

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Título de la investigación

“Diseño de un sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car.”

Nombre del estudiante:

Megan Tamara Alvarado Picado

Tutor(a):

Ing. Allan Maroto Coto

Sede Aranjuez

Abril, 2026

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este Trabajo Final de Graduación a Dios, quien me dio la fuerza y la fortaleza necesarias desde el inicio de la carrera hasta este momento, permitiéndome culminar este importante capítulo de mi vida.

Asimismo, dedico este logro a mi familia Alvarado Picado Quirós, quienes siempre me apoyaron tanto en los momentos buenos como en los malos. Su apoyo incondicional fue fundamental para poder llegar hasta aquí.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente Trabajo Final de Graduación tiene como objetivo diseñar un sistema de gestión de productividad para el área de enderezado, alistado y pintura del taller de la empresa Adobe Rent a Car, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa, reducir reprocesos y fortalecer el control de los procesos productivos.

En el análisis de la situación actual se identificaron diversas problemáticas que afectan el desempeño del taller, entre ellas la ausencia de controles formales del proceso, falta de registro de información relacionada con reprocesos y tiempos improductivos, así como variabilidad en la producción mensual. Asimismo, se determinó que los índices de capacidad del proceso (C_p y C_{pk}) se encuentran por debajo del valor recomendado de 1.33, lo cual evidencia inestabilidad en los procesos de enderezado, alistado y pintura. Además, se identificaron pérdidas económicas importantes derivadas de reprocesos, las cuales pueden superar los \$31 millones anuales.

Con base en este diagnóstico, se diseñó un sistema de gestión de productividad orientado a fortalecer el control de los procesos mediante la implementación de indicadores de desempeño, puntos de control de calidad, control de limpieza y orden, registro de tiempos improductivos, gestión de búsqueda de herramientas, pausas activas para los operarios y reuniones operativas al inicio de la jornada laboral. Asimismo, se propone la incorporación de tres Ingenieros Industriales encargados de supervisar las operaciones y dar seguimiento a los indicadores de productividad y calidad.

El análisis económico del proyecto demuestra la viabilidad del sistema de gestión de productividad, considerando una inversión inicial de \$5 192 540. Con base en una reducción conservadora del 15 % en los reprocesos, se estima un ahorro anual aproximado de \$4 676 400. La evaluación financiera, con un horizonte de cinco años y una tasa de descuento del 10 %, presenta un Valor Actual Neto (VAN) de \$12 534 695 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 86 %, lo que confirma la rentabilidad de la implementación del sistema.

En conclusión, el diseño del sistema de gestión de productividad permitirá mejorar el control del proceso productivo, reducir los reprocesos, optimizar el uso de los recursos y fortalecer la toma de decisiones basada en datos, contribuyendo así al incremento de la productividad y la competitividad del taller.

Contenido

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
DECLARACIÓN JURADA	3
CARTA DE RESOLUCIÓN DEL TUTOR DEL TFG	4
CARTA DE APROBACIÓN DEL LECTOR.....	11
CARTA REVISIÓN FILOLÓGICA	12
CARTA INCORPORACIÓN DE MODIFICACIONES AL TFG	13
RESUMEN EJECUTIVO	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	25
Generalidades de la Empresa	26
Historia	26
Misión.....	26
Visión	26
Estructura organizacional	27
Ubicación	29
Planteamiento del Problema.....	29
Objetivos	30
Objetivo general	30
Objetivos específicos.....	30
Justificación.....	30
Beneficios administrativos	31
Beneficios económicos.....	31
Beneficios legales.....	31

	16
Beneficios operativos	31
Antecedentes	31
Artículos científicos	32
Tesis.....	33
Proyecciones.....	35
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	36
Conceptos Generales	36
Definiciones relacionadas al tema TFG	36
Conceptos propios de la Industria	39
Indicadores relacionados con el tema TFG.....	42
Herramientas para la recolección de datos	44
Herramientas de estadística.....	47
Herramientas para Describir el Problema	49
Diagrama de Pareto	50
Diagrama de Flujo.....	51
Herramientas para Medir las Consecuencias	52
Análisis de riesgos.....	53
Análisis de la capacidad	54
Herramientas para Analizar las Causas	55
Diagrama de Ishikawa.....	55
5 por qué.....	56
Herramientas para el Diseño	57
Canvas	58
Indicadores	58

	17
Herramientas para el Control de la Implementación del Diseño	60
Matriz de asignación de responsabilidades	60
Diagrama de Gantt	61
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	64
Enfoque	64
Cuantitativo	64
Cualitativo	65
Mixto	65
Enfoque de la investigación	66
Alcance	66
Exploratorio	66
Descriptivo	67
Correlacional	67
Explicativo	67
Alcance de la investigación	67
Diseño	67
Experimental	68
No experimental	68
Diseño de la investigación	69
Variables	69
Muestra	70
Instrumentos	71
Recolección de Datos	71
Método de Análisis	73

	18
Cronograma.....	74
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	76
Descripción del Problema	76
Capacidad real de las piezas reparadas	78
Capacidad real de las piezas de alistado y pintura	79
Capacidad real de las piezas enderezadas	80
Índice de capacidad para las piezas reparadas	81
Índice de capacidad para las piezas de alistado y pintura	82
Índice de capacidad para las piezas enderezadas	82
Capacidad instalada del área de enderezado, alistado y pintura	84
Diagrama de Flujo.....	85
Diagrama de Pareto	88
Análisis de los problemas en el taller de Adobe Rent a Car	93
Medición de las Consecuencias.....	94
Análisis de capacidad	94
Análisis de riesgos.....	96
Consecuencias económicas	98
Análisis de las Causas	99
Diagrama de Ishikawa.....	99
Diagrama de Pareto	100
5 por qué.....	102
CAPÍTULO V DISEÑO.....	104
Diseño.....	104
Gestión del orden y la limpieza.....	104

Manual de limpieza basado en las 5S para el área de enderezado, alistado y pintura	108
Monitoreo y control de reprocesos	111
Reuniones operativas cortas de coordinación	115
Gestión de búsqueda de las herramientas.....	117
Pausas activas para la mejora del desempeño	119
Contratación de una persona de apoyo.....	122
Gestión de la calidad integrada al proceso	124
Gestión del tiempo improductivo.....	129
Recopilación y seguimiento de la información del sistema de gestión de productividad....	132
Capacitación del personal sobre el sistema de gestión de productividad e indicadores	133
Control de la Implementación	135
Indicadores	135
Matriz de responsabilidad	136
Diagrama de Gantt	137
Análisis Económico.....	138
Justificación de la reducción proyectada del 15 % en reprocesos.....	140
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
Conclusiones	142
Recomendaciones.....	143
APÉNDICES	145
Apéndice 1 Control de la limpieza semanal en Excel.....	145
Apéndice 2 Control de la limpieza diaria en Excel.....	146
Apéndice 3 Manual de limpieza basado en las 5S para el área de enderezado, alistado y pintura.	147
Apéndice 4 Control de los reprocesos en el área de enderezado, alistado y pintura en Excel.	152

Apéndice 5 Control del registro de la reunión operativa corta en Excel.....	153
Apéndice 6 Registro de la preparación del Kit en Excel.....	154
Apéndice 7 Registro de las pausas activas en Excel.	155
Apéndice 8 Gestión de la calidad integrada al proceso: área de enderezado, alistado y pintura en Excel.....	156
Apéndice 9 Registro del tiempo improductivo diario en el área de enderezado, alistado y pintura.	157
REFERENCIAS	158
Artículos Científicos	158
Páginas Web	158
Libros	159
Tesis.....	160

Tablas

Tabla 1 Ejemplo de lista de chequeo.	46
Tabla 2 Ejemplo de 5 por qué.....	57
Tabla 3 Ejemplo de matriz de asignación de responsabilidades.	61
Tabla 4 Variables de la investigación.	69
Tabla 5 Muestra de la investigación.	70
Tabla 6 Instrumentos de la investigación.	71
Tabla 7 Recolección de datos.	72
Tabla 8 Método de análisis de la investigación.	73
Tabla 9 Capacidad real de piezas grandes por mes del 2025.	77
Tabla 10 Producción mensual, semanal, diaria y por hora de las piezas reparadas.	78
Tabla 11 Producción mensual, semanal, diaria y por hora de las piezas de alistado y pintura.	79

Tabla 12 Producción mensual, semanal, diaria y por hora de las piezas enderezadas.	80
Tabla 13 Capacidad instalada del área de enderezado, alistado y pintura.	84
Tabla 14 Fondo de Régimen de Trabajo en el área de enderezado, alistado y pintura.	95
Tabla 15 Fondo de Tiempo Productivo Disponible en el área de enderezado, alistado y pintura.	96
Tabla 16 Análisis de riesgos del área de enderezado, alistado y pintura.	97
Tabla 17 Consecuencias económicas de los reprocesos en el taller de Adobe Rent a Car.	98
Tabla 18 Herramienta 5 porqué de la baja productividad del área de enderezado, alistado y pintura.	102
Tabla 19 Lista de chequeo para orden y limpieza diario.	106
Tabla 20 Horario para el uso del aspirador Karcher NT 38/1.	111
Tabla 21 Control de los reprocesos diarios.	112
Tabla 22 Control de los reprocesos semanales (consolidado del registro diario).	112
Tabla 23 Registro de reunión operativa corta diaria.	115
Tabla 24 Control de búsqueda de herramientas y preparación de kit.	117
Tabla 25 Registro de pausas activas.	120
Tabla 26 Matriz de calificación entre Asistente del Jefe del Taller o un Ingeniero Industrial.	123
Tabla 27 Evaluación económica de 3 Ingenieros Industriales.	124
Tabla 28 Registro del tiempo improductivo.	129
Tabla 29 Indicadores del sistema de gestión de productividad.	135
Tabla 30 Matriz de responsabilidad del sistema de gestión de productividad.	136
Tabla 31 Aspectos para el análisis económico total del sistema de gestión de productividad.	139
Tabla 32 Ahorro anual estimado para el análisis económico total del sistema de gestión de productividad.	139
Tabla 33 Flujo de caja proyectado para el análisis económico total del sistema de gestión de productividad.	141

Figuras

Figura 1 Estructura organizacional de la empresa Adobe Rent a Car (resumida).....	27
Figura 2 Estructura organizacional del área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car.	28
Figura 3 Ubicación del área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car.	29
Figura 4 Factores que afectan la productividad.	37
Figura 5 Masilla para enderezar en un vehículo.	40
Figura 6 Aplicación del primer.....	40
Figura 7 Pistolas de rociado para pintar vehículos.....	41
Figura 8 Ejemplo de un desengrasante.....	42
Figura 9 Fórmula de productividad.....	42
Figura 10 Fórmula de eficiencia.....	43
Figura 11 Indicador de productividad del factor total.....	43
Figura 12 Indicador de productividad parcial de recurso.....	44
Figura 13 Indicador de productividad total.....	44
Figura 14 Ejemplo de hoja de verificación (obtención de datos).....	45
Figura 15 Fórmula de frecuencia relativa.	47
Figura 16 Fórmula de frecuencia absoluta acumulada.....	48
Figura 17 Fórmula frecuencia relativa acumulada.....	48
Figura 18 Fórmula de la varianza poblacional y la varianza muestral.....	49
Figura 19 Fórmula de desviación estándar.....	49
Figura 20 Ejemplo diagrama de Pareto.....	51
Figura 21 Símbolos del Diagrama de Flujo.....	52
Figura 22 Ejemplo de un análisis de riesgos.....	54

Figura 23 Fórmula de fondo de régimen de trabajo (FRT).	54
Figura 24 Fórmula de fondo de tiempo productivo disponible (FTPD).	55
Figura 25 Importancia y función de los indicadores.	59
Figura 26 Ejemplo de Diagrama de Gantt.....	62
Figura 27 Proceso cuantitativo.....	64
Figura 28 Proceso cualitativo.....	65
Figura 29 Estructura de desglose del trabajo de la investigación.	74
Figura 30 Diagrama de Gantt de la investigación.	75
Figura 31 Gráfico de piezas reparadas por mes del año 2025.....	79
Figura 32 Cp y Cpk de las piezas reparadas.....	81
Figura 33 Cp y Cpk de las piezas de alistado y pintura.	82
Figura 34 Cp y Cpk de las piezas enderezadas.	83
Figura 35 Diagrama de Flujo del área de enderezado.	85
Figura 36 Diagrama de Flujo del área de alistado.....	86
Figura 37 Diagrama de Flujo del área de pintura.....	87
Figura 38 Diagrama de Pareto del área de enderezado.	88
Figura 39 Diagrama de Pareto del área de alistado.	90
Figura 40 Diagrama de Pareto del área de pintura.	91
Figura 41 Fórmula Fondo de Régimen de Trabajo en el área de enderezado, alistado y pintura. .	95
Figura 42 Fondo de Tiempo Productivo Disponible en el área de enderezado, alistado y pintura.	95
Figura 43 Diagrama de Ishikawa causas de la baja productividad.	99
Figura 44 Diagrama de Pareto de acuerdo con el Diagrama de Ishikawa.....	100
Figura 45 Lista de verificación para orden y limpieza semanal por área.....	105
Figura 46 Indicador cumplimiento de limpieza diaria.	108

Figura 47 Indicador de cumplimiento de limpieza semanal.	108
Figura 48 Matriz de calificación y evaluación económica.....	110
Figura 49 Índice de reprocesos.....	114
Figura 50 Índice de costo de reprocesos.	114
Figura 51 Frecuencia de reprocesos por área.	114
Figura 52 Índice de cumplimiento de reuniones.	116
Figura 53 Tiempo promedio de búsqueda de herramientas.....	119
Figura 54 Índice de preparación de kit en tiempo estándar.	119
Figura 55 Pausas activas.	120
Figura 56 Índice de cumplimiento de pausas activas.....	122
Figura 57 Índice de cumplimiento por área.	122
Figura 58 Puntos de control en el área de enderezado, alistado y pintura.	125
Figura 59 Índice de defectos detectados por área.	126
Figura 60 Costo de la capacitación técnica del proceso para el control de calidad del sistema de gestión de productividad.	128
Figura 61 Índice de tiempo improductivo.	131
Figura 62 Índice de tiempo improductivo por área.	132
Figura 63 Recopilación de la información del sistema de gestión de productividad.....	132
Figura 64 Costo de la capacitación del sistema de gestión de productividad.	134
Figura 65 Diagrama de Gantt del sistema de gestión de productividad.....	138

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car, ya que estas áreas son las más importantes y difíciles de controlar. El propósito es analizar los procesos actuales, los tiempos de operación y los costos involucrados, con el fin de proponer un sistema que permita que el trabajo sea más fluido y eficiente. Los objetivos incluyen describir la situación actual del área, medir las consecuencias relacionadas con la baja productividad, analizar sus causas, diseñar un sistema de gestión de productividad y establecer indicadores de control para su implementación.

Este proyecto es importante porque busca optimizar la eficacia en el área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car, donde suelen surgir la mayoría de los retrasos en la entrega de vehículos. La ausencia de una supervisión eficiente en las etapas de enderezado, alistado y pintura no solo provoca demoras, sino que también conlleva gastos adicionales. Cuando una empresa cuenta con un sistema de gestión de productividad, dispone de herramientas que facilitan analizar la reducción de tiempos de espera, el control de gastos y la mejora del servicio. Como resultado, Adobe Rent a Car podría garantizar la calidad de sus vehículos y mantener su competitividad en el mercado.

La línea de investigación en la que se basa este proyecto corresponde a diseño, desarrollo o mejoramiento de sistemas de control, aseguramiento o gestión de calidad en empresas de bienes o servicios. Esta línea se ajusta al proyecto ya que el objetivo es desarrollar un sistema que optimice las operaciones en las áreas de enderezado, alistado y pintura, garantizando la eficiencia y calidad. Por otra parte, este proyecto responde a la necesidad de implementar mejoras que permitan a la empresa manejar de forma más organizada su producción, logrando un mayor orden en las operaciones y mejores resultados.

El proyecto se divide en seis capítulos. El primer capítulo del proyecto aborda la introducción, donde se presentan las generalidades de la empresa, el problema a abordar, los objetivos a alcanzar, la justificación, los antecedentes y las proyecciones. Desde otra perspectiva, el capítulo II está dedicado al marco teórico, recopilando información de importancia para la investigación, como conceptos relacionados con la productividad, herramientas que se utilizarían en la investigación e indicadores relacionados con el sistema de gestión de productividad. En el capítulo III se presenta el marco metodológico, describiendo cómo se recopilará y analizará la información. Pasando al

capítulo IV, se analiza la situación actual de los procesos de enderezado, alistado y pintura, permitiendo identificar las condiciones reales del proceso y sus oportunidades de mejora. El capítulo V detalla cómo sería el sistema de gestión de productividad, en donde se puntualiza el análisis económico y el control de la implementación. Por último, en el capítulo VI se observan las conclusiones y recomendaciones, donde se resaltan los descubrimientos relacionados con los objetivos y se proponen medidas para asegurar que las mejoras propuestas perduren.

Generalidades de la Empresa

Es importante conocer el lugar en donde se va a realizar el proyecto, por consiguiente, en esta sección se contemplan las generalidades de la empresa Adobe Rent a Car, como la historia, misión, visión, estructura organizacional y ubicación.

Historia

Adobe Rent a Car es una empresa costarricense fundada en 1990, con su sede principal en San José, Costa Rica. Se dedica al alquiler de vehículos para clientes nacionales, internacionales, hoteles, corporativos, pymes y asociaciones solidaristas, ofreciendo una amplia flota de autos modernos y en buen estado. Su propuesta de valor se basa en la transparencia de sus tarifas, la atención personalizada y la garantía de un servicio seguro y confiable.

La compañía brinda rentas de corto, mediano y largo plazo, así como servicios especializados para empresas que requieren gestión de flotas. Además, se distingue por el mantenimiento y limpieza constante de sus vehículos. Con más de tres décadas de experiencia, Adobe Rent a Car se posiciona como el rent a car local más grande de Costa Rica y como un actor importante en la movilidad empresarial y turística.

Misión

Se menciona que la misión de la empresa Adobe Rent a Car es “brindar soluciones de movilidad a nuestros clientes de manera sostenible, entregando un servicio de alto valor a través de la mejora continua e innovación.” (Adobe Rent a Car, 2024, párr. 5)

Visión

Se indica que la visión de la empresa Adobe Rent a Car es “ser reconocidos por sus clientes como la mejor opción en soluciones sostenibles de movilidad.” (Adobe Rent a Car, 2024, párr. 6)

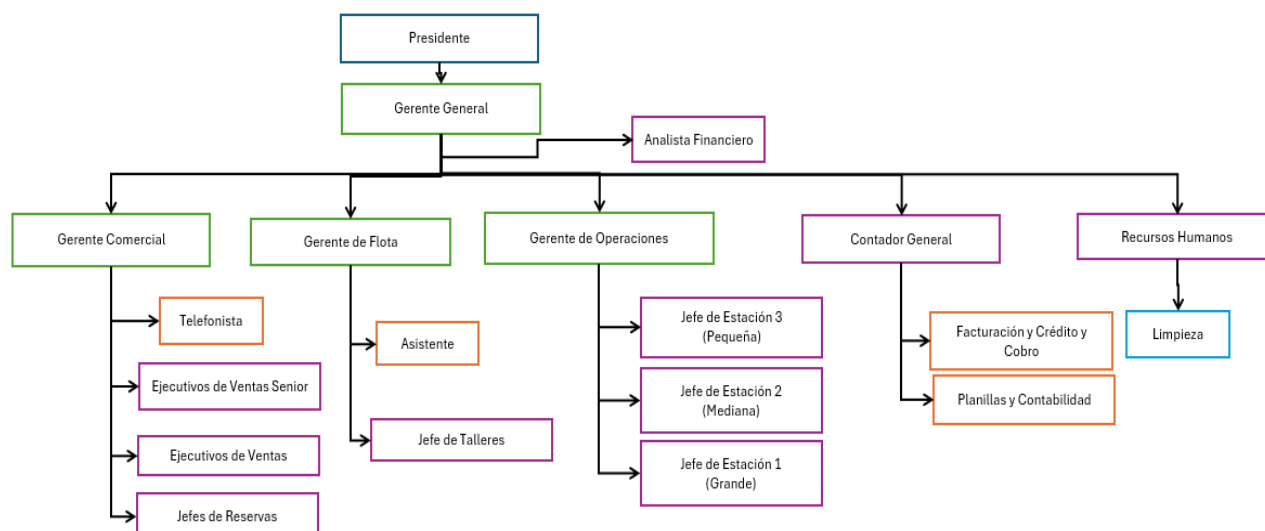
Estructura organizacional

A continuación, se presenta la estructura organizacional resumida de la empresa Adobe Rent a Car. Debido a que la empresa es de gran tamaño, se han considerado únicamente los puestos más representativos, con el fin de mostrar una visión clara y general de su estructura organizacional.

Para facilitar la comprensión de la Figura 1, los diferentes niveles jerárquicos se han representado mediante colores, de la siguiente manera:

- Primer nivel (color azul oscuro).
- Segundo nivel (color verde).
- Tercer nivel (color morado).
- Cuarto nivel (color anaranjado).
- Quinto nivel (color celeste).

Figura 1 Estructura organizacional de la empresa Adobe Rent a Car (resumida).



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

En el inicio de la estructura organizacional se encuentra la presidencia, encargada de la dirección estratégica y la toma de decisiones de alto nivel. En segundo nivel, se ubica la figura del gerente general, quien hace enlace entre la presidencia y las otras áreas, asegurando el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

En este mismo nivel se encuentran las principales gerencias:

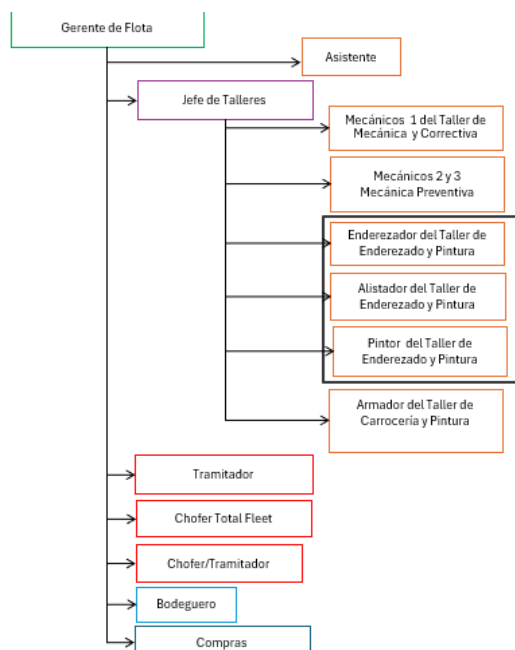
- Gerente Comercial: Responsable de las ventas y la atención al cliente, apoyado por ejecutivos de ventas.
- Gerente de Flota: Encargado de la administración y mantenimiento de los vehículos, con el apoyo de un asistente y el Jefe de Talleres.
- Gerente de Operaciones: Coordina las distintas estaciones de trabajo (pequeña, mediana y grande).

Para el tercer nivel, las principales gerencias son:

- Contador General: Se encarga de las finanzas y la gestión contable, con apoyo de facturación, créditos, cobros y planillas.
- Recursos Humanos: Enfocado en la gestión del personal y procesos internos relacionados con el capital humano, que a su vez supervisa al personal de limpieza.

Una vez presentada la estructura organizacional general de la empresa Adobe Rent a Car, se procede a detallar la Figura 2 Estructura organizacional del área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car, la cual constituye el objeto de estudio del proyecto.

Figura 2 Estructura organizacional del área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car.

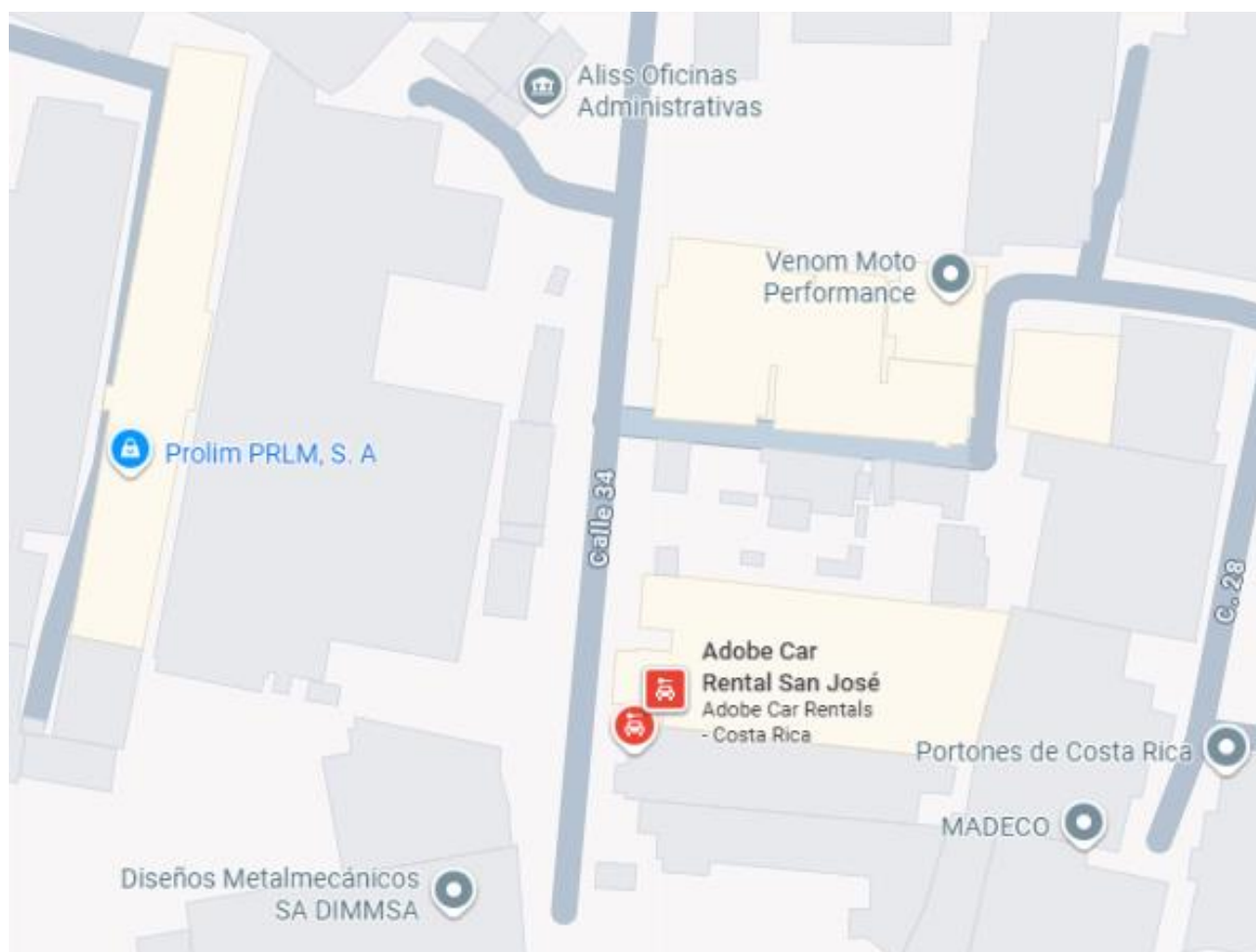


Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Ubicación

A continuación, se presenta la Figura 3 Ubicación del área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car.

Figura 3 Ubicación del área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car.



Nota: Google Maps.

El área de enderezado, alistado y pintura se ubica en la provincia de San José en Calle 34. De la esquina suroeste del Cementerio de Obreros, 100 metros al oeste y 800 metros al sur en Barrio Corazón de Jesús.

Planteamiento del Problema

En el área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car, surgen inconvenientes que afectan la eficiencia y la productividad. La principal problemática identificada en los procesos de enderezado, alistado y pintura es la baja productividad, esto se refleja en tiempos muertos y acumulación de trabajos pendientes.

Entre las causas más relevantes se encuentra la ausencia de estandarización en los procesos, lo que ocasiona que cada trabajador ejecute las tareas de manera distinta y se presenten errores en los acabados, como imperfecciones en la pintura que obligan a realizar retrabajos. De esta forma, el uso inadecuado de materiales y equipos provoca desperdicios y sobrecostos.

Otra causa importante es la falta de indicadores de control (KPI) que permitan medir y dar seguimiento al desempeño de los procesos. Finalmente, la falta de limpieza en las áreas de trabajo representa un factor significativo que incide directamente en la problemática detectada, afectando la eficiencia y el orden de las operaciones.

Objetivos

A continuación, se menciona el objetivo general y los objetivos específicos que guiarán el desarrollo del proyecto en Adobe Rent a Car.

Objetivo general

Diseñar un sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car, mediante el análisis de procesos, tiempos y costos, para que el proceso sea más fluido y eficiente.

Objetivos específicos

- Describir la baja productividad en el área de enderezado, alistado y pintura.
- Medir las consecuencias de la baja productividad en el área de enderezado, alistado y pintura.
- Analizar las causas que generan la baja productividad.
- Desarrollar el diseño del sistema de gestión de productividad.
- Establecer indicadores de control para la implementación del diseño del sistema de gestión de productividad.

Justificación

El proyecto para el diseño de un sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car se justifica por los beneficios que aportará a la empresa en diferentes ámbitos, por ejemplo:

Beneficios administrativos

La investigación contribuirá a que el área de enderezado, alistado y pintura funcione con mayor orden. Por lo tanto, los procesos serán más claros y sistemáticos, de modo que no importe tanto la experiencia de cada individuo, sino que se labore en función de ciertos estándares. También, al contar con indicadores, la empresa podrá medir resultados de forma constante e identificar los problemas a tiempo. En tal sentido, la gestión administrativa será más ordenada.

Beneficios económicos

Por otro lado, otro de los beneficios más importantes es la reducción de los costos. En el área de enderezado, alistado y pintura, se gasta mucho dinero extra en material que es mal utilizado, trabajos que deben ser repetidos y tiempo que se pierde entre cada proceso. Con el sistema de gestión de productividad, los recursos y los procesos serían utilizados de manera más eficiente, lo que disminuirá el costo de los desperdicios y reprocesos.

Beneficios legales

En esta investigación es necesario estudiar la jornada laboral de los trabajadores, de tal modo, se va a observar que cumpla con la ley establecida en Costa Rica para que la empresa no tenga problemas legales. Por otro lado, las buenas prácticas en el taller servirán de respaldo al momento de auditorías o revisiones de terceros, fomentando una buena imagen de la empresa.

Beneficios operativos

En la parte operativa, las propuestas que se hagan en esta investigación tendrán un impacto directo en la forma de trabajar a diario. Al reducir los tiempos muertos, los procesos serán más fluidos y ordenados. Por lo que, el trabajo del taller no solo será más productivo, sino que llegará con mayor satisfacción al cliente y más disponibilidad de vehículos.

Antecedentes

En un proyecto siempre es importante apoyarse en trabajos previos, ya que ayudan a tener una idea de cómo se puede llevar a cabo el proyecto. Estos antecedentes permiten conocer metodologías,

herramientas y resultados que pueden servir como guía. Para este caso, se tomarán en cuenta dos tipos de antecedentes: artículos científicos y tesis.

Artículos científicos

Medina , Montalvo, y Vásquez (2018) en su artículo titulado Mejora de la Productividad mediante un sistema de gestión basado en Lean Six Sigma en el proceso productivo de pallets en la empresa Maderera Nuevo Perú S.A.C, 2017, publicado en la revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, mediante la aplicación de herramientas de Lean Six Sigma, como diagrama SIPOC, análisis de desperdicios y control de procesos, los autores recopilaron datos de producción y tiempos de ciclo en la planta. Esta implementación permitió reducir desperdicios, aprovechando al máximo los recursos de madera disponibles e incrementar la productividad en la fabricación de pallets.

Paduloh y Hardi (2020) en su artículo titulado Analysis of Productivity based on KPI Case Study Automotive Paint Industry, publicado en la revista Journal of Engineering and Management in Industrial System, se analizó la productividad de la industria de pintura automotriz utilizando indicadores clave de rendimiento. Los KPI recopilaron datos sobre eficiencia del equipo, tiempo de actividad y nivel de calidad. Con este artículo científico se pudo reconocer las pérdidas de productividad y establecer objetivos que permitieron la mejora del desempeño del área de pintura automotriz.

Abraham-Igwemoh y Etebu (2022) en su artículo titulado Analysis of production line quality using time study, publicado en la revista International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS). En este artículo científico se hizo un análisis detallado de los tiempos en la planta, con el objetivo de medir qué tan bien funcionaba una línea de producción. Se emplearon técnicas de cronometraje y se examinaron los procesos para obtener información sobre el rendimiento de los trabajadores. Los hallazgos revelaron periodos de inactividad, lo que hizo detectar puntos débiles.

Vicencio, Treviño, Alcalá, y Reboloso (2023) en su artículo titulado Reducción de desperdicios y mejoramiento de la productividad en una empresa del Ramo Automotriz, publicado en la revista Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, aplicaron herramientas de mejora continua y de Lean Manufacturing, como 5S y control de inventarios. Recolectaron información sobre desperdicios de materiales y tiempos improductivos. Los resultados indicaron una reducción de

desperdicios, mayor orden en los procesos y un incremento en la productividad global de la organización.

Nunes, Alexandre, y Dinis (2024) en su artículo titulado *Implementing Key Performance Indicators and Designing Dashboard Solutions in an Automotive Components Company: A Case Study*, publicado en la revista *Administrative Sciences*, en este artículo científico se señala la importancia de los indicadores de desempeño (KPIs) y el diseño de tableros de control digitales. Se reunieron datos de producción de la compañía automotriz y se desarrolló un sistema para ver los indicadores. Se consiguió una gestión más clara, una mejor forma de tomar decisiones y una monitorización en directo de los procesos principales.

Tesis

Díaz (2018) en su tesis titulada *Diagnóstico, diseño y estrategia de implementación de propuestas de mejora para el proceso de reparación de carrocería y pintura en un taller automotriz*, para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Industrial en la Pontificia Universidad Católica del Perú, aplicó herramientas de análisis como el diagrama causa-efecto y la clasificación de causas. Para proponer mejoras, utilizó métodos de estudio, el diagrama bimanual y la metodología 5S para gestionar la calidad total.

En el capítulo de diseño de la tesis, se basaron en el enfoque del modelo McKinsey 7s. Esto logró un TIR del 37% y un VAN de \$132,200.55, esto demuestra que el proyecto es financieramente viable. Además, muestra que las mejoras pueden aumentar la productividad, reducir los tiempos muertos y mejorar la satisfacción del cliente.

Sánchez y Roldán (2018) en su tesis titulada *Diseño de un sistema de gestión de operaciones para un taller de enderezado y pintura*, para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad de Costa Rica. Utilizaron diversas herramientas durante el capítulo de análisis como los diagramas SIPOC, que sirvieron para visualizar el proceso de recepción de vehículos, evaluación y compra de repuestos, así como un diagrama de causa-efecto junto con un diagrama de Pareto para identificar las horas dedicadas a retrabajo.

