados durante el estudio de tiempos corresponde al proceso de preparación de la pintura. El análisis de las actividades desarrolladas por los operarios permitió evidenciar que la mezcla de pinturas y la verificación del color constituyen una parte considerable de la jornada laboral, debido a la repetición constante de ajustes hasta obtener la tonalidad requerida. Esta situación refleja la inexistencia de un procedimiento estandarizado que establezca las cantidades exactas de pintura y componentes necesarios para cada reparación, ocasionando variabilidad en el proceso, incremento del tiempo de trabajo y un mayor consumo de materiales.

Con el propósito de eliminar estas deficiencias, se propone estandarizar el proceso de mezcla de pintura mediante la implementación de un procedimiento secuencial que permita orientar al operario desde la identificación del color hasta la obtención de la mezcla final. Este procedimiento busca reducir la dependencia de la experiencia individual del trabajador, estableciendo criterios uniformes para la preparación de las pinturas y disminuyendo la necesidad de realizar correcciones repetitivas durante la comprobación del color.

Como parte de la propuesta, antes de iniciar cualquier preparación de pintura se deberá identificar el código de color del vehículo y consultar la ficha técnica correspondiente, en la cual se establecerán las proporciones de los componentes, el tipo de pintura, catalizador y diluyente requeridos para la mezcla. Posteriormente, los materiales deberán ser dosificados utilizando recipientes graduados o una balanza digital, con el fin de garantizar la precisión de las cantidades empleadas y minimizar las variaciones entre diferentes preparaciones.

Una vez obtenida la mezcla, se realizará una única prueba de color sobre una tarjeta o panel de ensayo, verificando la tonalidad bajo condiciones adecuadas de iluminación antes de proceder con la aplicación sobre la pieza. En caso de requerirse un ajuste, este deberá registrarse para actualizar la formulación utilizada en futuras reparaciones con características similares, contribuyendo progresivamente a la creación de una base de datos de mezclas que facilite la estandarización del proceso.

La implementación de este procedimiento permitirá disminuir el número de mezclas y verificaciones repetitivas observadas durante el estudio de tiempos, reduciendo el tiempo destinado a actividades que, si bien son necesarias para garantizar la calidad del acabado, actualmente presentan un alto grado de variabilidad. Asimismo, favorecerá un uso más eficiente de los materiales, mejorará la repetibilidad del proceso y contribuirá a incrementar la productividad del área de pintura mediante un método de trabajo más controlado y uniforme.

Tabla 13.
Propuesta de estandarización del proceso de mezcla de pintura

Situación identificada	**Problema**	**Método propuesto**	**Beneficio esperado**
La mezcla de pintura se realiza mediante experiencia del operario	Existe variabilidad en las proporciones de los componentes y diferencias entre trabajadores	Implementar fichas técnicas de mezcla con las proporciones estandarizadas de pintura, catalizador y diluyente para cada código de color	Mayor uniformidad en las mezclas y reducción de errores.
Las verificaciones de color se realizan repetidamente durante la preparación	Incremento del tiempo de preparación y generación de reprocesos	Realizar una única verificación inicial utilizando una tarjeta de prueba antes de aplicar la pintura sobre la pieza	Disminución del tiempo destinado a comprobaciones de color.

Las cantidades de pintura se estiman visualmente	Mayor consumo de materiales y diferencias en la tonalidad obtenida	Dosificar los componentes mediante recipientes graduados o balanza digital	Mayor precisión en la preparación y reducción del desperdicio de pintura.
No existe un registro de mezclas exitosas	Las correcciones deben repetirse cada vez que se prepara un mismo color	Crear un registro interno de formulaciones utilizadas y ajustes realizados para futuras reparaciones	Reducción de ajustes repetitivos y mejora continua del proceso.

Elaboración propia

La propuesta presentada en la Tabla 13 tiene como finalidad disminuir la variabilidad observada durante el proceso de preparación de pinturas, estableciendo un procedimiento uniforme para todos los operarios del taller. La estandarización de las proporciones de mezcla permitirá reducir la dependencia del criterio individual de cada trabajador, logrando una mayor repetibilidad en la obtención de los diferentes tonos requeridos durante las reparaciones.

Asimismo, la implementación de fichas técnicas y el registro sistemático de las formulaciones utilizadas facilitarán la conservación del conocimiento generado dentro del taller. En lugar de depender exclusivamente de la experiencia acumulada por un operario, la información quedará documentada y podrá ser utilizada por cualquier trabajador que intervenga en el proceso, favoreciendo la continuidad operativa y disminuyendo la variabilidad entre diferentes jornadas de trabajo.

Desde el punto de vista operativo, la propuesta también permitirá reducir el número de verificaciones y correcciones realizadas durante la preparación de la pintura, lo que repercutirá en una disminución del tiempo invertido en actividades auxiliares y en un mejor aprovechamiento de la jornada laboral. Adicionalmente, el uso de instrumentos de dosificación contri-

buirá a optimizar el consumo de materiales y disminuir el desperdicio generado por mezclas incorrectas.

Para generar una estandarización hay parametros técnicos que se deben tener en cuenta:

Tabla 14.
Parámetros para la estandarización del proceso de mezcla de pintura

Parámetro	**Fundamentación técnica**	**Importancia**
Identificación del código de color	Garantiza la selección de la formulación correcta.	Evita errores de tonalidad.
Fórmula oficial del fabricante	Cada código posee una composición específica desarrollada por el fabricante.	Reduce ajustes posteriores.
Método de dosificación	Utilización de balanza electrónica o vasos graduados.	Disminuye errores humanos.
Relación de mezcla	Proporción exacta entre base, endurecedor y diluyente.	Asegura propiedades físico-químicas adecuadas.
Tiempo de homogenización	Mezcla uniforme de pigmentos y aditivos.	Evita diferencias cromáticas.
Temperatura ambiente	Influye en la viscosidad y evaporación de solventes.	Favorece una aplicación uniforme.
Humedad relativa	Afecta el secado y la adherencia del recubrimiento.	Reduce defectos superficiales.
Viscosidad de aplicación	Determina la correcta atomización de la pintura.	Mejora el acabado final.
Tiempo de vida útil de la mezcla (*Pot Life*)	Tiempo máximo de utilización después de mezclar los componentes.	Evita desperdicios y pérdida de propiedades.

Verificación del color	Comparación con la muestra patrón antes de pintar.	Reduce retrabajos.
Registro de la mezcla utilizada	Permite repetir exactamente la formulación en futuras reparaciones.	Facilita la trazabilidad del proceso.

Elaboración propia

La Tabla 14 reúne los parámetros técnicos considerados para la estandarización del proceso de mezcla de pintura. Estos fueron seleccionados a partir de la literatura especializada en estudio del trabajo, las recomendaciones de los fabricantes de pintura automotriz y los problemas identificados durante el diagnóstico realizado en el taller. El análisis permite observar que la preparación de la pintura depende de varias condiciones que deben mantenerse bajo control para obtener resultados uniformes. La identificación correcta del código de color, el uso de la fórmula proporcionada por el fabricante y la dosificación precisa de los componentes reducen la posibilidad de realizar ajustes posteriores y disminuyen el consumo innecesario de materiales.

También se incluyen variables relacionadas con las condiciones de aplicación, como la viscosidad de la mezcla, la temperatura del ambiente y el tiempo de utilización de la pintura preparada. Estos aspectos influyen directamente en la calidad del acabado y deben mantenerse dentro de los valores recomendados por el fabricante para evitar defectos durante la aplicación. La definición de estos parámetros proporciona una base técnica para elaborar un procedimiento de trabajo uniforme. De esta manera, la preparación de la pintura deja de depender únicamente de la experiencia del operario y pasa a desarrollarse bajo criterios previamente establecidos, facilitando el control del proceso y la obtención de resultados consistentes.

Estandarización de los tiempos de mezcla de color

Uno de los procesos que presentó mayor variabilidad durante el estudio realizado en el área de pintura fue la mezcla de color. A lo largo de la jornada laboral se registraron múltiples eje-

cuciones de esta actividad, observándose diferencias importantes en los tiempos empleados debido a factores como la experiencia del operario, la necesidad de realizar ajustes en la formulación del color, la disponibilidad de materiales y la ausencia de un procedimiento uniforme para efectuar la mezcla.

Con el propósito de establecer un tiempo representativo para esta actividad, se analizaron todas las observaciones registradas mediante la técnica de la fotografía. A diferencia de un estudio de cronometraje tradicional, en el que se evalúa una única operación repetitiva, la naturaleza del proceso de mezcla de pintura permitió disponer de varias ejecuciones de la misma actividad dentro de una misma jornada laboral, las cuales fueron consideradas como observaciones independientes para su análisis estadístico. Cada vez que la actividad (Mezcla de pintura) apareció en el registro de observaciones se tomó como una repetición del mismo proceso, permitiendo calcular indicadores estadísticos que describen su comportamiento y establecer un tiempo estándar representativo del método de trabajo observado.

Tabla 15.
Observaciones registradas para la actividad de mezcla de pintura

Observación	Tiempo (min)	Observación	Tiempo (min)
1	7	9	6
2	15	10	5
3	2	11	11
4	3	12	10
5	1	13	15
6	17	14	5
7	17	15	10
8	2		

Elaboración propia

El número de observaciones utilizadas para el análisis se determinó mediante la siguiente expresión:

$$n = \sum_{i=1}^{k} 1 \tag{4.4}$$

donde:

- n: número total de observaciones.
- k: cantidad de veces que la actividad fue registrada durante el estudio.

