



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES MENCIÓN LOGÍSTICA Y
CADENA DE SUMINISTRO**

**“Propuesta metodológica para optimización del tiempo de servicio en un taller de reparación
de carrocería y pintura”**

**Trabajo de graduación previa la obtención del título de
Magister en Producción Mención en Cadena de Suministros**

Autor:

Ing. Diego Andrés Gómez Ullauri

Director:

MSc. Paúl Esteban Crespo Martínez

Cuenca - Ecuador

2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por hacer todo posible.

A mis hijos, familia, amigos y personas cercanas quienes han sido mi apoyo y motivación para culminar este proyecto.

A mi director MSc. Paúl Esteban Crespo Martínez, por su apoyo, tiempo y dirección de este trabajo de graduación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	5
II. ESTADO DE ARTE	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
V. PROPUESTA METODOLÓGICA.....	13
VI. CONCLUSIONES.....	17
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aplicación del método prisma	8
Figura 2 Dendograma - Análisis de conglomerados. Grupos léxicos	10
Figura 3 Análisis factorial de correspondencias	11
Figura 4 Representación del análisis de similitud	11
Figura 5 Análisis de daños en la recepción de un vehículo con colisión.	13
Figura 6 Requisitos mínimos de espacio para un taller automotriz.	16
Figura 7 Análisis del proceso de preparación para pintura.	16
Figura 8 Concepto moderno de controles intermedios de calidad.	17
Figura 9 Matriz FO-FA-DO-DA en taller de Carrocería y Pintura (Fuente: TCSA)	22
Figura 10 Diagrama de Spaghetti del taller de Carrocería y Pintura (Fuente: TCSA)	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Artículos seleccionados por base de datos consultada.	9
Tabla 2 Tipo de artículo por base de datos consultada.	9
Tabla 3 Análisis preliminar después de la lematización	9
Tabla 4 Las 100 palabras activas más utilizadas	10
Tabla 5 Variables para el cálculo de la capacidad de mano de obra	14
Tabla 6 Cálculo de la eficiencia de mano de obra	14
Tabla 7 Descripción de bahías de trabajo en el taller de carrocería y pintura.	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Análisis FODA	22
Anexo 2 Diagrama de Spaghetti	23

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE SERVICIO EN UN TALLER DE REPARACIÓN DE CARROCERÍA Y PINTURA

RESUMEN

La productividad es una medida empleada para identificar que tan bien se utilizan los recursos en una industria o unidad de negocio. El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar un método para reducir el tiempo de servicio en un taller de reparación de carrocería y pintura. Se realizó un sondeo literario aplicando la metodología PRISMA, y consecuentemente se realizó un análisis textométrico de los artículos seleccionados empleando el software libre IRAMUTEQ. El análisis permitió identificar cinco grupos de estudios que permitirán optimizar procesos en talleres automotrices de carrocería y pintura: i) diagnóstico del automóvil, ii) modelo y simulación, iii) cuello de botella, iv) mantenimiento productivo total; v) e Industria 4.0. Por medio del análisis de similitud, los principales nodos identificados son: proceso, producción, enfoque, modelo, sistema, trabajo, calidad y tiempo.

Palabras Claves: Productividad- Tiempo de Servicio- Carrocería y Pintura- Método PRISMA- Análisis Textométrico.



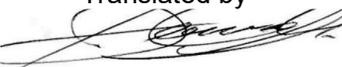
Paúl Esteban Crespo Martínez, Msc.
Director

ABSTRACT

Productivity is a measure used to identify how well resources are being used in an industry or business unit. The objective of this work was to evaluate a method to reduce the service time in a body and paint repair shop. A literary survey was carried out applying the PRISMA methodology, and consequently a textometric analysis of the selected articles was carried out using the free software IRAMUTEQ. The analysis allowed identifying five groups of studies that will allow optimizing processes in automotive body and paint shops: i) car diagnosis, ii) model and simulation, iii) bottleneck, iv) total productive maintenance; v) and Industry 4.0. Through similarity analysis, the main nodes identified are: process, production, approach, model, system, work, quality and time.