Los resultados permitieron optimizar recursos y tiempos, lo que redujo los costos operativos en un 9% y el pago de horas extra en un 47%. Asimismo, se alcanzaron altos niveles de cumplimiento en los procesos, con un TIR del 21,45% y una inversión recuperable en menos de un año, calificando el proyecto como rentable y factible.

Sandí (2018) en su tesis titulada Propuesta de mejora en los tiempos de producción de la hojalatería Blas Sibaja y Hermanos, para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas, empleó en el capítulo de análisis herramientas como diagramas de flujo, mapeo de procesos, medición de tiempos y detección de mudas. En el capítulo de diseño elaboró un manual de procedimientos para la operación de la hojalatería.

El estudio permitió determinar que la capacidad instalada no era suficiente para atender la demanda diaria, generando en promedio cuatro órdenes atrasadas, equivalentes a 28 canoas. Entre las causas principales se identificaron los pedidos urgentes de clientes prioritarios, la programación tardía de cortes y la ejecución secuencial de órdenes en el área de doblaje, factores que provocaban acumulación de trabajo y retrasos en la entrega.

García y Guarderas (2018) en su tesis titulada Mejora de tiempos en el área de servicio para incrementar el flujo vehicular en taller de Vans, para optar por el grado de licenciatura de Ingeniería Industrial y Comercial en la Universidad San Ignacio De Loyola. Para realizar su tesis, utilizaron herramientas como diagramas de flujo y el diagrama de Ishikawa en el capítulo de analizar, mientras que en el capítulo de propuesta recurrieron al estudio de tiempos y al diagrama de operaciones (DOP). Se determinó que es importante brindar capacitación en cada puesto para evitar una disminución en el rendimiento durante las modificaciones en los procesos. Por último, se observó que al equilibrar las tareas preventivas y correctivas, se logró aumentar en un 18% los ingresos del taller.

Calderón (2020) en su tesis titulada Mejoramiento de los procesos de latonería y pintura en el taller automotriz Brujo Cars en la ciudad de Bogotá, para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Industrial en la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería-ECBTI. Durante el capítulo de análisis, se utilizaron diversas herramientas, como diagramas de procesos, gráficos de causa-efecto, diagramas de Gantt y una encuesta de satisfacción. La muestra consistió en 10 vehículos de diferentes modelos.

El análisis reveló que existían problemas en el taller, como retrasos innecesarios, costes adicionales y errores de procedimiento que disminuían la calidad y la eficiencia. Aunque las encuestas revelaron que los clientes estaban en su mayoría satisfechos, señalaron áreas de mejora, como la falta de espacio, el desorden y los retrasos que se daban. Esto dio lugar a sugerencias de cambios tanto en la organización como en las operaciones para mejorar la calidad del servicio.

Proyecciones

Con este proyecto se espera que la implementación del sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura permita reducir los tiempos improductivos y mejorar el flujo de trabajo. Asimismo, se espera mejorar el uso de materiales y recursos, evitando desperdicios que generan costos adicionales. Otro resultado esperado es la creación de indicadores de control (KPIs) que permitan evaluar de manera continua la eficiencia, los tiempos y la calidad del servicio.

De igual manera, se espera que la propuesta de este sistema de gestión de productividad sea considerada por la empresa como una herramienta de apoyo para la mejora de sus procesos en el área de enderezado, alistado y pintura. De esta forma, la investigación no solo aporta un análisis detallado de los procesos, sino también una base para que la empresa adopte mejoras que mejoren su productividad y competitividad.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como objetivo establecer las bases teóricas para el proyecto. Aquí se reúne y analiza información sobre los conceptos, principios, métodos y herramientas que ayudarán a entender el proceso de producción en las áreas de enderezado, alistado y pintura. La revisión teórica busca crear una base que apoye la idea de un sistema para gestionar la productividad. Se toman en cuenta aspectos como la eficiencia de las operaciones, la eficacia, el uso de recursos, la reducción de desperdicios y la mejora constante.

Se encontrarán temas relacionados al área automotriz, la calidad, la producción, herramientas para el análisis, implementación y control, que son útiles para tomar decisiones en entornos de producción. Este marco teórico hará posible conectar la teoría con la práctica, brindando el apoyo necesario para respaldar las mejoras propuestas en el taller de Adobe Rent a Car.

Conceptos Generales

En esta sección se presentan las definiciones y conceptos clave que forman la base del proyecto. Dichos conceptos permiten comprender con mayor claridad las actividades y procedimientos que se desarrollan en el área de enderezado, alistado y pintura, así como los factores que influyen en la productividad del proceso.

Se interpretan términos relacionados con la gestión de operaciones, la calidad, el control de tiempos, la eficiencia, y las técnicas específicas del sector automotriz, tales como el enderezado, el alistado, la aplicación de pintura, el uso de masillas, primers y otros elementos esenciales del proceso productivo. Estos conceptos generales servirán de punto de partida para la comprensión de los capítulos siguientes, donde se aplicarán los conocimientos teóricos a la realidad de la empresa mediante herramientas de análisis, diagnóstico e implementación.

Definiciones relacionadas al tema TFG

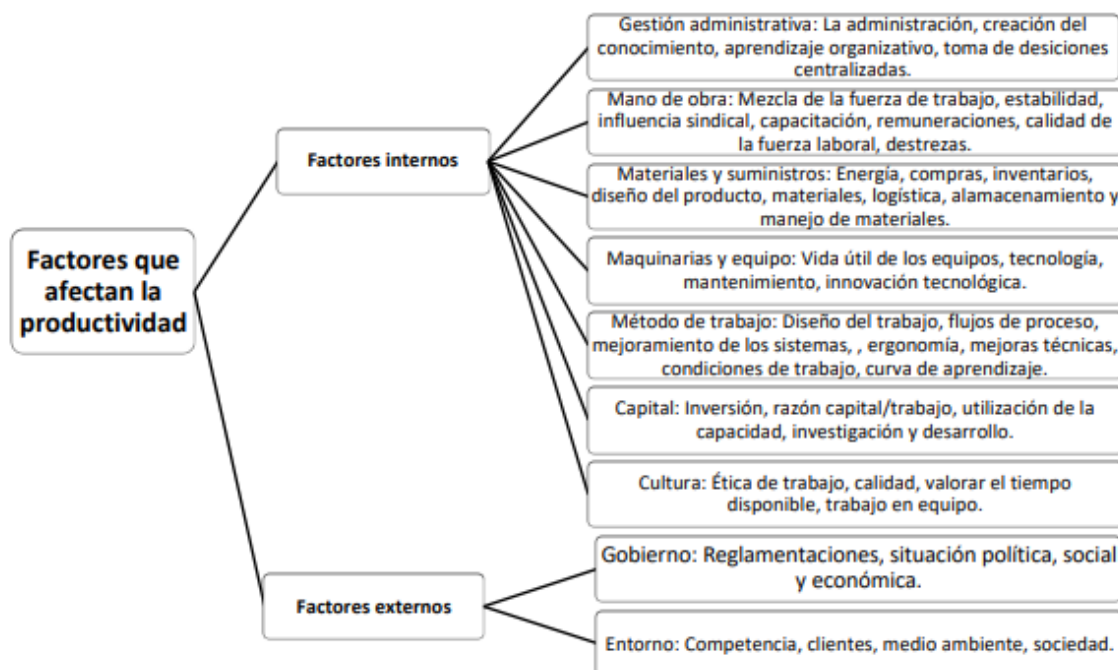
Con el propósito de comprender de manera integral el tema “diseño de un sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura de Adobe Rent a Car”, se considera indispensable revisar las principales definiciones y fundamentos teóricos relacionados con los procesos productivos, estos conceptos fundamentales servirán de base teórica para el desarrollo de del proyecto.

Productividad.

Según lo indican Flores et al. (2020) “la productividad es la relación que existe entre la producción de productos y/o servicios y los costos de los recursos (humanos, capital, tierra) utilizados para alcanzar la producción.” (p. 23)

Para mejor comprensión del tema de productividad, resulta necesario, destacar los factores que pueden afectar la productividad, estos factores se indican en la Figura 4.

Figura 4 Factores que afectan la productividad.



Nota: Flores et al. (2020)

Eficiencia.

De acuerdo con Eliseo et al. (2024) la eficiencia se refiere a la capacidad que tiene la empresa para aprovechar al máximo sus recursos disponibles, como el personal, las herramientas, los materiales y la maquinaria. Su propósito es lograr más con menos esfuerzo o gasto, para evaluar la eficiencia se pueden usar factores como los tiempos en que los equipos o trabajadores no están en uso, el nivel de desperdicio de materiales o el porcentaje de utilización de la capacidad del taller. (p. 17)

Eficacia.

Eliseo et al. (2024), indica que la eficacia es el cumplimiento de los objetivos y metas planteadas por la organización. En otras palabras, mide qué tanto se cumplen los resultados esperados dentro

del tiempo establecido. Para analizar la eficacia se pueden utilizar indicadores como el cumplimiento de las órdenes de trabajo o la puntualidad en las entregas de los vehículos. (p. 17)

Calidad.

La calidad representa el grado en que el producto o servicio final satisface los requerimientos del cliente, asegurando que cumpla con los estándares definidos por la empresa. Los principales indicadores de calidad son las devoluciones, las quejas de los clientes o los retrabajos generados por fallas en el proceso. (Eliseo et al., 2024, p. 17)

Método.

Lo que indica Agustín (2018) el método “es la secuencia de operaciones para llevar a cabo una determinada tarea.” (p. 35)

Tiempo estándar.

Según Agustín (2018), el tiempo estándar es el “tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente cualificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una tarea según el método establecido.” (p. 35)

Despilfarro.

En concordancia con Agustín (2018), el despilfarro es todo uso innecesario o exceso de recursos dentro de un proceso productivo que no aporta valor al producto. El despilfarro incluye factores como pérdidas de tiempo, materiales, energía o esfuerzo humano que podrían evitarse con una mejor organización del proceso. En otras palabras, el despilfarro es cualquier actividad o recurso que no contribuye directamente a mejorar la calidad o productividad del trabajo realizado. (p. 35)

Tarea

Agustín (2018) menciona la definición correspondiente de tarea.

Una tarea es una unidad de trabajo compuesta por un operario o equipo de operarios y/o máquinas que hace sobre un material o materiales. Una tarea está compuesta por operaciones. Si son tareas de transformación del material son Tareas de valor añadido (T VA). (p. 33)

Tarea de valor no añadido (T NVA).

Según el autor Agustín (2018), la tarea de valor no añadido es “dentro del proceso es aquella tarea que no hace cambiar el estado del material, por ejemplo, transportar, almacenar, buscar; o las tareas que, cambiando el estado del material lo hacen inútilmente.” (p. 34)

Mejora continua de la calidad de productos y servicios.

La mejora continua de la calidad de productos y servicios es la “actividad recurrente por medio de la cual se busca aumentar la capacidad para cumplir los niveles planeados de la calidad de los productos y servicios.” (Gutiérrez, 2020, p. 54).

Conceptos propios de la Industria

A continuación, se presentan algunos conceptos fundamentales relacionados con el área de enderezado, alistado y pintura, los cuales permiten comprender de manera más clara el tema de estudio.

Enderezado.

El autor Parks (2015) menciona un ejemplo de un enderezado de una lámina de metal doblada, el cual se basa en:

Retire la pintura de la zona que se va a reparar, endurezca la lámina de metal deformada en la medida de lo posible, aplique una capa fina de masilla para perfeccionar la forma de la superficie, imprima y, a continuación, pinte. (p. 63)
(Traducido)

Alistado.

Retomando lo expuesto por Parks (2015), el alistado consiste en preparar la superficie del vehículo para el proceso de pintura, no importa si los daños se han limitado a una zona en específico, se debe de tomar el tiempo para asegurarse que la carrocería este en perfectas condiciones para pintarse. (p. 166) (Traducido)

Pintado automotriz.

Basándose en las ideas del autor Parks (2015), se puede mencionar lo siguiente del pintado automotriz:

Pintar un automóvil, es relativamente fácil. Se debe de mezclar un poco de pigmento de pintura, diluyente y endurecedor, verter la mezcla en la copa de una pistola de

rociado y apretar el gatillo, aunque no se debe de tomar a la ligera, este proceso es sencillo y directo. (p. 184) (Traducido)

Masilla para enderezar.

Como señala el autor Parks (2015), hay que tener en cuenta el material sobre el que va a aplicar la masilla, ya sea, chapa metálica, acero galvanizado, fibra de vidrio o aluminio. Siempre es mejor hacer el trabajo correctamente a la primera que tener que hacerlo una segunda o tercera vez. (p. 24) (Traducido)

La masilla es una pasta que se usa en el área de enderezado de Adobe Rent a Car para llenar marcas o pequeñas abolladuras que quedan al enderezar. Se muestra en la Figura 5 un ejemplo de cómo es la masilla.

Figura 5 Masilla para enderezar en un vehículo.



Nota: Parks (2015)

Primer.

En relación con lo planteado por el autor Parks (2015), el primer es una herramienta que se “utiliza para cubrir ligeras imperfecciones, como arañazos de lijado”. (p. 28) (Traducido)

En la Figura 6 se observa de manera detallada el proceso de aplicación del primer. Este recubrimiento se aplica utilizando una pistola de rociado, la cual permite distribuir el material de forma uniforme sobre la superficie del vehículo.

Figura 6 Aplicación del primer.



Nota: Google Imágenes.

Pistola de rociado.

Ampliando lo expresado por el autor citado Parks (2015), “antes de comprar una pistola de rociado, se debe de determinar si se utilizaran productos de pintura tradicionales (a base de disolventes) o una nueva pintura al agua.” (p. 14) (Traducido)

Se demuestra en la Figura 7, las pistolas de rociado para pintar vehículos. En el frasco donde esta adherida la pistola es donde va la pintura.

Figura 7 Pistolas de rociado para pintar vehículos.



Nota: Parks (2015)

Desengrasante.

Tomando como referencia al autor Parks (2015), “se utilizan solventes o productos desengrasantes para garantizar que la superficie esté libre de contaminantes.” (p. 23) (Traducido)

En la Figura 8 se expone un ejemplo de desengrasante, el cual, ayuda a limpiar la superficie del vehículo para eliminar grasa, silicona, polvo y residuos antes de pintar. Si esta etapa se salta, la pintura puede presentar defectos como ampollas, desprendimientos o manchas.

Figura 8 Ejemplo de un desengrasante



Nota: Parks (2015)

Indicadores relacionados con el tema TFG

Para este trabajo final de graduación, es importante emplear indicadores que permitan evaluar el sistema de gestión de productividad. Por ello, se comentan los indicadores más representativos.

Indicador de productividad.

Según Agustín (2018) “la productividad es un ratio o índice que mide la relación existente entre la producción realizada y la cantidad de factores o insumos empleados en conseguirla.” (p. 750)

Es pertinente recordar la fórmula de la productividad, por esa razón, se ilustra la Figura 9 Fórmula de productividad.

Figura 9 Fórmula de productividad.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Factores}}$$

Nota: Agustín (2018)

Indicador de eficiencia.

Partiendo del planteamiento del autor Agustín (2018), la “eficiencia mide la relación entre insumos y producción, busca minimizar el coste de los recursos («hacer bien las cosas»). En términos numéricos, es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.” (p. 750)

Se presenta la Figura 10 Fórmula de eficiencia, la cual se utiliza para evaluar el rendimiento de los procesos dentro del área de trabajo. Esta fórmula permite determinar el grado de aprovechamiento de los recursos, comparando la producción real con la producción estándar esperada.

Figura 10 Fórmula de eficiencia.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción estándar esperada}}$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Productividad del factor total.

La productividad del factor total sirve para ver cuán bien una empresa usa sus recursos, como el trabajo y el capital, para crear productos o servicios. Es como una medida de cuánto se puede producir solo con estos dos elementos. Para calcularlo, se toma la producción total y se le restan los bienes y servicios intermedios. Luego, ese número se divide entre el capital y la mano de obra utilizados. Así, podemos entender el verdadero aporte del trabajo y del capital al valor que genera la empresa, sin tener en cuenta otros gastos. (Flores et al., 2020, p. 33)

Se aprecia la Figura 11 Indicador de productividad del factor total.

Figura 11 Indicador de productividad del factor total.

$$\text{Productividad de factor total} = \frac{\text{Producción Neta}}{\text{Mano de Obra} + \text{Capital}}$$

Nota: Flores et al. (2020)

Productividad parcial de recurso.

De manera complementaria a lo indicado por los autores Flores et al. (2020), la productividad parcial de recurso es:

Es que relaciona el total de la producción de un sistema con uno de los recursos o insumos utilizados, es decir, es la razón entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo (mano de obra, energía, capital, materia prima). (p. 33)

En la Figura 12 se mira la fórmula matemática del indicador de productividad parcial de recurso. Este indicador sirve a encontrar áreas donde hay problemas, como un uso excesivo de materiales o tiempos.

Figura 12 Indicador de productividad parcial de recurso.

$$Productividad\ Parcial = \frac{Salida\ Total}{Una\ entrada} = \frac{Producción\ Total}{Insumo}$$

Nota: Flores et al. (2020)

Productividad total.

Profundizando en la idea de los autores Flores et al. (2020), indica, que la productividad total es la medida más completa, ya que considera todos los recursos que participan en la producción: mano de obra, capital, materiales, energía y entre otros. Mide cuánto se produce en relación con todos los recursos que se utilizaron para eso. Este indicador permite ver la eficiencia general de la empresa, mostrando si se están utilizando bien los recursos para alcanzar los resultados que se esperan. (p. 33)

En la Figura 13 se presencia el indicador de productividad total.

Figura 13 Indicador de productividad total.

$$Productividad\ total = \frac{Salida\ Total}{Entrada\ Total} = \frac{Bienes\ y\ servicios\ producidos}{Mano\ de\ Obra+Capital+Materias\ primas+Energía+Otros}$$

Nota: Flores et al. (2020)

Herramientas para la recolección de datos

Para la recolección de datos se emplearán diversas herramientas, estas herramientas permitirán obtener información precisa y ordenada sobre las actividades que se realizan en el área de enderezado, alistado y pintura.

Hoja de verificación (obtención de datos).

La hoja de verificación de datos es un “formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo y sistemático, y se puedan analizar visualmente los resultados obtenidos.” (Gutiérrez, 2020, p. 214)

El autor anterior menciona algunas recomendaciones a la hora de hacer una hoja de obtención de datos, la cual es la siguiente:

1. Determinar qué situación se necesita evaluar y el objetivo que se persigue. A partir de lo anterior, definir qué tipo de datos se requieren.
2. Establecer el periodo durante el cual se obtendrán los datos.
3. Diseñar el formato o la base de datos apropiado. Cada hoja de verificación debe llevar la información completa sobre el origen de los datos: fecha, turno, máquina, proceso, quién toma los datos. Una vez obtenidos, se analizan e investigan las causas de su comportamiento. Asimismo, hay que buscar mejorar los formatos de registro de datos, para que cada día sean más claros y útiles. (p. 216)

Se debe resaltar que la Figura 14 muestra un ejemplo de una hoja de verificación (obtención de datos), el cual habla de las radiografías defectuosas.

Figura 14 Ejemplo de hoja de verificación (obtención de datos).

Hoja de verificación I		
Producto _____	Empresa _____	Fecha _____ Inspector _____
Defectuosa por	Frecuencia	Subtotal
Movida	HHH HHH HHH HHH IIII	24
Mordida	HHH I	6
Ángulo	HHH HHH HHH II	17
Otros	IIII	4
Total		51

Nota: Gutiérrez (2020)

Lista de chequeo.

El autor Agustín (2018) menciona la lista de chequeo, que ayuda a analizar y revisar los métodos. La lista de chequeo nos brinda información en donde se podrá ver las áreas en donde se puede mejorar y eliminar pasos que no aporten valor. Esta herramienta se usa para examinar todas las actividades necesarias para conseguir el producto final, también observar las condiciones del lugar donde se realiza el trabajo. (p. 245)

El autor anterior opina que, por medio de estas preguntas, el analista podrá observar con detalle cómo se realiza el método actual y detectar sus puntos débiles. Cada pregunta está pensada para generar reflexión y guiar hacia posibles soluciones, ya que, una buena formulación permitirá descubrir oportunidades que quizá antes pasaban desapercibidas. El análisis no solo busca identificar fallas, sino también proponer alternativas viables, ya que las mejoras se derivarán de un razonamiento lógico. Un trabajo de análisis profundo facilitará la creación de estrategias más efectivas. (p. 257)

En la Tabla 1 se puede observar un ejemplo práctico de una lista de chequeo, la cual está enfocada en la productividad del operario. Este instrumento permite verificar de manera sistemática el cumplimiento de tareas y procedimientos dentro del área de trabajo. Por lo tanto, se puede visualizar este ejemplo y poder ponerlo en práctica para poder realizar una lista de chequeo del área de enderezado, alistado y pintura.

Tabla 1 Ejemplo de lista de chequeo.

Lista de chequeo relativa a la productividad del operario			
Tarea:		Empresa:	
Fecha:		Proceso:	
Analista:		Área:	
Operario:			
Organización del trabajo			
¿Cómo se atribuye la tarea al operario?			
¿Están las actividades distribuidas equilibradamente de modo que el operario siempre tiene algo que hacer?			
¿Cómo se dan las instrucciones al operario?			
¿Cómo se consiguen los materiales?			
¿Cómo se entregan los planos y herramientas?			
¿Hay control de la hora? En caso afirmativo, ¿Cómo se verifican la hora de comienzo y de fin de la tarea?			
¿Hay muchas posibilidades de retrasarse en la oficina de planos, en el almacén de herramientas o en el de materiales?			
¿Los materiales están bien situados?			
Si la operación se efectúa constantemente, ¿Cuánto tiempo se pierde al principio y al final del turno en operaciones preliminares y puestas en orden?			
¿Qué clase de atenciones hacen los operarios para llenar las tarjetas de tiempo, los bonos de alimentación y demás fichas? ¿Este trabajo lo desempeñan los capataces o supervisores?			
¿Qué se hace con el trabajo defectuoso?			
¿Cómo está organizada la entrega y mantenimiento de las herramientas?			
¿Se llevan registros adecuados del desempeño de los operarios?			

¿Se hace conocer debidamente a los nuevos obreros los locales donde trabajarán y se dan suficientes explicaciones?

Cuando los trabajadores no alcanzan cierta norma de desempeño, ¿Se averiguan las razones?

¿Se estimula a los trabajadores a presentar ideas?

¿Los trabajadores entienden de veras el sistema de salarios por rendimiento según el cual trabajan?

Comentarios

Nota: Agustín (2018)

Herramientas de estadística

En esta sección se abordarán las herramientas fundamentales de la estadística descriptiva, las cuales permitirán analizar y resumir los datos obtenidos en el estudio.

Distribución de frecuencias.

La distribución de frecuencias según Hernández et al. (2014) es el “conjunto de puntuaciones de una variable ordenadas en sus respectivas categorías.” (p. 314)

Para formular de mejor manera este tema, se verán las definiciones y fórmulas de la frecuencia absoluta, frecuencia relativa, frecuencia absoluta acumulada y frecuencia relativa acumulada.

La frecuencia absoluta lo define Posada (2016), en donde, “la frecuencia absoluta es (n_i) a la cantidad de veces que se presenta el valor X_i de la variable X en la muestra o la población.” (p.46)

De acuerdo con lo establecido por el autor citado, “la frecuencia relativa se define como el porcentaje de frecuencia absoluta en relación con el total de datos de la muestra (n). Se obtiene con el cociente entre la frecuencia absoluta y el total de datos.” (p. 46)

La Figura 15 explica cómo es la fórmula matemática de la frecuencia relativa.

Figura 15 Fórmula de frecuencia relativa.

$$h_i = \frac{n_i}{n} * 100$$

Nota: Posada (2016)

En referencia con el autor anterior, explica que “siendo n el total de datos”. (p. 46)

En seguimiento de las aportaciones del autor anterior, “la frecuencia absoluta acumulada N_i para un valor X_i de una variable X es la adición de las frecuencias absolutas n_i hasta alcanzar la totalidad de los datos.” (p. 47)

Para efectos del proyecto, se muestra la Figura 16 Fórmula de frecuencia absoluta acumulada.

Figura 16 Fórmula de frecuencia absoluta acumulada.

$$N_i = \sum_{k=1}^i n_k$$

Nota: Posada (2016)

Tomando en consideración lo expuesto por el autor mencionado, “la frecuencia relativa acumulada H_i para un valor X_i de una variable X es la adición de las frecuencias relativas h_i hasta alcanzar la totalidad de los datos.” (p. 48)

Se proyecta la Figura 17 Fórmula frecuencia relativa acumulada.

Figura 17 Fórmula frecuencia relativa acumulada.

$$H_i = \sum_{k=1}^i h_k$$

Nota: Posada (2016)

Medidas de variabilidad.

Reforzando el argumento del autor Posada (2016), el rango es una forma sencilla de ver la dispersión en un conjunto de datos. Muestra la diferencia entre el valor más alto y el más bajo, lo que nos ayuda a entender si los datos están muy repartidos o más agrupados. (p. 98)

Por otro lado, basándose en las ideas del autor citado anteriormente, la varianza se refiere al promedio de las diferencias al cuadrado desde el valor medio. Si se calcula con todos los datos de un grupo completo, se le llama varianza poblacional y se representa con la letra griega sigma al cuadrado (σ^2). Cuando se hace con solo una parte de esos datos, se llama varianza muestral (s^2) y se calcula dividiendo la suma de las diferencias al cuadrado por el total de datos menos uno. (pp. 99-100)

No se debe pasar por alto la Figura 18, en la cual se enseña la fórmula matemática de la varianza poblacional y la varianza muestral. Ambas fórmulas son esenciales para evaluar la variabilidad de los resultados obtenidos en los procesos de medición y control.

Figura 18 Fórmula de la varianza poblacional y la varianza muestral.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N} \quad s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Nota: Posada (2016)

Se presenta la simbología de acuerdo con el autor anterior.

- \bar{x} : media aritmética de la muestra.
- n: total de los datos de la muestra.
- x_i : cada dato u observación de la variable X. (p. 100)

Finalmente, en línea con lo planteado por el autor anterior, podemos hablar de la desviación estándar, el cual es:

La desviación estándar es considerada la medida de dispersión con mayor representatividad para un conjunto de datos. Matemáticamente se calcula como la raíz cuadrada positiva de la varianza, y se denota por (s) cuando se estima para la muestra y por (σ) si se calcula para la población (p. 103)

Se indica la Figura 19 Fórmula de desviación estándar.

Figura 19 Fórmula de desviación estándar.

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Nota: Posada (2016)

Herramientas para Describir el Problema

Describir bien un problema es clave para entenderlo y poder encontrar una buena solución. Esto significa explicar con claridad qué lo causa, qué factores lo afectan y cómo se relacionan entre sí.

Para lograrlo, es importante usar herramientas que ayuden a organizar la información y a visualizarla. De tal manera, se presentan las principales herramientas para describir el problema:

Diagrama de Pareto

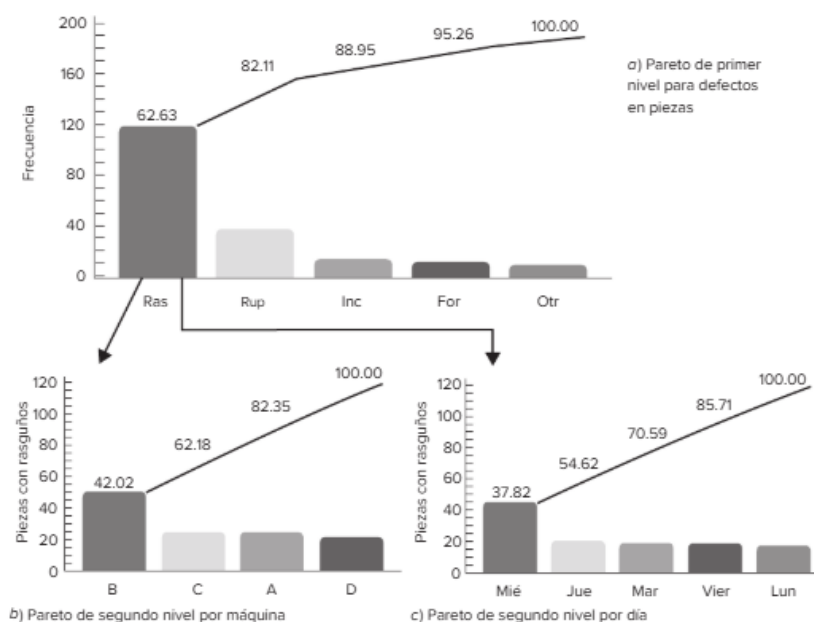
Según Gutiérrez (2020) el diagrama de Pareto es una herramienta útil para encontrar los problemas más importantes en un proceso. Se basa de que la mayoría de los problemas provienen de unas pocas causas. Por ejemplo, a menudo el 80% de los problemas se deben al 20% de las causas. Esto significa que permite centrarse en lo que realmente causa más fallas o pérdidas, mostrando la información en un gráfico de barras que va de mayor a menor frecuencia. (pp. 209-210)

El autor anterior menciona los pasos para hacer un diagrama de Pareto, los cuales son:

- 1) Decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, además de tener claro qué objetivo se persigue. A partir de lo anterior, visualizar o imaginar qué tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema.
- 2) Con base en lo anterior, discutir y decidir el tipo de datos que se van a necesitar y los posibles factores que sería importante estratificar. Construir una hoja de verificación o una base de datos bien diseñada para la colección de datos que identifique tales factores.
- 3) Si la información se va a tomar de reportes anteriores, o si se va a recabar, definir el periodo del que se tomarán los datos y determinar quién será el responsable de ello.
- 4) Al terminar de obtener los datos, generar una tabla en la que se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información. Si la gravedad o el costo de cada defecto o categoría es muy diferente, entonces multiplicar la frecuencia por el costo para obtener el impacto de cada defecto.
- 5) Construir una gráfica de barras para representar los datos, ordenando las categorías por su impacto.
- 6) Con la información del porcentaje acumulado, graficar una línea acumulada.
- 7) Documentar referencias del DP, como títulos, periodo, área de trabajo, etcétera.
- 8) Interpretar el DP y, si existe una categoría predominante, llevar a cabo un análisis de Pareto de segundo nivel con la finalidad de localizar los factores que influyen más en la misma. (p. 213)

Para entender mejor los pasos, se inserta la Figura 20, que también ayuda a entender cómo se observa un diagrama de Pareto.

Figura 20 Ejemplo diagrama de Pareto.



Nota: Gutiérrez (2020)

Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo según Universidad Internacional de la Rioja (2022) es “la representación gráfica o simbólica de un proceso para abordarlo de forma más sencilla y versátil. Es así como se convierte en una herramienta aplicable a cualquier tipo de actividad y campo.” (párr. 3)

Continuando con el autor anterior, los pasos para hacer un diagrama de flujo son los siguientes:




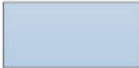

- Propósito y el alcance:
Este primer paso es primordial para poder diseñar un diagrama que realmente se adapte a las necesidades de la empresa o del proyecto.
- Listado de procesos en orden cronológico:
Antes de decidir el tipo de diagrama de flujo a usar es fundamental hacer un listado ordenado de los pasos que se incluirán en el diagrama y que se deberán desarrollar de forma cronológica.
- Tipo de diagrama a realizar:

Existen diversos tipos de diagramas tanto por su diseño (vertical, horizontal, panorámico) como por su aplicación (procesos, datos, entradas). Como norma general emplean formas rectangulares, ovaladas, de diamante y muchas otras variedades de símbolos para definir el tipo de paso, que junto a flechas sirven para conectar y establecer flujos secuenciales.

- Forma de creación manual o a través de algún software:
Se puede hacer un bosquejo a mano y luego usar algún programa que permita crear procesos más complejos, automatice el proyecto y facilite su distribución.
- Confirmación y verificación de los pasos descritos:
Con la colaboración de los involucrados en las fases del proceso a detallar se revisa que no queden detalles sin incluir, a la vez que se detectan y corrigen potenciales problemas antes de poner en marcha el protocolo. (párr. 7)

Para comprender el Diagrama de Flujo, se insertar la Figura 21 Símbolos del Diagrama de Flujo.

Figura 21 Símbolos del Diagrama de Flujo.

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

Nota: Google Imágenes.

Herramientas para Medir las Consecuencias

Las herramientas para medir las consecuencias de un problema son muy útiles para entender cómo un evento o situación afecta a la empresa, entonces, se mencionan algunas de las herramientas más comunes para medir las consecuencias:

Análisis de riesgos

Los autores Gillet-Goinard y Seno (2015) explican el objetivo del análisis de riesgos de la siguiente manera:

El objetivo de esta herramienta es permitir que el coordinador del proceso identifique los principales riesgos de su proceso. Tras realizar este análisis, lo importante es instrumentar un plan de prevención que disminuya la probabilidad de disfunciones y limite el grado de urgencia. (p. 94)

Los autores anteriores también mencionan los pasos para realizar un análisis de riesgos, los cuales son:

- Hacer una reflexión general en el nivel del proceso: ¿Cuáles serán las consecuencias si el proceso no funciona?
- Responder a esta pregunta tomando en cuenta diferentes impactos; por ejemplo, aspectos financieros, clientela, ambiente, asalariados, otras partes interesadas o medios de comunicación. Cada riesgo se evalúa desde el ángulo de la gravedad (G) de su efecto y de su probabilidad (P) de aparición.
- Multiplicar las dos puntuaciones (por ejemplo, de 1 a 5) para obtener el grado de urgencia ($U = P \times G$); el cual tiene así un máximo de 25.
- Tratar de disminuir la puntuación de urgencia una vez realizado el análisis. Si solo se puede actuar en forma somera con relación a la gravedad, puede disminuirse la probabilidad de aparición buscando para ello las causas de las fallas. (¿Por qué existe esa falla?)
- Para depurar este análisis hay que realizar el estudio en cada etapa del proceso planteándose las preguntas siguientes: ¿Cuáles son las fallas posibles?, ¿Cuál es la gravedad?, ¿Cuál es la probabilidad?, ¿Cuál es el grado de urgencia general?, ¿Cómo disminuirán los riesgos?. (p. 94)

Se presenta la Figura 22 Ejemplo de un análisis de riesgos.

Figura 22 Ejemplo de un análisis de riesgos.

Actividades fundamentales del proceso	Disfunción	GRAVEDAD	PROBABILIDAD	GRADO DE URGENCIA	Causa	Acción preventiva	GRAVEDAD	PROBABILIDAD	U	Vigilancia
Condicionamiento	Cajas mal pegadas	5	5	25	Descompostura de máquina	Mantenimiento preventivo	5	1	5	
	Error en la cantidad de paquetes por paleta	5	3	15	Error humano	Sensibilización	5	2	10	Control puntual
	Cajas desfondadas	3	3	9	Descompostura de máquina	Mantenimiento preventivo	3	1	3	

Nota: Gillet-Goinard y Seno (2015)

Análisis de la capacidad

Según Castillo y Espinosa (2018) para el análisis de la capacidad hay que tomar en cuenta que:

Para poder comprender la relación entre la utilización de la capacidad productiva y el comportamiento de los costos, habrá que comenzar midiendo su aprovechamiento. El aprovechamiento de las capacidades productivas es un indicador de eficiencia de los procesos de la empresa. La eficiencia es la relación que existe entre las salidas y las entradas de un sistema productivo. (p. 67)

Una fórmula clave para el análisis de la capacidad es la fórmula de Fondo de Régimen de Trabajo (FRT) que se muestra en la Figura 23.