Para la actividad de mezcla de pintura se obtuvo:

$$n = 15 \tag{4.5}$$

El tiempo promedio de ejecución se calculó mediante la ecuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \tag{4.6}$$

donde:

- $\bar{x}$: tiempo promedio.
- x_i: tiempo registrado en cada observación.
- n: número de observaciones.

Sustituyendo los datos obtenidos:

$$\bar{x} = \frac{7+15+2+3+1+17+17+2+6+5+11+10+15+5+10}{15} = \frac{126}{15} = 8{,}40 \text{ min} \tag{4.7}$$

La variabilidad de los tiempos se determinó mediante la desviación estándar muestral:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{4.8}$$

donde:

- s: desviación estándar.
- $\bar{x}$: promedio de los tiempos.
- x_i: tiempo observado.
- n: número de observaciones.

Al reemplazar los valores registrados se obtuvo:

$$s = 5{,}74 \text{ min} \tag{4.9}$$

Para determinar la mediana se ordenaron los tiempos de menor a mayor:

$$1,\ 2,\ 2,\ 3,\ 5,\ 5,\ 6,\ 7,\ 10,\ 10,\ 11,\ 15,\ 15,\ 17,\ 17 \tag{4.10}$$

Debido a que el número de observaciones es impar ($n = 15$), la mediana corresponde al valor ubicado en la posición:

$$\frac{n+1}{2} = \frac{15+1}{2} = 8 \tag{4.11}$$

Por consiguiente,

$$Me = 7 \text{ min} \tag{4.12}$$

Tabla 16.
Estadísticos descriptivos de la actividad de mezcla de pintura

Estadístico	**Valor**
Número de observaciones (n)	15
Promedio	8.40 min
Desviación estándar	5.74 min
Tiempo mínimo	1 min
Tiempo máximo	17 min
Mediana	7 min

Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran que la actividad de mezcla de pintura presenta una variabilidad considerable en sus tiempos de ejecución. El análisis de las quince observaciones registradas permitió obtener un tiempo promedio de 8,40 minutos; sin embargo, la desviación estándar de 5,74 minutos evidencia una dispersión importante entre los valores observados. Asimismo, se registró un tiempo mínimo de 1 minuto y un tiempo máximo de 17 minutos, lo que refleja diferencias significativas en la duración de una misma actividad.

Esta variabilidad puede atribuirse a factores como la ausencia de un procedimiento uniforme para la preparación del color, la realización de ajustes sucesivos durante la mezcla y la dependencia de la experiencia del operario para alcanzar el tono requerido. En consecuencia,

una misma actividad fue ejecutada en tiempos muy diferentes a lo largo de la jornada laboral.

Por otra parte, la mediana obtenida fue de 7 minutos, valor cercano al promedio calculado, lo que indica que la mayor parte de las observaciones se concentran alrededor de ese intervalo de tiempo, aunque existen algunos valores elevados que incrementan el promedio general. Estos resultados evidencian la necesidad de establecer un procedimiento de trabajo que permita reducir la variabilidad del proceso y mejorar la repetibilidad de la actividad.

Con base en este análisis, el tiempo promedio obtenido constituye un valor de referencia para la actividad de mezcla de pintura dentro de la propuesta de mejora, mientras que la ficha técnica desarrollada busca proporcionar una secuencia de trabajo uniforme que contribuya a disminuir las diferencias observadas entre las distintas ejecuciones del proceso.

Estandarización de los tiempos de la verificación del color

Con el fin de complementar el análisis realizado para la actividad de mezcla de pintura, se efectuó el mismo procedimiento estadístico para la actividad de verificación de color. Durante el estudio de tiempos se registraron once ejecuciones de esta actividad, las cuales fueron consideradas como observaciones independientes debido a que corresponden a verificaciones realizadas en diferentes momentos del proceso de preparación de pintura. A partir de estas observaciones se calcularon los principales estadísticos descriptivos para caracterizar el comportamiento temporal de la actividad.

Tabla 17.
Observaciones registradas para la actividad de verificación de color

Observación	Tiempo (min)	Observación	Tiempo (min)
1	3	7	4
2	1	8	2
3	1	9	6
4	1	10	3
5	1	11	3
6	1		

Elaboración propia

Número de observaciones:

$$n = 11 \tag{4.13}$$

Promedio:

$$\bar{x} = \frac{3+1+1+1+1+1+4+2+6+3+3}{11} = \frac{26}{11} = 2{,}36 \text{ min} \tag{4.14}$$

Desviación estándar:

$$s = 1{,}69 \text{ min} \tag{4.15}$$

Para determinar la mediana se ordenaron los tiempos de menor a mayor:

$$1,\ 1,\ 1,\ 1,\ 1,\ 2,\ 3,\ 3,\ 3,\ 4,\ 6 \tag{4.16}$$

Debido a que el número de observaciones es impar ($n = 11$), la mediana corresponde al valor ubicado en la posición:

$$\frac{n+1}{2} = \frac{11+1}{2} = 6 \tag{4.17}$$

Por consiguiente,

$$Me = 2 \text{ min} \tag{4.18}$$

Tabla 18.
Estadísticos descriptivos de la actividad de verificación de color

Estadístico	**Valor**
Número de observaciones (n)	11
Promedio	2.36 min
Desviación estándar	1.69 min
Tiempo mínimo	1 min
Tiempo máximo	6 min
Mediana	2 min

Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran que la actividad de verificación de color presenta una menor variabilidad en comparación con la mezcla de pintura. A partir de las once observaciones registradas se obtuvo un tiempo promedio de 2,36 minutos y una desviación estándar de 1,69 minutos, lo que indica que la duración de esta actividad es relativamente uniforme entre las diferentes ejecuciones. Asimismo, el tiempo mínimo registrado fue de 1 minuto y el máximo de 6 minutos.

La mediana de 2 minutos confirma que la mayoría de las verificaciones de color se realizan en un intervalo reducido de tiempo, evidenciando un comportamiento más estable del proceso. Sin embargo, la existencia de algunas observaciones con tiempos superiores sugiere que, en determinadas ocasiones, fue necesario efectuar comprobaciones adicionales para verificar la correspondencia del color preparado con el tono requerido.

Con base en estos resultados, el tiempo promedio obtenido constituye un valor de referencia para la actividad de verificación de color dentro de la propuesta de mejora, mientras que la implementación de la ficha técnica busca disminuir la necesidad de verificaciones repetitivas mediante una preparación más uniforme del color desde el primer intento.

Secuencia del método propuesto para el área de pintura

Con base en las oportunidades de mejora identificadas durante el estudio de tiempos, se diseñó una nueva secuencia de trabajo para el área de pintura. Esta propuesta reorganiza las actividades, incorpora controles operativos y estandariza aquellas operaciones que presentaban mayor variabilidad durante la ejecución del proceso. El objetivo es reducir tiempos improductivos, disminuir la ocurrencia de reprocesos y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles, manteniendo los estándares de calidad requeridos en la reparación automotriz.

Tabla 19.
Procedimiento para el proceso de pintura

N°	Actividad	Descripción
1	Recepción de la orden de trabajo e identificación del vehículo	Permite recopilar la información necesaria sobre la reparación, identificar el código de color y definir el alcance del trabajo antes de iniciar las operaciones, evitando errores de planificación.

2	Preparación del puesto de trabajo	Garantiza la disponibilidad de herramientas, equipos y materiales antes de comenzar el proceso, reduciendo desplazamientos innecesarios e interrupciones durante la ejecución de las actividades.
3	Inspección inicial de la pieza	Permite evaluar el estado de la superficie y determinar las condiciones de la pieza para definir el tratamiento adecuado antes de la aplicación de la pintura.
4	Limpieza y preparación de la superficie	Elimina polvo, grasa, residuos y otros contaminantes que puedan afectar la adherencia de la pintura y la calidad del acabado final.
5	Preparación estandarizada de la pintura	La mezcla se realiza siguiendo proporciones previamente definidas y utilizando instrumentos de medición, con el propósito de reducir la variabilidad del proceso y asegurar la repetibilidad de los resultados.
6	Verificación del color mediante muestra	Permite comprobar la correspondencia entre la mezcla preparada y el color especificado antes de su aplicación sobre la pieza, minimizando la necesidad de correcciones posteriores.
7	Ajuste de la mezcla (cuando sea necesario)	Contempla únicamente las correcciones indispensables para alcanzar la tonalidad requerida, evitando verificaciones y mezclas repetitivas que incrementen el tiempo del proceso.
8	Preparación y regulación de la pistola de pintura	Verifica las condiciones de funcionamiento del equipo para garantizar una pulverización uniforme y un consumo adecuado de pintura.

9	Empapelado y protección del vehículo	Protege las superficies que no serán intervenidas, evitando contaminación por sobrepulverización y reduciendo trabajos de limpieza posteriores.
10	Aplicación de la base de pintura	Constituye la operación principal del proceso y debe ejecutarse siguiendo una secuencia uniforme que garantice un recubrimiento homogéneo de la superficie.
11	Aprovechamiento de los tiempos de secado	Durante los periodos de espera se asignan actividades complementarias previamente definidas, permitiendo un mejor aprovechamiento de la jornada laboral sin afectar el tiempo de secado requerido.
12	Aplicación de la segunda capa o retoques	Asegura la uniformidad del recubrimiento y corrige pequeñas variaciones detectadas durante la inspección visual previa al acabado final.
13	Aplicación del barniz	Proporciona protección al sistema de pintura y mejora las características estéticas y funcionales del acabado superficial.
14	Inspección final de calidad	Verifica el cumplimiento de los criterios establecidos para color, brillo, cobertura y acabado antes de liberar la pieza al siguiente proceso.
15	Orden, limpieza y cierre del proceso	Restablece las condiciones del puesto de trabajo, facilita el inicio de la siguiente orden de reparación y promueve la conservación de herramientas, equipos y materiales.