Keyword: *Productivity- Service Time- Bodywork and Painting- PRISMA Method- Textometric Analysis.*

Translated by



Gómez Ullauri Diego Andrés
Author



Propuesta metodológica para optimización del tiempo de servicio en un taller de reparación de carrocería y pintura

Gómez Ullauri Diego Andrés
Crespo Martínez Paúl Esteban

Departamento de Posgrados, Universidad del
Azuay.

Cuenca, Ecuador

dgomezu@es.uazuay.edu.ec

ecrespo@uazuay.edu.ec

Resumen – La productividad es una medida empleada para identificar que tan bien se utilizan los recursos en una industria o unidad de negocio. El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar un método para reducir el tiempo de servicio en un taller de reparación de carrocería y pintura. Se realizó un sondeo literario aplicando la metodología PRISMA, y consecuentemente se realizó un análisis textométrico de los artículos seleccionados empleando el software libre IRAMUTEQ. El análisis permitió identificar cinco grupos de estudios que permitirán optimizar procesos en talleres automotrices de carrocería y pintura: i) diagnóstico del automóvil, ii) modelo y simulación, iii) cuello de Botella, iv) mantenimiento productivo total, v) e industria 4.0. Por medio del análisis de similitud, los principales nodos identificados son: proceso, producción, enfoque, modelo, sistema, trabajo, calidad y tiempo.

Índice de Términos – Productividad- Tiempo de Servicio- Carrocería y Pintura- Método PRISMA- Análisis Textométrico.

Abstract– Productivity is a measure used to identify how well resources are being used in an industry or business unit. The objective of this work was to evaluate a method to reduce the service time in a body and paint repair shop. A literary survey was carried out applying the PRISMA methodology, and consequently a textometric analysis of the selected articles was carried out using the free software IRAMUTEQ. The analysis allowed identifying five groups of studies that will allow optimizing processes in automotive body and paint shops: i) car diagnosis, ii) model and simulation, iii) bottleneck, iv) total productive maintenance; v) and Industry 4.0. Through similarity analysis, the main nodes identified are: process, production, approach, model, system, work, quality and time.

I. INTRODUCCIÓN

La productividad es un indicador de gran importancia dentro de un proceso de servicio o producción. Su medición se logra tras valorar adecuadamente los resultados alcanzados considerando los recursos que se emplearon (Gutierrez Pulido, 2010). Es usual visualizar la productividad a través de dos componentes: eficiencia y eficacia; se puede ser eficiente al no generar desperdicio de recursos, pero si no es eficaz, no se está alcanzando los objetivos planeados (Charles y Jones, 2011).

Un proceso se refiere a una parte cualquiera de una organización que toma insumos y los transforma en productos o servicios esperando que tengan un valor más alto que los insumos empleados (Chase *et al.*, 2016). Al optimizar un proceso, es necesario medir el desempeño del proceso para planear la capacidad de los servicios.

En la medición del desempeño de un proceso se establecen parámetros que sirven de modelo para un determinado trabajo (Liker y Ross, 2019). Por lo tanto, la planeación de la capacidad de servicios depende en su mayor parte del tiempo de trabajo, y la ubicación está sujeta a las fluctuaciones de una demanda más volátil, su utilización repercute directamente en la calidad de los servicios.

La calidad de los servicios es un valor que se relaciona directamente con el índice de satisfacción al cliente (Felix, 2017). Como lo plantean Jamaluddin y Ruswanti (2017), para sobrevivir en esta industria, una empresa debe desarrollar estrategias para satisfacer las necesidades de sus clientes, la cual se ha convertido en uno de los objetivos esenciales para cualquier empresa que busque una relación a largo plazo con el cliente, llegando a considerarse como la principal prioridad de la organización (Ngo y Nguyen, 2016).