Figura 23 Fórmula de fondo de régimen de trabajo (FRT).

$$FRT = DL * TS * NPT$$

Nota: Castillo y Espinosa (2018)

Tomando en cuenta el pensamiento de los autores anteriores, podemos mencionar que:

- FRT: fondo de régimen de trabajo.
- DL: días laborables.
- TS: tiempo de servicio.
- NPT: cantidad de estaciones o puestos de servicio. (p. 70)

Otra fórmula importante en el análisis de la capacidad es la fórmula de Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD), la cual se observa en la Figura 24.

Figura 24 Fórmula de fondo de tiempo productivo disponible (FTPD).

$$FTPD = DL * TS * NPTA$$

Nota: Castillo y Espinosa (2018)

Los autores anteriores mencionan que:

- FTDP: fondo de tiempo productivo disponible.
- DL: días laborables.
- TS: tiempo de servicio.
- NPTA: cantidad promedio de estaciones o puestos de servicio disponibles. (p. 72)

Tomando de referencia los autores anteriores, el análisis de la capacidad se da por medio de las siguientes etapas:

1. Medir la capacidad productiva disponible en el proceso.
2. Determinar hasta cuánto hay que aumentar la capacidad en función del comportamiento tendencial de la demanda.
3. Evaluar cada alternativa posible para seleccionar y argumentar.
4. Implantar el resultado y darle seguimiento. (p. 80)

Herramientas para Analizar las Causas

Analizar las causas de un problema es fundamental para poder resolverlo de forma efectiva. Las herramientas de análisis ayudan a descubrir qué factores originan el problema y cómo se relacionan entre sí. Se presentan algunas de las herramientas más usadas para identificar las causas:

Diagrama de Ishikawa

Para entender la realización de un diagrama de Ishikawa hay que tener en cuenta el concepto DI, el cual es un “método de obtención de un DI donde su línea principal sigue el flujo del proceso y en ese orden se agregan las causas potenciales” (Gutiérrez, 2020, p. 225)

Ahora teniendo en claro que el es DI, el autor anterior menciona los pasos para realizar un diagrama de Ishikawa, los cuales son:

- 1) Definir y delimitar claramente el problema o tema a analizar. Es deseable tener claridad en la importancia del problema (costos, frecuencia).
- 2) Decidir qué tipo de DI se usará a partir de las ventajas y desventajas de cada método.
- 3) Buscar todas las causas probables, lo más concretas posible, con apoyo del diagrama elegido y por medio de una sesión de lluvia de ideas.
- 4) Representar en el DI las ideas obtenidas y, al analizar el diagrama, preguntarse si faltan algunas otras causas aún no consideradas; si es así, agregarlas.
- 5) Analizar toda la información que se tenga sobre las potenciales causas (datos, análisis previos, etcétera) y dialogar sobre cuáles son las causas más importantes. A partir del análisis y el diálogo, decidir cuáles son las causas más importantes, ya sea por consenso, o bien, mediante votación del tipo 5, 3, 1. En este tipo de votación, cada participante asigna 5 puntos a la causa que considera más importante, 3 a la que le sigue y 1 a la tercera en importancia; después de la votación se suman los puntos, y el grupo deberá enfocarse en las causas que recibieron más puntos.
- 6) Decidir sobre cuáles causas actuar. Para ello, se toma en consideración el punto anterior y lo factible que resulta corregir cada una de las causas más importantes. Sobre las causas que se decide no actuar, debido a que es imposible por distintas circunstancias, es imprescindible reportarlas a la alta dirección.
- 7) Preparar un plan de acción para cada una de las causas a investigarse o corregirse, de tal forma que se determinen las acciones que es necesario realizar. Para ello se puede usar nuevamente el DI. Una vez determinadas las causas, hay que insistir en las acciones para no caer solo en debatir los problemas y no acordar acciones que tiendan a resolverlos. (pp. 227-228)

5 por qué

Según lo indica Pazos (2021) los 5 por qué se practica de la siguiente manera:

- El primer por qué conduce a una causa inmediata.
- El segundo, a una excusa.
- El tercero, a un culpable.
- El cuarto suele ser la razón por la que se generó el problema.
- El quinto lleva a la causa raíz. (p. 36)

Continuando con el enfoque del autor mencionado, también explica cómo se aplica esta herramienta, que es de la siguiente manera:

1. Se reúne un equipo de personas, que conozcan el área donde se presenta el problema o la no conformidad, las cuales se hayan visto afectadas con esta.
2. Se utiliza una pizarra, donde se haga una descripción del problema, de la manera más completa posible, de modo que el equipo llegue a un consenso con respecto a la descripción del problema y sus detalles.
3. Se hace que los miembros del equipo se pregunten por qué ocurrió el problema y anote la respuesta en el tablero.
4. Se repite la acción, siempre fundamentando el nuevo porqué en la última respuesta y anotar cada una en la pizarra.
5. Se discute con el equipo acerca de si han encontrado la causa raíz; caso contrario, se repite la pregunta indefinidamente hasta llegar a un consenso en que se ha hallado la causa raíz. (p. 37)

Se presencia la Tabla 2 Ejemplo de 5 por qué.

Tabla 2 Ejemplo de 5 por qué.

¿Por qué la máquina dejó de funcionar?	Porque se sobrecalentó.
¿Por qué se sobrecalentó?	Porque el ventilador no estaba funcionando.
¿Por qué el ventilador no estaba funcionando?	Porque el motor del ventilador estaba quemado.
¿Por qué se quemó el motor del ventilador?	Porque no se le dio mantenimiento preventivo.
¿Por qué no se realizó el mantenimiento preventivo?	Porque no existe un plan de mantenimiento establecido.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Herramientas para el Diseño

Diseñar soluciones es una etapa clave dentro del proceso, ya que permite aplicar cambios basados en el análisis previo del problema. Las herramientas de diseño ayudan a desarrollar propuestas que

ataquen las causas principales y aseguren que los resultados se mantengan a largo plazo. A continuación, se presentan algunas de las herramientas más utilizadas en esta etapa:

Canvas

El Canvas “es una herramienta empresarial visual y práctica para describir, probar, implementar y gestionar modelos de negocio durante su ciclo de vida.” (Socconini, 2021, p. 30) (Traducido)

Además, el mismo autor menciona las razones del por qué utilizar la herramienta Canvas en un proyecto:

- Las mejores ideas se ponen sobre la mesa.
- Crea un lenguaje común y compartido.
- Mejora el trabajo en equipo con mejores conversaciones sobre estrategias.
- Promueve la colaboración entre áreas.
- Crea un enfoque estructurado y práctico que ayuda a implementar ideas de mejora. (p. 34) (Traducido)

Tomando en cuenta las ideas del autor anterior, se mencionan los pasos para realizar un Canvas:

1. Introducción a la metodología.
2. Canvas actual.
3. Investigue el entorno de investigación en torno al Canvas actual:
 - i. Tendencias del mercado.
 - ii. Tendencias tecnológicas.
 - iii. Tendencias de necesidades.
 - iv. Fortalezas y debilidades.
4. Generar prototipos de Canvas futuros.
5. Retroalimentación.
6. Defina el futuro y el seguimiento de Canvas. (p. 37) (Traducido)

Indicadores

Los indicadores son herramientas fundamentales para medir el desempeño de los procesos y evaluar si las metas establecidas están siendo alcanzadas. Estos indicadores permiten tomar decisiones basadas en datos y no en suposiciones. Algunos indicadores cuentan con fórmulas y métodos de medición ampliamente aceptados por diversas organizaciones. (Toro, 2016, p. 105)

Para conocer más de los indicadores, se presenta la Figura 25 Importancia y función de los indicadores.

Figura 25 Importancia y función de los indicadores.



Nota: Gutiérrez (2020)

Hay que tomar en cuenta que Gutiérrez (2020) menciona que hay que tomar en cuenta tres preguntas sencillas para la elección de indicadores:

- ¿Qué resultados se buscan?
- ¿Cómo se sabe si se alcanza el éxito?
- ¿Cómo se puede medir adecuadamente ese éxito? (p. 161)

Según European Commission – The Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards (2025), los pasos para hacer un indicador son:

1. Marco teórico: El marco teórico proporciona la base para la selección y combinación de variables dentro de un indicador, que sea significativo y adecuado para el propósito del análisis.
2. Selección de datos: La selección de los datos e indicadores se realiza considerando su solidez analítica, medibilidad y relevancia con respecto al fenómeno que se desea medir, así como la relación que guardan entre sí.

3. Tratar los datos faltantes: Una vez reunido el conjunto de indicadores, los datos faltantes y los valores atípicos pueden ser tratados y se puede hacer las modificaciones cuando resulte necesario y apropiado.
4. Análisis multivariado: El análisis multivariado se emplea para estudiar la estructura general del conjunto de datos, evaluar su idoneidad y orientar las decisiones metodológicas posteriores, como la ponderación y la agregación.
5. Normalización: La normalización permite llevar los indicadores a una escala común, lo que hace que las variables sean comparables entre sí.
6. Ponderación: A los indicadores se les asignan ponderaciones individuales que permiten ajustar la influencia o importancia relativa de cada indicador dentro del conjunto.
7. Agregación de indicadores: La agregación combina los valores de un conjunto de indicadores, en una medida única y resumida, denominada “indicador compuesto” o “índice agregado”.
8. Análisis de sensibilidad: El análisis de sensibilidad cuantifica la incertidumbre asociada a cada supuesto individual, identificando aquellos que resultan especialmente sensibles y que podrían requerir una revisión más detallada.
9. Vinculación con otras medidas: Los resultados del indicador, o de sus dimensiones, se correlacionan con otros indicadores y datos existentes, con el fin de identificar posibles relaciones mediante análisis de regresión.
10. Visualización: Los indicadores funcionan, en última instancia, como una herramienta de comunicación, cuyo impacto puede potenciarse significativamente mediante una adecuada visualización, tanto estática como interactiva (online). (párr. 2) (Traducido)

Herramientas para el Control de la Implementación del Diseño

Para finalizar, se examina las herramientas para el control de la implementación del diseño. Es fundamental asegurarse de que su implementación se lleve a cabo de forma adecuada. Por lo tanto, se presentan algunas de las herramientas más utilizadas para controlar la implementación del diseño.

Matriz de asignación de responsabilidades

La definición respectiva de la matriz de asignación de responsabilidad lo explica Aceves (2018) de la siguiente manera:

Cuando se realiza la EDT (Estructura de División del Trabajo) se asignan cargos a través de una matriz de responsabilidades. Esta matriz muestra en la primera columna la tarea y sub- tareas y en la primera fila los diferentes recursos humanos, responsables de la realización de las tareas mostradas. Para señalar al líder o responsable de cada tarea se utiliza la letra L, mientras que con la letra S se indica el responsable secundario o de apoyo. (p. 58)

Para interpretar de forma más clara la nomenclatura explicada por el autor anterior, se presenta la Tabla 3, donde se hace un ejemplo de matriz de asignación de responsabilidades. Esta tabla permite visualizar cómo se distribuyen las funciones y tareas entre los diferentes trabajadores.

Tabla 3 Ejemplo de matriz de asignación de responsabilidades.

Tarea	Hugo	Paco	Luis	Pedro	Pablo
Tarea 1	P				
Tarea 2		P			
Tarea 3			S		
Subtarea 1	S		P		
Subtarea 2		S		P	
Subtarea 3					P

Nota: Aceves (2018)

En seguimiento de las aportaciones del autor anterior, se puntualizan los pasos importantes a la hora de hacer una matriz de asignacion de responsabilidades.

- Ser claro con el objetivo ante los integrantes.
- Determinar quién decide y quién no.
- Reducir ambigüedad y riesgos.
- Tomar decisiones y darlas a conocer.
- Evaluar y basarse en la nueva decisión.
- ¿Cómo definir la decisión?
- ¿Cuál es el resultado deseado?
- Involucrar a las partes interesadas mostrando los beneficios, oportunidades y riesgos y dejando claro cuáles son sus roles. (p. 58)

Diagrama de Gantt

En correspondencia con el pensamiento del autor Aceves (2018), explica el diagrama de Gantt de la siguiente manera:

El diagrama de Gantt es una herramienta para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo determinado. Por la facilidad y la visualización de acciones previstas, este diagrama permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada etapa del proyecto, además de que reproduce gráficamente las tareas, su duración y la secuencia, también se puede observar el calendario general del proyecto. (p. 59)

Por consiguiente, en correspondencia con el pensamiento del autor citado, explica los pasos para realizar el diagrama de Gantt en Excel, los cuales son:

1. Hacer una lista de todas las actividades que puede requerir un proyecto. Es posible que se obtenga una lista demasiado larga. A partir de ese listado, se definen los tiempos para realizar cada tarea, prioridad y orden de consecución. Las actividades deben agruparse en partidas específicas.
2. Debe serlo más esquemático posible. El diagrama de Gantt debe transmitir solo lo más importante, ya que este será consultado con frecuencia. Las personas involucradas en la operación deben tener una idea clara de lo que está sucediendo en un momento determinado.
3. Mantener actualizada otra versión más detallada para el líder o director del proyecto. Con el diagrama de Gantt se puede monitorear en forma clara el progreso para descubrir con facilidad los puntos críticos, identificar periodos de inactividad y calcular retrasos. De este modo, las actividades se pueden reprogramar bajo nuevas condiciones.
4. Por su sencillez, facilidad de uso y bajo costo se emplea con mucha frecuencia en pequeñas y medianas empresas. (p. 60)

De tal manera, se presenta la Figura 26 Ejemplo de Diagrama de Gantt. Este diagrama ayuda a ilustrar la planificación y distribución temporal de las actividades del proyecto.

Figura 26 Ejemplo de Diagrama de Gantt.

Actividades	Meses															
	1				2				3				4			
	Semanas															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE I																
Recolección de información	■	■														
Redacción y revisión			■	■	■	■										
Mecanografía y presentación						■	■									
FASE II																
Elaboración de instrumentos								■								
Recolección de datos									■							
Tabulación de datos										■						
Análisis e interpretación de datos											■	■				
Mecanografía y presentación												■	■			
FASE III																
Elaboración de documento															■	
Redacción y revisión														■	■	
Mecanografía y revisión																■

Nota: Aceves (2018)

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este apartado se explica la metodología utilizada para desarrollar el proyecto en Adobe Rent a Car. Se describe el enfoque para analizar el área de enderezado, alistado y pintura, junto con el alcance del estudio y diseño del trabajo. También se menciona el tipo de muestra seleccionada. Además, se detallan los instrumentos necesarios y cómo se van a recolectar los datos. Por último, se presenta el cronograma de actividades que permite organizar y ejecutar el proyecto de manera ordenada.

Enfoque

En esta sección se analizarán los enfoques cuantitativos, cualitativos y mixtos, con el propósito de determinar cuál de ellos resulta más adecuado para la aplicación en el presente proyecto.

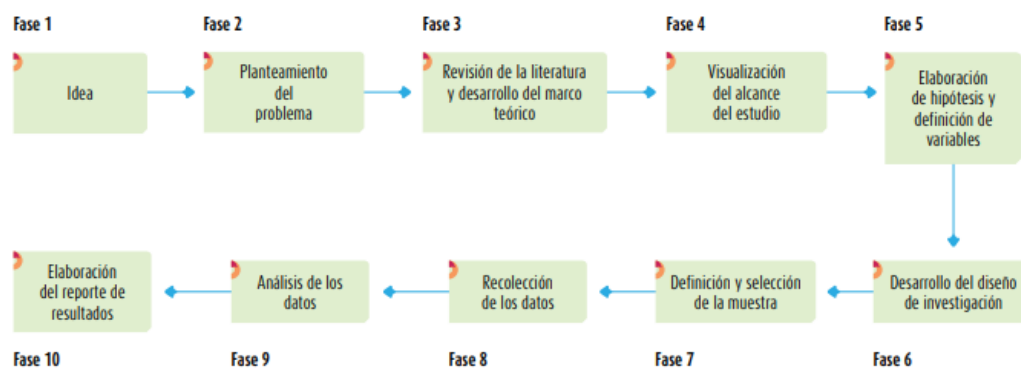
Cuantitativo

Conviene mencionar que los autores Hernández et al. (2014) explican la definición del enfoque cuantitativo de la siguiente manera:

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. (pp. 36-37)

Vale la pena resaltar la Figura 27, que nos explica cuáles son las etapas para un proceso cuantitativo.

Figura 27 Proceso cuantitativo.



Nota: Hernández et al. (2014)

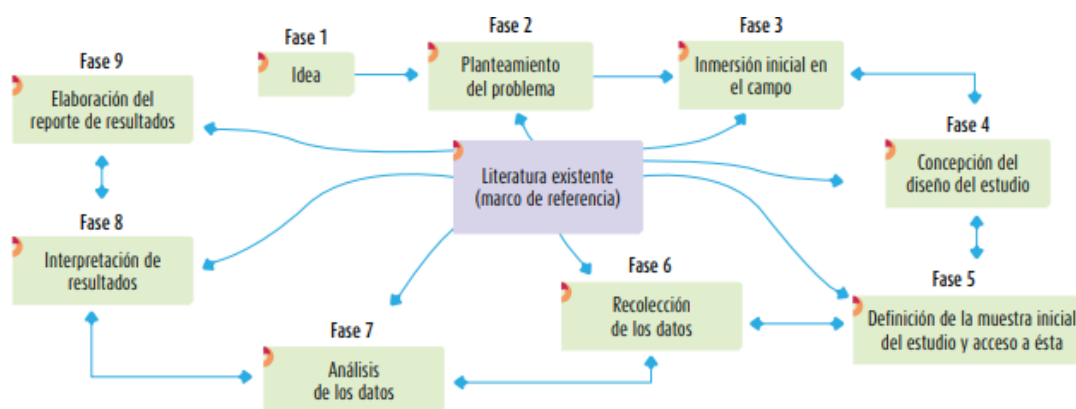
Cualitativo

Siguiendo con los autores Hernández et al. (2014), el enfoque cualitativo tiene la siguiente definición:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio. (p. 39)

En la Figura 28 se puede ver una representación de lo que sería las etapas del enfoque cualitativo.

Figura 28 Proceso cualitativo.



Nota: Hernández et al. (2014)

Mixto

Hernández-Sampieri y Mendoza (2008) citado por Hernández et al. (2014) definen el enfoque mixto de la siguiente manera:

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (p. 566)

Enfoque de la investigación

Este trabajo se centra en un enfoque cuantitativo, ya que se trata de recoger y analizar datos que nos ayuden a medir y evaluar la productividad en las áreas de enderezado, alistado y pintura en Adobe Rent a Car. Con este método, podemos obtener resultados claros al usar herramientas de estadística e indicadores que nos permiten identificar las causas principales que afectan el desempeño de las áreas.

Alcance

En esta sección, se analiza y explica los tipos de alcance, que pueden ser:

- Exploratorio.
- Descriptivo.
- Correlacional.
- Explicativo.

Los alcances “resultan de la revisión de la literatura y de la perspectiva del estudio. Dependen de los objetivos del investigador para combinar los elementos en el estudio.” (Hernández et al., 2014, p. 121)

Exploratorio

Retomando la visión de los autores Hernández et al. (2014), el alcance exploratorio es:

Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. (p. 123)

Descriptivo

Por otra parte, el alcance descriptivo busca lo siguiente:

Se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández et al., 2014, p. 124)

Correlacional

Se relata lo que es un alcance correlacional:

Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables. (Hernández et al., 2014, p. 125)

Explicativo

El último alcance es el explicativo, el cual “van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. (Hernández et al., 2014, p. 127)

Alcance de la investigación

El presente estudio tiene un alcance explicativo, ya que busca identificar las causas que afectan la productividad en el área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car. De tal manera, que se pueda analizar la relación entre las variables involucradas y proponer un sistema de gestión de productividad que permita mejorar los resultados operativos.

Diseño

Los autores Hernández et al (2014) definen el diseño como “plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento.” (p. 160)

En esta sección se conocerán los diseños:

- Experimental.
- No experimental.
 - Transaccional.
 - Longitudinal.

Experimental

En el diseño experimental primero se explica lo que es experimento, el cual es una “situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos).” (Hernández et al., 2014, p. 162)

Ya teniendo en claro la definición de experimento, los mismos autores definen que los “diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.” (p .162)

No experimental

El diseño no experimental es la “investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables” (Hernández et al., 2014, p. 184)

El diseño no experimental se puede clasificar en dos diseños, transaccional y longitudinal.

Transaccional.

Para Liu (2008) y Tucker (2004), citados por Hernández et al. (2014), “la investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único.” (p. 186).

El autor anterior plantea que “los diseños transeccionales se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales”. (p. 187)

Longitudinal.

Como lo indica los autores Hernández et al. (2014), el diseño longitudinal:

Recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o periodos generalmente se especifican de antemano. Se dividen en tres tipos: diseños de tendencia, diseños de análisis evolutivo de grupos (cohorte) y diseños panel. (p. 191)

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental y de tipo transaccional, ya que no se manipulan las variables de forma deliberada, sino que se observan tal como ocurren en el contexto real del área de enderezado, alistado y pintura de la empresa Adobe Rent a Car. Asimismo, la recolección de datos se realiza en un solo momento, con el propósito de analizar la situación actual.

Variables

Para este apartado Hernández et al. (2014) explica lo que es una variable:

Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse...El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. (p. 137)

A continuación, se muestra la Tabla 4 Variables de la investigación.

Tabla 4 Variables de la investigación.

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Describir la baja productividad en el área de enderezado, alistado y pintura.	Baja productividad.	Una baja productividad es la que "no fluye el trabajo y hay pases laterales, atascos, tiempos de espera, altos inventarios, numerosas actividades que se hacen por rutina y tradición, pero que no agregan valor al producto" (Gutiérrez, 2020, p. 110)	Productividad total = (Unidades procesadas / Horas trabajadas) * 100	Registros de producción en el sistema ARC-PLUS.
Medir las consecuencias de la baja productividad en el área de enderezado, alistado y pintura.	Aumento del tiempo de permanencia de los vehículos en el taller.	El aumento del tiempo de permanencia de los vehículos en el taller limita "los plazos de entrega para entregar los vehículos a los clientes con rapidez, bajo coste y alta calidad." (Toyota, s.f., párr. 2) (Traducido)	Tiempo de los vehículos en el taller = Fecha de salida - Fecha de entrada del vehículo	Registros de los tiempos de los vehículos en el taller del sistema ARC-PLUS.
Analizar las causas que generan la baja productividad.	Causas de la baja productividad.	Gómez y Brito (2020) consideran que para obtener las causas "significa	% de causas = (Cantidad de causas encontradas / Total	Registros de las causas encontradas en el sistema ARC-PLUS.

Objetivos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
		llegar hasta el origen primero que provoca el problema." (p. 92)	de causas analizadas) * 100	
Desarrollar el diseño del sistema de gestión de productividad.	Diseño del sistema de gestión de productividad.	Es el conjunto de elementos, procesos y recursos que interactúan para planificar, controlar y mejorar el uso de los recursos, con el fin de cumplir los objetivos y metas de manera eficiente. (Criollo et al., 2021, pp. 171-172)	% de avance = (Avance / Total de entregables) * 100	Proyecto.
Establecer indicadores de control para la implementación del diseño del sistema de gestión de productividad.	Indicadores de control.	Criollo et al. (2021) establece que con los indicadores "se puede examinar el comportamiento de cada una de las estrategias que se hayan definido en el sistema productivo con el objetivo de evaluar si las acciones que se aplican conducen a los resultados que se esperan." (p. 53)	% de indicadores implementados = (Indicadores implementados / Indicadores planificados) * 100	Proyecto.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Muestra

Hernández et al. (2014), menciona la definición de muestra :

La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población. El investigador pretende que los resultados encontrados en la muestra se generalicen o extrapolen a la población (en el sentido de la validez externa que se comentó al hablar de experimentos). El interés es que la muestra sea estadísticamente representativa. (p. 205)

En la Tabla 5 se detallan los tipos de muestra, unidad de muestreo y sus respectivas fórmulas para la obtención de datos.

Tabla 5 Muestra de la investigación.

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Productividad total.	Poblacional.	Horas trabajadas y unidades procesadas.	Registros de los meses de enero y noviembre del 2025.
Tiempo de los vehículos en el taller.	Poblacional.	Cantidad de días que están los autos en el taller esperando reparación y ser rentados.	Registros de los meses de enero y noviembre del 2025.
% de causas.	Poblacional.	Causas identificadas en los reportes.	Registros de los meses de enero y noviembre del 2025.
% de avance.	Poblacional.	Actividades.	Las 27 semanas del trabajo final de graduación.
% de indicadores implementados.	Poblacional.	Indicadores.	Las 27 semanas del trabajo final de graduación.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Instrumentos

Para esta sección, es esencial describir lo que es instrumentos, Hernández et al. (2014) lo define como “recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente.” (p. 231)

De tal manera, se presenta la Tabla 6 Instrumentos de la investigación.

Tabla 6 Instrumentos de la investigación.

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
Productividad total.	Hoja de obtención de datos.	Excel. Computadora.
Tiempo de los vehículos en el taller.	Hoja de obtención de datos.	Excel. Computadora.
% de causas.	Hoja de obtención de datos. Lista de chequeo.	Excel. Computadora.
% de avance.	Lista de chequeo.	Excel. Computadora.
% de indicadores implementados.	Hoja de verificación.	Excel. Computadora.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Recolección de Datos

Después de definir los instrumentos de la investigación, se procede a la recolección de datos, la cual consiste en obtener información precisa sobre las variables o elementos del estudio mediante un plan organizado de procedimientos que garantice la validez de los resultados. (Hernández et al., 2014, p. 230)

En la siguiente Tabla 7 se detalla el método que se realizará para recoger dicha información.

Tabla 7 Recolección de datos.

Indicador	Fuente de los datos	Métodos de recolección de los datos	Beneficios esperados
Productividad total.	Registros de horas trabajadas y vehículos procesados en el área de enderezado, alistado y pintura.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solicitar los reportes semanales de producción. 2. Registrar las horas trabajadas y las unidades producidas. 3. Calcular la productividad total. 	Análisis de la productividad total del área.
Tiempo de los vehículos en el taller.	Registros de ingreso y salida de vehículos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar el formato para registrar los datos de ingreso y salida. 2. Registrar la fecha de entrada y salida. 3. Calcular el número de días que cada vehículo permanece en el taller. 4. Obtener el promedio de días de permanencia de todos los vehículos analizados. 	Análisis del promedio de cuánto duran los vehículos desde que ingresan hasta que salen del taller.
% de causas.	Registros de causas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar el formato correspondiente para el registro de causas. 2. Solicitar semanalmente el reporte de las causas. 3. Ingresar y organizar los datos obtenidos. 4. Analizar los datos para determinar las principales causas que afectan los procesos. 	Análisis del promedio de las causas principales que afectan la productividad.
% de avance.	Avances del trabajo de investigación.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar periódicamente los avances del trabajo. 2. Elaborar los capítulos respectivos. 	Evidenciar el progreso continuo del diseño del sistema de gestión de productividad y asegurar la mejora constante.

Indicador	Fuente de los datos	Métodos de recolección de los datos	Beneficios esperados
		3. Presentar los capítulos al tutor para su revisión. 4. Aplicar las correcciones o recomendaciones indicadas. 5. Verificar la incorporación de los cambios en el documento final.	
% de indicadores implementados.	Informe de avance de los indicadores implementados.	1. Elaborar un informe de los indicadores implementados en el sistema de gestión de productividad. 2. Solicitar la revisión. 3. Incorporar las observaciones o ajustes necesarios. 4. Verificar la actualización y efectividad de los indicadores.	Verificar si se están aplicando correctamente los indicadores.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Método de Análisis

Los autores Hernández et al. (2014) enfatizan lo siguiente a la hora de analizar datos cuantitativos, “al analizar los datos cuantitativos debemos recordar dos cuestiones: primero, que los modelos estadísticos son representaciones de la realidad, no la realidad misma; y segundo, los resultados numéricos siempre se interpretan en contexto.” (p. 302)

Para el presente proyecto se define la Tabla 8 Método de análisis de la investigación.

Tabla 8 Método de análisis de la investigación.

Indicador	Análisis a realizar	Programa	Uso
Productividad total.	Se calcularán los promedios y variaciones para identificar tendencias. Gráfico lineal para determinar tendencias.	Excel.	Medir la relación entre el tiempo invertido y las unidades terminadas, identificando el rendimiento real de la mano de obra.
Tiempo de los vehículos en el taller.	Se calcularán promedios, máximos, mínimos y desviaciones estándar. Complementado con un	Excel.	Permitirá evaluar la duración promedio de permanencia de los vehículos.

Indicador	Análisis a realizar	Programa	Uso
% de causas.	análisis de frecuencia y gráficos de dispersión. Se desarrollará un análisis mediante el diagrama de Ishikawa, identificando los factores principales. Además, se aplicará la técnica 5 por qué para profundizar el origen del problema. Se complementará con una distribución de frecuencias y gráfico de Pareto.	Excel y Word.	Determinar las causas más relevantes que impactan las áreas.
% de avance.	Se utilizará un diagrama de Gantt para representar gráficamente el progreso del diseño del sistema de gestión de productividad, mostrando tareas realizadas y pendientes. Se realizará un análisis de porcentajes acumulados y promedios para medir el ritmo de avance en el tiempo.	Excel y Word.	Supervisar el avance del proyecto y garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos.
% de indicadores implementados.	Se aplicará un análisis de cumplimiento mediante listas de verificación. Simultáneamente, se calculará el porcentaje de cumplimiento por ítem y se analizará mediante medidas de tendencia central y gráficos de barras para representar los resultados.	Excel.	Evaluar la efectividad de los indicadores y asegurar su correcta aplicación.

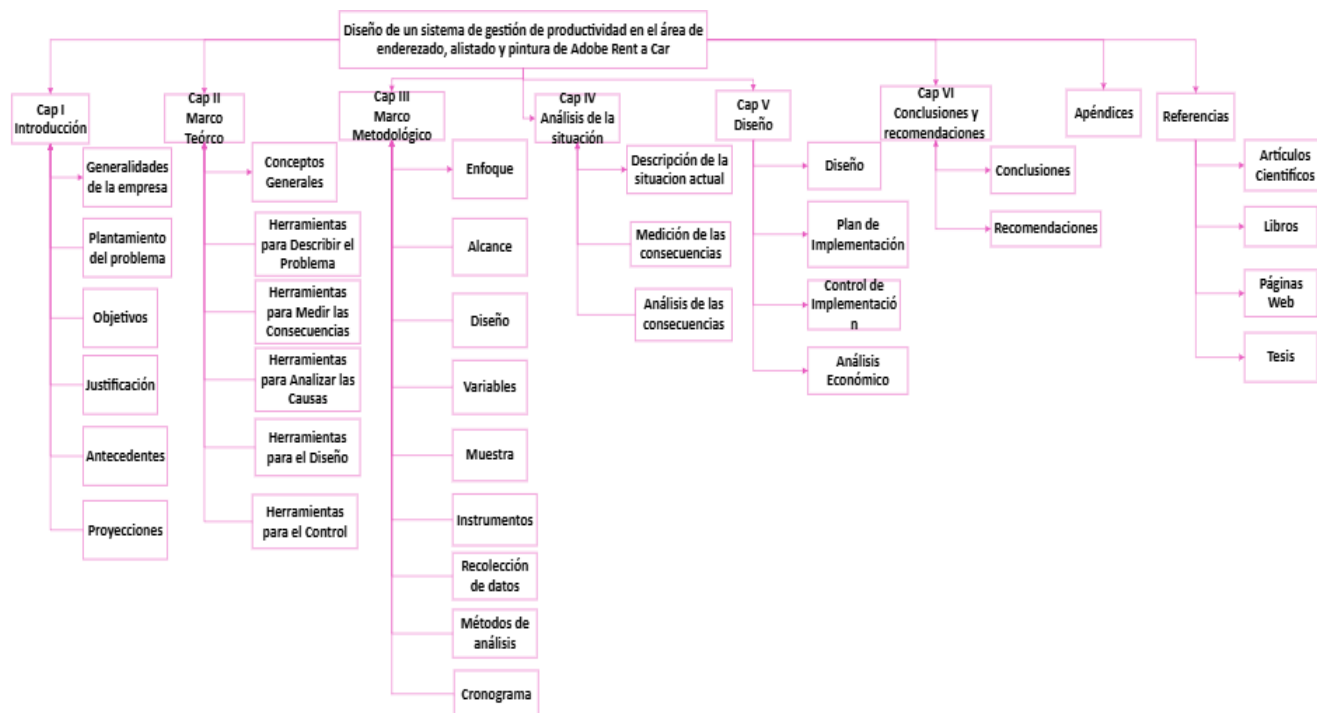
Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Cronograma

En esta parte, se habla sobre cómo se ha planificado el proyecto, usando dos herramientas importantes: la estructura de desglose de trabajo y el diagrama de Gantt. En la EDT se visualiza cómo se organizan todas las actividades y subtareas para alcanzar los objetivos del proyecto. Por otro lado, el diagrama de Gantt presenta una vista clara, por semanas, de cuánto tiempo tomará y el orden de cada tarea, lo que nos ayuda a seguir el progreso.

La Figura 29 refleja la estructura del trabajo final, que contiene desde el capítulo I hasta las referencias, con sus contenidos correspondientes.

Figura 29 Estructura de desglose del trabajo de la investigación.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Figura 30 presenta la planificación del proyecto de investigación por medio de un diagrama de Gantt, detallando las actividades programadas a lo largo del tiempo y distribuidas por semanas.

Figura 30 Diagrama de Gantt de la investigación.

Actividad	Diseño de un sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura en la empresa Adobe Rent a Car.																																		
	Semanas																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
Inicio de taller del TFG	█																																		
Citas		█																																	
Formato del TFG			█																																
Referencias				█																															
Capítulo I Introducción					█																														
Capítulo II Marco Teórico						█																													
Capítulo III Marco Metodológico							█																												
Correcciones								█																											
Matricula TFG									█																										
Capítulo IV Análisis de la Situación										█																									
Capítulo V Diseño											█																								
Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones												█																							
Entrega borrador																																			
Revisión lector																																			
Correcciones																																			
Defensa																																			

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El presente capítulo se enfoca en la aplicación sistemática de diversas herramientas que tienen como objetivo principal la recopilación, el análisis y la caracterización detallada de los procesos operativos en el taller de enderezado, alistado y pintura de Adobe Rent a Car. Dichas herramientas permiten obtener información objetiva y confiable sobre el funcionamiento actual del taller y los tiempos de proceso.