Elaboración propia

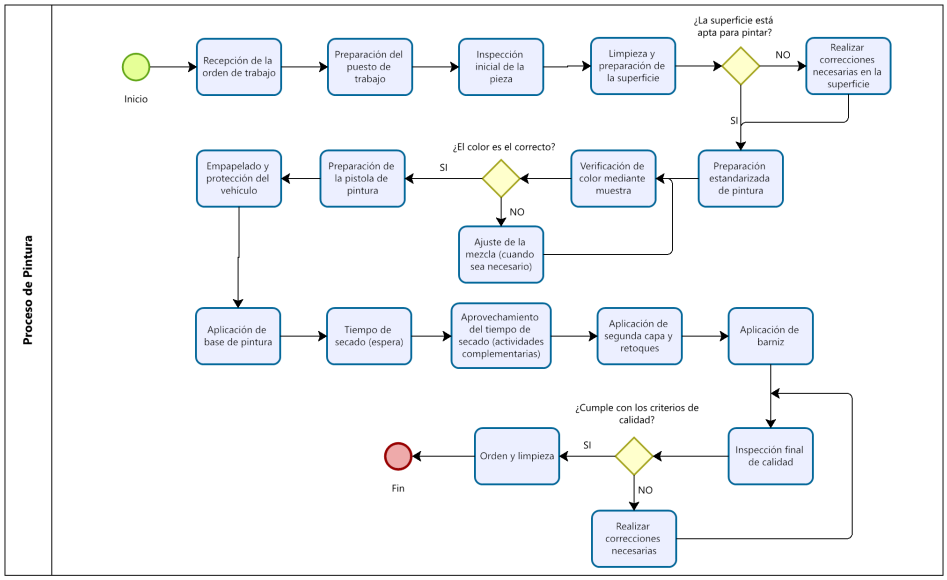
La propuesta incorpora actividades que anteriormente se ejecutaban de forma repetitiva o

sin una secuencia definida, estableciendo un procedimiento estandarizado que facilita la planificación del trabajo y disminuye la variabilidad entre operarios. De igual manera, se contempla el aprovechamiento de los tiempos de espera mediante la asignación de actividades complementarias, con el propósito de incrementar el tiempo efectivo de trabajo sin modificar las condiciones técnicas propias del proceso de pintura.

La estandarización de esta secuencia proporciona una base para la ejecución uniforme de las operaciones, permitiendo que cada actividad se realice bajo un mismo criterio de trabajo. Esto favorece la reducción de tiempos improductivos, facilita la capacitación del personal y constituye el punto de partida para la representación del método mediante el diagrama de flujo propuesto y su posterior evaluación mediante simulación.

Diagrama de flujo de la propuesta para el área de pintura

Figura 9.
Diagrama de flujo de la propuesta para el área de pintura



Elaboración propia

La Figura 9 presenta el diagrama de flujo correspondiente al método propuesto para el área de pintura. La secuencia fue diseñada a partir de los resultados obtenidos en el estudio de tiempos y del análisis crítico del método actual, incorporando actividades que permiten mejo-

rar la continuidad del proceso y reducir las interrupciones identificadas durante el diagnóstico. A diferencia del procedimiento actual, el método propuesto incorpora puntos de decisión para la verificación de la preparación de la superficie, el control del color y la inspección final de calidad, con el fin de disminuir retrabajos y asegurar que únicamente las piezas que cumplen las especificaciones continúen hacia las siguientes etapas del proceso.

4.2.4.3 Elaboración del método propuesto para el área de enderezada

Durante el estudio de tiempos realizado en el área de enderezada se identificó que las principales pérdidas de productividad no están asociadas únicamente al tiempo empleado en las operaciones de reparación, sino también a la forma en que estas son ejecutadas. Las observaciones realizadas evidenciaron que las actividades se desarrollan sin una secuencia uniforme, dependiendo en gran medida de la experiencia y criterio de cada operario. Esta situación genera diferencias en la forma de realizar una misma reparación, incrementa la variabilidad del proceso y dificulta el control de las operaciones.

El análisis efectuado permitió identificar interrupciones ocasionadas por la búsqueda de herramientas y materiales, desplazamientos innecesarios dentro del taller, inspecciones realizadas en momentos no definidos y tiempos de espera que no son aprovechados mediante actividades complementarias. A ello se suman retrabajos derivados de verificaciones tardías y de la ausencia de puntos de control durante la reparación, aspectos que afectan la continuidad del proceso y reducen el tiempo efectivo de trabajo.

Con el propósito de disminuir estas deficiencias, se propone la estandarización del proceso de enderezada mediante el establecimiento de un método de trabajo que defina una secuencia lógica de actividades, incorpore controles durante las etapas críticas de la reparación y organice previamente los recursos necesarios para cada intervención. La propuesta busca reducir la dependencia de la experiencia individual del operario, facilitar la ejecución uniforme de las operaciones y mejorar la continuidad del flujo de trabajo dentro del taller.

El método planteado también considera el aprovechamiento de los tiempos de espera inherentes al proceso, asignando actividades complementarias que permitan mantener al operario realizando tareas que aporten valor al proceso sin interferir con las condiciones técnicas de la reparación. De esta manera, se pretende incrementar el tiempo efectivo de trabajo, disminuir las interrupciones observadas durante el diagnóstico y establecer una base técnica que permita estandarizar las operaciones del área de enderezada.

Tabla 20.
Propuesta de estandarización del proceso de enderezada

Situación identificada	**Problema**	**Método propuesto**	**Beneficio esperado**
Las actividades se ejecutan siguiendo el criterio de cada operario.	Existe variabilidad en la secuencia de trabajo y diferencias en la ejecución de las reparaciones.	Establecer un procedimiento estandarizado que defina la secuencia de actividades del proceso de enderezada.	Uniformidad en la ejecución del proceso y reducción de la variabilidad entre operarios.
Las herramientas y materiales se preparan durante la reparación.	Se generan desplazamientos, interrupciones y tiempos auxiliares innecesarios.	Organizar previamente el puesto de trabajo antes de iniciar la reparación.	Disminución de interrupciones y mayor continuidad del proceso.
Las inspecciones se realizan sin un momento definido.	Los defectos se detectan tardíamente, ocasionando retrabajos.	Incorporar inspecciones técnicas durante las etapas críticas y al finalizar la reparación.	Reducción de retrabajos y mejora del control de calidad.

Los tiempos de espera por secado no son aprovechados.	El operario permanece inactivo o realiza actividades que no aportan valor al proceso.	Asignar actividades complementarias previamente establecidas durante los tiempos de espera.	Incremento del tiempo efectivo de trabajo y mejor utilización de la jornada laboral.
La liberación de la pieza depende del criterio del operario.	No existe un control uniforme antes de enviar la pieza al área de pintura.	Establecer una inspección final obligatoria antes de la transferencia al siguiente proceso.	Mayor confiabilidad del proceso y disminución de reprocesos en pintura.

Elaboración propia

La propuesta presentada en la Tabla 16 tiene como finalidad establecer un método de trabajo uniforme para el área de enderezada, eliminando las principales deficiencias identificadas durante el estudio de tiempos. Las mejoras planteadas no modifican la naturaleza técnica de las operaciones de reparación; por el contrario, reorganizan la forma en que estas se ejecutan mediante una secuencia lógica de trabajo, puntos de inspección definidos y criterios de preparación previamente establecidos.

La estandarización del proceso permitirá reducir la variabilidad observada entre los operarios, mejorar el aprovechamiento de la jornada laboral y facilitar el control de las actividades desarrolladas durante la reparación. Asimismo, proporcionará una base técnica para la elaboración del procedimiento propuesto y para su posterior representación mediante el diagrama de flujo del nuevo método de trabajo.

Parámetros para la estandarización del proceso de enderezada

El diseño del método propuesto para el área de enderezada se fundamenta en una serie de

parámetros orientados a mejorar la organización del trabajo y garantizar que las operaciones se desarrollen bajo criterios uniformes. Estos parámetros fueron establecidos a partir de los resultados obtenidos en el estudio de tiempos, las observaciones realizadas durante el levantamiento de información y los principios del estudio del trabajo propuestos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Su finalidad es reducir la variabilidad del proceso, optimizar el uso de los recursos disponibles y facilitar la ejecución de las actividades de reparación.