El sistema de producción total, de fabricación ajustada o justo a tiempo (JIT), elimina desperdicios y promueve la mejora continua la cual agrega valor al cliente final, consiguiendo, por ejemplo, un ensamblaje más rápido de automóviles con alta confiabilidad y calidad de costos (Paladugu y Grau, 2020). En Malasia, un estudio realizado por la Universidad Tecnológica de MARA aplicó el modelo justo a tiempo para un manejo eficaz de materiales de la línea automotriz

de filtros de aire, de igual manera, en el Hospital de niños de Seattle, en la división de Cirugía General, y en la Universidad de Miskolc de Hungría, para una empresa de productos electrónicos, se optimizaron los procesos consiguiendo reducir el tiempo de trabajo o atención, costos, número de estaciones de trabajo, incluso el espacio operacional. (Halim *et al.*, 2015; Merguerian *et al.*, 2015; Kovács, 2019).

El estudio de caso se realizó en un taller de reparaciones de carrocería y pintura para vehículos multimarca en la ciudad de Cuenca, Ecuador. El taller ha aumentado su producción mensual de vehículos reparados, teniendo un promedio actual de 42 vehículos por mes. Este aumento en la producción ha generado varias ventajas como mayores ingresos y creación de puestos de trabajo, pero al mismo tiempo evidenciado algunos problemas. El principal se relaciona con la demora en el tiempo de entrega de vehículos. El 38% de clientes de la empresa manifiestan que no se cumplió con la fecha de entrega programada del vehículo, por lo cual el índice de satisfacción del servicio se ve reducido. Por tal razón, el propósito de este trabajo se centra en proponer un modelo de optimización del tiempo de servicio en el taller de reparación de carrocería y pintura.

Las preguntas de investigación que se quieren resolver son las siguientes:

P1: ¿Cuáles son las alternativas que permitirán optimizar procesos en talleres automotrices?

P2: ¿Cuáles son las bases necesarias para construir una propuesta metodológica que permita optimizar el tiempo de servicio en un taller de reparación de carrocería y pintura?

P3: ¿Cuáles son las características que debe considerar un taller automotriz para realizar sus operaciones?

El documento está dividido de la siguiente manera: En la Sección II se presenta una revisión de la literatura donde se justifica la investigación. La Sección III expone la metodología empleada para la consecuencia de los resultados. La Sección IV expone los principales resultados y presenta una discusión general de los hallazgos. En la Sección V presenta la propuesta metodológica para la optimización del tiempo de servicio en un taller de reparación de carrocería y pintura. Finalmente, se establecen las conclusiones del estudio en la Sección VI.

II. ESTADO DE ARTE

Las líneas de montaje juegan un papel crucial para determinar la rentabilidad de una empresa (James *et al.*, 2020). En un problema de equilibrio de la línea de montaje, las tareas de montaje se asignan a las estaciones de trabajo en función de sus tiempos de procesamiento. La incertidumbre en el tiempo de la tarea es muy común en producción en la línea de montaje, para ello, la aplicación de la teoría de la incertidumbre permite equilibrar las líneas de montaje, incluso cuando los datos históricos sobre los tiempos de procesamiento de las tareas son limitadas (Caldeira y Gnanavelbabu, 2020).

La planificación y el control de la producción (PPC) es una función clave que permite al fabricante ganar visibilidad y control sobre todos los aspectos de la fabricación (Jeon y Kim, 2016).

La fabricación inteligente o Industria 4.0 está transformando las industrias manufactureras al impulsar la integración de tecnologías de la información y comunicación con la planificación y control de la producción en organizaciones, personas y activos (Ebrahimi *et al.*, 2019).

Una aplicación de la tecnología 4.0 en talleres de pintura automotrices consiguió reducir los índices de defectos, optimizar procesos y obtener una detección temprana de desviación de parámetros, mediante el uso de Inteligencia Artificial con algoritmos en conjuntos de datos con miles de variables y cientos de miles de vehículos producidos con el objetivo de mejorar la eficiencia y la gestión energética (Dacal-Nieto *et al.*, 2020).

La idea básica de este aplicativo es tener un sistema paralelo automático que recopile datos de diferentes subsistemas y traducirlos a información (Luckow *et al.*, 2015) para permitir un análisis de optimización y desviación de parámetros, teniendo al ser humano al final, como interpretador y tomador de decisiones. El uso de aplicaciones de Control de supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) facilitan actividades de inspección y mantenimiento (Antonijević *et al.*, 2018).