La intención primordial de este esfuerzo metodológico es generar un diagnóstico preciso que sustente la formulación de ideas y soluciones concretas. Este análisis desembocará en el diseño de un sistema de gestión de productividad que permita optimizar el desempeño del taller de Adobe Rent a Car, asegurando un desarrollo adecuado.

Descripción del Problema

Adobe Rent a Car es una empresa dedicada a la prestación de servicios de alquiler de vehículos en Costa Rica. Su actividad principal consiste en poner a disposición de los clientes una flota de automóviles en buenas condiciones mecánicas y estéticas, con el fin de satisfacer las necesidades de transporte de personas tanto nacionales como extranjeras. La empresa opera bajo estándares de seguridad y calidad que garantizan un servicio confiable y continuo.

Dentro de sus funciones, Adobe Rent a Car se encarga de la administración, control y mantenimiento de su flota vehicular. Esto incluye la planificación de revisiones preventivas, la atención de reparaciones correctivas y la coordinación de procesos que aseguran la disponibilidad de los vehículos para el alquiler. Estas actividades son fundamentales para mantener la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

La ubicación de la empresa a la par del taller de enderezado y pintura facilita la ejecución de trabajos de reparación estética y estructural de los vehículos, permitiendo una atención más rápida y un mejor control del estado de la flota. Esta cercanía contribuye a la reducción de tiempos fuera de servicio y al adecuado mantenimiento de los automóviles.

Para comprender la situación actual de Adobe Rent a Car y establecer las bases para el diseño del sistema de gestión de productividad en el taller de enderezado, alistado y pintura, es fundamental analizar la capacidad operativa real en términos de las reparaciones de piezas grandes por mes del año 2025.

Este análisis se centra en dos procesos principales relacionados con las piezas grandes de los vehículos:

1. Piezas Reparadas: Este proceso incluye todas las piezas de enderezado, alistado y pintura requeridas para la restauración completa de la pieza.
2. Alistado y pintura: este proceso toma en cuenta las piezas que requieren alistado y pintura, pero, no presentan daños estructurales que exijan enderezado.
3. Piezas Enderezadas: Este proceso se enfoca únicamente en las labores de enderezado de la pieza, para conocer cuántas piezas está haciendo el área de enderezado.

La Tabla 9 presenta la capacidad real proyectada para la gestión de reparación, alistado, pintura y enderezado de piezas grandes por mes durante el año 2025.

Tabla 9 Capacidad real de piezas grandes por mes del 2025.

SUMA DE PIEZAS GRANDES POR MES DEL 2025			
Mes	Reparadas	Alistado y pintura	Enderezadas
Enero	653	460	193
Febrero	765	487	278
Marzo	791	498	293
Abril	774	513	261
Mayo	688	399	289
Junio	357	209	148
Julio	596	371	225
Agosto	421	236	185
Septiembre	267	165	102
Octubre	401	228	173
Noviembre	695	399	296
SUMA	6408	3965	2443
PORCENTAJE	100%	62%	38%

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Tabla 9 evidencia una alta variabilidad en la producción mensual, tanto en reparación, alistado como en enderezado. En reparación, la producción oscila entre 267 vehículos (septiembre) y 791 vehículos (marzo), lo que representa una diferencia de 524 piezas entre el mes de menor y mayor producción. En alistado y pintura, la producción mayor es de 513 vehículos (abril) y la menor 165 vehículos (septiembre), con una diferencia muy marcada de 348 piezas. En enderezado, la variación

es menos marcada, pasando de 102 vehículos (septiembre) a 296 vehículos (noviembre). Esta variabilidad indica que la demanda no es constante a lo largo del año.

Del total de piezas reparadas, 3 965 (61.8%) corresponden a "Piezas de alistado y pintura". Esto indica que la mayoría de los componentes grandes solo requirieron procesos de alistado y pintura, sin presentar daños estructurales. Las "Piezas enderezadas" sumaron 2 443 unidades, representando el 38.2% del volumen total. Es interesante notar que, mientras la cantidad de reparaciones sencillas sube y baja mucho cada mes (alistado y pintura), el número de piezas que requieren enderezado es mucho más estable y constante a lo largo del año.

Capacidad real de las piezas reparadas

En concordancia con la Tabla 9, se procede a establecer las pautas de rendimiento y la capacidad real de producción de las piezas grandes reparadas, enfocándose en las métricas de volumen y tiempo. La Tabla 10 consolida esta información, presentando la cantidad total de vehículos reparados por mes y desglosando la eficiencia operativa mediante la inclusión de los promedios de producción semanal, diaria y por hora.

Tabla 10 Producción mensual, semanal, diaria y por hora de las piezas reparadas.

Mes	Reparadas	Producción promedio semanal	Producción promedio diaria	Producción promedio por hora
Enero	653	131	26	3
Febrero	765	191	38	5
Marzo	791	198	40	5
Abril	774	155	31	4
Mayo	688	172	34	4
Junio	357	89	18	2
Julio	596	119	24	3
Agosto	421	105	21	2
Septiembre	267	67	13	2
Octubre	401	80	16	2
Noviembre	695	174	35	4

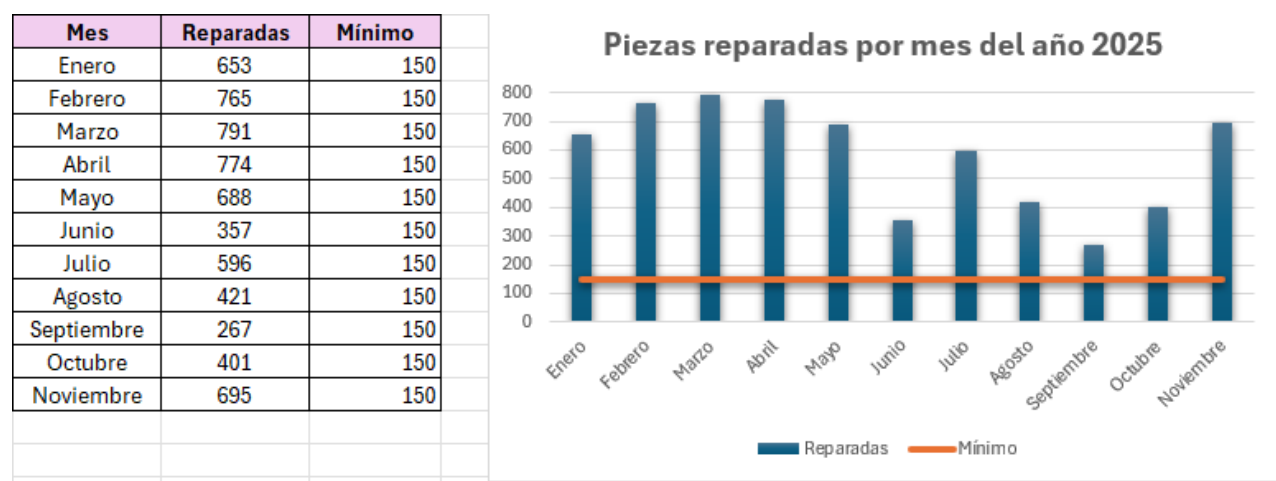
Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Los datos de la Tabla 10 evidencian que los meses con mayor volumen de reparación fueron febrero (765 vehículos) y marzo (791 vehículos) alcanzando en estos meses una producción promedio a 5 vehículos por hora. En contraste, septiembre (267 vehículos), junio (357 vehículos), octubre (401

vehículos) y agosto (421 vehículos) muestran los niveles más bajos de producción, con promedios de 2 piezas por hora, lo que sugiere una disminución significativa de la demanda en durante dichos periodos.

Hay que destacar que para las piezas reparadas la alta dirección pide un mínimo de 150 piezas por mes, entonces, de acuerdo con esta cláusula, se presenta la Figura 31 Gráfico de piezas reparadas por mes del año 2025.

Figura 31 Gráfico de piezas reparadas por mes del año 2025.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

De acuerdo con los datos presentados en la Figura 31, se cumplió satisfactoriamente con la meta de 150 piezas mensuales. Los meses con menor margen de cumplimiento fueron septiembre y junio, con una producción de 267 y 357 unidades respectivamente, cifras que aun así excedieron el requerimiento mínimo inicial.

Capacidad real de las piezas de alistado y pintura

Tomando en cuenta la Tabla 9, se muestra la Tabla 11 Producción mensual, semanal, diaria y por hora de las piezas de alistado y pintura.

Tabla 11 Producción mensual, semanal, diaria y por hora de las piezas de alistado y pintura.

Mes	Alistado y Pintura	Producción promedio semanal	Producción promedio diaria	Producción promedio por hora
Enero	460	92	18	2
Febrero	487	122	24	3
Marzo	498	125	25	3

Mes	Alistado y Pintura	Producción promedio semanal	Producción promedio diaria	Producción promedio por hora
Abril	513	128	26	3
Mayo	399	100	20	2
Junio	209	52	10	1
Julio	371	74	15	2
Agosto	236	59	12	1
Septiembre	165	41	8	1
Octubre	228	46	9	1
Noviembre	399	100	20	2

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Según la Tabla 11, la producción de alistado y pintura muestra un comportamiento variable a lo largo del año. Los meses con mayor desempeño son febrero (487 vehículos), marzo (498 vehículos) y abril (513 vehículos), evidenciando una operación más eficiente y estable. En contraste, se observa una caída significativa en junio (206 vehículos) y septiembre (165 vehículos), meses en los que la producción por hora desciende a 1 unidad, lo que indica menor demanda. A partir de octubre se mantiene un nivel bajo, con una leve recuperación en noviembre, aunque sin alcanzar los niveles del primer cuatrimestre.

Capacidad real de las piezas enderezadas

Continuando con el análisis de la Tabla 9, se presenta la Tabla 12. Esta tabla muestra la producción mensual de vehículos enderezados, junto con sus respectivos promedios semanales, diarios y por hora.

Tabla 12 Producción mensual, semanal, diaria y por hora de las piezas enderezadas.

Mes	Enderezadas	Producción promedio semanal	Producción promedio diaria	Producción promedio por hora
Enero	193	39	8	1
Febrero	278	70	14	2
Marzo	293	73	15	2
Abril	261	52	10	1
Mayo	289	72	14	2
Junio	148	37	7	1
Julio	225	45	9	1
Agosto	185	46	9	1
Septiembre	102	26	5	1

Mes	Enderezadas	Producción promedio semanal	Producción promedio diaria	Producción promedio por hora
Octubre	173	35	7	1
Noviembre	296	74	15	2

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

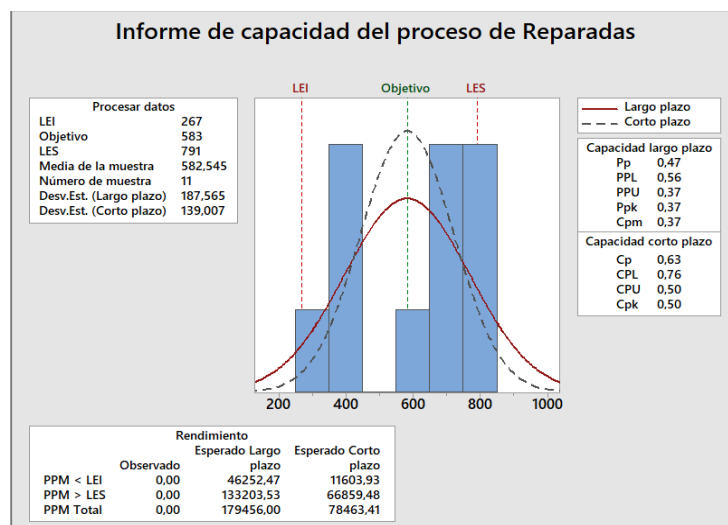
En la Tabla 12, los meses con mayor producción fueron noviembre (296 vehículos), marzo (293 vehículos), febrero (278 vehículos) y mayo (289 vehículos), alcanzando una pauta promedio de 2 vehículos por hora. Por otro lado, los meses restantes presentan los niveles más bajos, con una producción aproximada de 1 pieza por hora.

Se muestra que el proceso de alistado y pintura presenta un mejor desempeño productivo que enderezadas, ya que mantiene mayores volúmenes de producción, alcanzando hasta 3 unidades por hora en los periodos de mayor rendimiento, pero hay que tomar en cuenta que en esta área se dan muchos reprocesos. En contraste, el proceso de enderezado registra niveles de producción más bajos y una productividad por hora generalmente de 1 unidad.

Índice de capacidad para las piezas reparadas

Con el fin de evaluar el desempeño del proceso de reparaciones, se llevó a cabo un estudio de capacidad de las piezas reparadas utilizando los índices estadísticos Cp y Cpk, los cuales se presentan en la Figura 32.

Figura 32 Cp y Cpk de las piezas reparadas.



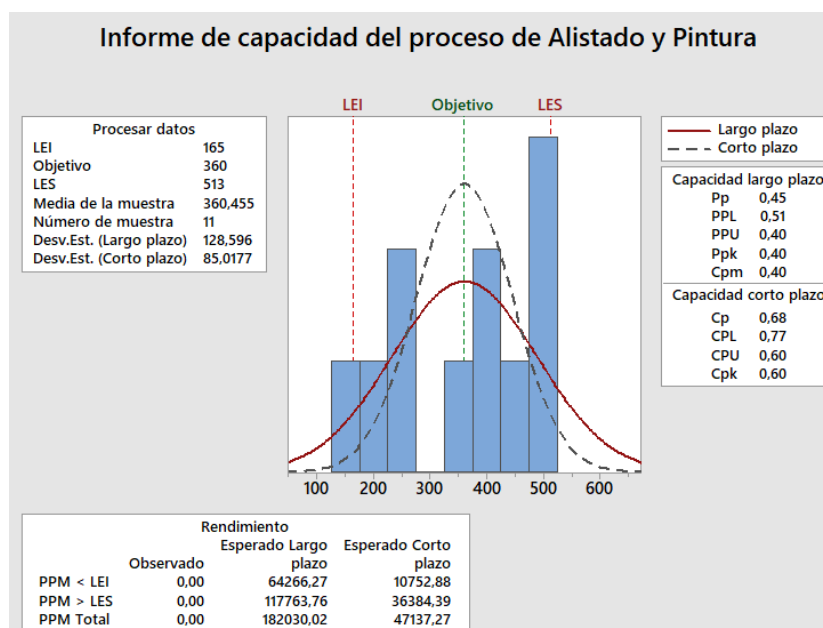
Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Figura 32 evidencia que el proceso de reparaciones en el taller no posee la aptitud necesaria para cumplir con los estándares actuales. Con un $C_p = 0.63$ y un $C_{pk} = 0.50$, el proceso se clasifica como de baja capacidad y alto riesgo. La magnitud de estos indicadores, inferiores al criterio de 1.33, confirma una dispersión excesiva de los datos y una falta de estabilidad, lo cual requiere intervenciones correctivas para reducir la variabilidad y mejorar la centralización de los resultados.

Índice de capacidad para las piezas de alistado y pintura

Para identificar si el proceso de alistado y pintura está produciendo con calidad, se efectúa un estudio mediante los indicadores (C_p) que indica la variabilidad inherente del proceso y (C_{pk}) que muestra el grado de centrado del proceso respecto a los límites de especificación, presentado en la Figura 33.

Figura 33 C_p y C_{pk} de las piezas de alistado y pintura.



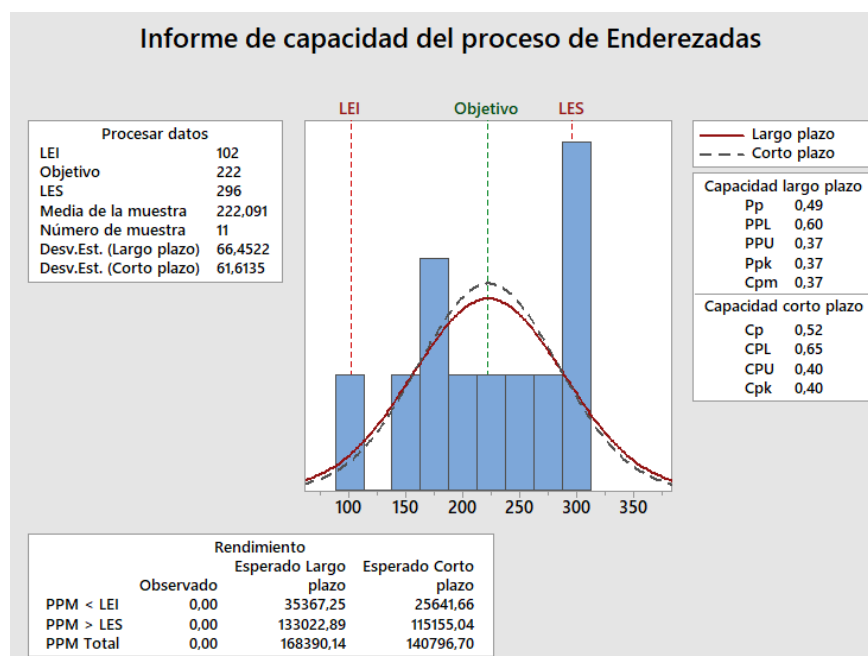
Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Según la Figura 33, se puede observar que el proceso no es capaz de cumplir consistentemente con los límites de especificación establecidos. Los índices de capacidad a corto plazo (C_p : 0.68 y C_{pk} : 0.60) se encuentran muy por debajo de 1.33, lo que evidencia una alta variabilidad del proceso e indican una cantidad significativa de productos no conformes.

Índice de capacidad para las piezas enderezadas

Continuando con el análisis, se procede a evaluar si el proceso de enderezado cumple con las especificaciones establecidas y determinar su desempeño desde el punto de vista de la calidad. Se llevó a cabo un estudio de capacidad del proceso mediante el uso de los índices estadísticos Cp y Cpk, los cuales se presentan en la Figura 34.

Figura 34 Cp y Cpk de las piezas enderezadas.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Figura 34 demuestra que el proceso es incapaz, con un Cp de 0.52 y un Cpk de 0.40. Estos valores se sitúan significativamente por debajo del umbral mínimo aceptable de 1.33. La brecha entre ambos índices revela no solo una elevada variabilidad, sino también un descentramiento del proceso. Lo que indica que igual que el proceso de reparadas, alistado y pintura, en enderezadas se produce mucho, pero no con la calidad esperada.

El análisis de capacidad evidencia que tanto el proceso de piezas reparadas, alistado y pintura como el de piezas enderezadas presentan niveles de capacidad insuficientes para cumplir con los estándares de calidad. En ambos casos, los valores de Cp y Cpk se encuentran por debajo del criterio mínimo de 1.33, lo que confirma una alta variabilidad y un deficiente centrado del proceso. Aunque ambos procesos alcanzan volúmenes de producción elevados, estos resultados indican que la producción no se realiza con la calidad requerida, generando reprocesos y riesgos operativos. En consecuencia, se hace necesaria la implementación de acciones correctivas orientadas a la

reducción de la variabilidad y a la mejora del control del proceso, priorizando la estabilidad y la calidad sobre el volumen producido.

Capacidad instalada del área de enderezado, alistado y pintura

Con el propósito de obtener una comprensión detallada de la situación actual en el área de enderezado, alistado y pintura, se llevó a cabo un estudio de capacidad instalada. Este análisis se fundamentó en una muestra de diez mediciones, cuyo objetivo principal fue determinar el tiempo promedio que requiere una pieza para completar el proceso. Con base en estos datos, se procedió a calcular la capacidad de producción proyectada en:

- Piezas por hora.
- Piezas por día.
- Piezas por semana.
- Piezas por mes.

Por consiguiente, se presenta la Tabla 13 Capacidad instalada del área de enderezado, alistado y pintura.

Tabla 13 Capacidad instalada del área de enderezado, alistado y pintura.

	Enderezado	Alistado	Pintura
Tiempo normal	39	129	140
Tiempo estándar	46	153	166
Piezas por hora	1	0,39	0,36
Piezas por jornada	11	3	3
Piezas por semana	55	17	15
Piezas por mes	240	72	66

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Tabla 13 indica que, con base en el tiempo normal obtenido mediante el estudio de tiempos, se procedió al cálculo del tiempo estándar incorporando un suplemento del 19%, el cual contempla factores constantes y variables que afectan el desempeño del operario durante la jornada laboral. El área de enderezado presenta un tiempo estándar de 46 minutos por pieza, mientras que el área de alistado y pintura presentan tiempos estándar de 153 y 166 minutos por pieza, respectivamente. Se observa que el alistado y pintura no pueden concluir una pieza por hora ya que la espera de secado ya sea para pintura, o Primer (alistado), dura más de una hora. Aunque, en una hora cumplen

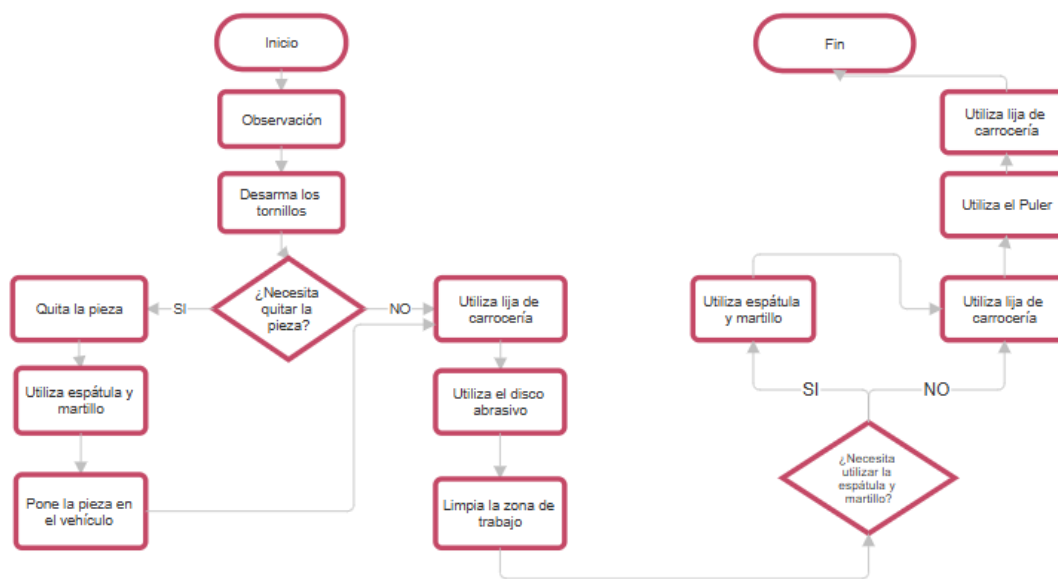
casi la mitad de una pieza. También, el área de enderezado puede procesar aproximadamente 240 piezas por mes, mientras que las áreas de alistado y pintura alcanzan capacidades de 72 y 66 piezas por mes, respectivamente. Esto demuestra que, el área de enderezado tiene la capacidad de producir un mayor número de piezas.

El estudio de la capacidad instalada y real del área de enderezado, alistado y pintura demuestra que las áreas no trabajan de manera equilibrada. Aunque el enderezado tiene la capacidad de procesar un mayor número de piezas, esta ventaja no se aprovecha completamente porque las etapas de alistado y pintura tienen una capacidad menor y requieren más tiempo para finalizar cada pieza. Como resultado, estas áreas limitan el flujo del proceso y reducen la producción total del sistema.

Diagrama de Flujo

Con el propósito de lograr una comprensión integral y técnica de las operaciones en el área de estudio, se procede a desglosar el flujo de trabajo en sus tres etapas: enderezado, alistado y pintura. Esta segmentación permite analizar de manera independiente las variables que afectan el rendimiento de cada sección. El ciclo operativo comienza en el área de enderezado, cuyo flujo detallado se exhibe en la Figura 35. Este diagrama no solo describe la secuencia de actividades, sino que sirve como base para identificar los puntos de decisión y las posibles demoras que impactan en el tiempo de entrega final del vehículo.

Figura 35 Diagrama de Flujo del área de enderezado.

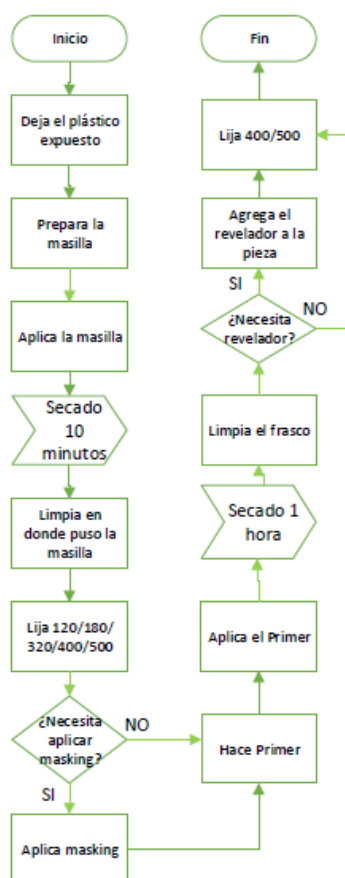


Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El proceso de enderezado es el más rápido dentro de la secuencia productiva, debido a que no contempla tiempos de espera obligatorios, como los asociados al secado de materiales. Esta etapa se caracteriza por actividades principalmente mecánicas, las cuales se ejecutan de forma continua y permiten una mayor fluidez en la operación. Como consecuencia, el enderezado presenta un menor tiempo estándar por pieza en comparación con las etapas de alistado y pintura, lo que le permite procesar un mayor volumen de piezas en un mismo periodo de tiempo.

Continuando con la secuencia lógica del proceso, se presenta la Figura 36 Diagrama de Flujo del área de alistado. Esta etapa es fundamental, ya que actúa como el control de calidad intermedio donde se corrigen imperfecciones superficiales antes de la aplicación de la pintura. En el diagrama se puede observar las fases preparatorias que aseguran la adherencia de los materiales y el acabado final del vehículo. Sin un flujo de alistado eficiente, el trabajo de pintura podría presentar defectos, lo que aumentaría los costos por procesos repetidos.

Figura 36 Diagrama de Flujo del área de alistado.

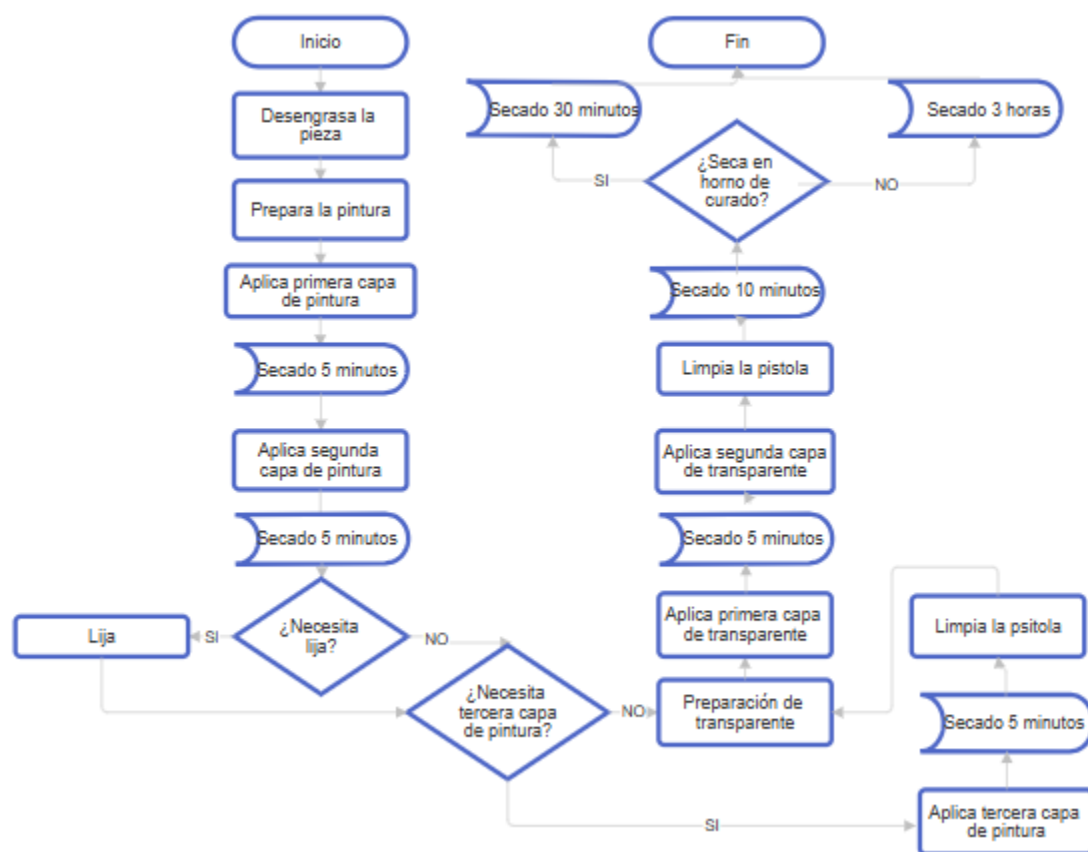


Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El proceso de alistado es el segundo más corto dentro de la secuencia productiva; sin embargo, a diferencia del enderezado, este sí contempla tiempos de espera obligatorios. Durante esta etapa se requiere un tiempo aproximado de 10 minutos para el secado de la masilla y una hora para el secado del primer, los cuales son necesarios para garantizar la calidad del acabado. Estas esperas incrementan el tiempo total del proceso y reducen la capacidad efectiva del área, limitando la cantidad de piezas que pueden avanzar hacia la etapa de pintura.

Finalmente, la Figura 37 muestra el diagrama de flujo que rige las actividades en el área de pintura, completando así las tres áreas de estudio.

Figura 37 Diagrama de Flujo del área de pintura.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

En el área de pintura se dispone de dos hornos con diferentes capacidades de secado. El primero corresponde al horno de curado, el cual permite un secado acelerado de las piezas en un tiempo

aproximado de 30 minutos, de este horno hay 3 en el área de pintura. El segundo horno cuenta con un proceso de secado menos potente, cuyo tiempo se extiende hasta 3 horas, lo que incrementa significativamente el tiempo total del proceso, de este horno hay 2 en el área de pintura.

Debido a esta diferencia, cuando las piezas no son secadas en el horno de curado, el tiempo de permanencia en la etapa de pintura se prolonga considerablemente. Esta situación genera mayores tiempos de espera, acumulación de piezas en proceso y una reducción de la capacidad real del área, afectando el flujo continuo de producción y la eficiencia operativa del sistema.

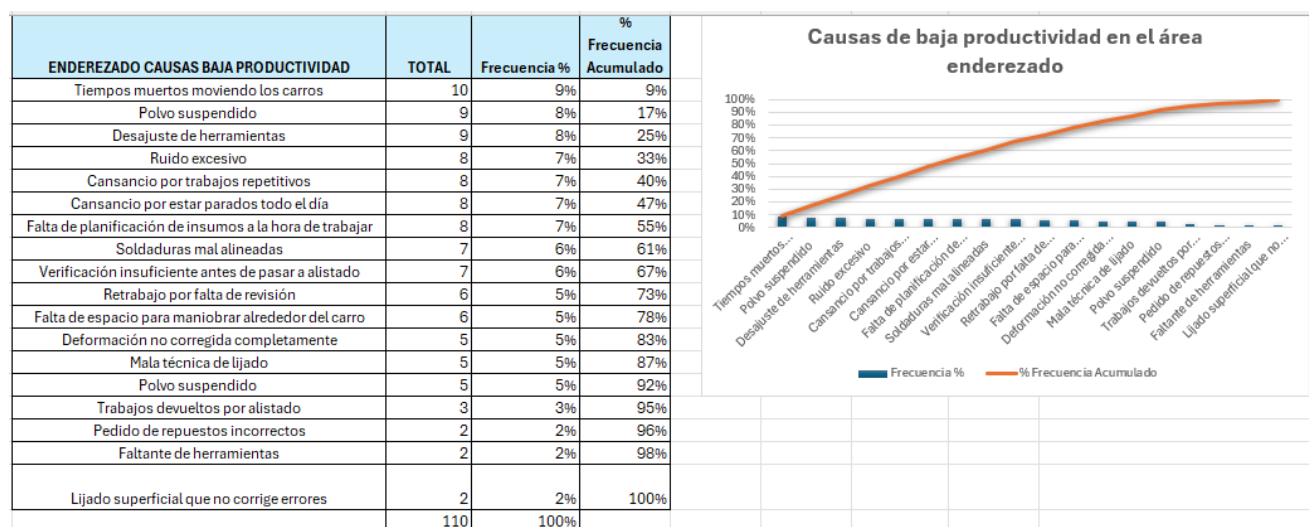
Diagrama de Pareto

Para identificar y priorizar las causas raíz que impactan negativamente la productividad en las áreas de enderezado, alistado y pintura, se aplicó el Principio de Pareto (Regla 80/20). Esta técnica permite enfocar los esfuerzos de mejora en el reducido número de causas que generan la mayor parte de los problemas.

Diagrama de Pareto del área de enderezado.

El análisis de Pareto se enfocó en clasificar las incidencias que resultan en baja productividad y tiempos muertos dentro del área de enderezado. La Figura 38 muestra las frecuencias absolutas y el diagrama de Pareto resultante que sirvió de base para la identificación de las causas críticas.