Tabla 21.
Parámetros para la estandarización del proceso de enderezada

Parámetro	**Descripción**
Secuencia lógica de actividades	Las operaciones deben ejecutarse siguiendo un orden previamente definido para evitar omisiones, retrabajos e interrupciones durante la reparación.
Preparación previa del puesto de trabajo	Antes de iniciar la intervención se deben disponer las herramientas, equipos y materiales necesarios para reducir desplazamientos innecesarios.
Inspecciones en etapas críticas	Se establecen puntos de control antes, durante y al finalizar la reparación para verificar la calidad del trabajo y detectar desviaciones oportunamente.
Reducción de actividades que no agregan valor	Se eliminan o minimizan actividades improductivas relacionadas con búsquedas de herramientas, esperas innecesarias y desplazamientos sin justificación técnica.
Aprovechamiento de los tiempos de espera	Durante el secado de la masilla u otros tiempos inherentes al proceso, el operario realizará actividades complementarias previamente definidas.
Organización del área de trabajo	Las herramientas y materiales deberán mantenerse ordenados para facilitar su acceso y disminuir tiempos auxiliares.

Transferencia controlada al área de pintura	La pieza solo será enviada al siguiente proceso después de superar la inspección final establecida en el método propuesto.

Elaboración propia

Los parámetros descritos constituyen los criterios técnicos sobre los cuales se desarrolló el método propuesto para el área de enderezada. Su aplicación permite establecer una forma uniforme de ejecutar las operaciones, disminuyendo la dependencia de la experiencia individual del operario y favoreciendo una mejor organización del proceso. Asimismo, estos lineamientos sirven como base para definir la secuencia estandarizada de actividades, presentada en el siguiente apartado, la cual integra las mejoras propuestas para optimizar el desempeño del área.

Secuencia estandarizada de actividades del método propuesto para el área de enderezada

La propuesta incorpora controles de calidad, preparación previa de recursos y actividades complementarias durante los tiempos de espera, con el propósito de reducir interrupciones, evitar retrabajos y mejorar la continuidad del flujo de trabajo. La Tabla 18 presenta el procedimiento propuesto.

Tabla 22.
Justificación técnica de las actividades del procedimiento estandarizado para el proceso de enderezada

N°	Actividad	Justificación
1	Recepción de la orden de trabajo	Permite conocer el alcance de la reparación y planificar las actividades antes de intervenir el vehículo.

2	Identificación del vehículo y de la pieza a reparar	Evita errores durante la intervención y garantiza que la reparación se realice sobre el componente correspondiente.
3	Inspección técnica inicial	Determina el tipo y magnitud del daño para definir el procedimiento de reparación más adecuado.
4	Planificación de la reparación	Organiza la secuencia de trabajo y determina los recursos que serán necesarios durante el proceso.
5	Preparación del puesto de trabajo	Reduce desplazamientos e interrupciones al disponer previamente herramientas, equipos y materiales.
6	Verificación del estado de herramientas y equipos	Garantiza que los equipos funcionen correctamente antes de iniciar las operaciones.
7	Desmontaje de componentes necesarios	Facilita el acceso a la zona dañada y evita afectar piezas adyacentes durante la reparación.
8	Limpieza inicial de la superficie	Permite identificar con mayor precisión las deformaciones existentes y mejora la calidad de las operaciones posteriores.
9	Enderezado primario	Recupera la forma general de la pieza mediante técnicas de conformado apropiadas.
10	Verificación dimensional	Comprueba que la geometría obtenida sea la adecuada antes de continuar con la reparación.
11	Enderezado de precisión	Corrige pequeñas deformaciones que permanecen después del enderezado inicial.
12	Soldadura o reconstrucción localizada (cuando aplique)	Restablece la resistencia estructural de la pieza cuando existen fisuras o pérdida de material.

13	Desbaste y nivelación de la superficie	Elimina irregularidades y prepara la superficie para la aplicación de masilla.
14	Inspección intermedia	Verifica que la superficie se encuentre en condiciones adecuadas antes de aplicar materiales de acabado.
15	Aplicación de masilla	Corrige pequeñas imperfecciones superficiales que no fueron eliminadas durante el enderezado.
16	Secado de la masilla	Permite el endurecimiento del material conforme a las especificaciones técnicas del fabricante.
17	Ejecución de actividades complementarias durante el secado	Aprovecha el tiempo de espera mediante limpieza del área, organización de herramientas o preparación de la siguiente actividad.
18	Lijado y conformación final	Obtiene una superficie uniforme que permita la correcta aplicación del sistema de pintura.
19	Inspección final de la reparación	Confirma que la pieza cumple con las condiciones técnicas y de calidad establecidas.
20	Montaje de componentes desmontados	Restituye los elementos retirados verificando su correcta instalación y funcionamiento.
21	Liberación de la pieza al área de pintura	Formaliza la finalización del proceso de enderezada y asegura la continuidad del flujo productivo.

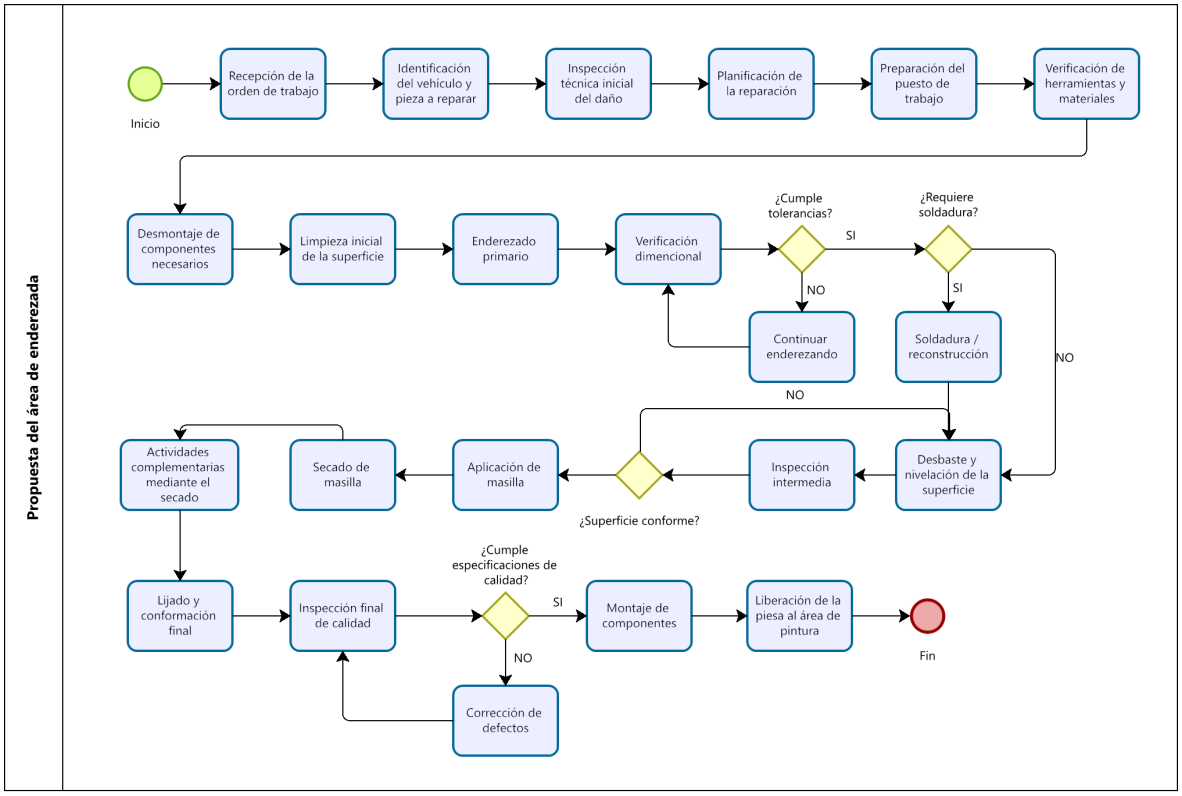
Elaboración propia

La secuencia propuesta organiza las operaciones del área de enderezada bajo un procedimiento uniforme que busca reducir la variabilidad observada durante el estudio de tiempos. A diferencia del método actual, el procedimiento incorpora actividades de planificación, pre-

paración del puesto de trabajo y controles de calidad distribuidos estratégicamente durante la reparación, con el propósito de disminuir la ocurrencia de retrabajos y garantizar la continuidad del proceso. Además, se establece el aprovechamiento de los tiempos de espera mediante actividades complementarias, favoreciendo una mejor utilización de la jornada laboral y una mayor organización de las operaciones antes de transferir la pieza al área de pintura.

Diagrama de flujo de la propuesta para el área de enderezada

Figura 10.
Diagrama de flujo de la propuesta para el área de enderezada



Elaboración propia

Con base en la secuencia estandarizada de actividades presentada anteriormente, se elaboró el diagrama de flujo del método propuesto para el área de enderezada. Este diagrama representa la secuencia lógica de las operaciones, los puntos de inspección y las decisiones que intervienen durante el proceso de reparación, permitiendo visualizar de forma clara el flujo de trabajo establecido para la propuesta de mejora.

4.2.4.4 Estandarización de actividades complementarias para la optimización de los tiempos de espera

Uno de los principales hallazgos obtenidos durante el estudio de tiempos fue la existencia de periodos de espera asociados al proceso productivo, especialmente durante las etapas de secado de materiales y preparación entre operaciones. Si bien estos tiempos forman parte de las especificaciones técnicas de los productos utilizados y no pueden eliminarse, se observó que en numerosos casos el operario permanecía sin ejecutar actividades que aportaran valor al proceso, ocasionando una disminución en el aprovechamiento de la jornada laboral.

La propuesta de mejora considera que los tiempos de espera representan una oportunidad para desarrollar actividades complementarias que contribuyan a la organización del puesto de trabajo, la preparación de las siguientes operaciones y el mantenimiento del orden dentro del taller. De esta manera, sin alterar las condiciones técnicas del proceso, es posible incrementar el tiempo efectivo de trabajo y reducir la incidencia de actividades improductivas identificadas durante el diagnóstico.