El uso de softwares especializados de simulación permite una mejora importante en la reducción del ciclo de producción y en el aumento de la productividad (Malega *et al.*, 2021). Las empresas automotrices se vuelvan eficientes mediante la mejora continua de sus sistemas de producción (Siregar *et al.*, 2019). El mapeo del flujo de valor (VSM) es un método que permite dibujar y analizar diferentes cadenas de procesos ayudando a derivar potenciales de mejora (Singh y

Singh, 2020). La digitalización de la producción según la Industria 4.0 permite desarrollar líneas de producción más eficientes, capaces de identificar problemas en el origen de las fallas para evitar retrasos y aumentar la precisión de operación (Kocsi y Oláh, 2015); con esta información adquirida es más fácil obtener la mejor relación costo-beneficio y planificar las actividades de mejora continua a corto plazo o un proyecto de optimización a largo plazo (Meudt et al., 2017).

Un estudio realizado en una empresa manufacturera automotriz de Suecia se concentró en crear un VSM del estado actual de la línea de producción de ensamble semiautomatizado con la finalidad de conocer su situación real y detectar oportunidades de mejora (Uriarte et al., 2019). Los resultados mostraron que el estado futuro de VSM tiene un impacto positivo con respecto a la relación del proceso, el Takt Time, el nivel de inventario del proceso, el tiempo de entrega total y el tiempo de cuello de botella. La mejora propuesta también ayudó a lograr una mayor satisfacción del cliente en términos de mayor calidad, reducción de costos y entrega a tiempo (Jasti et al., 2020).

Los cuellos de botella limitan la productividad en la línea de fabricación (Rodrigues et al., 2019), el diseño por simulaciones de las líneas de montaje permite planificar proactivamente los recursos para gestionar eficazmente los llamados cuellos de botella y lograr así un mayor rendimiento. La integración de la metodología ARIMA se probó en datos de producción reales de una línea de producción automotriz, consiguiendo una mejora del 37,84% en la productividad (Subramaniyan et al., 2018).

Las herramientas de Lean Manufacturing (LM) son herramientas importantes que permiten aumentar la productividad, conducen a la empresa a una mejora continua y sostenida, crean disciplinas y capacidades operativas que son de acciones difíciles de valorar y cuantificar (Chlebus et al., 2015). El estudio realizado por los autores Swarna y Sayid, aborda la implementación de principios LM en una industria de fabricación de artículos de cuero, evaluaron la eficiencia del ciclo de proceso actual (PCE), el tiempo de entrega y la productividad antes de desarrollar una estrategia de mejora. El flujo de producción se optimizó al minimizar varias actividades sin valor agregado (NVD), como cuellos de botella, averías de máquinas, tiempo de cola, tiempo de espera, tiempo de manejo de materiales, etc. (Swarna y Sayid Mia, 2018).

Es importante mencionar que los factores que determinan significativamente la implementación efectiva de los principios de la gestión lean son la posesión de un personal directivo y ejecutivo permanente y competente (Niewiadomski et al., 2018).

La heterogeneidad de costos afecta el resultado de la planificación del servicio en el contexto de un problema de distribución de técnicos eficiente. Considerando que existe una capacidad fija de vehículos y variaciones en la demanda, no todas las solicitudes pueden ser satisfechas a tiempo. La Metodología Ad-hoc ayuda a comprender cómo la heterogeneidad de costos afecta el desempeño de distribuciones óptimas. (Cavada et al., 2020).

Para una empresa manufacturera automotriz, la servitización implica nuevas apuestas para diseñar el producto y el servicio asociado (PSS) y para administrarlos en todo el ciclo de vida. Por ejemplo, monitorear los PSS facilita la mejora continua, por lo tanto, una empresa puede necesitar nuevas metodologías, modelos y herramientas (Mahut et al., 2015).