Figura 38 Diagrama de Pareto del área de enderezado.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El estudio determinó que las siguientes causas, detalladas a continuación, representan conjuntamente más del 80% de la totalidad de las incidencias que afectan la eficiencia y el flujo de trabajo en el área de enderezado:

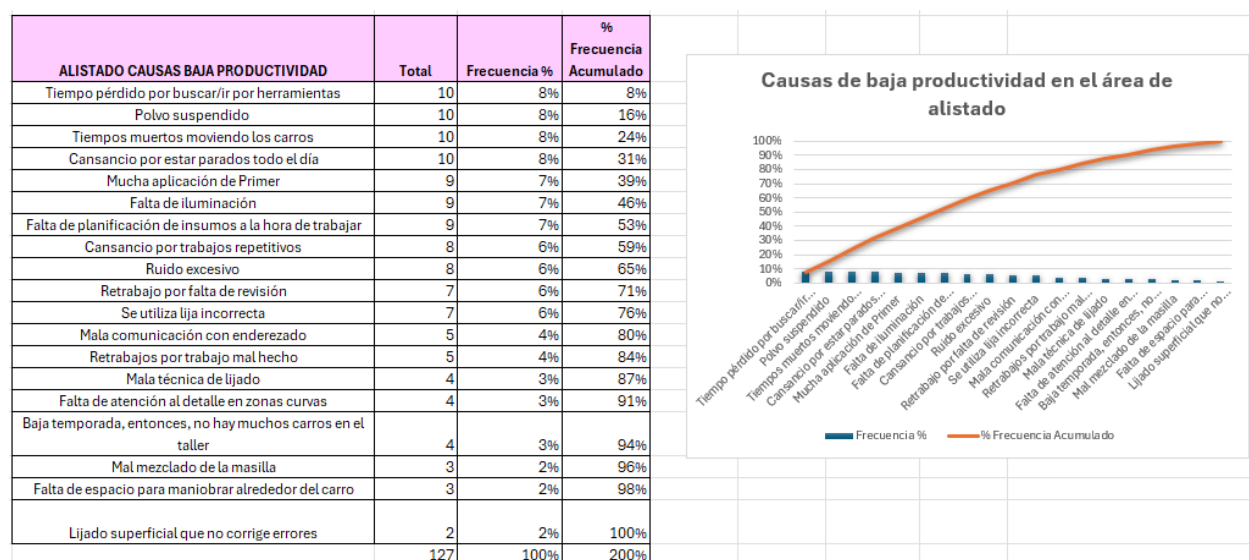
1. Tiempos muertos moviendo los carros: Relacionado con la falta de espacio y la organización del layout de la estación de trabajo.
2. Polvo suspendido: La presencia de polvo en el ambiente afecta la visibilidad y la calidad del trabajo, obligando a realizar limpiezas frecuentes o a repetir tareas. Además, incrementa el riesgo de contaminación de las superficies, lo que puede provocar retrabajos en etapas posteriores.
3. Desajuste de herramientas: Las herramientas en mal estado generan errores y aumentan el tiempo de trabajo.
4. Ruido excesivo: Reduce la concentración del personal y afecta el rendimiento.
5. Cansancio por trabajos repetitivos: La repetición constante de tareas provoca fatiga y disminuye la productividad.
6. Cansancio por estar parados todo el día: La falta de pausas y condiciones ergonómicas reduce el desempeño del operario.
7. Falta de planificación de insumos: Conlleva a paros inesperados en la operación ya que los operarios no tienen los insumos necesarios para trabajar y tienen que ir a buscarlos.
8. Soldaduras mal alineadas: Defecto de calidad que exige corrección y, por ende, tiempo adicional no productivo.
9. Verificación insuficiente antes de pasar a alistado: Representa la transferencia de defectos al siguiente proceso, ya que no hay un proceso de revisión.
10. Retrabajo por falta de revisión: Actualmente, la supervisión de las etapas de enderezado, alistado y pintura recae sobre un responsable con múltiples funciones, lo que limita su capacidad de inspección directa. Esta saturación de tareas impide un seguimiento continuo del procedimiento, derivando en la detección de defectos únicamente en la etapa final, en lugar de corregirlos durante el proceso.
11. Falta de espacio para maniobrar alrededor del carro: Las limitaciones de espacio dificultan el trabajo y generan demoras.
12. Deformación no corregida completamente: Fallo que será detectado en fases posteriores, generando retrasos.

Estas causas representan más del 80 % de las incidencias que afectan la productividad del área de enderezado, siendo especialmente críticas las relacionadas con movimientos innecesarios, retrabajos y verificación deficiente.

Diagrama de Pareto del área de alistado.

El análisis continua con la aplicación del Diagrama de Pareto en el área de alistado, con el objetivo de analizar las causas principales que generan improductividad y retrasos en esta fase crucial antes de la pintura. La Figura 39 presenta las frecuencias registradas y el diagrama resultante del área de alistado.

Figura 39 Diagrama de Pareto del área de alistado.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Las siguientes doce causas fueron identificadas como el 80% de la baja productividad documentada en el área de alistado:

1. Tiempo perdido por buscar/ir por herramientas: Causa relacionada con la organización del puesto de trabajo (layout) que genera movimientos y tiempos que no tiene valor agregado.
2. Polvo suspendido: Polvo que queda al lijar en seco que afecta la calidad del acabado y puede forzar interrupciones o correcciones.
3. Tiempos muertos moviendo los carros: Incidencia similar a la del área de enderezado, vinculada a restricciones de espacio y fluidez de material.

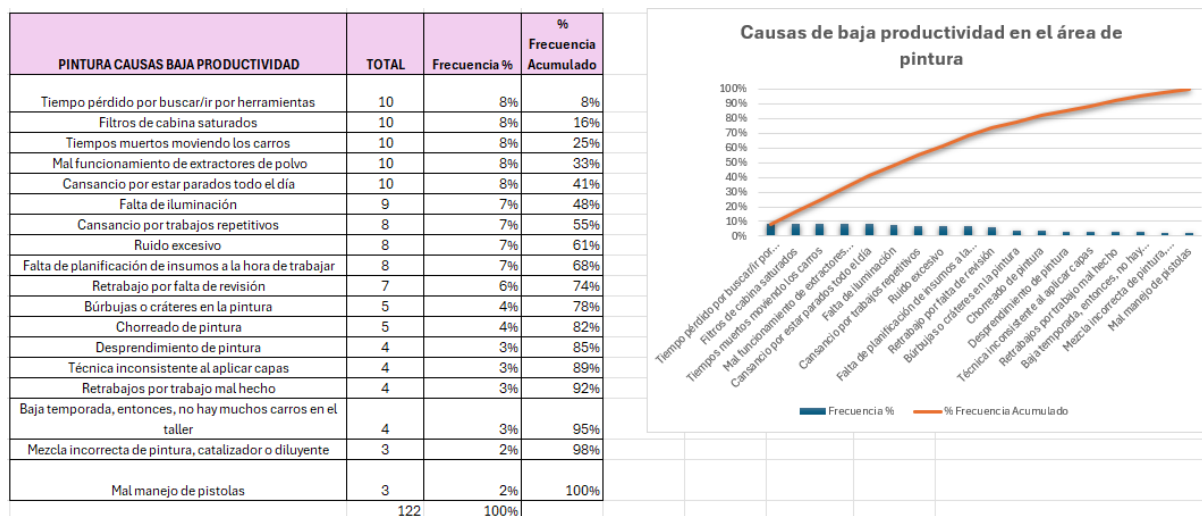
4. Cansancio por trabajos repetitivos: La repetición constante de tareas provoca fatiga y disminuye la productividad.
5. Cansancio por estar parados todo el día: La falta de pausas y condiciones ergonómicas reduce el desempeño del operario.
6. Mucha aplicación de Primer: Indica un exceso en el uso de material y un error en la técnica de aplicación.
7. Falta de iluminación: Factor ambiental que compromete la visibilidad para tareas de alta precisión, como el lijado y la preparación.
8. Falta de planificación de insumos: Conlleva a paros inesperados en la operación ya que los operarios no tienen los insumos necesarios para trabajar y tienen que ir a buscarlos.
9. Ruido excesivo: Factor ambiental que afecta la concentración y se da la posibilidad que se cometan errores.
10. Retrabajo por falta de revisión: Actualmente, la supervisión de las etapas de enderezado, alistado y pintura recae sobre un responsable con múltiples funciones, lo que limita su capacidad de inspección directa. Esta saturación de tareas impide un seguimiento continuo del procedimiento, derivando en la detección de defectos únicamente en la etapa final, en lugar de corregirlos durante el proceso.
11. Uso de lija incorrecta: Falla técnica que puede comprometer la calidad de la superficie y, potencialmente, requerir corrección en etapas posteriores.
12. Mala comunicación con enderezado: El defecto transferido de enderezado no fue notificado o no se corrigió correctamente, entonces, se presenta un reproceso.

Aunque existen muchas causas, solo estas 12 concentran el 80 % del problema, por lo que las acciones de mejora deben enfocarse prioritariamente en ellas.

Diagrama de Pareto del área de pintura.

Finalmente, se aplicó la metodología de Pareto al área de pintura, que representa la etapa final del proceso. Este análisis es fundamental, ya que los defectos en esta fase tienen un impacto directo en el producto terminado y en la necesidad de retrabajos. La Figura 40 ilustra las frecuencias de las incidencias y el diagrama de Pareto resultante para el área de pintura.

Figura 40 Diagrama de Pareto del área de pintura.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Las causas críticas según el 80/20 son:

- Tiempo perdido por buscar/ir por herramientas: Causa relacionada con la organización del puesto de trabajo (layout) que genera movimientos y tiempos no valor agregado.
- Filtros de cabina saturados: Causa crítica relacionada con el mantenimiento preventivo y las condiciones ambientales de la cabina. Afecta directamente la calidad del acabado.
- Tiempos muertos moviendo los carros: Persistencia de un problema de layout.
- Mal funcionamiento de extractores de polvo: Fallo en el sistema de ventilación, lo que incrementa la presencia de contaminantes y la probabilidad de defectos en la pintura.
- Cansancio por estar parados todo el día: La falta de pausas y condiciones ergonómicas reduce el desempeño del operario.
- Falta de iluminación: Condición ambiental deficiente que dificulta la inspección visual de la calidad de la aplicación de pintura.
- Cansancio por trabajos repetitivos: La repetición constante de tareas provoca fatiga y disminuye la productividad.
- Ruido excesivo: Factor ambiental que afecta la concentración y se da la posibilidad que se cometan errores.
- Falta de planificación de insumos: Conlleva a paros inesperados en la operación ya que los operarios no tienen los insumos necesarios para trabajar y tienen que ir a buscarlos.

- Retrabajo por falta de revisión: Actualmente, la supervisión de las etapas de enderezado, alistado y pintura recae sobre un responsable con múltiples funciones, lo que limita su capacidad de inspección directa. Esta saturación de tareas impide un seguimiento continuo del procedimiento, derivando en la detección de defectos únicamente en la etapa final, en lugar de corregirlos durante el proceso.
- Burbujas o cráteres en la pintura: Defecto de calidad resultado de una mala preparación de la superficie o aplicación incorrecta.
- Chorreado de pintura: Defecto de aplicación por exceso de material o técnica deficiente. Causa directa de retrabajo.

El análisis de Pareto evidencia que las fallas operativas y ergonómicas, junto con problemas del sistema de pintura, concentran la mayor parte de la baja productividad.

Análisis de los problemas en el taller de Adobe Rent a Car

El análisis de Pareto aplicado a las áreas de enderezado, alistado y pintura permitió identificar que la baja productividad del taller no se debe a una única causa aislada, sino a la combinación de fallas operativas, organizacionales, ergonómicas y técnicas. Estas causas generan altos tiempos muertos, retrabajos frecuentes y una utilización ineficiente de los recursos disponibles, afectando directamente el flujo de trabajo y la eficiencia global del proceso de reparación.

Uno de los principales problemas detectados en el taller corresponde a la existencia de elevados tiempos muertos o improductivos, originados principalmente por el desplazamiento innecesario de los vehículos dentro del taller, la búsqueda constante de herramientas y la falta de planificación en la asignación de tareas. En el taller se pierde en promedio 20 minutos solo moviendo de un lugar a otro los vehículos, se genera un tiempo muerto considerable en el que no se está reparando nada, sino solo despejando espacio para que entren otros carros.

Otro problema relevante identificado en el taller es la ausencia de supervisión formal durante la ejecución de los procesos. Esta situación provoca que la calidad del trabajo dependa en gran medida del conocimiento, la experiencia y los criterios individuales de cada operario, generando variabilidad en la forma de ejecutar las tareas. La falta de verificación incrementa la probabilidad de errores y contribuye a la generación de retrabajos, especialmente en las áreas de alistado y pintura, donde la precisión y el cumplimiento de procedimientos son determinantes para la calidad del acabado final.

Asimismo, se identificaron problemas recurrentes de contaminación durante el proceso enderezado, alistado y pintura asociados a la deficiente limpieza de las áreas de trabajo, la acumulación de polvo en suspensión y el inadecuado funcionamiento de los sistemas de extracción y filtrado de la cabina (pintura). Estas condiciones favorecen la adherencia de partículas contaminantes sobre la superficie del vehículo durante la aplicación de la pintura, lo que genera defectos visibles en el acabado y obliga a realizar reprocesos para corregirlos. La contaminación, además de afectar la calidad, incrementa los tiempos de ciclo y el consumo de materiales, impactando negativamente en la productividad del taller.

Por último, los retrabajos frecuentes representan una de las principales consecuencias de los problemas operativos identificados en el taller. En promedio, hay entre 10 y 20 reprocesos por semana, concentrándose principalmente en las áreas de alistado y pintura. Estas reincidencias se originan, en su mayoría, por defectos como chorreado de pintura, mal alistado de superficies (especialmente un lijado inadecuado), errores en la elaboración o revisión del color y contaminación de la superficie durante el proceso de pintura y alistado. En contraste, el área de enderezado presenta un nivel mínimo de retrabajos, ya que, al tratarse de un proceso secuencial (enderezado–alistado–pintura), los defectos asociados a esta etapa suelen ser detectados durante el alistado, lo que provoca la devolución de la pieza para correcciones menores antes de continuar con el flujo del proceso. No obstante, incluso estos ajustes mínimos generan interrupciones, incrementan los tiempos de ciclo y contribuyen al aumento de los tiempos de entrega al cliente.

Medición de las Consecuencias

El presente apartado tiene como objetivo evaluar el impacto económico derivado a la producción del taller de Adobe Rent a Car. Para ello, se integra un análisis de riesgos detallado y una evaluación de la capacidad operativa, permitiendo determinar de mejor manera la situación actual.

Análisis de capacidad

El análisis de capacidad se realizó mediante la comparación entre el Fondo de Régimen de Trabajo (FRT) y el Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD). El FRT representa la capacidad máxima teórica del sistema bajo condiciones ideales, mientras que el FTPD considera únicamente los recursos realmente disponibles para la operación. Por lo tanto, se muestra los datos y los resultados del Fondo de Régimen de Trabajo (FRT) y el Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD).

Fondo de Régimen de Trabajo (FRT).

Para realizar el Fondo de Régimen de Trabajo (FRT) se toma en cuenta la Figura 41:

Figura 41 Fórmula Fondo de Régimen de Trabajo en el área de enderezado, alistado y pintura.

$$FRT = DL * TS * NPT$$

Nota: Castillo y Espinosa (2018)

Tomando en cuenta la Figura 41, se procede a hacer la Tabla 14 Fondo de Régimen de Trabajo en el área de enderezado, alistado y pintura.

Tabla 14 Fondo de Régimen de Trabajo en el área de enderezado, alistado y pintura.

DL	TS	NPT	Resultado FRT
2 meses.	8,5 horas	13 enderezado	2541,50 enderezado
23 días al mes.		5 pintura	977,50 pintura
Días entre martes/miércoles/jueves.		11 alistado	2150,50 alistado

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Los resultados de la Tabla 14 evidencian la capacidad máxima teórica del sistema productivo para el periodo analizado (2 meses). El proceso de enderezado presenta un FRT de 2 541,5 horas, seguido del proceso de alistado con 2 150,5 horas, mientras que el proceso de pintura alcanza 977,5 horas. Estas diferencias se explican principalmente por la cantidad de puestos de trabajo asignados a cada proceso, lo cual influye directamente en el volumen de horas–puesto de trabajo disponibles. En este sentido, el FRT refleja el potencial productivo del sistema bajo condiciones ideales de operación.

Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD).

Para realizar el Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD) se realiza la Figura 42:

Figura 42 Fondo de Tiempo Productivo Disponible en el área de enderezado, alistado y pintura.

$$FTPD = DL * TS * NPTA$$

Nota: Castillo y Espinosa (2018)

Se procede a realizar la Tabla 15 Fondo de Tiempo Productivo Disponible en el área de enderezado, alistado y pintura.

Tabla 15 Fondo de Tiempo Productivo Disponible en el área de enderezado, alistado y pintura.

DL	TS	NPTA	FTPD
2 meses.	8,5 horas	3 enderezado	586,5 enderezado
23 días al mes.		5 pintura	977,5 pintura
Días entre martes/miércoles/jueves.		7 alistado	1368,5 alistado

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Tabla 15 muestra la capacidad real efectiva del sistema productivo al considerar únicamente los puestos de trabajo activos durante el periodo de estudio. En este caso, el proceso de enderezado dispone de 586,5 horas, el proceso de pintura mantiene 977,5 horas, y el proceso de alistado alcanza 1 368,5 horas. Estos resultados evidencian que no toda la capacidad instalada se encuentra disponible para la producción, particularmente en el proceso de enderezado, donde la reducción es significativa.

Los resultados obtenidos coinciden con el análisis de capacidad instalada realizado previamente. El área de enderezado presenta la mayor capacidad de producción, con aproximadamente 396 piezas al mes, mientras que el alistado y la pintura tienen capacidades menores, con 119 y 110 piezas al mes, respectivamente. Esto se debe a que el enderezado cuenta con más puestos de trabajo y un tiempo de proceso más corto por pieza, lo que le permite trabajar más rápido.

Sin embargo, al comparar el Fondo de Régimen de Trabajo (FRT) con el Fondo de Tiempo Productivo Disponible (FTPD), se observa que no toda la capacidad instalada se aprovecha en la práctica. Aunque el enderezado tiene muchas horas disponibles, su producción se ve limitada porque las etapas siguientes, especialmente el alistado y la pintura, tardan más en completar cada pieza.

En consecuencia, la producción total del sistema está determinada por el proceso más lento. En este caso, el alistado y la pintura funcionan como un cuello de botella, ya que incluyen tiempos de secado y otras restricciones operativas que reducen el flujo del trabajo. Por esta razón, el enderezado no puede utilizar toda su capacidad, aun cuando tiene el potencial para producir más.

Análisis de riesgos

El análisis de riesgos es una herramienta que permite identificar los peligros presentes en un proceso, evaluar su nivel de riesgo según la gravedad y la probabilidad de ocurrencia. De tal modo, se presenta la Tabla 16, que sistematiza el diagnóstico de riesgos en el área de enderezado, alistado y pintura, permitiendo priorizar las intervenciones de seguridad en cada etapa del flujo de trabajo.

Tabla 16 Análisis de riesgos del área de enderezado, alistado y pintura.

Peligro / Riesgo	Fuente del peligro	Consecuencia posible	Gravedad (1-5)	Probabilidad (1-5)	NR = G x P	Clasificación	Medidas de control existentes	Medidas de control recomendadas
Golpes con herramientas manuales y equipos.	Herramientas manuales, mangueras, pistolas.	Golpes, hematomas, fracturas.	2	2	4	Bajo.	Ninguno.	Colocar soportes para mangueras, organizar cables.
Cortes con herramientas filosas.	Cuchillas, espátulas, lijás.	Cortes en manos y dedos.	3	2	6	Medio.	Uso básico de guantes.	Guantes anticorte, almacenamiento seguro.
Inhalación de solventes.	Pinturas, diluyentes, desengrasantes.	Mareos, irritación.	4	5	20	Muy Alto.	Ventilación natural.	Mejor ventilación y mascarillas para vapores.
Trabajo prolongado de pie.	Estaciones fijas.	Fatiga, várices.	2	5	10	Medio.	Ninguna.	Estiramientos y cambios de postura.
Variación en la carga diaria de trabajo.	Falta de planificación diaria.	Saturación o tiempos muertos.	3	2	6	Medio.	Asignación informal de tareas.	Planificación diaria básica de trabajos.
Insuficiente control de calidad en proceso.	Falta de revisiones.	Reprocesos.	4	4	16	Alto.	Revisión final del trabajo.	Revisiones rápidas entre procesos.
Limitaciones físicas del layout del taller.	Distribución inadecuada del área.	Movimientos innecesarios.	3	5	15	Alto.	Distribución actual.	Reordenar áreas según el flujo del proceso.
Falta de integración entre planificación y ejecución.	Comunicación deficiente.	Cambios constantes y confusión.	4	1	4	Bajo.	Indicaciones verbales.	Reunión corta diaria de coordinación.
Pérdida de tiempo por autorizaciones tardías.	Procesos administrativos lentos.	Esperas sin producción.	3	2	6	Medio.	Autorización centralizada.	Definir responsables y tiempos de aprobación.
Variabilidad en	Diferentes tipos de	Atrasos en entrega.	3	2	6	Medio.	Tiempos de secado estimados	Estandarizar tiempos de secado,

Peligro / Riesgo	Fuente del peligro	Consecuencia posible	Gravedad (1-5)	Probabilidad (1-5)	NR = G x P	Clasificación	Medidas de control existentes	Medidas de control recomendadas
tiempos de secado	hornos en el taller.						de forma empírica.	registrar condiciones ambientales, usar checklist antes de pasar a la siguiente etapa.
Incapacidad de detectar cuellos de botella a tiempo.	Falta de control en los reprocesos.	Sobrecarga de áreas.	4	4	16	Muy Alto.	Supervisión visual (muy poca) y comunicación informal entre áreas.	Implementar control simple de tiempos por área, reuniones cortas diarias y registro básico de atrasos.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Tabla 16 evidencia la presencia de riesgos operativos, ergonómicos y de gestión que afectan la productividad del taller. Destacan como más críticos la inhalación de solventes y la dificultad para identificar cuellos de botella, debido a su alta probabilidad y consecuencias. Asimismo, la falta de control de calidad en el proceso, las limitaciones del layout y la deficiente coordinación entre áreas generan reprocesos y atrasos. Los riesgos de nivel medio, aunque menos severos, contribuyen de forma acumulativa a pérdidas de eficiencia, por lo que se requiere la aplicación de medidas de control simples orientadas a la mejora del control del proceso.

Consecuencias económicas

En esta sección se analiza las consecuencias económicas que ha experimentado la empresa como resultado de los reprocesos generados durante su proceso productivo. Estos reprocesos representan un impacto económico directo, ya que obligan a la empresa a destinar nuevamente tiempo, mano de obra y recursos materiales para corregir trabajos previamente realizados. En consecuencia, se presenta la Tabla 17 Consecuencias económicas de los reprocesos en el taller de Adobe Rent a Car., donde se detallan los costos asociados a esta situación, tomando como referencia que el costo de reparación de una pieza grande es de aproximadamente 60 000 colones.

Tabla 17 Consecuencias económicas de los reprocesos en el taller de Adobe Rent a Car.

Reprocesos por Semana	Costo del Reproceso Semanal	Costo del Reproceso Mensual	Costo del Reproceso Anual	Piezas Reprocesadas al Mes	Piezas Reprocesadas al Año
10	600 000	2 598 000	31 176 000	40	480
20	1 200 000	5 196 000	62 352 000	80	960

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Tabla 17 evidencia una relación directamente proporcional entre la cantidad de reprocesos semanales y el impacto económico del proceso. En el escenario de 10 reprocesos por semana, se reprocesan aproximadamente 40 piezas al mes, lo que equivale a 480 piezas al año, generando un costo mensual de ₡2 598 000. Este escenario, aunque representa el nivel más bajo de reprocesos, implica un impacto económico significativo y sostenido a lo largo del año.

En el escenario de 20 reprocesos por semana, la cantidad de piezas reprocesadas se duplica hasta 80 piezas mensuales y 960 piezas anuales, lo que incrementa el costo mensual a ₡5 196 000. Este comportamiento refleja cómo un aumento en los reprocesos no solo afecta la eficiencia operativa, sino que también eleva de manera considerable los costos, comprometiendo la rentabilidad del proceso.

El análisis de estos resultados permite concluir que un aumento en la frecuencia de reprocesos genera un impacto económico significativo para la empresa, ya que los recursos destinados a corregir trabajos previamente realizados podrían emplearse en nuevas reparaciones, afectando la eficiencia operativa y la rentabilidad del taller.

Análisis de las Causas

Para abordar el déficit de productividad en el taller de Adobe Rent a Car, se realiza un análisis de causa raíz fundamentado en dos herramientas clave: el Diagrama de Ishikawa, que permite organizar las causas potenciales, y el 5 Por qué, orientados a identificar el origen fundamental de las ineficiencias.

Diagrama de Ishikawa

Con el fin de profundizar en el diagnóstico de la baja productividad en el área de enderezado, alistado y pintura, se desarrolló la Figura 43 Diagrama de Ishikawa causas de la baja productividad. Esta herramienta permite categorizar y visualizar las causas raíz, facilitando la identificación de los nudos críticos en el proceso operativo.

Figura 43 Diagrama de Ishikawa causas de la baja productividad.

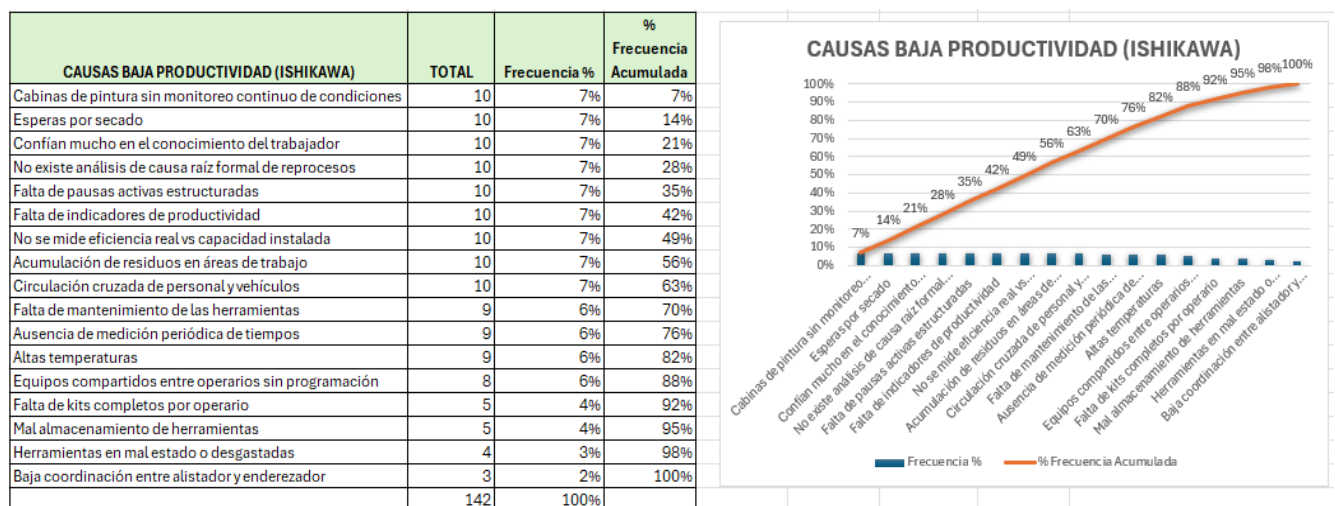


Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Diagrama de Pareto

Con el fin de jerarquizar los problemas detectados en el Diagrama de Ishikawa, se desarrolló un Diagrama de Pareto. Los datos de frecuencia se obtuvieron mediante una entrevista y un proceso de multivoto con expertos del área (2 personas asignadas), asignando una puntuación máxima de 5 a las causas más recurrentes. La Figura 44 ilustra estas frecuencias y permite identificar los factores que impactan mayormente en la productividad.

Figura 44 Diagrama de Pareto de acuerdo con el Diagrama de Ishikawa.



Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Aplicando la regla del 80/20, se determinó que la mayor parte de la baja productividad proviene de un grupo específico de factores. Por lo tanto, se ha establecido dar prioridad a las siguientes causas:

1. Cabinas de pintura sin monitoreo continuo de condiciones: Como no hay una limpieza cada cierto tiempo, la suciedad impacta la calidad del trabajo, genera retrabajos y aumenta los tiempos de corrección.
2. Esperas por secado: Los tiempos de secado generan pausas obligatorias en el proceso que, si no se coordinan adecuadamente, provocan acumulación de trabajo y tiempos muertos.
3. Confían mucho en el conocimiento del trabajador: La falta de procedimientos estandarizados hace que el proceso dependa de la experiencia individual, generando variabilidad y errores.
4. No existe análisis de causa raíz formal de reprocesos: La falta de control sobre los reprocesos impide conocer sus causas y corregirlas oportunamente.
5. Falta de pausas activas estructuradas: La exposición prolongada a tareas repetitivas y sin pausas activas provoca fatiga, reduciendo la precisión y el rendimiento.
6. Falta de indicadores de productividad: Sin indicadores claros, no se puede evaluar el desempeño del área.
7. No se mide eficiencia real vs capacidad instalada: La ausencia de medición impide conocer si el taller está aprovechando su capacidad, dificultando la detección de cuellos de botella y pérdidas de productividad.
8. Acumulación de residuos en áreas de trabajo: La mala limpieza genera incomodidad y afecta la salud del trabajador, disminuyendo su desempeño.
9. Circulación cruzada de personal y vehículos: El cruce constante provoca interrupciones, riesgos de accidentes y retrasos en el flujo normal del proceso.
10. Falta de mantenimiento de las herramientas: El mal estado de las herramientas provoca fallas durante la operación, interrupciones del trabajo y retrabajos, lo que incrementa los tiempos muertos y reduce la productividad.
11. Ausencia de medición periódica de tiempos: Al no medir los tiempos reales del proceso, no es posible identificar retrasos ni oportunidades de mejora.
12. Altas temperaturas: Las altas temperaturas provocan fatiga y deshidratación, disminuyendo la concentración y la productividad del personal.

En síntesis, estas causas concentran la mayor parte de la baja productividad, ya que generan tiempos muertos, reprocesos y fatiga en los trabajadores, afectando directamente el flujo del proceso y el aprovechamiento de la capacidad del taller.

5 por qué

Con el fin de identificar la causa raíz de la baja productividad en las áreas de enderezado, alistado y pintura, se aplicó la herramienta de análisis 5 Porqués. Esta metodología permite profundizar de forma sistemática un problema, formulando preguntas consecutivas de “por qué” hasta llegar a la causa principal que origina las deficiencias observadas en el proceso productivo.

Se introduce la Tabla 18 con el fin de analizar las principales causas que influyen en la baja productividad del área de enderezado, alistado y pintura. La información presentada permite identificar los factores que limitan el rendimiento del área, evidenciando la necesidad de atender aspectos relacionados con la planificación del trabajo, la asignación de recursos y el control del proceso, con el propósito de mejorar la continuidad operativa y reducir las ineficiencias que afectan la productividad general.

Tabla 18 Herramienta 5 porqué de la baja productividad del área de enderezado, alistado y pintura.

1 porqué	2 porqué	3 porqué	4 porqué	5 porqué
¿Por qué hay baja productividad en el área de enderezado, alistado y pintura?	¿Por qué no existe un control constante?	¿Por qué no hay un supervisor dedicado a esa supervisión continua?	¿Por qué el Jefe de Taller tiene múltiples responsabilidades adicionales?	¿Por qué no cuenta con un asistente o personal de apoyo?
Porque no existe un control constante sobre el trabajo realizado en las áreas, lo que provoca retrabajos, inconsistencias y tiempos muertos.	Porque no hay un supervisor dedicado que revise de forma continua el avance y la calidad del trabajo en cada etapa del proceso.	Porque el Jefe de Taller tiene múltiples responsabilidades adicionales, lo que le impide dar seguimiento permanente a las labores de enderezado, alistado y pintura.	Porque no cuenta con un asistente o personal de apoyo que asuma tareas operativas y administrativas, liberándolo para supervisar directamente los procesos productivos.	Porque la estructura organizacional actual no contempla ese puesto, y no se ha priorizado la contratación de apoyo operativo para mejorar la supervisión y la productividad del taller.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Tabla 18 evidencia que la baja productividad se origina principalmente en la falta de un control constante del trabajo, lo cual genera retrabajos, inconsistencias y tiempos muertos. Esta situación se debe a la ausencia de un supervisor dedicado, ya que el Jefe de Taller asume múltiples responsabilidades adicionales que le impiden realizar una supervisión continua. A su vez, esta sobrecarga se explica por la falta de un asistente o personal de apoyo, derivada de una estructura organizacional que no contempla dicho puesto ni prioriza la contratación de apoyo operativo.

En conclusión, este capítulo de análisis de la situación actual muestra que el taller mantiene un alto nivel de producción, pero no con la calidad esperada, ya que los índices Cp y Cpk en las áreas de enderezado, alistado/pintura son menores a 1.33, lo que indica que el proceso no es completamente capaz. Además, se identifican problemas de ergonomía, como cansancio, ruido y polvo suspendido, así como reprocesos frecuentes por falta de supervisión, tiempos perdidos en la búsqueda de materiales y ausencia de indicadores de productividad, factores que afectan la eficiencia y el control del proceso.

En conjunto, estos hallazgos evidencian la necesidad de diseñar un sistema de gestión de productividad, que permita mejorar la organización del proceso productivo, establecer controles de calidad y definir indicadores de desempeño. Esto con el fin de reducir los reprocesos, optimizar los tiempos de operación y mejorar las condiciones de trabajo dentro del taller.

CAPÍTULO V DISEÑO

En el presente capítulo se desarrolla el diseño del sistema de gestión de productividad propuesto para el área de enderezado, alistado y pintura, el cual tiene como finalidad mejorar el desempeño operativo mediante la estandarización de procedimientos, el control de indicadores y la reducción de pérdidas productivas asociadas a reprocesos, tiempos improductivos y desorganización operativa.

El capítulo comprende tres componentes principales. En primer lugar, se presenta el diseño del sistema de gestión de productividad, donde se describen las herramientas, procedimientos operativos, formatos de registro e indicadores de control que conforman la propuesta. Posteriormente, se establece el control de la implementación, en el cual se detallan las actividades, responsables, cronograma de ejecución y mecanismos de seguimiento necesarios para asegurar la correcta puesta en marcha del sistema. Finalmente, se desarrolla el análisis económico, en el que se estiman los costos de implementación.

Diseño

El sistema de gestión de productividad diseñado para el taller de Adobe Rent a Car se plantea como una respuesta directa a los problemas identificados en el análisis de la situación actual, donde se evidenciaron deficiencias relacionadas con la suciedad en las áreas de trabajo, la falta de control de los reprocesos, el área de alistado y pintura siendo un cuello de botella, la baja estandarización de los procesos y la ausencia de indicadores que permitan evaluar el desempeño productivo de manera objetiva.

El diseño del sistema de gestión de productividad se fundamenta en un enfoque integral que combina herramientas de gestión operativa, medición de indicadores clave y participación activa del personal. De esta forma, se busca que la jefatura del taller cuente con información confiable y oportuna para la toma de decisiones, al mismo tiempo que se promueve una cultura de orden, responsabilidad y mejora continua. Asimismo, el sistema contempla la asignación clara de funciones y responsabilidades, así como mecanismos de seguimiento que permitan asegurar su correcta implementación y sostenibilidad en el tiempo.

Gestión del orden y la limpieza

Durante el análisis de la situación actual se determinó que la suciedad y el desorden en el taller afectan directamente la productividad y la calidad del servicio brindado. En particular, las áreas de alistado y pintura presentan una mayor presencia de polvo, residuos y desorden, lo que genera defectos en los acabados de los vehículos y obliga a realizar reprocesos. Esta situación incrementa los tiempos de operación, el consumo de materiales y los costos asociados, impactando negativamente el desempeño general del taller.

Ante este escenario, el sistema de gestión de productividad incorpora un enfoque específico orientado a la gestión del orden y la limpieza, con el objetivo de crear condiciones de trabajo adecuadas que reduzcan errores, reprocesos y tiempos improductivos. Este enfoque reconoce que un entorno limpio y ordenado no solo mejora la calidad del trabajo, sino que también facilita la eficiencia operativa y la seguridad del personal.

Se propone la implementación de rutinas estructuradas de limpieza diaria por puesto de trabajo, complementadas con limpiezas profundas semanales por área. Estas actividades se apoyan en el uso de una lista de verificación que permite asegurar que se realicen de manera constante. La lista de verificación semanal se verifica y hace cada jueves por los operarios en conjunto (por área), una hora antes de terminar la jornada laboral. La lista de verificación semanal se observa en la Figura 45.

Figura 45 Lista de verificación para orden y limpieza semanal por área.