Con este propósito, se establecen actividades complementarias estandarizadas que deberán ejecutarse durante los periodos de espera, definiendo criterios para su aplicación y asegurando que no interfieran con la operación principal ni con las especificaciones técnicas establecidas para la reparación.

Actividades complementarias propuestas para el aprovechamiento de los tiempos de espera

Tabla 23.
Actividades complementarias propuestas para el aprovechamiento de los tiempos de espera

Tiempo de espera	**Actividad complementaria propuesta**	**Objetivo**	**Beneficio esperado**
Secado de masilla	Organización de herramientas y equipos utilizados	Mantener el puesto de trabajo ordenado	Disminución de tiempos auxiliares al reiniciar la reparación.
Secado de masilla	Preparación de herramientas para la siguiente operación	Reducir tiempos de preparación	Mayor continuidad del proceso.
Secado de primer	Verificación visual de materiales y consumibles	Confirmar disponibilidad antes de continuar	Evita interrupciones por falta de materiales.
Secado entre capas de pintura	Limpieza de la pistola de pintura y accesorios	Mantener el equipo en condiciones adecuadas	Reduce defectos en la aplicación.
Secado entre capas de pintura	Preparación de la siguiente mezcla cuando corresponda	Optimizar la continuidad del proceso	Disminuye tiempos muertos.
Curado del barniz	Limpieza y organización del puesto de trabajo	Mejorar las condiciones del área	Incrementa el orden y facilita la siguiente reparación.
Espera por inspección	Registro del avance de la orden de trabajo	Mantener actualizada la información del proceso	Mejora la trazabilidad de la reparación.
Espera por disponibilidad de equipos	Clasificación y almacenamiento de herramientas	Optimizar la distribución del área	Reduce desplazamientos innecesarios.

Espera por autorización del siguiente proceso	Preparación del siguiente vehículo o pieza	Anticipar el inicio de la siguiente reparación	Reduce tiempos improductivos entre órdenes de trabajo.

Elaboración propia

La propuesta presentada establece un conjunto de actividades complementarias que permiten aprovechar los tiempos de espera sin modificar las condiciones técnicas del proceso de reparación. Cada actividad fue seleccionada considerando su aporte a la organización del trabajo, la continuidad de las operaciones y la reducción de tiempos improductivos observados durante el diagnóstico. Su aplicación busca incrementar el tiempo efectivo de trabajo mediante tareas que agregan valor al proceso y que pueden ejecutarse sin afectar la calidad del servicio.

Una vez diseñadas las propuestas de mejora para las áreas de pintura y enderezada, así como las actividades complementarias destinadas a optimizar los tiempos de espera, se consolida un método de trabajo estandarizado orientado a mejorar la eficiencia del proceso productivo del taller Kats Autoservicios. La propuesta integra procedimientos secuenciales, controles de calidad y criterios operativos que permiten reducir la variabilidad observada durante el diagnóstico, promoviendo una ejecución más organizada y uniforme de las operaciones.

El método propuesto no modifica la naturaleza técnica de las reparaciones automotrices ni los tiempos requeridos para el secado o curado de los materiales. Las mejoras se centran en la organización del trabajo, la preparación anticipada de recursos, la incorporación de inspecciones durante el proceso y el aprovechamiento de los tiempos de espera mediante actividades complementarias. Estas acciones buscan incrementar el tiempo efectivo de trabajo sin afectar las especificaciones técnicas de los materiales ni la calidad del servicio.

La implementación conjunta de estas mejoras constituye la base del modelo que será representado posteriormente mediante simulación, permitiendo evaluar cuantitativamente el comportamiento del proceso propuesto frente al método actualmente utilizado en el taller.

4.2.5 Etapa 5: Evaluación del método propuesto

Una vez diseñado el método propuesto para las áreas de enderezada y pintura, es necesario evaluar su comportamiento antes de plantear su implementación en el taller. Para ello, se emplea la simulación de eventos discretos como herramienta de análisis, ya que permite representar el funcionamiento del sistema productivo, analizar el flujo de las operaciones y estimar el impacto de las mejoras propuestas sin intervenir directamente en el proceso real.

En esta etapa se comparan dos escenarios: el método actualmente utilizado por el taller Kats Autoservicios y el método propuesto desarrollado en la etapa anterior. Ambos modelos son evaluados bajo las mismas condiciones de operación, considerando los tiempos estándar obtenidos durante el estudio del trabajo, la disponibilidad de recursos y la secuencia de actividades correspondiente a cada proceso.

La evaluación se fundamenta en indicadores de desempeño que permiten medir el efecto de las mejoras propuestas sobre el comportamiento del sistema. Entre ellos se consideran la utilización de los operarios, el tiempo total del proceso, los tiempos improductivos y otros indicadores obtenidos mediante el software FlexSim. Los resultados servirán para determinar si el método propuesto representa una alternativa técnicamente viable para optimizar el proceso productivo del área de enderezada y pintura.

En base a la nueva simulación realizada obtenemos datos positivos y un crecimiento de la productividad de cada operario:

Tabla 24.
Comparación del TP real, TP simulado y TP simulado propuesto

Área	**Trabajador**	**TP (%)**		
		Real	**Simulado**	**Simulado propuesto**
Pintura	TRAB_1_PIN	82	75,83	93,75
Pintura	TRAB_2_PIN	86	82,29	93,75

Enderezada	TRAB_1_END	77	71,46	93,62
Enderezada	TRAB_2_END	80	82,71	93,75

Elaboración propia

Los resultados obtenidos evidencian una mejora en el porcentaje de trabajo productivo (TP) de los cuatro operarios después de aplicar las propuestas de optimización y ejecutar la simulación del escenario mejorado. Este incremento se debe principalmente a la estandarización de las actividades, la organización del área de trabajo y el aprovechamiento de los tiempos improductivos, los cuales fueron destinados a la ejecución de actividades operativas y auxiliares que aportan valor al proceso. De igual manera, la estandarización de la preparación de pintura, la reducción de verificaciones repetitivas y la eliminación de desplazamientos innecesarios permitieron disminuir la cantidad de actividades ejecutadas por cada operario sin afectar la calidad del proceso. Como resultado, se incrementó la utilización del tiempo disponible durante la jornada laboral, alcanzando porcentajes de trabajo productivo superiores al 93 % en todos los casos simulados.

Los resultados demuestran que la implementación de herramientas de mejora como la estandarización de procesos y una mejor planificación de las actividades contribuyen a incrementar la productividad de los operarios, optimizando el aprovechamiento de la jornada laboral sin requerir un aumento de recursos o de personal.

La propuesta de mejora desarrollada en la Etapa 4 permitió establecer un conjunto de acciones orientadas a optimizar el proceso productivo de las áreas de enderezada y pintura del taller Kats Autoservicios. Las mejoras planteadas se enfocaron en la estandarización de las actividades, la reorganización de la secuencia de trabajo, la optimización del abastecimiento de materiales y el aprovechamiento de los tiempos improductivos identificados durante el estudio de tiempos. Estas acciones tuvieron como finalidad reducir actividades que no agregaban valor al proceso, disminuir tareas repetitivas y mejorar la utilización del tiempo disponible durante la jornada laboral.

En la Etapa 5, las mejoras propuestas fueron incorporadas al modelo de simulación desarrollado en FlexSim para evaluar su impacto sobre el desempeño del proceso antes de su implementación. Para ello, se modificó la lógica operativa considerando la reducción de actividades repetitivas relacionadas con la preparación de pintura y las verificaciones de color, la eliminación de actividades improductivas atribuibles al operario y una mejor planificación de las actividades durante los tiempos de espera. Los tiempos correspondientes a las operaciones productivas se mantuvieron, ya que representan la ejecución propia del proceso de reparación y pintura; las mejoras se concentraron en optimizar la secuencia de trabajo y el aprovechamiento de la jornada laboral.

En conjunto, el desarrollo de la propuesta y su validación mediante simulación demostraron que la optimización del método de trabajo permite incrementar la productividad de los operarios sin modificar los tiempos propios de las operaciones técnicas. La reorganización de las actividades, la estandarización de los procedimientos y el mejor aprovechamiento de la jornada laboral contribuyeron a obtener un proceso más eficiente, reflejado en el incremento del trabajo productivo y en una utilización más adecuada de los recursos disponibles.

CONCLUSIONES

1. El análisis realizado en las áreas de enderezada y pintura permitió identificar que una parte importante de la jornada laboral era destinada a actividades que no aportaban directamente al proceso de reparación, como desplazamientos, esperas, búsquedas de materiales y verificaciones repetitivas. Estas condiciones afectaban el aprovechamiento del tiempo de trabajo y limitaban el desempeño de los operarios.

2. La simulación del proceso permitió evaluar el comportamiento del sistema antes y después de incorporar la propuesta de mejora, evidenciando un incremento en el tiempo productivo de los trabajadores. Los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de trabajo productivo pasó de valores entre el 71,46 % y 82,71 % en el modelo actual a valores cercanos al 93,7 % en el modelo propuesto, lo que demuestra un mejor aprovechamiento de la jornada laboral sin incrementar el número de operarios ni modificar la infraestructura del taller.