Las oportunidades de los talleres de servicio se han fortalecido con el aumento de automóviles. Sin embargo, los proveedores de servicios de mantenimiento enfrentan un gran número de desafíos en todas las etapas del negocio, entre los más importantes se destacan: i) la proliferación de nuevos modelos y variantes; ii) avances tecnológicos en sistemas automotrices; iii) demanda de un mejor servicio de calidad; iv) requisitos de espacio y ambiente; v) requisitos laborales; vi) requisito de equipos de apoyo, herramientas y repuestos; vii) requisitos de seguridad y prevención de riesgos laborales; viii) normas y preocupaciones ambientales; y ix) requisitos de documentación adecuados. Los gestores encargados de mejorar la eficiencia del taller pueden derivar políticas de toma de decisiones a través del resultado de los nueve desafíos encontrados (James et al., 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la base teórica de este artículo se realizó una búsqueda en línea en las siguientes bases de datos: i) Scopus, ii) Science Direct, iii) Sage y iv) ProQuest. La cadena de búsqueda empleada fue *"TITLE-ABS-KEY (("methodology" AND "quality" AND proces*) AND ("garage" OR "automotive" OR "workshop" OR "vehicle")) AND ("repair") AND (LIMIT-TO (SRCTYPE ,*

"j") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "p") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "b")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))". Los operadores "AND" y "OR" son aceptados en todas las bases de datos, ambos operadores se utilizan para conectar dos o más términos de búsqueda para obtener resultados más precisos.

Posteriormente, se desarrolló una hoja en Excel para la extracción de datos y recopilación de toda la información necesaria para realizar este artículo. Los registros encontrados fueron ordenados por título, autores, año, DOI, resumen, idioma, base de

búsqueda, revista, preguntas de investigación que responden y metodología.

Para el proceso de selección en este estudio, se empleó el método PRISMA como se muestra en la Figura 1. Este método es bastante útil para la evaluación crítica de las revisiones sistemáticas publicadas para reducir el riesgo de sesgo (Urrútia y Bonfill, 2010). El propósito del método PRISMA es establecer un marco de revisión de literatura estructurado en cuatro pasos clave: (1) Identificación, (2) Selección, (3) Elegibilidad, y (4) Inclusión.

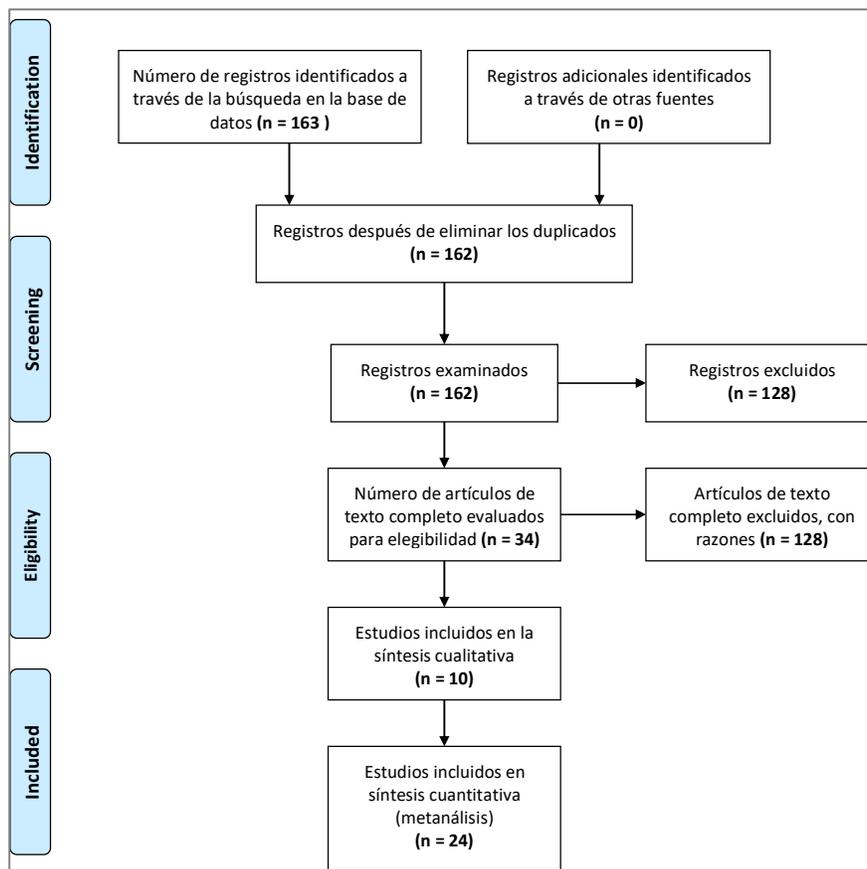


Figura 1: Aplicación del método prisma

En la fase de identificación, se encontraron 163 artículos publicados sobre el tema de estudio, de los cuales, uno de ellos estuvo duplicado. El período de búsqueda para esta revisión se definió entre los años 2016 y 2021.