Enderezado			
Fecha	Ítem a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones.
	Piso libre de polvo metálico y residuos de lijado		
	Eliminación de restos de soldadura		
	Herramientas de enderezado limpias y guardadas		
	Mangueras recoogidas y sin obstrucciones		
	Equipos eléctricos sin acumulación de polvo		
	Herramientas ordenadas		

Alistado			
Fecha	Ítem a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones.
	Piso sin polvo producto del lijado en seco		
	Superficies de trabajo libres de		
	Herramientas de lijado limpias		
	Lijas usadas retiradas del área		
	Mangueras y cables correctamente		
	Recipientes de thinner, masilla y Primer cerrados		

Pintura			
Fecha	Ítem a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones.
	Cabina de pintura libre de polvo		
	Limpieza de filtros y rejillas visibles		
	Pistolas de pintura limpias		
	Envases de pintura cerrados y rotulados		
	Piso sin residuos de pintura seca		
	Área de mezcla limpia y ordenada		

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La plantilla en Excel para su adecuada implementación se demuestra en el Apéndice 1 Control de la limpieza semanal en Excel. Esta plantilla toma en cuenta toda la información necesaria para la implementación, tomando en cuenta la lista de verificación, los responsables, la revisión, la validación y por último el formato para los indicadores necesarios para su control.

La implementación del control de limpieza diaria (Tabla 19) se realizará mediante la asignación de responsabilidades claras. Cada operario será responsable de ejecutar la limpieza diaria de su puesto de trabajo dos horas antes de finalizar la jornada laboral, asegurando que las herramientas, equipos y áreas queden en condiciones adecuadas para el siguiente día.

Tabla 19 Lista de chequeo para orden y limpieza diario.

Día	Operario	Ítem a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones
		Herramientas limpias y ordenadas.		
		Superficies sin polvo.		
		Piso barrido.		
		Mangueras enrolladas y guardadas.		
		Cúteres cerrados y guardados correctamente.		
		Recipientes de pintura, thinner, masilla y Primer cerrados.		
		Carros de transporte alineados correctamente.		
		Trapos (esponjas) en su lugar.		

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El formato en Excel para la implementación del control de limpieza diaria se puede observar en el Apéndice 2 Control de la limpieza diaria en Excel. Esta plantilla toma en cuenta toda la información necesaria para la implementación, tomando en cuenta la lista de verificación, los responsables, la revisión, la validación y por último el formato para los indicadores necesarios para su control.

Con el fin de garantizar la correcta ejecución de las rutinas de orden y limpieza establecidas en las listas de verificación diaria y semanal, se define el siguiente procedimiento de control y seguimiento:

- **Registro de la información:** A cada operario (7 en alistado y pintura / 3 en enderezado) se le entregará la lista de verificación diaria (Tabla 19), y será responsable de hacer y completar la lista de verificación diaria dos horas antes al finalizar su jornada laboral, registrando el cumplimiento de cada actividad y anotando las observaciones correspondientes cuando aplique. En el caso de la limpieza profunda semanal, los operarios del área completarán conjuntamente la lista de verificación semanal el jueves, una hora antes de finalizar la jornada laboral.
- **Revisión de la información:** El Ingeniero Industrial será responsable de revisar diariamente la lista de verificación diaria completada, verificando que las actividades hayan sido ejecutadas correctamente y que las observaciones hayan sido atendidas. Asimismo, realizará la revisión de la lista de verificación semanal al iniciar la jornada laboral el viernes.
- **Análisis y seguimiento:** El Ingeniero Industrial analizará semanalmente los resultados registrados en ambas listas, identificando incumplimientos recurrentes, áreas críticas de desorden o limpieza deficiente, y estableciendo acciones correctivas cuando sea necesario. Durante la reunión operativa corta diaria, el Ingeniero Industrial comunicará al personal los resultados del cumplimiento de limpieza por áreas.
- **Validación de la información registrada:** El Ingeniero Industrial realizará verificaciones aleatorias (10 minutos) en las áreas de trabajo con el fin de comprobar que la información registrada en las listas de verificación coincida con las condiciones reales del puesto. En caso de detectar inconsistencias, solicitará la corrección inmediata del registro y notificará al Jefe del Taller.
- **Consolidación de la información:** El Ingeniero Industrial consolidará los resultados de las listas de verificación diaria y semanal en un reporte semanal de control de limpieza, el cual permitirá visualizar el porcentaje de cumplimiento por área, operario y tipo de actividad, facilitando el análisis de tendencias.
- **Control de acciones correctivas:** Las acciones correctivas derivadas de incumplimientos deberán registrarse en un formato de seguimiento donde se indique el responsable asignado, la fecha de ejecución y el estado de cumplimiento. Este registro será revisado semanalmente por el Jefe del Taller y será realizado por el Ingeniero Industrial. Si se detectan 4 incumplimientos en un mismo día (registro diario) o 3 en una misma semana (registro semanal), se activa el registro de acción correctiva.

- **Reunión de revisión de información:** El reporte semanal será revisado quincenalmente por medio de una reunión con la Jefatura del Taller, Jefe del Taller e Ingeniero Industrial, con el fin de actualizar o revisar los formatos, frecuencias de revisión y actividades de control según las necesidades operativas del taller.

Para evaluar la eficiencia de la gestión de limpieza y orden, se han definido los siguientes indicadores clave de desempeño (KPI):

- **Indicador de Cumplimiento de Limpieza Diaria (ICLD):** Este indicador mide el grado de ejecución de las tareas rutinarias programadas en la lista de verificación diaria. Su objetivo es monitorear la consistencia de los operarios en la limpieza respectiva. Se toma en cuenta la Figura 46.

Figura 46 Indicador cumplimiento de limpieza diaria.

$$ICLD = \left(\frac{\text{Actividades cumplidas diarias}}{\text{Total de actividades programadas}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

- **Indicador de Cumplimiento de Limpieza Semanal (ICLS):** Mide la efectividad en la ejecución de actividades de limpieza profunda semanal. Su objetivo es asegurar que las tareas de mantenimiento preventivo y limpieza profunda se realicen. Se toma de referencia la Figura 47 Indicador de cumplimiento de limpieza semanal.

Figura 47 Indicador de cumplimiento de limpieza semanal.

$$ICLS = \left(\frac{\text{Actividades cumplidas en la semana}}{\text{Total de actividades programadas en la semana}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El Ingeniero Industrial será el encargado del cálculo de los índices. Este proceso se llevará a cabo de manera semanal y para el Indicador de Cumplimiento de Limpieza Diaria se hará de manera diaria. Los reportes generados se someterán a una sesión de revisión quincenal con el Jefe de Taller. En estas reuniones, se analizará la información y se formalizarán planes de acción correctiva.

Manual de limpieza basado en las 5S para el área de enderezado, alistado y pintura

Para el sistema de gestión de productividad se establece un manual de limpieza basado en las 5S (Apéndice 3) para optimizar las áreas de enderezado, alistado y pintura. Su propósito central es mejorar la productividad, prevenir accidentes y reducir tiempos muertos eliminando el desorden y la suciedad en el taller. A continuación, se detalla el resumen operativo:

- **Clasificar (Seiri):** Separar lo necesario de lo innecesario. Los operarios deben retirar herramientas dañadas, materiales obsoletos y residuos de lijado.
- **Ordenar (Seiton):** Ubicar cada elemento en un lugar definido. Incluye colocar herramientas en paneles identificados, organizar kits de trabajo y recoger mangueras tras su uso.
- **Limpiar (Seiso):** Mantener el área libre de polvo y residuos. Las tareas incluyen barrer al finalizar la jornada, limpiar el polvo de lijado y retirar restos de pintura o metal.
- **Estandarizar (Seiketsu):** Cumplir con las normas visuales y rutinas de limpieza diaria y semanal programadas.
- **Disciplina (Shitsuke):** Adoptar el orden y la limpieza como un hábito permanente, integrándolos al cierre de cada jornada laboral.

La metodología 5S fue seleccionada como base del sistema de gestión de orden y limpieza del taller, debido a que es una herramienta de Lean Manufacturing ampliamente utilizada para mejorar la organización del lugar de trabajo, reducir desperdicios y aumentar la eficiencia operativa.

Las 5S se componen de cinco principios fundamentales: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina, los cuales permiten mejorar la organización del área de trabajo, reducir tiempos improductivos por búsqueda de herramientas, disminuir errores operativos y fortalecer la seguridad laboral. Aunque existen metodologías ampliadas como 9S, estas incorporan elementos adicionales relacionados con la cultura organizacional, el compromiso y la coordinación institucional, los cuales suelen aplicarse en empresas con sistemas de gestión más desarrollados.

En el caso del taller analizado, el diagnóstico evidenció problemas principalmente relacionados con desorden en las áreas de trabajo, falta de estandarización en la ubicación de herramientas, deficiencias en la limpieza y tiempos improductivos por búsqueda de materiales. Por esta razón, la implementación de 5S resulta más adecuada, ya que permite atender directamente estos problemas operativos y obtener mejoras visibles en el corto plazo. Además, la metodología 5S es más sencilla

de aplicar, requiere menos recursos y facilita su comprensión por parte del personal operativo, lo que favorece su correcta implementación y sostenibilidad dentro del sistema de gestión de productividad.

Compra de Aspiradora.

En las áreas de enderezado, alistado y pintura se genera gran cantidad de polvo producto de lijado en seco, lo que incrementa residuos, genera reprocesos por contaminación y representa un riesgo para la calidad. Actualmente, no hay personal dedicado a barrer ni dispositivos mecánicos para manejo de polvo. Por lo tanto, se realiza el análisis para la compra de una aspiradora, en este diseño de gestión de productividad se toma en cuenta 2 opciones:

1. Robot Inteligente Aspirador Xiaomi S40C.
2. Aspiradora seco y húmedo industrial NT 38/1 de Karcher.

Con base en estas dos aspiradoras, se presenta la evaluación técnica para observar cuál es la mejor opción, esto se concibe en la Figura 48.

Figura 48 Matriz de calificación y evaluación económica.

Criterio de Evaluación	Xiaomi S40C	Karcher NT 38/1 (Industrial)	Justificación para el Taller
Capacidad de Succión	2	5	La Karcher maneja residuos pesados y líquidos; el robot es solo para polvo fino.
Durabilidad en Taller	3	5	El ambiente de un taller (golpes, humedad, virutas) dañaría rápidamente los sensores del robot.
Autonomía y Disciplina	5	2	La Karcher requiere un operario, el robot se maneja solo.
Capacidad de Depósito	2	5	La Karcher tiene 38L; el robot requiere vaciado constante con polvo de lijado.
Precio	5	4	El robot es más barato.
Carga	1	5	La Karcher no necesita carga
Movilidad en Taller	3	4	El robot se atasca con mangueras o cables; la Karcher es manual.
PUNTUACIÓN TOTAL	21	30	Ganadora: Karcher NT 38/1

Inversión inicial			
Concepto	Cantidad	Costo unitario (€)	Costo total (€)
Karcher NT 38/1 (Industrial)	1	180 000	180 000

Ahorro anual estimado		
Concepto	Cálculo	Ahorro anual (€)
Reducción de reprocesos por polvo	$31176\ 000 \times 5\%$	1558 800
Ahorro total anual estimado		1558 800

Inversión inicial: €180 000
 Ahorro anual: €1558 800
 Horizonte de evaluación: 4 años
 Tasa de descuento: 10%

Flujo de caja proyectado	
Año	Flujo de caja (€)
0	-180 000
1	1558 800
2	1558 800
3	1558 800
4	1558 800
TIR	866%
VAN	4761186

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Tomando en consideración la Figura 48, la evaluación técnica determinó que la aspiradora industrial Kärcher NT 38/1 es la alternativa más adecuada para el taller, debido a su mayor

capacidad de succión, no necesita carga, durabilidad y mayor capacidad de depósito, lo que reduce interrupciones en la operación y mejora la limpieza del área productiva.

En la evaluación económica, la inversión inicial es de ₡180 000, mientras que los beneficios generados por la reducción de reprocesos, tiempos improductivos y retrabajos alcanzan un ahorro anual estimado de ₡1 558 800. Con un horizonte de 4 años y una tasa de descuento del 10%, el proyecto presenta un VAN de ₡4 761 186 y una TIR de 886%, lo que demuestra que la inversión es altamente rentable y financieramente viable, además de mejorar la eficiencia operativa del taller.

Para garantizar el correcto funcionamiento del equipo y mantener las áreas limpias, se establece el siguiente horario de uso y responsabilidad de limpieza (Tabla 20):

Tabla 20 Horario para el uso del aspirador Karcher NT 38/1.

Área	Horario	Frecuencia
Enderezado.	8:00 a.m. – 9:00 a.m.	Diaria.
Alistado.	10:00 a.m. – 11:00 a.m.	Diaria.
Pintura.	1 p.m. – 2:00 p.m.	Diaria.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Para el mantenimiento y limpieza de la aspiradora Karcher NT 38/1, se toma en cuenta los siguientes puntos:

- **Vaciado del depósito:** El responsable del vaciado del depósito es el último operario del área que utilizó el equipo, y la frecuencia es diaria (5 minutos antes de finalizar la jornada laboral).
- **Limpieza del filtro:** El responsable de la limpieza del filtro es el Ingeniero Industrial. La frecuencia de limpieza de los filtros es una vez a la semana (cada lunes al iniciar la jornada laboral).
- **Revisión general del equipo:** El responsable de la revisión general del equipo es el Ingeniero Industrial. Se va a revisar el equipo una vez al mes para verificar que se encuentre en buenas condiciones.

Monitoreo y control de reprocesos

Los reprocesos representan una de las principales fuentes de pérdida de productividad y aumento de costos en el taller. El análisis de la situación actual evidenció que muchos reprocesos no son registrados de manera formal, lo que dificulta la identificación de sus causas y limita la

implementación de acciones correctivas efectivas. Esta falta de control genera una percepción distorsionada del desempeño real del taller y reduce la capacidad de mejora.

En respuesta a esta problemática, el sistema de gestión de productividad plantea el monitoreo constante de los reprocesos como una herramienta fundamental para la mejora continua, permitiendo analizar de manera objetiva las fallas recurrentes y sus impactos operativos y económicos. Se presenta la plantilla para el registro de control de los reprocesos diarios, que se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21 Control de los reprocesos diarios.

Día	Área	Tipo de reproceso	Causa probable	Acción inmediata	Responsable del reproceso	Hora	Costo del reproceso

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La implementación del monitoreo de reprocesos contempla el registro sistemático de cada trabajo que deba repetirse, indicando el proceso en el que se originó, el tipo de reproceso y la causa identificada. Esta información también se hará semanalmente (consolidado del registro diario), representado en la Tabla 22.

Tabla 22 Control de los reprocesos semanales (consolidado del registro diario).

HOJA DE CONTROL SEMANAL DE REPROCESOS							
Semana							
Área							
Responsable							
Observaciones							
Reproceso	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total de piezas reprocesadas	Total (general) de piezas que se terminaron
Precio							

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Para tener un control de la Tabla 21 y la Tabla 22, se toma en consideración los siguientes puntos:

- **Registro de la información:** El registro de los reprocesos será realizado diariamente por el operario responsable del trabajo en el momento en que se detecte la necesidad de repetir la operación, con la ayuda del Ingeniero Industrial. La información deberá consignarse en la tabla de control de reprocesos diarios, indicando el área donde ocurrió la falla, el tipo de reproceso, la causa probable, la acción inmediata ejecutada, el responsable y el costo estimado del reproceso.

Adicionalmente, el Ingeniero Industrial recopilará los registros diarios y elaborará el consolidado semanal en la hoja de control de reprocesos semanales.

- **Revisión de la información:** El Jefe del Taller será responsable de revisar diariamente los registros completados, verificando que la información esté completa, correctamente clasificada y que las causas probables estén claramente identificadas. En caso de inconsistencias, solicitará la corrección inmediata al operario responsable.
- **Validación de la información:** El Jefe del Taller realizará validaciones semanales para comprobar que los reprocesos registrados coincidan con las condiciones reales observadas en el proceso productivo, garantizando la confiabilidad de la información.
- **Análisis y seguimiento:** Semanalmente, el Jefe del Taller y el Ingeniero Industrial analizarán el consolidado de reprocesos (Tabla 22) identificando las fallas recurrentes, los procesos con mayor incidencia de reprocesos y las causas principales asociadas. Este análisis permitirá priorizar acciones de mejora en los procesos críticos del taller.
- **Consolidación de la información:** El Ingeniero Industrial consolidará la información semanal en un reporte semanal de reprocesos que incluirá la cantidad total de piezas reprocesadas, el costo total asociado, las áreas con mayor incidencia y la tendencia de comportamiento del indicador.
- **Control de acciones correctivas:** Cuando se detecten reprocesos recurrentes, el Jefe del Taller definirá acciones correctivas específicas, asignando responsables y fechas de cumplimiento. El Ingeniero Industrial dará seguimiento al cumplimiento de dichas acciones hasta su cierre definitivo. Si se presentan 4 reprocesos por la misma causa en una semana o 5 reprocesos totales, se activa el control de acciones correctivas.
- **Reunión de revisión de información:** Quincenalmente, la Jefatura del Taller con el Jefe del Taller y el Ingeniero Industrial revisarán los resultados consolidados de reprocesos con

el fin de evaluar la efectividad de las acciones implementadas y definir nuevas estrategias de mejora cuando sea necesario.

Para cuantificar el impacto del segmento de monitoreo y control de los reprocesos, se han definido tres indicadores clave de desempeño. Estos permitirán identificar no solo el volumen de fallos, sino también su peso económico y su ubicación.

- **Índice de Reprocesos (IR):** Este indicador mide el porcentaje de unidades que no cumplieron con los estándares de calidad a la primera inspección y requirieron intervención adicional para ser corregidas. Este índice se simboliza en la Figura 49.

Figura 49 Índice de reprocesos.

$$\text{Índice de Reprocesos} = \left(\frac{\text{Piezas Reprocesadas}}{\text{Total de Piezas Procesadas}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

- **Índice de Costo de Reprocesos (ICR):** Representa la carga financiera que suponen las actividades de corrección sobre el costo total de la manufactura. Es vital para entender cuánto margen de utilidad se está perdiendo en "calidad negativa". Para hacer este índice se toma en cuenta la Figura 50.

Figura 50 Índice de costo de reprocesos.

$$\text{ICR} = \frac{\text{Costo Total de Reprocesos}}{\text{Costo Total de Producción}}$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

- **Frecuencia de Reprocesos por Área (FRA):** Este indicador permite localizar el "cuello de botella" de la calidad. Identifica qué área del taller genera la mayor cantidad de fallos. Se representa en la Figura 51.

Figura 51 Frecuencia de reprocesos por área.

$$\text{Frecuencia de Reprocesos} = \frac{\text{Número de Reprocesos del Área}}{\text{Total de Reprocesos del Taller}}$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El Ingeniero Industrial será el encargado del cálculo de los índices. Este proceso se llevará a cabo de manera semanal. Los reportes generados se someterán a una sesión de revisión quincenal con el Jefe de Taller. En estas reuniones, se analizará la información y se formalizarán planes de acción correctiva.

Para la ejecución de este segmento del sistema de gestión de productividad, se toma en cuenta el

Apéndice 4 Control de los reprocesos en el área de enderezado, alistado y pintura en Excel. Esta plantilla contiene toda la información necesaria para su implementación, desde el formato de las tablas necesarias hasta el formato de los indicadores para su correcto control.

Reuniones operativas cortas de coordinación

La falta de comunicación efectiva entre los colaboradores fue identificada como un factor que contribuye a la descoordinación de tareas, duplicidad de esfuerzos y errores operativos. Para mejorar la organización del trabajo diario, el sistema de gestión de productividad propone la implementación de reuniones operativas cortas de coordinación.

Estas reuniones se realizarán diariamente con una duración aproximada de diez minutos y tendrán como objetivo revisar las tareas del día, asignar responsabilidades claras y dar seguimiento a problemas pendientes. Este espacio de comunicación permite alinear al equipo, anticipar dificultades y mejorar la coordinación entre los procesos del taller. La plantilla presentada (Tabla 23) se va a exhibir en un lugar visible para todos los operarios (por área), para que tengan claro lo que tienen que hacer en su jornada laboral.

Tabla 23 Registro de reunión operativa corta diaria.

Fecha	Área	Responsable	¿Tiene una acción pendiente? (Sí/No)	Acción acordada	Fecha límite

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Para el control de la sección de las reuniones operativas cortas, se identifica la siguiente información necesaria:

- **Registro de la información:** El Jefe de Taller será responsable de registrar diariamente la información generada en la reunión operativa corta utilizando la plantilla establecida (Tabla 23). En este registro se documentarán las acciones acordadas, responsables asignados, fechas límite y observaciones relevantes identificadas durante la reunión.
- **Revisión de la información:** El registro será revisado diariamente por el Ingeniero Industrial, quien verificará que las acciones hayan sido correctamente documentadas y que cada actividad tenga responsable y fecha de cumplimiento definida.

- **Validación de la información:** El Gerente de Flota validará semanalmente la información registrada, confirmando que las acciones consignadas correspondan a las necesidades reales del proceso y que los compromisos establecidos sean ejecutables.
- **Análisis y seguimiento:** El Ingeniero Industrial realizará el análisis semanal del cumplimiento de las acciones acordadas, identificando retrasos recurrentes, problemas operativos repetitivos y oportunidades de mejora en la coordinación del trabajo.
- **Consolidación de la información:** El Ingeniero Industrial consolidará la información un reporte semanal de las acciones registradas en las reuniones operativas, elaborando un resumen de tareas cumplidas, pendientes y atrasadas, el cual será presentado al Jefe de Taller.
- **Control de acciones correctivas:** Cuando se detecten 3 incumplimientos en las acciones acordadas, el Jefe de Taller definirá acciones correctivas, reasignación de responsables o ajustes en los tiempos establecidos, asegurando la continuidad del proceso operativo.
- **Reunión de revisión de información:** Los reportes semanales de las reuniones operativas cortas serán revisados quincenalmente por medio de una reunión con la Jefatura del Taller, Jefe del Taller e Ingeniero Industrial, con el fin de actualizar o revisar los formatos, frecuencias de revisión y actividades de control según las necesidades operativas del taller.

Para las reuniones cortas de coordinación, se presenta el Índice de Cumplimiento de Reuniones (ICR) (Figura 52), este índice evalúa la capacidad de supervisión para respetar los espacios de análisis y toma de decisiones frente a las urgencias del día a día en el taller.

Figura 52 Índice de cumplimiento de reuniones.

$$\text{Cumplimiento de Reuniones} = \left(\frac{\text{Reuniones Realizadas}}{\text{Reuniones Programadas}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El Ingeniero Industrial será el encargado del cálculo del índice. Este proceso se llevará a cabo de manera semanal. Los reportes generados se someterán a una sesión de revisión quincenal con el Jefe de Taller. En estas reuniones, se analizará la información y se formalizarán planes de acción correctiva.

Para el registro de las reuniones operativas cortas, se presenta una plantilla en Excel (Apéndice 5). Esta plantilla contiene toda la información necesaria para su implementación, desde el formato de las tablas necesarias hasta el formato de los indicadores para su correcto control.

Gestión de búsqueda de las herramientas

Un factor que incrementa el cuello de botella en las áreas de enderezado, alistado y pintura es el tiempo improductivo generado cuando los operarios deben desplazarse constantemente para buscar herramientas, materiales o insumos necesarios durante la ejecución del trabajo. Para reducir esta situación, el sistema de gestión de productividad propone la implementación del prelistado individual de materiales por orden de trabajo, donde cada operario prepara previamente los insumos que utilizará durante la jornada laboral.

En este enfoque, cada operario será responsable de preparar su propio kit de trabajo diario, el cual incluirá lijas, masillas, herramientas manuales y materiales necesarios según las órdenes asignadas. Se establece que cada operario dispondrá de un tiempo estándar de 15 minutos al inicio de la jornada laboral para preparar su kit de materiales a los trabajos programados. Este tiempo se considera parte de las actividades preparatorias del proceso productivo y permitirá asegurar que los materiales necesarios estén disponibles en la estación de trabajo desde el inicio de la operación.

Asimismo, cuando se presenten nuevas órdenes durante la jornada, el operario dispondrá de 5 minutos adicionales para preparar materiales específicos antes de iniciar la siguiente tarea, evitando interrupciones posteriores que afecten la productividad.

Para tener un control del tiempo de preparación del kit de herramientas, se realiza la Tabla 24 Control de búsqueda de herramientas y preparación de kit.

Tabla 24 Control de búsqueda de herramientas y preparación de kit.

Fecha	Área	Operario	Número de orden o contrato	Tiempo de preparación del kit (min)	Número de búsquedas adicionales	Tiempo de preparación del kit adicional (min)	Tiempo total de búsqueda (min)	Observaciones

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Para la ejecución de este enfoque, se considera de importancia la siguiente información:

- **Registro de la información:** El operario con ayuda del Ingeniero Industrial será responsable de registrar diariamente el tiempo utilizado para la preparación del kit de trabajo y los tiempos adicionales empleados en la búsqueda de herramientas o materiales durante la jornada laboral, utilizando la plantilla de control establecida (Tabla 24).
- **Revisión de la información:** El Jefe del Taller revisará diariamente los registros completados por los operarios, verificando que la información sea clara, completa y consistente con las actividades realizadas en la jornada.
- **Validación de la información:** El Ingeniero Industrial validará semanalmente la información registrada, confirmando que los tiempos reportados reflejen la realidad operativa del área.
- **Análisis y seguimiento:** El Ingeniero Industrial analizará semanalmente la información consolidada con el fin de identificar estaciones de trabajo con mayores tiempos de búsqueda, herramientas de alta rotación que requieren reubicación y necesidades de mejora en la organización del puesto de trabajo.
- **Consolidación de la información:** El Ingeniero Industrial consolidará semanalmente los tiempos registrados por área, elaborando un resumen que permita identificar tendencias de búsqueda de herramientas, faltantes de materiales o problemas de abastecimiento.
- **Control de acciones correctivas:** Si 5 de cada 10 kits presentan tiempos excesivos de búsqueda, el Jefe del Taller, con apoyo del Ingeniero Industrial, definirán acciones correctivas.
- **Reunión de revisión de la información:** Los registros semanales de la preparación del kit serán revisados quincenalmente por medio de una reunión con la Jefatura del Taller, Jefe del Taller e Ingeniero Industrial, con el fin de actualizar o revisar los formatos, frecuencias de revisión y actividades de control según las necesidades operativas del taller.

Para medir el impacto de la preparación de los kits, se han establecido los siguientes indicadores:

- **Tiempo Promedio de Búsqueda de Herramientas (TPBH):** Este indicador permite medir el nivel de eficiencia en la organización de las estaciones de trabajo y la disponibilidad de herramientas necesarias para la ejecución de las labores diarias. Un tiempo elevado de búsqueda refleja problemas en la ubicación de herramientas. Para la elaboración de este indicador se toma en cuenta la Figura 53.

Figura 53 Tiempo promedio de búsqueda de herramientas.

$$TPBH = \frac{\text{Tiempo Total de Búsqueda de Herramientas}}{\text{Número de Búsquedas Realizadas}}$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

- **Índice de Preparación de Kits en Tiempo Estándar (IPKE):** Mide la capacidad para tener lista la estación de trabajo antes de iniciar la producción, utilizando como referencia un estándar de 15 minutos. Se toma como referencia la Figura 54.

Figura 54 Índice de preparación de kit en tiempo estándar.

$$IPKE = \left(\frac{\text{Kits Preparados en } \leq 15 \text{ min}}{\text{Total de Kits Preparados}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El Ingeniero Industrial será el encargado del cálculo de los índices. Este proceso se llevará a cabo de manera semanal. Los reportes generados se someterán a una sesión de revisión quincenal con el Jefe de Taller. En estas reuniones, se analizará la información y se formalizarán planes de acción correctiva.

Para el registro correcto de este segmento del sistema de gestión de productividad, se presenta el Apéndice 6 Registro de la preparación del Kit en Excel. En este Excel se encuentra la plantilla correspondiente para la implementación de la preparación del Kit, donde se presenta el formato de la Tabla 24 Control de búsqueda de herramientas y preparación de kit., el responsable, la revisión, la validación y el formato de los indicadores correspondientes.

Pausas activas para la mejora del desempeño

El trabajo físico realizado en el taller genera fatiga en los operarios, lo cual puede derivar en errores operativos, disminución de la productividad y aumento del riesgo de accidentes laborales. Con el fin de mitigar estos efectos, el sistema de gestión de productividad incorpora pausas activas controladas dentro de la jornada laboral.

Las pausas activas consisten en breves períodos de descanso de aproximadamente cinco minutos, durante los cuales se realizan ejercicios de estiramiento. Los estiramientos se colocarán en un lugar

visible para el área de enderezado, alistado y pintura, de esta forma, los operarios podrán ver los estiramientos correspondientes, estos estiramientos se muestran en la Figura 55 Pausas activas.

Figura 55 Pausas activas.



Nota: Google Imágenes.

Estas pausas se registran de manera básica para verificar su cumplimiento y evaluar su impacto en el desempeño del personal. La plantilla (Tabla 25) se dará a cada operario al inicio de su jornada laboral y deberá de ser entregada al Ingeniero Industrial para su revisión.

Tabla 25 Registro de pausas activas.

Hora	Operario	Pausa realizada (Si/No)	Observaciones
9:30 a.m.			
11:00 a.m.			
1:50 p.m.			
3:30 p.m.			

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Datos importantes sobre la incorporación de las pausas activas del sistema de gestión de productividad:

- **Registro de la información:** El Ingeniero Industrial será responsable de registrar diariamente la realización de las pausas activas en la plantilla correspondiente, marcando si la pausa fue ejecutada o no y anotando las observaciones cuando exista alguna situación que impida su cumplimiento.
- **Revisión de la información:** El Jefe del Taller revisará diariamente las plantillas de pausas activas, verificando que los registros estén completos y que las pausas hayan sido realizadas conforme al horario establecido.
- **Validación de la información:** El Jefe del Taller validará semanalmente la información registrada, confirmando que las pausas activas se estén ejecutando de manera consistente en todas las áreas del taller y que no existan incumplimientos recurrentes.
- **Análisis y seguimiento:** El Ingeniero Industrial analizará la información consolidada semanalmente con el fin de identificar áreas con menor cumplimiento del programa de pausas activas, evaluando las causas que dificultan su ejecución y definiendo acciones de mejora cuando sea necesario.
- **Consolidación de la información:** El Ingeniero Industrial consolidará semanalmente los resultados de cumplimiento de pausas activas por área, elaborando un resumen que permita identificar tendencias de cumplimiento o incumplimiento.
- **Control de acciones correctivas:** Cuando se detecten incumplimientos recurrentes (3 incumplimientos semanales), el Jefe del Taller establecerá acciones correctivas tales como ajustes en la programación de pausas, recordatorios operativos, sensibilización del personal sobre la importancia de las pausas activas o reorganización temporal de tareas para facilitar su ejecución.
- **Reunión de revisión de la información:** Los registros semanales de las pausas activas serán revisados quincenalmente por medio de una reunión con la Jefatura del Taller, Jefe del Taller e Ingeniero Industrial, con el fin de actualizar o revisar los formatos, frecuencias de revisión y actividades de control según las necesidades operativas del taller.

A continuación, se explica los índices de control del programa de pausas activas:

- **Índice de Cumplimiento de Pausas Activas (ICPA):** Este índice permite medir el nivel de cumplimiento del programa de pausas activas y verificar si el personal está realizando

los descansos programados. El índice de cumplimiento de pausas activas se visualiza en la Figura 56.

Figura 56 Índice de cumplimiento de pausas activas.

$$ICPA = \left(\frac{\text{Número de Pausas Realizadas}}{\text{Número de Pausas Programadas}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

- **Índice de Cumplimiento por Área (ICA):** Permite identificar áreas con menor nivel de cumplimiento y establecer acciones correctivas focalizadas. Se puntualiza la Figura 57 Índice de cumplimiento por área.

Figura 57 Índice de cumplimiento por área.

$$ICA = \left(\frac{\text{Pausas Realizadas por Área}}{\text{Pausas Programadas por Área}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El Ingeniero Industrial será el encargado del cálculo de los índices. Este proceso se llevará a cabo de manera semanal. Los reportes generados se someterán a una sesión de revisión quincenal con el Jefe de Taller. En estas reuniones, se analizará la información y se formalizarán planes de acción correctiva.

Para la elaboración de las pausas activas, es de importancia el Apéndice 7 Registro de las pausas activas en Excel. Esta plantilla de Excel explica cómo realizar las pausas activas, integra lo que son los formatos necesarios como la Tabla 25 y el formato de los índices.

Contratación de una persona de apoyo

La sobrecarga de funciones del Jefe de Taller limita su capacidad para supervisar y controlar adecuadamente el sistema de gestión de productividad. Por esta razón, se propone la incorporación de tres Asistentes Operativos o de tres Ingenieros Industriales, que apoyen el registro de la producción diaria, el control de la limpieza, el seguimiento de los reprocesos y la organización de las reuniones operativas. Para obtener la mejor opción, se presenta el análisis de la Tabla 26 Matriz de calificación entre Asistente del Jefe del Taller o un Ingeniero Industrial.

Tabla 26 Matriz de calificación entre Asistente del Jefe del Taller o un Ingeniero Industrial.

criterio de evaluación	Calificación Asistente del Jefe del Taller (1–5)	Calificación Ingeniero Industrial (1–5)	Justificación
Capacidad de análisis y mejora de procesos.	3	5	El Ingeniero Industrial posee formación en optimización de procesos, análisis estadístico y mejora continua.
Diseño e implementación de indicadores.	3	5	El Ingeniero Industrial tiene mayor preparación técnica para diseñar sistemas de indicadores.
Implementación de metodologías de mejora (Lean, calidad, productividad).	2	5	La formación del Ingeniero Industrial permite aplicar herramientas de mejora productiva y control de calidad.
Apoyo operativo y administrativo.	5	3	El Asistente brinda mayor apoyo operativo directo en actividades administrativas y control diario del taller.
Impacto estratégico en la organización.	3	5	El Ingeniero Industrial contribuye en decisiones estratégicas relacionadas con eficiencia, productividad y reducción de costos.
Relación costo–beneficio a largo plazo.	3	4	Aunque el costo del Ingeniero Industrial es mayor, su aporte técnico genera beneficios sostenibles en el tiempo.
Total	19	27	Ganador: Ingeniero Industrial.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Analizando la Tabla 27, el ganador es el Ingeniero Industrial, por lo tanto, para la evaluación económica de la incorporación de 3 Ingenieros Industriales (uno para el área de enderezado, otro para el área de alistado y otro para el área de pintura) se presenta la Tabla 27. Para el cálculo se consideró un salario bruto mensual promedio de ₡720 000 por Ingeniero Industrial. A dicho salario se le incorporaron las cargas sociales patronales vigentes para el año 2026 (26,83%), así como las provisiones correspondientes a las garantías sociales establecidas en la legislación laboral costarricense, incluyendo aguinaldo (8,33%), vacaciones (4,17%) y una provisión estimada de cesantía y preaviso (3%).