3. La propuesta desarrollada permitió disminuir actividades repetitivas, reducir tiempos destinados a tareas auxiliares y optimizar la secuencia de trabajo en las áreas evaluadas. Como consecuencia, los operarios pudieron dedicar una mayor proporción de la jornada a actividades directamente relacionadas con la reparación y preparación de piezas, favoreciendo un flujo de trabajo más continuo y eficiente.

RECOMENDACIONES

1. Complementar el estudio de tiempos mediante la aplicación de técnicas de cronometraje continuo para las actividades de mezcla de pintura y verificación de color, con el fin de obtener un mayor número de observaciones y establecer tiempos estándar sustentados en información estadísticamente más robusta. Esto permitirá reducir la variabilidad de los datos y fortalecer la confiabilidad de los parámetros utilizados en la simulación del proceso.

2. Validar la propuesta desarrollada mediante una implementación piloto en el taller Kats Autoservicios, evaluando indicadores como el tiempo de ciclo, la utilización de los operarios, el porcentaje de trabajo productivo y los tiempos improductivos antes y después de la aplicación de las mejoras. De esta manera, será posible cuantificar el impacto real de la propuesta bajo condiciones operativas.

3. Ampliar el alcance del modelo de simulación incorporando variables que no fueron consideradas en esta investigación, como la disponibilidad de materiales, la capacidad de la cabina de pintura, la variabilidad en los tiempos de secado según el tipo de pintura y la programación simultánea de varios vehículos. Esto permitirá representar con mayor precisión el comportamiento real del sistema productivo y evaluar nuevos escenarios de optimización.

BIBLIOGRAFÍA

[1] S. Salcedo, W. Roa y E. A. Fuentes, "Propuesta para la estandarización de procesos en el área de calidad, seguridad del paciente y sarlaft (caso entidad oncológica colombiana)," *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, vol. 7, n.º 14, págs. 39-57, 2020.

[2] C. Gracía, "Estudio de tiempos y movimientos realizado en el área de empaquetado (maquinas libra) en la empresa ALIMENTOS CARIBE SAS," *Universidad Abierta ya Distancia UNAD*, 2018.

[3] K. Turdibayeva. "Simulación de procesos explicada: pasos, ejemplos y herramientas." ProcessMaker Blog. Consultado el 11 de noviembre de 2025. dirección: https://www.processmaker.com/es/blog/process-simulation-explained-steps-examples-tools/.

[4] D. A. R. Iza. "Estudio de tiempos y movimientos en el área de producción de una empresa de confecciones para la mejora de los procesos productivos." Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte. Consultado el 21 de abril de 2025. dirección: https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/16888/2/04%20IND%20553%20TRABAJO%20GRADO.pdf.

[5] A. E. de Fabricantes de Planos (AEFP). "Optimización de procesos productivos: su importancia para el éxito empresarial." Consultado el 11 de noviembre de 2025. dirección: https://aefp.org.es/optimizacion-de-procesos-productivos-su-importancia-para-el-exito-empresarial/.

[6] O. Bolaños Plata, "Importancia de la simulación en la mejora de procesos," 2014.

[7] T. Fontalvo Herrera, E. De La Hoz Granadillo y J. Morelos Gómez, "La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional," *Dimensión empresarial*, vol. 16, n.º 1, págs. 47-60, 2018.

[8] N. Castro. “Optimización de procesos productivos: control de métodos y tiempos en producción. ”dirección: https://www.cubodeideas.com/blog/calidad-total/optimizacion-de-procesos-productivos-control-de-metodos-y-tiempos-en-produccion/.

[9] L. A. M. Chulde y R. V. I. S. Piarpuezán. “Diseño de la organización del trabajo para incrementar la productividad a través del estudio de tiempos y métodos en la empresa FINATEX.” Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte. Consultado el 21 de abril de 2025. dirección: https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15547/2/04%20IND%20491%20TRABAJO%20GRADO.pdf.

[10] R. Bello Morales et al., “Optimización del trabajo en proceso mediante el diseño de experimentos y escenarios de simulación,” 2019.

[11] H. V. M. Villegas, D. G. Gómez, J. A. D. Vásconez, R. S. C. Guerrero y E. M. O. Pérez, “Impacto de la simulación en FlexSim para rediseñar procesos industriales: Mejora de velocidad y simplificación operativa en sistemas automatizados,” *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, vol. 8, n.º 6, págs. 3388-3404, 2024.

[12] M. S. Segovia Albarracín, “Optimización de la Gestión en un Taller de Servicio Automotriz Especializado en Enderezado y Pintura a través de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM),” B.S. thesis, Universidad del Azuay, 2024.

[13] ISO, *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario* (ISO 9000), 5.ª ed. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization, 2015.

[14] Universidad de Cantabria y Gerencia de la UC, “Manual de Gestión por Procesos,” Universidad de Cantabria (UC), Cantabria, España, Manual Interno de Gestión, 2019, Disponible en la web de la Gerencia de la Universidad de Cantabria. Versión 1.0 (asumiendo una versión para el año indicado). dirección: https://web.unican.es/consejo-direccion/gerencia/Documents/gestion-por-procesos/manual-gestion-por-procesos-UC-%20v10.pdf.

[15] D. García, “Mapeo de procesos y su alcance,” *Instituto tecnológico de Orizaba*, 2020.

[16] R. Y. Chang, *Mejora continua de procesos*, Primera. Buenos Aires: Granica S.A., 2011.

[17] M. Quiroa. “Proceso productivo: Qué es, etapas y ejemplos.” Consultado el 12 de noviembre de 2025. dirección: https://economipedia.com/definiciones/proceso-productivo.html.

[18] J. A. Cruelles, *Ingeniería industrial*. Alpha Editorial, 2013.

[19] G. B. Urbina et al., *Introducción a la Ingeniería Industrial*. México D.F.: Grupo Editorial Patria, 2014, ISBN: 9786074389197.

[20] R. B. Chase, F. R. Jacobs y N. Aquilano, *Administración de Operaciones*. 2024, Edición digital, disponible en línea. dirección: https://es.scribd.com/document/524901919/Chase-Jacobs-Aquilano-Administracion-de-Operaciones.

[21] B. W. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*, 11.ª ed. México D.F.: Alfaomega, 2010, Incluye CD. Consultado el 12 de noviembre de 2025. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/0ByBKDkSTshFya1hxQktGaWQwa2c/edit?usp=sharing.

[22] L. A. Burgos Tejo, “Análisis del proceso de trabajo y propuesta de mejora para el taller mecánico automotriz de la concesionaria Chery-Concepción,” Tesis doct., Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2016.

[23] R. M. Barnes, *Estudio de movimientos y tiempos: Diseño y medición del trabajo*, 7.ª ed. México: Limusa, 1980.

[24] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill, 2004.

[25] G. Westreicher. “Optimización.” Consultado el 21 de noviembre de 2025. dirección: https://economipedia.com/definiciones/optimizacion.html.

[26] J. Banks, J. S. C. II, B. L. Nelson y D. M. Nicol, *Discrete-Event System Simulation*, 5.ª ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, 2014. dirección: https://www.pearsoned.co.uk.

[27] FlexSim Software Products, Inc. “Software de modelado y análisis de simulación 3D | FlexSim. ”dirección: https://www.flexsim.com/.

[28] IIAMMX. “Proceso de enderezado y pintura automotriz. ”dirección: https://iiammx.com/pinturas/proceso-de-enderezado-y-pintura-automotriz/.

[29] B. F. Torres Dota y D. R. Valdez León, “Propuesta de reestructuración técnica y administrativa del taller de enderezado y pintura”Mercedes Benz”de la ciudad de Cuenca,” B.S. thesis, 2020.

[30] PPG Industries, *Technical Data Sheets for Automotive Refinish Products*, Technical documentation, PPG Industries, 2024.

[31] BASF Coatings, *Glasurit Technical Data Sheets and Application Guides*, Technical documentation, BASF Coatings, 2023.

[32] Axalta Coating Systems, *Refinish Product Technical Data Sheets*, Technical documentation, Axalta Coating Systems, 2024.

[33] J. W. Creswell, *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 4.ª ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2014, ISBN: 978-1452226101.

[34] Y. Sarduy Domínguez, “El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa,” *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 33, n.º 3, págs. 0–0, 2007, Accedido: 08 mayo 2025. dirección: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000300020&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

[35] LAB-ES. “Método Cualitativo: Definiciones y Características Fundamentales.” Accedido: 08 mayo 2025, Laboratorio de Estudios Sociales (Universidad de Zaragoza). dirección: https://labes-unizar.es/metodo-cualitativo-definiciones-y-caracteristicas-fundamentales/?expand_article=1.

[36] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 6.ª ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2014, ISBN: 978-6071508870.

[37] S. J. Taylor y R. Bogdan, *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Barcelona: Paidós, 1987, ISBN: 978-8475094950. dirección: https://pics.unison.mx/maestria/wp-content/uploads/2020/05/Introduccion-a-Los-Metodos-Cualitativos-de-Investigacion-Taylor-S-J-Bogdan-R.pdf.

[38] A. Peláez, J. Rodríguez, S. Ramírez, L. Pérez, A. Vázquez y L. González, "La entrevista," *Universidad autónoma de México.[En línea].[Online].[cited 2012 Septiembre 30. Disponible en: http://www. uam. es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Cu* 2013.

[39] M. López y V. Sandoval, *Métodos visuales para el análisis de procesos industriales*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 2018.