La fase de selección del método PRISMA, tiene como propósito reducir el número de estudios identificados, para esto, primero se filtró por limitadores de búsqueda y luego se excluyeron los artículos irrelevantes con base en los títulos y

resúmenes de los artículos que fueron encontrados. Como resultado, se excluyeron un total de 128 documentos científicos los cuales no cumplieron con alguna de las siguientes categorizaciones: i) ser artículo científico, ii) estar publicado en idioma inglés, iii) ser un estudio de tipo cuantitativo, iv) responder alguna de las preguntas de investigación planteadas en la Sección I. Esto significó un total de 34 artículos elegibles para la investigación.

Finalmente, los estudios incluidos en la síntesis cuantitativa del método PRISMA fueron 24 artículos de investigación, esto es el 14,72% de los trabajos identificados inicialmente en este estudio.

Posterior, se empleó el software IRaMuTeQ para realizar un análisis estadístico del corpus textual en los resúmenes de los artículos que fueron seleccionados con el método PRISMA.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática de la literatura se exponen en tres secciones. En primer lugar, la sección 4.1 presenta el número de artículos seleccionados por cada base consultada, en la sección 4.2 se presenta una visión general de los estudios analizados. Luego, en la sección 4.3 se establece y discute los resultados en detalle.

4.1 Artículos seleccionados

Tabla 1: Artículos seleccionados por base de datos consultada.

Bases de datos	SI	NO	Duplicado	Total Obtenido	Q1	Q2	Q3	Q1Q2	Q1Q3	Q2Q3	Q1Q2Q3
SCOPUS	9	10	0	19	8	7	1	6	1	1	1
SCIENCE DIRECT	11	4	0	15	10	8	1	7	1	1	1
SAGE	5	9	0	14	4	3	1	3	0	0	0
PROQUEST	9	105	1	114	9	4	1	4	1	0	0
TOTAL	34	128	1	162	31	22	4	20	3	2	2

Aplicando el método PRISMA, la clasificación de artículos se realizó en base a las condiciones indicadas de la sección 3. En la Tabla 1 se presenta la cantidad de artículos seleccionados por cada base de datos que fue consultada, así como la pregunta o preguntas a las cuales responde cada uno de ellos.

Tabla 2: Tipo de artículo por base de datos consultada.

Base de datos	Cuantitativo	Cualitativo	Total
SCOPUS	9	0	9
SCIENCE DIRECT	5	6	11
SAGE	4	1	5
PROQUEST	6	3	9
TOTAL	24	10	34

En la Tabla 2 se presenta una clasificación por tipo de artículo seleccionado por base consultada.

4.2 Análisis de texto

El análisis de texto se realizó con el software de código abierto IRAMUTEQ Versión 07 Alpha 2 (acrónimo de Interface de R pour les Analysis Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires) (Baril y Garnier, n.d). Este software permite el análisis multidimensional de textos.

El análisis se estructuró en tres partes: Análisis lexicográfico; Análisis de conglomerados usando Clasificación Jerárquica Descendente (método Reinert); y análisis de similitud. Los resultados de estos análisis se presentan a continuación.

4.2.1 Análisis lexicográfico

Este análisis se realizó incorporando los títulos y resúmenes de los 24 documentos científicos incluidos en el presente estudio. La aplicación de este análisis lexicométrico proporciona el punto de partida para la revisión sistemática, identificando los datos iniciales para el resto del análisis. Para esto, se aplicó un proceso de lematización para obtener estos resultados preliminares (Tabla 3).