Tabla 27 Evaluación económica de 3 Ingenieros Industriales.

Concepto	%	Costo Ingeniero Industrial (₡)
Salario aproximado	-	720 000
Rebajos cargas sociales trabajador	10,83%	77 976

Concepto	%	Costo Industrial (C)	Ingeniero
Salario neto aproximado	-	642 024	
Cargas sociales patronales	26,83%	193 176	
Aguinaldo (provisión)	8,33%	59 976	
Vacaciones (provisión)	4,17%	30 024	
Cesantía / preaviso (provisión)	3%	21 600	
Costo total mensual empresa por trabajador	-	1 024 776	
Costo mensual de 3 Ingenieros Industriales	-	3 074 328	
Costo anual	-	36 891 936	

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Como resultado, se puede analizar de la Tabla 27, que el costo laboral total mensual por trabajador asciende a C1 024 776, lo que representa aproximadamente 1,42 veces el salario bruto. En consecuencia, la contratación de tres Ingenieros Industriales implica un costo mensual estimado de C3 074 328 y un costo anual de C36 891 936, valores que serán considerados en el análisis financiero del proyecto.

Gestión de la calidad integrada al proceso

El sistema de gestión de productividad incorpora la calidad como un elemento integrado al proceso productivo y no únicamente como una actividad de verificación final. El análisis de la situación actual evidenció que la detección tardía de defectos genera reprocesos costosos y retrabajos innecesarios.

Para abordar este problema, se establecen puntos de control de calidad en cada etapa de las áreas de enderezado, alistado y pintura. Estos controles permiten verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad antes de que el trabajo avance a la siguiente etapa. La integración de la calidad al proceso reduce la probabilidad de reprocesos, mejora los acabados finales y contribuye directamente al aumento de la productividad del taller. Estos puntos de control se enseñan en la Figura 58 Puntos de control en el área de enderezado, alistado y pintura.

Figura 58 Puntos de control en el área de enderezado, alistado y pintura.

Enderezado				
Punto de control	Cumple (Si/No)	¿Se encontró un defecto?	¿Cuál es la acción inmediata?	Responsable
Utiliza la lija de carrocería correctamente				
Limpia la zona de trabajo				
Utiliza el Puler correctamente				
Utiliza por última vez la lija de carrocería correctamente				
Alistado				
Punto de control	Cumple (Si/No)	¿Se encontró un defecto?	¿Cuál es la acción inmediata?	Responsable
Prepara la masilla				
Aplica la masilla				
Utiliza las lijas correctamente				
Hace el Primer				
Aplica el Primer				
Utiliza por última vez la lija correctamente				
Pintura				
Punto de control	Cumple (Si/No)	¿Se encontró un defecto?	¿Cuál es la acción inmediata?	Responsable
Prepara la pintura				
Aplica la pintura				
Prepara el transparente				
Aplica el transparente				
Limpie la pistola				

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Para la implementación de la gestión de calidad integrada al proceso, hay que tomar en consideración los siguientes puntos:

- **Registro de la información:** El Ingeniero Industrial será responsable de registrar diariamente los resultados de las inspecciones de calidad realizadas en los puntos de control establecidos en las áreas de enderezado, alistado y pintura. En cada registro se anotarán los defectos detectados, las observaciones si se encuentra un defecto y la acción inmediata aplicada antes de que el trabajo continúe a la siguiente etapa del proceso.
- **Revisión de la información:** El Jefe del Taller revisará diariamente la consistencia de los registros de inspección, verificando que los defectos hayan sido correctamente identificados y que las acciones inmediatas hayan sido ejecutadas antes de liberar el vehículo a la siguiente fase del proceso.
- **Validación de la información:** El Jefe del Taller validará semanalmente los resultados de las inspecciones de calidad, confirmando que los controles se estén aplicando en los puntos definidos y que los defectos detectados correspondan a las condiciones reales del proceso productivo.
- **Análisis y seguimiento:** El Ingeniero Industrial analizará semanalmente los resultados consolidados para identificar las principales causas de defectos, las áreas con mayor

incidencia de fallas y las etapas del proceso donde se presentan mayores desviaciones de calidad.

- **Consolidación de la información:** El Ingeniero Industrial consolidará semanalmente la información de defectos detectados por área y por tipo de proceso, elaborando un resumen que permita identificar tendencias de fallas recurrentes.
- **Control de acciones correctivas:** Cuando se identifiquen defectos recurrentes (5 defectos por área), el Jefe del Taller definirá acciones correctivas tales como ajustes en los procedimientos de trabajo, capacitación del personal, mejoras en las condiciones de limpieza del área o revisión de materiales utilizados, dando seguimiento semanal al cumplimiento de dichas acciones.
- **Reunión de revisión de la información:** El registro semanal de los puntos de control serán revisados quincenalmente por medio de una reunión con la Jefatura del Taller, Jefe del Taller e Ingeniero Industrial, con el fin de actualizar o revisar los formatos, frecuencias de revisión y actividades de control según las necesidades operativas del taller.

El índice que se utiliza en esta sección del sistema de gestión de productividad es el Índice de Defectos Detectados por Área (IDDA), el cual permite identificar las áreas del proceso con mayor incidencia de fallas y priorizar acciones de mejora específicas. Este índice se visualiza en la Figura 59.

Figura 59 Índice de defectos detectados por área.

$$IDDA = \left(\frac{\text{Defectos Detectados en el Área}}{\text{Total de Defectos Detectados en el Taller}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El Ingeniero Industrial será el encargado del cálculo del índice. Este proceso se llevará a cabo de manera semanal. Los reportes generados se someterán a una sesión de revisión quincenal con el Jefe de Taller. En estas reuniones, se analizará la información y se formalizarán planes de acción correctiva.

Se lleva a cabo la realización del Apéndice 8 Gestión de la calidad integrada al proceso: área de enderezado, alistado y pintura en Excel. Está plantilla sirve de guía para implementar la gestión del

control del proceso, donde se visualiza los formatos de la Figura 58, el responsable, la revisión, la validación y su respectivo índice.

Capacitación técnica para Ingenieros Industriales en procesos del taller.

Con el fin de garantizar una correcta aplicación de los puntos de control establecidos en el sistema de gestión de productividad, se realizará una capacitación técnica dirigida a los tres Ingenieros Industriales responsables del seguimiento del proceso en las áreas de enderezado, alistado y pintura.

Esta capacitación permitirá que los ingenieros adquieran el conocimiento técnico necesario para identificar defectos en el proceso, evaluar la correcta ejecución de las actividades operativas y aplicar acciones correctivas cuando sea necesario.

La formación será impartida por personal interno del taller con experiencia en los procesos, lo que permitirá transmitir conocimiento práctico basado en las técnicas utilizadas en la operación diaria.

En la capacitación se abordarán los siguientes temas:

Enderezado:

- Evaluación de deformaciones en carrocería.
- Técnicas de enderezado de carrocería.
- Uso correcto de herramientas de enderezado.
- Evaluación de calidad del lijado.
- Identificación de defectos en la superficie.

Alistado:

- Preparación y aplicación de masilla.
- Nivelación correcta de masilla y primer.
- Uso adecuado de diferentes tipos de lijas.
- Aplicación correcta de primer.
- Identificación de imperfecciones antes de pintura.

Pintura:

- Preparación de pintura.
- Regulación de presión de la pistola.

- Uso adecuado de pistolas.
- Aplicación y preparación de transparente.
- Identificación de defectos de pintura (piel de naranja, escurrimientos, contaminación, falta de cobertura).

Participantes: La capacitación estará dirigida a un total de 3 Ingenieros Industriales y 3 Instructores Internos, que le van a enseñar el contenido a los ingenieros.

Duración: La actividad tendrá una duración estimada de 40 horas distribuidas en 5 días de trabajo.

Para el análisis económico de esta capacitación, se presenta la Figura 60 Costo de la capacitación técnica del proceso para el control de calidad del sistema de gestión de productividad.

Figura 60 Costo de la capacitación técnica del proceso para el control de calidad del sistema de gestión de productividad.

Cargo / Área	Cantidad	Salario mensual promedio(€)	Valor hora (€)	Horas capacitación	Costo (€)
Instructor del área de Alistado y Pintura	2	1 480 000	7 115	40	569 231
Instructor del área de Enderezado	1	2 300 000	11 058	40	442 308
Ingenieros Industriales	3	1 024 776	4 927	40	591 217
Total					1 602 755

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Según la Figura 60, el costo total estimado de la capacitación técnica para los Ingenieros Industriales asciende a €1 602 755, correspondiente al tiempo invertido por los instructores internos del taller y por los Ingenieros Industriales que participarán en el proceso de formación.

La inversión se distribuye de la siguiente manera:

- €569 231 correspondientes a los instructores del área de alistado y pintura.
- €442 308 correspondientes al instructor del área de enderezado.
- €591 217 correspondientes al tiempo invertido por los Ingenieros Industriales participantes.

Esta inversión resulta justificada debido a que la capacitación permitirá que los Ingenieros Industriales desarrollen las competencias técnicas necesarias para:

- Evaluar correctamente la calidad del proceso en cada área.
- Identificar defectos operativos en las piezas trabajadas.

- Aplicar de manera adecuada los puntos de control establecidos en el sistema.
- Detectar desviaciones en el proceso que puedan generar reprocesos.

Gestión del tiempo improductivo

La gestión del tiempo improductivo se incorpora al sistema de gestión de productividad con el objetivo de identificar y reducir los períodos en los cuales no se genera valor dentro del proceso. El sistema propone el registro y análisis de estos tiempos improductivos, clasificándolos según su causa (Tabla 28). Esta información permite identificar los factores que más afectan la productividad y definir acciones correctivas específicas, tales como mejoras en la planificación, control de materiales y optimización de la secuencia de trabajo. La reducción del tiempo improductivo contribuye a un mejor aprovechamiento de la jornada laboral y a un aumento sostenido de la productividad.

Tabla 28 Registro del tiempo improductivo.

Día	Área	Causa	Cantidad de veces que ocurrió	Duración por evento (min)	Tiempo total perdido (min)
		Movimiento de vehículos.			
		Espera por autorización.			
		Espera por cabinas de pinturas ocupadas.			
		Espera por pieza terminada de enderezador/alistador.			
		Espera por repuesto.			
		Espera para arreglar la herramienta en mal estado.			
		Espera para ir a buscar / traer los materiales.			

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Tomando de referencia la Tabla 28, se procede a explicar las causas de los tiempos improductivos, tomando en cuenta que esta es una plantilla y que el Ingeniero Industrial puede agregar más causas si es necesario.

1. **Movimiento de vehículos:** Corresponde al tiempo utilizado en trasladar vehículos dentro del taller debido a falta de planificación de espacios o desorden en las áreas de trabajo, generando interrupciones en el flujo productivo.
2. **Espera por autorización:** Se refiere al tiempo en que el operario debe detener la operación hasta recibir aprobación del Jefe de Taller para continuar con el trabajo, lo que retrasa el avance de las órdenes de servicio.
3. **Espera por cabinas de pintura ocupadas:** Ocurre cuando el proceso de pintura no puede iniciarse debido a la disponibilidad limitada de cabinas, generando acumulación de vehículos en espera y afectando el flujo del proceso.
4. **Espera por pieza terminada de enderezado o alistado:** Se presenta cuando una operación depende de la finalización de otra etapa previa, generando tiempos muertos mientras el vehículo o la pieza requerida no está disponible.
5. **Espera por repuesto:** Corresponde al tiempo en que el proceso productivo se detiene debido a la falta de repuestos necesarios para continuar con la reparación o el acabado del vehículo.
6. **Espera para arreglar herramienta en mal estado:** Se produce cuando las herramientas presentan fallas o requieren mantenimiento, lo que obliga al operario a detener temporalmente su trabajo.
7. **Espera para ir a buscar o traer materiales:** Hace referencia al tiempo invertido en desplazamientos para localizar herramientas, insumos o materiales que no se encuentran disponibles en la estación de trabajo.

Para la elaboración y control de la sección de los tiempos improductivos en el sistema de gestión de productividad, se toma en cuenta los siguientes puntos:

- **Registro de la información:** El Ingeniero Industrial será responsable de registrar diariamente los tiempos improductivos identificados en las áreas de trabajo, anotando la hora en que se presenta la interrupción, la causa correspondiente y la duración estimada del tiempo perdido.
- **Revisión de la información:** El Jefe del Taller revisará diariamente los registros completados, verificando que la información esté correctamente clasificada según las causas establecidas y que los tiempos registrados correspondan a la operación real del taller.

- **Validación de la información:** El Jefe del Taller validará semanalmente la información registrada, confirmando la coherencia de los tiempos improductivos reportados y su correspondencia con las condiciones operativas del proceso.
- **Análisis y seguimiento:** El Ingeniero Industrial analizará semanalmente la información consolidada con el objetivo de identificar las causas más frecuentes de tiempo improductivo y definir acciones de mejora orientadas a su reducción.
- **Consolidación de la información:** El Ingeniero Industrial consolidará semanalmente los tiempos improductivos por área y por causa, elaborando un resumen que permita identificar las principales fuentes de pérdida de tiempo en el taller.
- **Control de acciones correctivas:** Cuando se registren 7 eventos de tiempo improductivo por la misma causa en una semana, el Jefe del Taller deberá definir acciones correctivas específicas orientadas a eliminar o reducir dicha causa. Estas acciones podrán incluir ajustes en la planificación diaria, mejora en la coordinación entre áreas, control más riguroso del inventario de materiales y repuestos, reorganización del flujo de vehículos o mantenimiento preventivo de herramientas y equipos. El registro y análisis de estos eventos será realizado por el Ingeniero Industrial, quien presentará un informe semanal para dar seguimiento al cumplimiento y efectividad de las acciones implementada
- **Reunión de revisión de la información:** Los registros semanales de los tiempos improductivos serán revisados quincenalmente por medio de una reunión con la Jefatura del Taller, Jefe del Taller e Ingeniero Industrial, con el fin de actualizar o revisar los formatos, frecuencias de revisión y actividades de control según las necesidades operativas del taller.

Los índices para controlar esta sección de los tiempos improductivos son los siguientes:

- **Índice de Tiempo Improductivo (ITI):** Este índice (Figura 62) permite medir el porcentaje de la jornada que no genera valor productivo y evaluar el impacto de las acciones de mejora implementadas.

Figura 61 Índice de tiempo improductivo.

$$ITI = \left(\frac{\text{Tiempo Improductivo Total}}{\text{Tiempo Total de Jornada Laboral}} \right) \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

- **Índice de Tiempo Improductivo por Área (ITIA):** Permite medir el porcentaje del tiempo laboral por área que no genera valor dentro del proceso productivo, ya sea por esperas, falta de materiales, reprocesos, búsqueda de herramientas, fallas organizativas u otras causas registradas. Este índice se concibe en la Figura 62.

Figura 62 Índice de tiempo improductivo por área.

$$ITIA = \frac{\textit{Tiempo improductivo del área}}{\textit{Tiempo total disponible del área}} \times 100$$

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

El Ingeniero Industrial será el encargado del cálculo de los índices. Este proceso se llevará a cabo de manera semanal. Los reportes generados se someterán a una sesión de revisión quincenal con el Jefe de Taller. En estas reuniones, se analizará la información y se formalizarán planes de acción correctiva.

Para la recolección de datos, se presenta el Apéndice 9 Registro del tiempo improductivo diario en el área de enderezado, alistado y pintura. En este apéndice se encontrará la plantilla respectiva para la elaboración de los tiempos improductivos, tomando en cuenta el responsable, la revisión, el formato de los índices y la Tabla 28.

Recopilación y seguimiento de la información del sistema de gestión de productividad

Para mejor entendimiento del sistema de gestión de productividad, la Figura 63 presenta la recopilación de las actividades establecidas dentro del sistema de gestión de productividad propuesto para el taller. En ella se detallan las tareas a realizar, los responsables, la frecuencia de ejecución, los horarios de registro y los procesos de análisis y consolidación de la información. Este recopilado permite organizar de forma estructurada el control de las operaciones y asegurar que la información generada sea analizada y consolidada periódicamente para apoyar la toma de decisiones y la mejora continua del proceso.

Figura 63 Recopilación de la información del sistema de gestión de productividad.

Tarea	Responsable	Frecuencia	Horario	Frecuencia de la Revisión	Responsable	Análisis y seguimiento	Consolidación
Lista de Orden Diario	Operario	Diaria	2 horas antes de finalizar la jornada laboral	Diaria	Ingeniero Industrial	El Ingeniero Industrial analiza semanalmente los resultados.	El Ingeniero Industrial consolida la información en un reporte semanal.
Lista de Orden Semanal	Operarios en conjunto por área	Semanal	Jueves, 1 hora antes de finalizar la jornada	Cada viernes al iniciar la jornada laboral	Ingeniero Industrial	El Ingeniero Industrial analiza semanalmente los resultados.	El Ingeniero Industrial consolida la información en un reporte semanal.
Lista de Reprocesos	Operario + Ing. Industrial	Diario	Cuando se presente un reproceso	Diaria	Jefe del Taller	El Jefe de Taller y el Ingeniero Industrial analizan semanalmente los reprocesos.	El Ingeniero Industrial elabora un reporte semanal.
Reuniones operativas cortas	Jefe de Taller	Diario	Al iniciar la jornada laboral	Diaria	Ingeniero Industrial	El Ingeniero Industrial revisa semanalmente el cumplimiento de acciones.	El Ingeniero Industrial consolida la información semanalmente.
Gestión de búsqueda de herramientas	Operario + Ing. Industrial	Diario	Después de la reunión operativa	Diaria	Jefe del Taller	El Ingeniero Industrial analiza semanalmente los tiempos registrados.	El Ingeniero Industrial consolida la información semanalmente.
Pausas activas	Ingeniero Industrial	Diario	Según programación establecida	Diaria	Jefe del Taller	El Ingeniero Industrial analiza semanalmente los registros.	El Ingeniero Industrial consolida los resultados semanalmente.
Puntos de Control	Ingeniero Industrial	Diario	Durante la jornada laboral	Diaria	Jefe del Taller	El Ingeniero Industrial analiza semanalmente los resultados.	El Ingeniero Industrial consolida los defectos por área semanalmente.
Tiempos Improductivos	Ingeniero Industrial	Diario	Cuando se detecte un tiempo improductivo	Diaria	Jefe del Taller	El Ingeniero Industrial analiza semanalmente los registros.	El Ingeniero Industrial consolida los tiempos improductivos semanalmente.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Capacitación del personal sobre el sistema de gestión de productividad e indicadores

La capacitación en el sistema de gestión de productividad e indicadores tiene como objetivo preparar al personal operativo y de apoyo para la correcta aplicación de los procedimientos, formatos de control e indicadores establecidos en el sistema propuesto. La formación será impartida de manera interna, utilizando como material base el presente proyecto de tesis y los formatos diseñados para el control de orden y limpieza, reprocesos, reunión operativa, preparación de los kits, pausas activas, tiempo improductivo, calidad del proceso y seguimiento de indicadores.

Durante la capacitación se abordarán los siguientes temas:

1. Conceptos básicos del sistema de gestión de productividad.
2. Gestión de la limpieza y el orden.
 - Uso de formatos de control diarios, semanales e indicadores.
3. Control de los reprocesos.
 - Uso de formatos de control diarios, semanales e indicadores.
4. Reunión operativa corta.

- Uso de formatos de control diarios, semanales e indicadores.
5. Preparación del Kit y búsqueda de herramientas.
 - Uso de formatos de control diarios, semanales e indicadores.
 6. Pausas activas.
 - Uso de formatos de control diarios, semanales e indicadores.
 7. Gestión de calidad integrada al proceso.
 - Uso de formatos de control diarios, semanales e indicadores.
 8. Registro de los tiempos improductivos.
 - Uso de formatos de control diarios, semanales e indicadores.

Participantes: La capacitación estará dirigida a un total de 14 colaboradores, distribuidos de la siguiente manera:

- 7 operarios del área de alistado y pintura.
- 3 operarios del área de enderezado.
- 1 Jefe de Taller.
- 3 Ingenieros Industriales.

Duración: La actividad tendrá una duración estimada de 3 horas en una jornada única.

En la Figura 64 se indica los costos estimados de la capacitación del sistema de gestión de productividad:

Figura 64 Costo de la capacitación del sistema de gestión de productividad.

Cargo / Área	Cantidad	Salario mensual promedio(€)	Valor hora (€)	Horas capacitación	Costo (€)
Operarios Alistado y Pintura	7	1 480 000	7 115	3	149 423
Operarios Enderezado	3	2 300 000	11 058	3	99 519
Jefe del Taller	1	1 260 000	6 058	3	18 173
Ingenieros Industriales	3	1 024 776	4 927	3	44 341
Subtotal horas hombre					311 457
Facilitador interno (estimado)	1	—	—	3	24 000
Costo total estimado capacitación					335 457

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

En la Figura 64 se presenta el costo estimado de la capacitación en el sistema de gestión de productividad, calculado con base en el valor de las horas hombre invertidas por el personal participante. El valor hora se obtuvo dividiendo el salario mensual promedio de cada cargo entre 208 horas laborales mensuales, correspondientes a una jornada estándar de 48 horas semanales.

La capacitación contempla la participación de siete operarios del área de alistado y pintura, tres operarios del área de enderezado, el Jefe del Taller y tres Ingenieros Industriales, con una duración de 3 horas en jornada única. El subtotal de horas hombre asciende a ¢311 457. Adicionalmente, se incorpora el costo del facilitador interno, correspondiente al tiempo dedicado a impartir la capacitación, estimado en ¢24 000. Este monto representa el costo de oportunidad asociado a la actividad formativa.

En consecuencia, el costo total estimado de la capacitación asciende a ¢335 457, monto que forma parte de la inversión inicial requerida para la implementación del sistema de gestión de productividad.

Control de la Implementación

Para esta sección correspondiente al control del diseño del sistema de gestión de productividad, se tomarán en consideración tres aspectos fundamentales que permiten asegurar el adecuado seguimiento, análisis y mejora de las actividades implementadas, los cuales son:

1. Indicadores.
2. Matriz de responsabilidad.
3. Diagrama de Gantt.

Indicadores

En esta sección se presenta la Tabla 29, donde se detallan los indicadores que se utilizarán en el sistema de gestión de productividad propuesto para el taller. Estos indicadores permiten medir de forma objetiva el desempeño de cada una de las estrategias implementadas, tales como la gestión del orden y la limpieza, el monitoreo de reprocesos, la coordinación operativa, la gestión de herramientas, la calidad integrada al proceso y el control del tiempo improductivo. Cada indicador cuenta con su respectiva fórmula de cálculo y frecuencia de medición, lo que garantiza un seguimiento sistemático y una evaluación cuantificable del impacto de las mejoras implementadas.

Tabla 29 Indicadores del sistema de gestión de productividad.

Punto	Indicador	Fórmula general	Frecuencia
Orden y limpieza.	ICLD	$(\text{Actividades diarias cumplidas} / \text{Total de actividades programadas}) \times 100$	Diario.
Orden y limpieza.	ICLS	$(\text{Actividades cumplidas en la semana} / \text{Total programadas en la semana}) \times 100$	Semanal.
Reprocesos.	IR	$(\text{Piezas reprocesadas} / \text{Total de piezas procesadas}) \times 100$	Semanal.
Reprocesos.	ICR	$(\text{Costo total de reprocesos} / \text{Costo total producción}) \times 100$	Semanal.
Reprocesos.	FRA	Número total de reprocesos del área / Total de reprocesos del taller	Semanal.
Reunión Operativa.	ICR Reuniones	$(\text{Reuniones realizadas} / \text{Reuniones programadas}) \times 100$	Semanal.
Preparación del Kit.	TPBH	Tiempo total de búsqueda de herramientas / Número de búsquedas realizadas	Semanal.
Preparación del Kit.	IPKE	$(\text{Kits preparados} \leq 15 \text{ min} / \text{Total de kits preparados}) \times 100$	Semanal.
Pausas activas.	ICPA	$(\text{Número de pausas realizadas} / \text{Número de pausas programadas}) \times 100$	Semanal.
Pausas activas.	ICA	$(\text{Pausas realizadas por área} / \text{Pausas programadas por área}) \times 100$	Semanal.
Puntos de control.	IDDA	$(\text{Defectos detectados en el área} / \text{Total de defectos detectados en taller}) \times 100$	Semanal.
Tiempo improductivo.	ITI	$(\text{Tiempo improductivo total} / \text{Tiempo total de jornada laboral}) \times 100$	Semanal.
Tiempo improductivo.	ITIA	$(\text{Tiempo improductivo del Área} / \text{Tiempo total disponible del Área}) \times 100$	Semanal.

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Analizando la Tabla 29, el conjunto de indicadores definidos permite evaluar de manera integral el desempeño operativo del taller, ya que abarca tanto variables de productividad directa (como reducción de reprocesos y disminución del tiempo improductivo) como variables de apoyo al proceso (orden, herramientas, pausas activas y reuniones operativas). La medición periódica de estos indicadores facilita la toma de decisiones basada en datos reales, permitiendo identificar desviaciones, establecer acciones correctivas oportunas y asegurar la mejora continua del sistema.

Matriz de responsabilidad

Se presenta la Tabla 30 correspondiente a la matriz de responsabilidad del sistema de gestión de productividad. Esta herramienta establece de manera clara la asignación de funciones entre los diferentes puestos involucrados en la implementación y seguimiento del sistema de gestión de productividad, incluyendo operarios, Ingenieros Industriales, Jefe del Taller y Gerente de Flota. La matriz permite definir quién ejecuta, quien está a cargo y el informado, asegurando orden organizacional, trazabilidad y control en la ejecución de las mejoras propuestas.

Tabla 30 Matriz de responsabilidad del sistema de gestión de productividad.

Descripción de la tarea	Responsable	A cargo	Informado
Control de limpieza diaria	Operario	Ingeniero Industrial	Jefe del Taller
Control de limpieza semanal	Operarios en conjunto	Ingeniero Industrial	Jefe del Taller
Manual de las 5S	Operarios+ Ingeniero Industrial	Ingeniero Industrial	Jefe del Taller
Registro de reprocesos diarios	Operarios+ Ingeniero Industrial	Ingeniero Industrial	Jefe del Taller
Registro de reprocesos semanales	Ingeniero Industrial		Jefe del Taller
Reuniones operativas	Jefe del Taller	Ingeniero Industrial	Gerente de Flota
Búsqueda de herramientas	Operarios+ Ingeniero Industrial	Ingeniero Industrial	Jefe del Taller
Pausas activas	Ingeniero Industrial		Jefe del Taller
Puntos de control	Ingeniero Industrial		Jefe del Taller
Tiempo improductivo	Ingeniero Industrial		Jefe del Taller
Control de indicadores	Ingeniero Industrial		Jefe del Taller

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La **Error! Reference source not found.** constituye un elemento clave para el éxito del sistema de gestión de productividad, ya que evita ambigüedades en la asignación de funciones y fortalece la estructura organizacional del taller. Al definir claramente los niveles de ejecución, supervisión y validación, se minimizan errores por omisión, se mejora la comunicación interna y se optimiza la coordinación entre áreas.

Asimismo, la incorporación de los Ingenieros Industriales como figuras de apoyo operativo permite distribuir la carga administrativa y técnica, favoreciendo un control más riguroso de los indicadores y asegurando la sostenibilidad del sistema en el tiempo. En consecuencia, esta herramienta no solo mejora la organización interna, sino que también contribuye directamente al aumento de la productividad y eficiencia del taller.

Diagrama de Gantt

En la Figura 65 se presenta el diagrama de Gantt correspondiente al plan de implementación del sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura. Este cronograma establece la secuencia de ejecución de las actividades necesarias para la puesta en marcha del sistema, considerando las fases de capacitación, organización operativa, implementación de controles, seguimiento de indicadores y evaluación de resultados.

Figura 65 Diagrama de Gantt del sistema de gestión de productividad.

Diseño del sistema de gestión de productividad en el área de enderezado, alistado y pintura de Adobe Rent a Car																				
Actividades	Semanas																			
	III Q 2026																	I Q 2027		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3
Incorporación de 3 Ingenieros Industriales	■	■	■																	
Capacitación sobre el proceso de enderezado, alistado y pintura				■																
Capacitación del sistema de gestión de productividad					■															
Gestión del orden y la limpieza					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Reuniones operativas cortas								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Gestión de búsqueda de herramientas y Kits									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Monitoreo y control de reprocesos										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Gestión de calidad integrada al proceso: Puntos de control												■	■	■	■	■	■	■	■	
Gestión del tiempo improductivo														■	■	■	■	■	■	
Pausas activas para mejora del desempeño									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Seguimiento de indicadores y registros diarios/semanales					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Evaluación de resultados y ajustes finales																		■	■	

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Figura 65 muestra que la implementación inicia con la incorporación y capacitación del personal de apoyo, seguida con la ejecución progresiva de los componentes del sistema, tales como la gestión del orden y la limpieza, el control de reprocesos, la gestión de herramientas, la integración de la calidad al proceso, el control del tiempo improductivo y pausas activas. Posteriormente, se desarrolla la etapa de seguimiento de indicadores y registros semanales, finalizando con la evaluación de resultados y la aplicación de ajustes finales, lo cual permite asegurar la correcta consolidación del sistema de gestión de productividad en el área de estudio.

Análisis Económico

En esta sección se presenta el análisis económico total del sistema de gestión de productividad propuesto, con el objetivo de evaluar la viabilidad financiera de su implementación dentro del taller.

Este análisis permite determinar indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), los cuales permiten medir la rentabilidad del proyecto y apoyar la toma de decisiones sobre su implementación. Para ello, primero se consideran los aspectos importantes para implementar el sistema de gestión de productividad, presentados en la Tabla 31.

Tabla 31 Aspectos para el análisis económico total del sistema de gestión de productividad.

Aspecto	Costo (€)
Contratación de 3 Ingenieros Industriales	3 074 328
Capacitación de los Ingenieros	1 602 755
Capacitación del sistema de gestión de productividad	335 457
Aspiradora Karcher NT 38/1	180 000
Total	5 192 540

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

La Tabla 31 presenta los costos asociados a la implementación del sistema de gestión de productividad. Estos costos incluyen la contratación de tres Ingenieros Industriales, con un costo de €3 074 328, la capacitación de los ingenieros, con un costo de €1 602 755, la capacitación del sistema de gestión de productividad, con un costo de €335 457, y la adquisición de una aspiradora Karcher NT 38/1, con un costo de €180 000. La suma de estos elementos representa una inversión inicial total de €5 192 540, la cual corresponde al monto necesario para poner en funcionamiento el sistema propuesto.

Posteriormente, se presenta el ahorro anual estimado (Tabla 32), el cual se calcula a partir de la reducción de reprocesos dentro del proceso productivo. Actualmente, el costo anual asociado a los reprocesos es de €31 176 000 según la Tabla 17, considerando un promedio de diez reprocesos semanales. Con la implementación del sistema de gestión de productividad se estima un horizonte de evaluación de 5 años, una tasa de descuento del 10% y una reducción del 15% en los reprocesos, lo que genera un ahorro anual aproximado de €4 676 400. Este ahorro representa la disminución de costos asociados al uso de materiales, tiempo de trabajo y recursos necesarios para corregir trabajos previamente realizados.

Tabla 32 Ahorro anual estimado para el análisis económico total del sistema de gestión de productividad.

Ahorro anual estimado		
Concepto	Cálculo	Costos
Reducción de reprocesos	31 176 000 × 15%	4 676 400
Inversión Inicial	-	5 192 540
Horizonte de evaluación	-	5 años
Tasa de descuento	-	10%

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

Justificación de la reducción proyectada del 15 % en reprocesos

La estimación de una reducción del 15% en los reprocesos se fundamenta en la implementación del sistema de gestión de productividad propuesto, el cual introduce mejoras significativas en el control, supervisión y organización de los procesos de enderezado, alistado y pintura. Durante el análisis de la situación actual se identificó que estas áreas carecen de mecanismos formales de control del proceso, seguimiento de indicadores y supervisión técnica, lo que favorece la generación de reprocesos y variabilidad en la calidad del trabajo.

Uno de los principales cambios que introduce el sistema es la incorporación de tres Ingenieros Industriales encargados de supervisar las operaciones en cada área del proceso. Su función permitirá monitorear el cumplimiento de los procedimientos, detectar desviaciones en etapas tempranas y aplicar controles de calidad que eviten que los errores avancen a fases posteriores del proceso.

Adicionalmente, el sistema contempla la implementación de programas de limpieza y orden para reducir la presencia de polvo y contaminantes en el área de trabajo, la incorporación de puntos de control de calidad durante las diferentes etapas del proceso, la organización de herramientas para disminuir tiempos perdidos en su búsqueda, la aplicación de pausas activas para reducir la fatiga de los operarios, el control de los tiempos improductivos y la realización de reuniones operativas breves al inicio de cada jornada para coordinar las actividades del día.

La combinación de estas acciones permitirá mejorar el control del proceso, reducir errores operativos y optimizar la organización del trabajo dentro del taller. Por esta razón, se proyecta de manera conservadora una reducción del 15% en los reprocesos actuales. Este porcentaje se considera una estimación prudente dentro del análisis económico del proyecto, ya que refleja una mejora alcanzable derivada de la implementación de controles operativos y prácticas de gestión que actualmente no existen en el proceso productivo. Además, esta reducción no solo permitirá

disminuir costos asociados a retrabajos, sino también mejorar la productividad y la calidad del servicio ofrecido por el taller.

Por último, para finalizar el análisis económico, se desarrolla el flujo de caja proyectado (Tabla 33), donde se observa que en el año 0 se registra la inversión inicial de ¢5 192 540 como un flujo negativo. A partir del año 1 hasta el año 5, se proyecta un flujo positivo de ¢4 676 400 anuales, correspondiente al ahorro generado por la reducción de reprocesos. Este flujo de caja permite evaluar el comportamiento económico del sistema durante el período de análisis.

Tabla 33 Flujo de caja proyectado para el análisis económico total del sistema de gestión de productividad.

Flujo de caja proyectado	
Año	Flujo de caja (¢)
0	-5 192 540
1	4 676 400
2	4 676 400
3	4 676 400
4	4 676 400
5	4 676 400
TIR	86%
VAN	12 534 695

Nota: Megan Tamara Alvarado Picado.

A partir de la Tabla 33, se obtienen los principales indicadores financieros del proyecto. En primer lugar, el Valor Actual Neto (VAN) es de ¢12 534 695, lo cual indica que el proyecto genera beneficios económicos superiores a la inversión realizada, demostrando su rentabilidad. Asimismo, la Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es del 86%, valor significativamente superior a la tasa de descuento utilizada en el análisis, la cual corresponde al 10%. Esto demuestra que la implementación del sistema de gestión de productividad es financieramente viable y representa una alternativa rentable para la empresa.