[40] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson y D. M. Nicol, *Discrete-Event System Simulation*. Pearson, 2010.

[41] A. M. Law, *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill, 2007.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para el área de enderezada

Encuesta para el área de enderezada

Objetivo:

Obtener información sobre los daños más frecuentes, tiempos de reparación, disponibilidad de recursos y factibilidad de clasificación del daño en el área de enderezada.

Datos generales

1. Nombre: _____

2. Años de experiencia en enderezado automotriz:

   ☐ Menos de 1 año ☐ 1–3 años ☐ 3–5 años ☐ Más de 5 años

A. Naturaleza de los trabajos

3. ¿Cuál es la parte del vehículo que requiere enderezado con mayor frecuencia?

   ☐ Puertas

   ☐ Guardafangos

   ☐ Parachoques

   ☐ Laterales

   ☐ Chasis

   ☐ Otros: _____

4. ¿Qué tipo de daños son más comunes en el área de enderezado?

   ☐ Golpes leves

   ☐ Abolladuras profundas

   ☐ Doblado de piezas

   ☐ Daños estructurales

   ☐ Otros: _____

B. Tiempos de trabajo

5. ¿En qué actividad del proceso de enderezado se demora más?

   ☐ Diagnóstico del daño

   ☐ Desmontaje

   ☐ Enderezado de piezas

   ☐ Ajustes y acoples

   ☐ Montaje final

   ☐ Otros:

   _____

6. Tiempo aproximado para reparar un golpe promedio.

   ☐ Menos de 2 horas

   ☐ 2–4 horas

   ☐ 4–6 horas

   ☐ Más de 6 horas

C. Disponibilidad de materiales y herramientas

7. ¿Dispone de las herramientas necesarias (martillos, haladores, bancadas, gatos, etc.)?

   ☐ Siempre

   ☐ Casi siempre

   ☐ A veces

   ☐ Rara vez

   ☐ Nunca

8. ¿El inventario de insumos (masillas, soldadura, repuestos, etc.) está disponible cuando lo necesita?

   ☐ Siempre

   ☐ Casi siempre

   ☐ A veces

   ☐ Rara vez

   ☐ Nunca

9. ¿Debe esperar para continuar el trabajo cuando falta alguna herramienta o material?

   ☐ Sí ☐ No

   Si respondió **Sí**, ¿cuánto tiempo espera normalmente?

   _____

D. Clasificación del daño

10. ¿Es posible clasificar los daños en leves, medios y fuertes en el área de enderezado?

    ☐ Sí ☐ No

    Justifique:

    _____

11. ¿Qué método considera más adecuado para medir la gravedad del daño?

    ☐ Tiempo estimado de reparación

    ☐ Porcentaje de deformación

    ☐ Costo del trabajo

    ☐ Otro: _____

12. Propuesta personal para clasificar los daños.

    Leve:

    _____

    Medio:

    _____

    Fuerte:

    _____

Anexo 2. Encuesta para el área de pintura

Encuesta para el área de pintura

Objetivo:

Recolectar información operativa sobre tiempos, disponibilidad de recursos, frecuencia de trabajos y clasificación de daños en el área de pintura.

Datos generales

1. Nombre: _____

2. Años de experiencia en pintura automotriz:

   ☐ Menos de 1 año ☐ 1–3 años ☐ 3–5 años ☐ Más de 5 años

A. Naturaleza de los trabajos

3. ¿Cuál es la parte del vehículo que requiere reparación o pintura con mayor frecuencia?

   ☐ Parachoques

   ☐ Puertas

   ☐ Guardafangos

   ☐ Capó

   ☐ Techo

   ☐ Otros: _____

4. ¿Qué tipo de daños son más comunes en el área de pintura?

   ☐ Rayones

   ☐ Golpes leves

   ☐ Desgaste o pérdida de color

   ☐ Pelado de pintura

   ☐ Otros: _____

B. Tiempos de trabajo

5. ¿En qué actividad del proceso de pintura se demora más?

   ☐ Preparación de superficie (lijado, masillado)

   ☐ Empapelado

☐ Aplicación de pintura

☐ Secado

☐ Pulido

☐ Otros:

_____

6. En promedio, ¿cuántas horas toma reparar un daño estándar?

   ☐ Menos de 2 horas

   ☐ 2–4 horas

   ☐ 4–6 horas

   ☐ Más de 6 horas

C. Disponibilidad de materiales y herramientas

7. ¿Cuenta con los materiales y herramientas necesarias para cada trabajo?

   ☐ Siempre

   ☐ Casi siempre

   ☐ A veces

   ☐ Rara vez

   ☐ Nunca

8. ¿El inventario de materiales (pintura, thinner, lijas, selladores) está disponible cuando lo necesita?

   ☐ Siempre

   ☐ Casi siempre

   ☐ A veces

☐ Rara vez

☐ Nunca

9. Cuando falta algún material, ¿debe esperar para continuar el trabajo?

   ☐ Sí ☐ No

   Si respondió **Sí**, ¿cuánto tiempo suele esperar?

   _____

D. Clasificación del daño

10. ¿Considera posible clasificar los daños en leves, medios y fuertes en el área de pintura?

    ☐ Sí ☐ No

    Justifique:

    _____

11. Si su respuesta fue “Sí”, ¿qué método considera más adecuado para medir o clasificar el daño?

    ☐ Tiempo estimado de reparación

    ☐ Porcentaje de daño en la pieza

    ☐ Costo de reparación

    ☐ Otro: _____

12. ¿Qué criterios usaría para diferenciar un daño leve, medio y fuerte?

    Leve:

    _____

Medio:

Fuerte:

Anexo 3. Levantamiento de información de los procesos área de enderezada - P1

Levantamiento de información

Macroproceso:	Enderezado / Laminado
Proceso:	Reparación de abolladuras
Código:	D1.1
Versión:	001
Responsable:	Kevin Chiluisa

No.	Actividad	Descripción	Observación
1	Inicio	N.A.	
2	Evaluación del daño	Identificar el tipo y la gravedad de las abolladuras para determinar el método más adecuado de reparación.	
3	Documentación del estado inicial	Proporciona un registro claro del daño para transparencia y seguimiento.	

No.	Actividad	Descripción	Observación
4	Desmontaje de piezas afectadas	Facilita el acceso a las áreas dañadas y protege las piezas de daños adicionales.	
5	Selección de herramientas de reparación	Asegura el uso de las técnicas y herramientas correctas para cada tipo de daño.	
6	Aplicación de técnicas de enderezado	Restaura la forma original del panel afectado sin necesidad de reemplazarlo.	
7	Corrección de estructuras internas (si aplica)	Recupera la funcionalidad y resistencia estructural del vehículo.	
8	Verificación del alineado y nivelado	Garantiza que la reparación sea imperceptible y estéticamente adecuada.	
9	Limpieza y desengrasado del área	Prepara la superficie para los procesos posteriores, eliminando residuos.	
10	Control de calidad inicial	Asegura que la reparación cumpla con los estándares antes de pasar a la siguiente etapa.	
11	Fin	N.A.	

Elaboración propia

Anexo 4. Levantamiento de información de los procesos área de enderezada - P2

Levantamiento de información

Macroproceso:	Enderezado / Laminado
Proceso:	Preparación de superficie
Código:	D.1.2
Versión:	001
Responsable:	Kevin Chiluisa

No.	Actividad	Descripción	Observación
1	Inicio	N.A.	
2	Limpieza profunda del área	Elimina contaminantes que podrían interferir con el proceso de preparación y acabado.	
3	Lijado inicial	Prepara la superficie para mejorar la adhesión de los materiales que se aplicarán posteriormente.	
4	Aplicación de masilla para relleno	Rellena imperfecciones y garantiza un acabado uniforme.	
5	Lijado de masilla	Proporciona una base lisa para las capas posteriores, evitando defectos visibles.	
6	Aplicación de primer (imprimante)	Protege la superficie metálica y mejora la adherencia de la pintura.	
7	Lijado del imprimante	Alisa la superficie para garantizar que la pintura final tenga un acabado perfecto.	
8	Protección de áreas no trabajadas	Previene daños accidentales o contaminación en otras partes del vehículo.	

No.	Actividad	Descripción	Observación
9	Verificación de uniformidad de la superficie	Asegura que no existan imperfecciones que afecten el resultado final.	
10	Eliminación de polvo y residuos	Evita defectos como partículas en el acabado final de la pintura.	
11	Fin	N.A.	

Elaboración propia

Anexo 5. Levantamiento de información de los procesos área de pintura - P1

Levantamiento de información

Macroproceso:	Pintura
Proceso:	Aplicación de pintura en vehículos
Código:	E.1.1
Versión:	001
Responsable:	Kevin Chiluisa

No.	Actividad	Descripción	Observación
1	Inicio	N.A.	
2	Preparación del área de trabajo	Asegura que el ambiente esté limpio y controlado, minimizando contaminantes que puedan afectar el acabado.	

No.	Actividad	Descripción	Observación
3	Mezcla de pintura	Logra un color uniforme y consistente, adaptado a las especificaciones del cliente.	
4	Prueba de color	Verifica que la pintura mezclada coincida con el color original o deseado del vehículo.	
5	Aplicación de base (si corresponde)	Mejora la adhesión de la pintura y asegura un color más uniforme.	
6	Aplicación de la pintura	Da color al vehículo con precisión y cuidado, logrando un acabado profesional.	
7	Secado intermedio	Previene defectos al permitir que cada capa se asiente correctamente antes de aplicar la siguiente.	
8	Aplicación de capa transparente (clear coat)	Proporciona protección contra rayos UV, rasguños y otros agentes externos.	
9	Inspección de defectos	Garantiza un acabado perfecto antes de proceder con el pulido final.	
10	Secado final en cabina	Acelera el proceso de curado, asegurando que la pintura alcance su máxima durabilidad y brillo.	
11	Fin	N.A.	