Es importante considerar que la reducción de reprocesos también genera un impacto positivo en la eficiencia productiva del taller. Actualmente se reprocesan aproximadamente 480 piezas al año, por lo que una reducción del 15% permitiría disminuir esta cantidad en aproximadamente 72 piezas anuales, aumentando la disponibilidad de tiempo y recursos para la producción efectiva. En conjunto, estos resultados evidencian que la implementación del sistema de gestión de

productividad no solo contribuye a mejorar el control de los procesos, sino que también genera beneficios económicos significativos para la organización.

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del análisis de la situación actual de la empresa Adobe Rent a Car y del diseño del sistema de gestión de productividad.

Conclusiones

El análisis estadístico realizado evidencia que los índices de capacidad del proceso (C_p y C_{pk}) en las áreas de enderezado y alistado/pintura se encuentran por debajo del valor de referencia aceptable de 1.33, lo cual indica que el proceso no es capaz de cumplir consistentemente con los estándares de calidad establecidos. Esta situación refleja una alta variabilidad en las operaciones, generando inconsistencias en los resultados finales y aumentando la probabilidad de defectos. Aunque el taller mantiene un nivel de producción considerable, la falta de estabilidad en el proceso compromete la calidad del servicio y demuestra la necesidad de implementar controles más rigurosos y mecanismos de mejora continua.

La investigación ha permitido corroborar que la producción mensual presenta fluctuaciones considerables, con picos de hasta 791 piezas y mínimos de 267 piezas, lo que evidencia la existencia de desequilibrios operativos dentro del taller. Esta variabilidad sugiere la presencia de cuellos de botella, problemas en la planificación o descoordinación entre áreas, afectando la continuidad del flujo productivo. La ausencia de un sistema estructurado de control y seguimiento impide identificar oportunamente las causas de estas variaciones, limitando la capacidad de la organización para estabilizar y optimizar su rendimiento.

Tras el análisis, queda en evidencia que el elevado nivel de reprocesos constituye uno de los principales problemas identificados en el análisis actual. Con un promedio de entre 10 y 20 reprocesos semanales, el costo anual asociado supera los €31 millones, representando una pérdida económica considerable para la empresa. Estos reprocesos no solo incrementan los costos directos en materiales y mano de obra, sino que también generan retrasos en la entrega de trabajos y disminuyen la eficiencia general del sistema productivo. Esta situación demuestra que la falta de control de calidad y supervisión adecuada impacta directamente la rentabilidad del taller.

Se ha podido comprobar que se identificaron condiciones ergonómicas y ambientales que afectan el desempeño del personal, tales como el cansancio físico, el ruido constante y la presencia de polvo suspendido en el ambiente. Estos factores no solo influyen en la salud y bienestar de los trabajadores, sino que también incrementan la probabilidad de errores y defectos en el proceso. Asimismo, problemas organizacionales como el movimiento innecesario de vehículos y la búsqueda frecuente de herramientas generan tiempos muertos que reducen la eficiencia operativa. La combinación de estos elementos evidencia la necesidad de mejorar tanto las condiciones físicas como la organización interna del taller.

El análisis realizado permite concluir que existe una ausencia de supervisión continua y de inspecciones intermedias dentro del proceso productivo, lo cual favorece la aparición de retrabajos y dificulta la trazabilidad de la calidad. Además, la falta de indicadores formales de desempeño limita la capacidad de evaluar objetivamente los resultados y tomar decisiones basadas en datos.

Finalmente, se concluye que actualmente no existe un sistema formal de control que permita gestionar de manera estructurada los procesos productivos. Aunque el personal tiene conocimiento de la existencia de reprocesos, tiempos improductivos y algunas fallas en el proceso, no se cuenta con mecanismos de registro, medición ni seguimiento que permitan cuantificar estas situaciones de forma sistemática. Esta ausencia de información documentada limita la capacidad de evaluar el desempeño real de las operaciones, identificar tendencias de mejora y tomar decisiones basadas en datos objetivos. En consecuencia, se evidencia la necesidad de implementar un sistema de gestión de productividad que permita establecer controles, registros e indicadores que faciliten el monitoreo continuo de los procesos, contribuyendo así a la reducción de reprocesos, la optimización de los tiempos de trabajo y la mejora de la eficiencia en el taller.

Recomendaciones

Se recomienda establecer un programa formal de auditorías internas, integrado dentro del sistema de gestión de productividad. Estas auditorías deberán evaluar el cumplimiento de los procedimientos estandarizados, la correcta aplicación de listas de verificación, el seguimiento de indicadores clave de desempeño (KPIs) y la ejecución de acciones correctivas previamente establecidas.

El proceso de auditoría debe incluir revisión documental, observación directa en planta y entrevistas breves al personal operativo. Los resultados deberán consolidarse en un informe técnico

donde se identifiquen desviaciones, causas probables y planes de acción específicos con responsables y fechas de cumplimiento. La implementación de auditorías permitirá asegurar la sostenibilidad del sistema en el tiempo, evitando que las mejoras implementadas pierdan continuidad o se debiliten por falta de seguimiento.

Se sugiere que el sistema de gestión de productividad no se limite únicamente a las áreas de enderezado, alistado y pintura, sino que sea implementado gradualmente en otras áreas del taller, como área de lavado, área de plásticos, área de pulido, área de mecánica preventiva. Para lograrlo, se recomienda desarrollar un plan de expansión por etapas, iniciando con un diagnóstico preliminar de cada área, identificación de procesos críticos y adaptación de indicadores específicos según las características de cada operación.

Se recomienda dotar a los operarios de tabletas u otros dispositivos electrónicos que permitan el registro inmediato y digital de información relacionada con limpieza diaria, reprocesos y preparación del kit. El uso de dispositivos tecnológicos facilitará la captura de datos en tiempo real, reducirá errores derivados del registro manual y permitirá centralizar la información en una base de datos digital accesible para los Ingenieros Industriales y el Jefe del Taller.


Se recomienda que cada reproceso o desviación significativa sea analizado formalmente utilizando herramientas de análisis de causa raíz, tales como el Diagrama de Ishikawa o la metodología de los 5 porqués. El objetivo de esta práctica es evitar soluciones superficiales y atacar directamente las causas estructurales de los problemas, ya sean relacionadas con métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria o condiciones ambientales. Estos análisis deberán documentarse y formar parte del sistema de gestión, generando acciones correctivas y preventivas que reduzcan progresivamente la reincidencia de fallas. De esta manera, el sistema evolucionará de un enfoque reactivo a uno preventivo.

Por último, se recomienda realizar un estudio técnico de redistribución física del taller mediante un análisis detallado del flujo de procesos y movimientos internos. Este estudio debe contemplar la secuencia operativa desde la recepción del vehículo hasta su entrega final, identificando recorridos innecesarios, cruces de flujo y zonas de congestión. A partir de este diagnóstico, se podrá proponer un nuevo diseño de layout que reduzca desplazamientos, optimice la ubicación de herramientas y materiales, y minimice tiempos muertos asociados a transporte interno o búsqueda de recursos.


APÉNDICES

En el siguiente apartado, se encuentran los apéndices correspondientes del proyecto:

Apéndice 1 Control de la limpieza semanal en Excel.

		Lista de chequeo para orden y limpieza semanal (área de enderezado, alistado y pintura)		
ENDEREZADO				
Fecha	Item a verificar	Cumple (SI/No)	Observaciones.	
	Fiso libre de polvo metálico y residuos de lijado			
	Eliminación de restos de soldadura			
	Herramientas de enderezado limpias y guardadas			
	Mangueras recogidas y sin obstrucciones			
	Equipos eléctricos sin acumulación de polvo			
	Herramientas ordenadas			
ALISTADO				
Fecha	Item a verificar	Cumple (SI/No)	Observaciones.	
	Fiso sin polvo producto del lijado en seco			
	Superficies de trabajo libres de residuos			
	Herramientas de lijado limpias			
	Lijas usadas retiradas del área			
	Mangueras y cables correctamente enrollados			
	Recipientes de thinner, masilla y Primer cerrados			
PINTURA				
Fecha	Item a verificar	Cumple (SI/No)	Observaciones.	
	Cabina de pintura libre de polvo			
	Limpieza de filtros y rejillas visibles			
	Pistolas de pintura limpias			
	Envases de pintura cerrados y rotulados			
	Fiso sin residuos de pintura seca			
	Área de mezcla limpia y ordenada			
Observaciones Importantes				
Responsable	Revisión	Validación		
Los operarios del área completarán conjuntamente la lista de verificación semanal el día jueves, una hora antes de finalizar la jornada laboral.	El Ingeniero Industrial realizará la revisión de la lista de verificación semanal al iniciar la jornada laboral el día viernes.	El Ingeniero Industrial realizará verificaciones aleatorias (10 minutos) en las áreas de trabajo con el fin de comprobar que la información registrada en las listas de verificación coincida con las condiciones reales del puesto.		
Indicador				
Responsable	Indicador	Fórmula		
Ingeniero Industrial. La frecuencia del Indicador es Semanal.	Indicador de Cumplimiento de Limpieza Semanal (ICLS): Mide la efectividad en la ejecución de actividades de limpieza profunda semanal.	$ICLS = \left(\frac{\text{Actividades cumplidas en la semana}}{\text{Total de actividades programadas en la semana}} \right) \times 100$		
Realización del Indicador (formato semanal)				
ENDEREZADO				
Actividades cumplidas	Total de actividades programadas	Resultado		
	6	0		
ALISTADO				
Actividades cumplidas	Total de actividades programadas	Resultado		
	6	0		
PINTURA				
Actividades cumplidas	Total de actividades programadas	Resultado		
	6	0		
Acciones correctivas derivadas de Incumplimientos				
Área	Fecha de incumplimiento	Razón del incumplimiento	Estado de cumplimiento	Fecha del cumplimiento
Nota: Este registro se activa si se detectan 3 incumplimientos en la semana.				

Apéndice 2 Control de la limpieza diaria en Excel.

 Lista de chequeo para orden y limpieza diario (área de enderezado, alistado y pintura)				
Día	Operario	Ítem a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones
		Herramientas limpias y ordenadas.		
		Superficies sin polvo.		
		Piso barrido.		
		Mangueras enrolladas y guardadas.		
		Cúteres cerrados y guardados correctamente.		
		Recipientes de pintura, thinner, masilla y Primer cerrados.		
		Carros de transporte alineados correspondiendo a la labor del día.		
		Trapos (esponjas) en su lugar.		
Observaciones Importantes				
Responsable	Revisión	Validación		
<p>Acada operario(7 en alistado y pintura / 3 en enderezado) se le entregará esta lista de verificación, y será responsable de completar y hacer la lista de verificación diaria dos horas antes al finalizar su jornada laboral.</p>	<p>El Ingeniero Industrial será responsable de revisar diariamente la lista de verificación diaria completada.</p>	<p>El Ingeniero Industrial realizará verificaciones aleatorias (10 minutos) en las áreas de trabajo con el fin de comprobar que la información registrada en las listas de verificación coincida con las condiciones reales del puesto.</p>		
Indicador				
Responsable	Indicador	Fórmula		
<p>Ingeniero Industrial. La frecuencia de este Indicador es Diario.</p>	<p>Indicador de Cumplimiento de Limpieza Diaria (ICLD): Este indicador mide el grado de ejecución de las tareas rutinarias programadas en la lista de verificación diaria.</p>	$ICLD = \left(\frac{\text{Actividades cumplidas diarias}}{\text{Total de actividades programadas}} \right) \times 100$		
Realización del Indicador (formato diario)				
Alistado y Pintura	Nombre del Operario	Actividades cumplidas	Total de actividades programadas	Resultado
1			8	0
2			8	0
3			8	0
4			8	0
5			8	0
6			8	0
7				
Enderezado	Nombre del Operario	Actividades cumplidas	Total de actividades programadas	Resultado
1			8	0
2			8	0
3			8	0
Acciones correctivas derivadas de Incumplimientos				
Responsable	Fecha de incumplimiento	Razón del incumplimiento	Estado de cumplimiento	Fecha del cumplimiento
<p>Nota: Este registro se activa si se detectan 4 incumplimientos por operario en un mismo día.</p>				

Apéndice 3 Manual de limpieza basado en las 5S para el área de enderezado, alistado y pintura.

1. OBJETIVO GENERAL: Establecer un sistema estandarizado de orden, limpieza y disciplina operativa basado en la metodología 5S, con el fin de mejorar la productividad, prevenir accidentes y optimizar el flujo de trabajo en las áreas de enderezado, alistado y pintura.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Reducir la presencia de polvo y residuos en el taller.
- Disminuir tiempos improductivos asociados a la búsqueda de herramientas.
- Mejorar las condiciones de seguridad laboral.

3. DUEÑO DEL PROCESO: Ingeniero Industrial.

4. ACTORES:

- Jefe del Taller.
- Operarios del área de enderezado, alistado y pintura.
- Ingeniero Industrial.

5. INFORMACIÓN RELEVANTE: La metodología 5S es una herramienta de gestión de origen japonés orientada a mejorar el orden, la limpieza, la disciplina y la eficiencia en los lugares de trabajo. Su aplicación permite crear ambientes laborales organizados, seguros y productivos, reduciendo tiempos improductivos, errores operativos, accidentes y desperdicios dentro de los procesos. Esta metodología constituye uno de los fundamentos de los sistemas de mejora continua y de enfoques de productividad como Lean Manufacturing. El nombre 5S proviene de cinco palabras japonesas que representan las etapas del método:

METODOLOGÍA 5S	DEFINICIÓN
Seiri – Clasificar.	Consiste en separar los elementos necesarios de los innecesarios dentro del área de trabajo, eliminando materiales, herramientas o equipos que no se utilizan con frecuencia. Esta etapa permite liberar espacio.
Seiton – Ordenar.	Implica organizar los elementos necesarios en ubicaciones definidas que permitan encontrarlos fácilmente cuando se requieran.
Seiso – Limpiar.	Se enfoca en mantener las áreas de trabajo limpias y libres de residuos, polvo o suciedad que puedan afectar la calidad del producto o el funcionamiento de los equipos.
Seiketsu – Estandarizar.	Consiste en establecer normas, procedimientos y controles visuales que aseguren la permanencia del orden y la limpieza logrados en las etapas anteriores.
Shitsuke – Disciplina.	Se refiere al desarrollo de hábitos de cumplimiento y responsabilidad por parte del personal, garantizando que las prácticas de orden y limpieza se mantengan de forma permanente.

6. APLICACIÓN DE LAS 5S:

I. CLASIFICAR (SEIRI)	
Consiste en separar los elementos necesarios de los innecesarios dentro del área de trabajo.	
Operario del área.	<ul style="list-style-type: none"> • Retira herramientas dañadas. • Elimina residuos de lijado acumulados. • Separa materiales obsoletos. • Clasifica lijas usadas y las descarta. • Mantiene únicamente los materiales necesarios en el área de trabajo.
Ingeniero Industrial.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica diariamente que las acciones se hayan realizado correctamente por medio de la

	<p>Tabla de Clasificar (Seiri). (Ver al final del documento).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiza un resumen semanal de los datos.
Jefe del Taller.	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza resultados en una reunión quincenal y define acciones correctivas.
II. ORDENAR (SEITON) Busca ubicar cada herramienta y material en un lugar definido que facilite su acceso inmediato.	
Operario del área.	<ul style="list-style-type: none"> • Define zonas específicas para herramientas. • Mantiene kits necesarios ya ubicados en la estación. • Recoge mangueras después de cada uso. • Cierra cutter y herramientas cortantes al terminar.
Ingeniero Industrial.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica diariamente que las acciones se hayan realizado correctamente por medio de la Tabla de Ordenar (Seiton). (Ver al final del documento). • Realiza un resumen semanal de los datos.
Jefe del Taller.	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza resultados en una reunión quincenal y define mejoras.
III. LIMPIAR (SEISO) Consiste en mantener las áreas libres de polvo y residuos.	
Operario del área.	<ul style="list-style-type: none"> • Barre al finalizar cada jornada. • Limpia polvo generado por el lijado en seco. • Limpia con aspiradora Karcher NT 38/1. • Limpia equipos y superficies de trabajo. • Retira residuos metálicos y restos de pintura. • Limpia cabinas de pintura periódicamente.
Ingeniero Industrial.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica cumplimiento de la limpieza por medio Tabla de

	<p>Limpiar (Seiso). (Ver al final del documento)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiza un resumen semanal de los datos.
Jefe del Taller	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza resultados en una reunión quincenal y define mejoras.
IV. ESTANDARIZAR (SEIKETSU) Busca mantener las condiciones logradas mediante normas visuales y rutinas definidas.	
Ingeniero Industrial.	<ul style="list-style-type: none"> • Señaliza ubicaciones de herramientas. • Programa limpieza diaria y semanal. • Da seguimiento a los indicadores de control (KPI). • Registra cumplimiento de las rutinas.
Jefe del Taller.	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza resultados en una reunión quincenal y define mejoras.
V. DISCIPLINA (SHITSUKE) Consiste en generar hábitos permanentes de orden y limpieza.	
Ingeniero Industrial.	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza inspecciones 5S. • Evalúa cumplimiento de tablas. • Retroalimenta al personal. • Incluye la limpieza como parte del cierre de jornada.
Jefe del Taller.	<ul style="list-style-type: none"> • Valida mensualmente el desempeño del sistema 5S.

7. TABLA DE CLASIFICAR (SEIRI).

Día	Operario	Item a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones
		Retira herramientas dañadas.		
		Elimina residuos de lijado acumulados.		
		Separa materiales obsoletos.		
		Clasifica lijas usadas y las descartar.		

		Mantiene únicamente los materiales necesarios en el área de trabajo.		
--	--	--	--	--


8. TABLA DE ORDENAR (SEITON).

Día	Operario	Ítem a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones
		Define zonas específicas para herramientas.		
		Mantiene kits necesarios ya ubicados en la estación.		
		Recoge mangueras después de cada uso.		
		Cierra cutter y herramientas cortantes al terminar.		

9. TABLA DE LIMPIAR (SEISO).

Día	Operario	Ítem a verificar	Cumple (Si/No)	Observaciones
		Barre al finalizar cada jornada.		
		Limpia polvo generado por el lijado en seco.		
		Limpia con aspiradora Karcher NT 38/1.		
		Limpia equipos y superficies de trabajo.		
		Retira residuos metálicos y restos de pintura.		
		Limpia cabinas de pintura periódicamente.		

Apéndice 4 Control de los reprocesos en el área de enderezado, alistado y pintura en Excel.

		Registro diario de control de los reprocesos en el área de enderezado, alistado y pintura					
DIARIO							
Día	Área	Tipo de reproceso	Causa probable	Acción inmediata	Responsable del reproceso	Hora	Costo del reproceso
CONSOLIDADO SEMANAL (PLANTILLA)							
HOJA DE CONTROL SEMANAL DE REPROCESOS							
Semana							
Área							
Responsable							
Observaciones							
Reproceso	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total de piezas reprocesadas	Total (general) de piezas terminadas
Precio							
Observaciones Importantes							
Responsable			Revisión			Validación	
<p>*El registro de los Reprocesos Diarios será realizado diariamente por el Operario responsable del trabajo con ayuda del Ingeniero Industrial.</p> <p>*El Ingeniero Industrial recopilará los registros diarios y elaborará el consolidado semanal en la hoja de control de Reprocesos Semanales.</p>			<p>El Jefe del Taller será responsable de revisar diariamente la lista de verificación completada.</p>			<p>El Jefe del Taller realizará validaciones semanales para comprobar que los reprocesos registrados coincidan con las condiciones reales observadas en el proceso productivo.</p>	
Índices							
Responsable	Índices					Fórmula	
<p>Ingeniero Industrial.</p> <p>La frecuencia de los Indicadores es Semanal.</p>	<p>* Índice de Reprocesos (IR): Este indicador mide el porcentaje de unidades que no cumplieron con los estándares de calidad.</p> <p>* Índice de Costo de Reprocesos (ICR): Representa la carga financiera que suponen las actividades de corrección sobre el costo total de la manufactura.</p> <p>* Frecuencia de Reprocesos por Área (FRA): Este indicador permite localizar el "cuello de botella" de la calidad.</p>					<p>Índice de Reprocesos = $\left(\frac{\text{Piezas Reprocesadas}}{\text{Total de Piezas Procesadas}} \right) \times 100$</p> <p>$ICR = \frac{\text{Costo Total de Reprocesos}}{\text{Costo Total de Producción}}$</p> <p>Frecuencia de Reprocesos = $\frac{\text{Número de Reprocesos del Área}}{\text{Total de Reprocesos del Taller}}$</p>	
Realización de los Índices (formato semanal)							
Índice de Reprocesos (IR)							
Semana	Área	Piezas Reprocesadas	Total de Piezas Procesadas	Resultado			
	Enderezado			#¡DIV/0!			
	Alistado			#¡DIV/0!			
	Pintura			#¡DIV/0!			
Índice de Costo de Reprocesos (ICR)							
Semana	Área	Costo Total de Reprocesos	Costo Total de Producción	Resultado			
	Enderezado			#¡DIV/0!			
	Alistado			#¡DIV/0!			
	Pintura			#¡DIV/0!			
Frecuencia de Reprocesos por Área (FRA)							
Semana	Área	Número de reprocesos	Total de reprocesos en el taller	Resultado			
	Enderezado			#¡DIV/0!			
	Alistado			#¡DIV/0!			
	Pintura			#¡DIV/0!			
Reprocesos Recurrentes							
Reproceso Recurrente	Acción correctiva	Responsable	Fecha de acción correctiva	Fecha de cumplimiento			

Nota: Si se presentan 4 reprocesos por la misma causa en una semana o 5 reprocesos totales, se activa el control de acciones correctivas.

Apéndice 5 Control del registro de la reunión operativa corta en Excel.

		<h2>Registro diario de la reunión operativa corta</h2>			
Fecha	Área	Responsable	¿Tiene una acción pendiente? (Si/No)	Acción acordada	Fecha límite
<h3>Observaciones Importantes</h3>					
<p>Responsable</p> <p>El Jefe de Taller será responsable de registrar diariamente la información generada en la reunión operativa corta utilizando la plantilla establecida.</p>		<p>Revisión</p> <p>El registro será revisado diariamente por el Ingeniero Industrial, quien verificará que las acciones hayan sido correctamente documentadas y que cada actividad tenga responsable y fecha de cumplimiento definida.</p>		<p>Validación</p> <p>El Gerente de Flota validará semanalmente la información registrada, confirmando que las acciones consignadas correspondan a las necesidades reales del proceso.</p>	
<h3>Índice</h3>					
<p>Responsable</p> <p>Ingeniero Industrial. La frecuencia del Indicador es Semanal.</p>		<p>Índice</p> <p>Índice de Cumplimiento de Reuniones (ICR): Evalúa la capacidad de supervisión para respetar los espacios de análisis y toma de decisiones frente a las urgencias del día a día en el taller.</p>		<p>Fórmula</p> $\text{Cumplimiento de Reuniones} = \left(\frac{\text{Reuniones Realizadas}}{\text{Reuniones Programadas}} \right) \times 100$	
<h3>Realización del Índice (formato semanal)</h3>					
Semana	Reuniones realizadas	Reuniones Programadas	Resultado		
		25	0		
<h3>Análisis y Seguimiento Semanal</h3>					
Operario	Tareas Cumplidas	Tareas Atrasadas	Responsable Tareas Atrasadas		
<p>Nota: Cuando se detecten 3 incumplimientos en las acciones acordadas, el Jefe de Taller definirá acciones correctivas.</p>					

Apéndice 8 Gestión de la calidad integrada al proceso: área de enderezado, alistado y pintura en Excel.

		Gestión de la calidad integrada al proceso: área de enderezado, alistado y pintura		
Enderezado				
Punto de control	Cumple (Si/No)	¿Se encontró un defecto?	¿Cuál es la acción inmediata?	Responsable
Utiliza la lija de carrocería correctamente				
Limpia la zona de trabajo				
Utiliza el Puler correctamente				
Utiliza por última vez la lija de carrocería correctamente				
Alistado				
Punto de control	Cumple (Si/No)	¿Se encontró un defecto?	¿Cuál es la acción inmediata?	Responsable
Prepara la masilla				
Aplica la masilla				
Utiliza las lijas correctamente				
Hace el Primer				
Aplica el Primer				
Utiliza por última vez la lija correctamente				
Pintura				
Punto de control	Cumple (Si/No)	¿Se encontró un defecto?	¿Cuál es la acción inmediata?	Responsable
Prepara la pintura				
Aplica la pintura				
Prepara el transparente				
Aplica el transparente				
Limpie la pistola				
Observaciones Importantes				
Responsable		Revisión		Validación
El Ingeniero Industrial será responsable de registrar diariamente los resultados de las inspecciones de calidad realizadas en los puntos de control.		El Jefe del Taller revisará diariamente la consistencia de los registros de inspección.		El Jefe del Taller validará semanalmente los resultados de las inspecciones de calidad.
Índice				
Responsable		Índice		Fórmula
Ingeniero Industrial. La frecuencia de este Indicador es Semanal.		Índice de Defectos Detectados por Área (IDDA): Permite identificar las áreas del proceso con mayor incidencia de fallas.		$IDDA = \left(\frac{\text{Defectos Detectados en el Área}}{\text{Total de Defectos Detectados en el Taller}} \right) \times 100$
Realización del Indicador (formato semanal)				
Índice de Defectos Detectados por Área (IDDA)				
Semana	Área	Defectos detectados	Total de defectos en el taller	Resultado
	Enderezado			#DIV/0!
	Alistado			#DIV/0!
	Pintura			#DIV/0!
Análisis y Seguimiento Semanal				
Responsable	Área	Punto de control donde se encontró el defecto	Defectos detectados	Acción correctiva aplicada

Nota: Cuando se identifiquen defectos recurrentes (5 defectos por área), el Jefe del Taller definirá acciones correctivas.

Apéndice 9 Registro del tiempo improductivo diario en el área de enderezado, alistado y pintura.

Adobe rent a car		Registro del tiempo improductivo diario en el área de enderezado, alistado y pintura			
Día	Área	Causa	Cantidad de veces que ocurrió	Duración por evento (min)	Tiempo total perdido (min)
		Movimiento de vehículos.			
		Espera por autorización.			
		Espera por cabinas de pinturas ocupadas.			
		Espera por pieza terminada de enderezador/ alistador.			
		Espera por repuesto.			
		Espera para arreglar la herramienta en mal estado.			
		Espera para ir a buscar / traer los materiales.			
Observaciones Importantes					
Responsable		Revisión		Validación	
El Ingeniero Industrial será responsable de registrar diariamente los tiempos improductivos identificados en las áreas de trabajo.		El Jefe del Taller revisará diariamente los registros completados.		El Jefe del Taller validará semanalmente la información registrada.	
Índices					
Responsable		Índices		Fórmula	
Ingeniero Industrial. La frecuencia del Índice es Semanal.		*Índice de Tiempo Improductivo (ITI): Permite medir el porcentaje de la jornada que no genera valor productivo.		$ITI = \left(\frac{\text{Tiempo Improductivo Total}}{\text{Tiempo Total de Jornada Laboral}} \right) \times 100$	
		*Índice de Tiempo Improductivo por Área (ITIA): Permite medir el porcentaje del tiempo laboral por área que no genera valor dentro del proceso productivo.		$ITIA = \frac{\text{Tiempo improductivo del área}}{\text{Tiempo total disponible del área}} \times 100$	
Realización del Índice (formato semanal)					
Índice de Tiempo Improductivo (ITI)					
Semana	Tiempo Improductivo Total		Tiempo Total de Jornada Laboral	Resultado	
			42,5	0	
Índice de Tiempo Improductivo por Área (ITIA)					
Semana	Área	Tiempo Improductivo Total	Tiempo Disponible del Área	Resultado	
	Enderezado		42,5	0	
	Alistado		42,5	0	
	Pintura		42,5	0	
Análisis y Seguimiento Semanal					
Semana	Causa	Cantidad de veces que ocurrió	Tiempo perdido total		
	Movimiento de vehículos.				
	Espera por autorización.				
	Espera por cabinas de pinturas ocupadas.				
	Espera por pieza terminada de enderezador/ alistador.				
	Espera por repuesto.				
	Espera para arreglar la herramienta en mal estado.				
	Espera para ir a buscar / traer los materiales.				
Nota: Cuando se registren 7 eventos de tiempo improductivo por la misma causa en una semana, el Jefe del Taller deberá definir acciones correctivas.					

REFERENCIAS

Artículos Científicos

- Abraham-Igwemoh, J., & Etebu, O. (2022). *Analysis of production line quality using time study*: International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS). 7(2), 9-13. <https://rsisinternational.org/journals/ijrias/DigitalLibrary/volume-7-issue-2/09-13.pdf>
- Medina , G., Montalvo, G., y Vásquez, M. (2018). *Mejora de la Productividad mediante un sistema se gestión basado en Lean Six Sigma en el proceso productivo de pallets en la empresa Maderera Nuevo Peru S.A.C,2017*: Ingeniería: Ciencia, Tecnología E Innovación. 5(1), 1-11. <https://doi.org/10.26495/icti.v5i1.863>
- Nunes, F., Alexandre, E., & Dinis, P. (2024). *Implementing Key Performance Indicators and Designing Dashboard Solutions in an Automotive Components Company: A Case Study*: Administrative Sciences. 14(8), 1-175. <https://doi.org/10.3390/admsci14080175>
- Paduloh , P., & Hardi , H. (2020). *Analysis of Productivity based on KPI Case Study Automotive Paint Industry*: Journal of Engineering and Management in Industrial System. 8(1), 1-12. <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2020.008.01.1>
- Vicencio, J., Treviño, J., Alcalá, C., y Reboloso, A. (2023). *Reducción de desperdicios y mejoramiento de la productividad en una empresa del Ramo Automotriz*: Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 7(5), 777-795. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7765

Páginas Web

- Adobe Rent a Car. (2024). *Acerca de Adobe Rent a Car*. Adobe Rent a Car. <https://www.adobecar.com/acerca-adobe-rent-a-car/>
- European Commission – The Competence Centre on Composite Indicators and Scoreboards. (27 de Marzo de 2025). *10 Step Guide*. European Commission. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/composite-indicators/toolkit_en/navigation-page/10-step-guide_en?utm

Toyota. (s.f.). *Toyota Production System*. Toyota. <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>

Universidad Internacional de la Rioja. (25 de Abril de 2022). *¿Qué es un diagrama de flujo? :Cómo hacerlo y para qué sirve*. UNIR. <https://mexico.unir.net/noticias/ingenieria/diagrama-flujo/>

Libros

Aceves, P. (2018). *Administración de proyectos. Enfoque por competencias*. (Primera ed.). Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/40534?prev=bf>

Agustín, J. (2018). *Productividad Industrial Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua* (Segunda ed.). Marcombo. https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/280294?as_all=m%C3%A9todos__de__trabajo&as_all_op=unaccent__icontains&prev=as

Castillo, A., y Espinosa, C. (2018). *Gestión de operaciones con enfoque de servicios*. (Primera ed.). Editorial Universo Sur. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/120835>

Criollo, J., Tixi, N., Espinoza, P., Quilligana, L., Soria, D., y Siza, L. (2021). *Gestión de la Producción Industrial*. (Primera ed.). Editorial Binario. <https://binario.com.ec/wp-content/uploads/2021/10/Libro-Gestion-de-la-Produccion-A5.pdf>

Eliseo, H., Balderrabano, J., y Pérez, G. (2024). *Medición y mejoramiento de la productividad. Un Enfoque Integral*. (Edición Especial). ECORFAN-México, S.C. https://www.ecorfan.org/libros/Medici%C3%B3n_y_mejoramiento_de_la_productividad_un_enfoque_integral/Book_Medicion_y_mejoramiento_de_la_productividad.pdf

Flores, M., Fuentes, L., López, A., Tobón, L., y Vázquez, L. (2020). *Aplicación de técnicas para el incremento de la productividad y mejora continua en las organizaciones*. (Primera ed.). Red Iberoamericana De Academias De Investigación A.C. <https://redibai-myd.org/portal/wp-content/uploads/2021/03/8617-82-1.pdf>

Gillet-Goinard, F., y Seno, B. (2015). *La caja de herramientas: control de calidad*. (Primera ed.). Grupo Editorial Patria.

https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/39347?as_all=gesti%C3%B3n_de_proyectos&as_all_op=unaccent__icontains&prev=as

Gómez, I., y Brito, J. (2020). *Administración de operaciones*. (Primera ed.). UIDE/GUAYAQUIL/2020. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4146>

Gutiérrez, H. (2020). *Calidad y Productividad*. (Quinta ed.). McGraw-Hill. <https://ebooks7-24.com/plus/visorBook.aspx?i=10411&t=43077E1A-6681-4311-A75C-6D10C8744AF3>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (Sexta ed.). McGraw-Hill. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Parks, D. (2015). *The complete guide to auto body repair*. (Segunda ed.). Quarto Publishing Group USA Inc. <https://vdoc.pub/download/the-complete-guide-to-auto-body-repair-4cp649jm4q30>

Pazos, E. (2021). *Causa raíz en auditoría*. (Primera ed.). Publitex Grupo Editorial S.A. <https://www.iaicr.com/htdocs/wp-content/uploads/2022/09/Librito-causa-raiz.pdf>

Posada, G. (2016). *Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos*. (Primera ed.). Fundación Universitaria Luis Amigó. https://www.funlam.edu.co/uploads/fondoeditorial/120_Ebook-elementos_basicos.pdf

Socconini, L. (2021). *Lean Six Sigma Yellow Belt*. (Primera ed.). Marge Books. <https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/188715>

Toro, F. (2016). *Indicadores y tableros de control de proyectos*. (Primera ed.). Ediciones de la U. https://elibro.net/es/ereader/bibliouia/70257?as_all=indicadores&as_all_op=unaccent__icontains&prev=as

Tesis

Calderón, D. (2020). *Mejoramiento de los procesos de latonería y pintura en el taller automotriz Brujo Cars en la ciudad de Bogotá*. [Licenciatura en ingeniería industrial, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería-ECBTI, Colombia].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36888/dacalderond.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Díaz, L. (2018). *Diagnóstico, diseño y estrategia de implementación de propuestas de mejora para el proceso de reparación de carrocería y pintura en un taller automotriz*. [Licenciatura en ingeniería industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f12543e1-d7c3-47e8-bfb1-318d7ecfbf20/content>

García, G., y Guarderas, G. (2018). *Mejora de tiempos en el área de servicio para incrementar el flujo vehicular en taller de Vans*. [Licenciatura en ingeniería industrial y comercial, Universidad San Ignacio De Loyola, Perú]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/cfaa6229-6e9f-46e6-b282-35ba05a787b6/content>

Sánchez, E., y Roldán, A. (2018). *Diseño de un sistema de gestión de operaciones para un taller de enderezado y pintura*. [Licenciatura en ingeniería industrial, Universidad de Costa Rica, Costa Rica]. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/items/8e3fbd31-91ac-4593-b0d7-d5a3f4102893>

Sandí, M. (2018). *Propuesta de mejora en los tiempos de producción de la hojalatería Blas Sibaja y Hermanos*. [Bachillerato en ingeniería industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica]. <http://repositorio.uia.ac.cr:8080/server/api/core/bitstreams/6c1e9006-2318-4229-a517-2841fdfa1307/content>