Elaboración propia

Anexo 6. Levantamiento de información de los procesos área de pintura - P2

Levantamiento de información

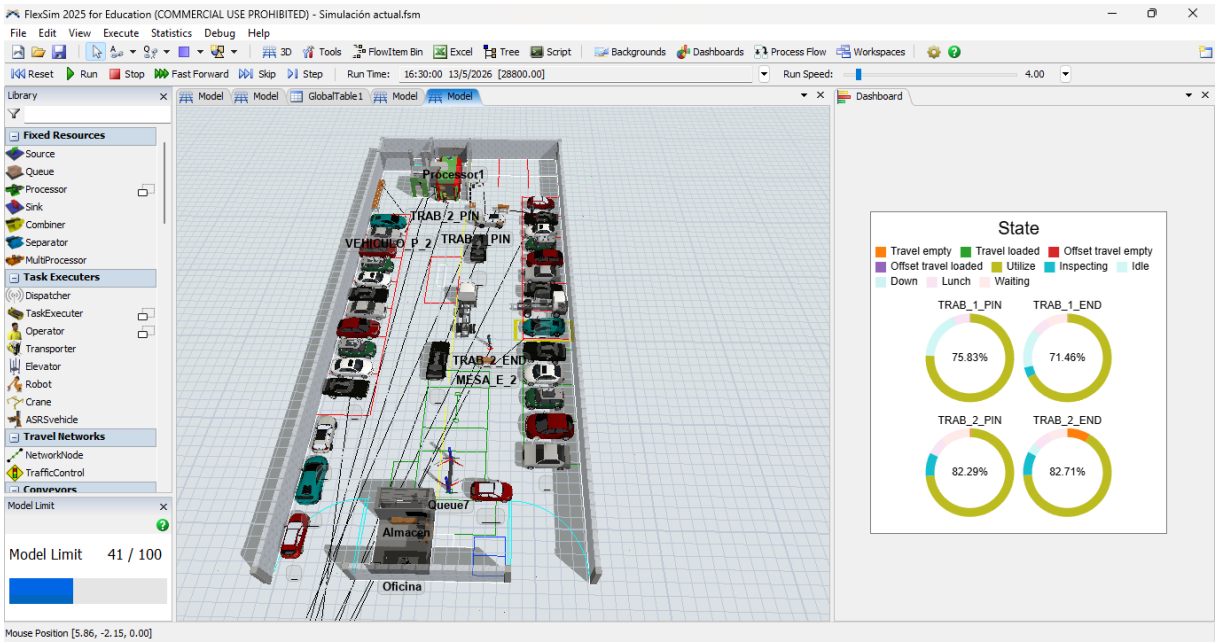
Macroproceso:	Pintura
Proceso:	Pulido final
Código:	E.1.2
Versión:	001
Responsable:	Kevin Chiluisa

No.	Actividad	Descripción	Observación
1	Inicio	N.A.	
2	Inspección inicial del acabado	Detecta áreas que necesiten corrección antes de iniciar el pulido.	
3	Lijado de superficie (si aplica)	Corrige defectos leves en la pintura, preparando la superficie para el pulido.	
4	Aplicación de compuesto pulidor	Suaviza la pintura y elimina imperfecciones como rayas superficiales.	
5	Pulido con máquina rotativa	Logra un brillo profundo y uniforme, recuperando la apariencia original.	
6	Limpieza con paños de microfibra	Elimina residuos sin dañar la pintura ni dejar marcas.	
7	Aplicación de cera protectora (opcional)	Prolonga el brillo y protege la pintura contra elementos externos.	

No.	Actividad	Descripción	Observación
8	Revisión final del acabado	Asegura que no queden imperfecciones y que el trabajo cumpla con los estándares de calidad.	
9	Entrega al cliente	Culmina el servicio explicando cómo mantener el acabado en óptimas condi-ciones y fortaleciendo la relación cliente–taller.	
10	Fin	N.A.	

Elaboración propia

Anexo 7. Resultados de la simulación del proceso actual



Anexo 8. Manual para la implementación de la metodología 5s en el área de enderezada y pintura

MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S EN EL ÁREA DE ENDEREZADA Y PINTURA DE KATS AUTOSERVICIOS

Objetivo

Establecer los lineamientos para implementar la metodología 3S en las áreas de enderezada y pintura de Kats Autoservicios, con el propósito de mantener un ambiente de trabajo organizado, limpio y disciplinado, contribuyendo a la reducción de tiempos improductivos, la optimización del proceso productivo y el cumplimiento de los procedimientos estandarizados propuestos.

Alcance

El presente manual aplica a todo el personal que desarrolla actividades en las áreas de enderezada y pintura de Kats Autoservicios, incluyendo la utilización de herramientas, equipos, materiales e insumos empleados durante las actividades de reparación y pintura de vehículos.

Responsables

Cargo	Responsabilidad
Gerente del taller	Aprobar y supervisar la implementación del manual.
Jefe de taller	Verificar el cumplimiento de las actividades establecidas y realizar el seguimiento correspondiente.
Técnicos de enderezada	Mantener el orden, limpieza y cumplimiento de los procedimientos establecidos.
Técnicos de pintura	Ejecutar las actividades conforme a los procedimientos estandarizados y registrar la información requerida.

SEITON (ORDENAR)

Objetivo

Organizar adecuadamente herramientas, equipos, materiales e insumos para reducir desplazamientos innecesarios, facilitar el acceso a los recursos de trabajo y mejorar la eficiencia de las operaciones.

Actividades

- Asignar una ubicación fija para cada herramienta.
- Identificar estanterías, gabinetes y áreas mediante señalización.
- Organizar los materiales de pintura según su frecuencia de uso.
- Mantener libres los pasillos y zonas de circulación.
- Al finalizar cada actividad, devolver cada herramienta a su lugar correspondiente.

- Verificar diariamente que el área permanezca organizada.

Lista de verificación de orden

Fecha	Área	Herramientas	Material	Responsable	Observaciones

SEISO (LIMPIAR)

Objetivo

Mantener limpias las áreas de trabajo con el fin de prevenir defectos en el proceso de pintura, conservar los equipos en condiciones adecuadas de funcionamiento y mejorar la seguridad del personal.

Actividades

- Limpiar diariamente las áreas de trabajo.
- Retirar residuos de pintura, polvo y material de lijado.
- Limpiar herramientas después de cada uso.
- Mantener limpia la cabina de pintura.
- Verificar el estado de los equipos antes de iniciar la jornada.

- Depositar los residuos en los recipientes establecidos.

Registro diario de limpieza

Fecha	Área	Actividad realiza-da	Hora	Responsable	Cumple	Observaciones

SHITSUKE (DISCIPLINA)

Objetivo

Garantizar el cumplimiento permanente de los procedimientos estandarizados mediante actividades de seguimiento, evaluación y mejora continua.

Actividades

- Cumplir los procedimientos estandarizados de pintura y enderezada.
- Utilizar la ficha de preparación de pintura antes de cada mezcla.
- Registrar las mezclas realizadas.
- Mantener actualizados los registros operativos.
- Cumplir los tiempos estandarizados definidos para cada actividad.

- Participar en las inspecciones internas.
- Reportar cualquier desviación detectada durante el proceso.

Lista de verificación de disciplina

Criterio	Sí	No	Observaciones
Uso de la ficha de preparación de pintura			
Registro maestro de mezclas actualizado			
Cumplimiento del procedimiento de pintura			
Cumplimiento del procedimiento de enderezada			
Herramientas organizadas			
Área limpia al finalizar la jornada			
Cumplimiento de los tiempos establecidos			
Uso correcto del equipo de protección personal			

Seguimiento

La aplicación del presente manual deberá verificarse mediante inspecciones semanales realizadas por el jefe de taller, quien registrará las observaciones identificadas y establecerá acciones correctivas cuando se detecten incumplimientos.

Resultado esperado

La implementación del presente manual permitirá mantener organizadas y limpias las áreas de enderezada y pintura, reducir tiempos improductivos asociados a la búsqueda de herra-

mientas y materiales, asegurar el cumplimiento de los procedimientos estandarizados y mantener las mejoras alcanzadas mediante la propuesta de optimización del proceso productivo.

Anexo 9. Ficha de preparación de pintura

FICHA DE PREPARACIÓN DE PINTURA	
Código	
Área	
Proceso	
Responsable	
Versión	
Fecha	
Información del trabajo	
Campo	**Información**
Cliente	
Vehículo	
Marca	
Modelo	
Año	
Color del vehículo	
Código de color	
Pieza a pintar	
Orden de trabajo	
Preparación de la mezcla	

Material	**Cantidad (ml)**	**Observaciones**
Pintura base		
Catalizador		
Diluyente		
Aditivo		
Total preparado		
Parámetros de aplicación		
Parámetro		
Relación de mezcla		
Boquilla		
Presión		
Número de capas		
Tiempo entre capas		
Tiempo de secado		

Anexo 10. Resultados de la simulación del proceso propuesto