Tabla 3: Análisis preliminar después de la lematización

Concepto	Número Total
Número de textos	24
Número de ocurrencias	6045
Número de formas léxicas (palabras)	1149
Número de hapax	567
	9.38% de ocurrencias 49.35% de formas
Media de ocurrencias por texto	251.88

Este proceso busca reemplazar cada palabra con su forma canónica o su raíz. Además, la Tabla 4 muestra las 100 palabras activas más utilizadas.

4.2.2 Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados se desarrolló aplicando los análisis de clasificación jerárquica descendente de las formas activas (palabras), utilizando el método de Reinert. Este método

permitió definir cinco grupos principales de grupos léxicos (Figura 2). También se completó un análisis de correspondencia factorial (FCA). Los resultados de este análisis se muestran en la Figura 3. Esta figura representa gráficamente los clústeres formados por las palabras activas más frecuentes en cada uno de ellos, habiendo aplicado la clasificación jerárquica descendente.

Tabla 4: Las 100 palabras activas más utilizadas

Pedido	Formas Activas	Frecuencia	Pedido	Formas Activas	Frecuencia	Pedido	Formas Activas	Frecuencia
1	proceso	34	35	productividad	13	68	futuro	9
2	sistema	31	36	herramienta	13	69	flujo	9
3	tiempo	30	37	estado	13	70	diseño	9
4	producción	29	38	análisis	13	71	desafío	9
5	modelo	29	39	equipo	12	72	demostrar	9
6	enfoque	29	40	documento	12	73	cómo	9
7	trabajo	26	41	desarrollar	12	74	conjunto	9
8	industriar	26	42	considerar	12	75	caso	9
9	simulación	25	43	aplicación	12	76	actual	9
10	utilizar	23	44	vsm	11	77	visualización	8
11	dato	2	45	tanto	11	78	reducción	8
12	fabricación	23	46	organización	11	79	incluir	8
13	estudio	21	47	método	11	80	estructural	8
14	automóvil	21	48	identificar	11	81	aplicar	8
15	resultado	19	49	costo	11	82	tarea	7
16	implementación	19	50	cliente	11	83	scada	7
17	problema	18	51	uso	10	84	requisito	7
18	proponer	17	52	presentar	10	85	remanufacturados	7
19	mantenimiento	17	53	paso	10	86	remanufactura	7
20	empresa	17	54	gestión	10	87	reducir	7
21	basar	17	55	cuello	10	88	recurso	7
22	metodología	16	56	centrar	10	89	prueba	7
23	mejorar	16	57	botella	10	90	programación	7
24	calidad	16	58	aumentar	10	91	principal	7
25	algoritmo	16	59	artículo	9	92	preparación	7
26	realizar	15	60	técnica	9	93	planificación	7
27	más	15	61	taller	9	94	parámetro	7
28	grande	15	62	rendimiento	9	95	originalidad	7
29	valor	14	63	propósito	9	96	nuevo	7
30	producto	14	64	optimización	9	97	máquina	7
31	mejora	14	65	objetivo	9	98	estructura	7
32	investigación	14	66	modelar	9	99	diferente	7
33	solución	13	67	línea	9	100	control	7
34	servicio	13						

En este caso, el clúster 1 se representa en rojo, el clúster 2 en gris, el clúster 3 en verde, el clúster 4 en azul y el clúster 5 en púrpura. Este análisis es útil para sintetizar una gran cantidad de datos y, por tanto, para apoyar la explicación de las relaciones entre todo el corpus léxico y las palabras.

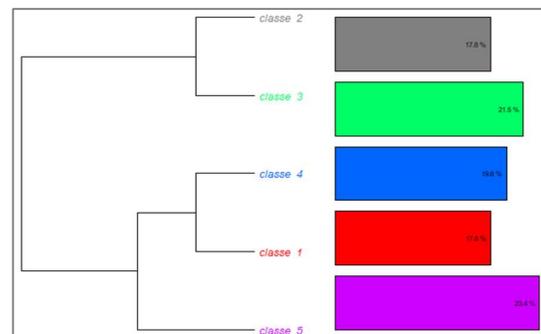


Figura 2: Dendrograma - Análisis de conglomerados. Grupos léxicos

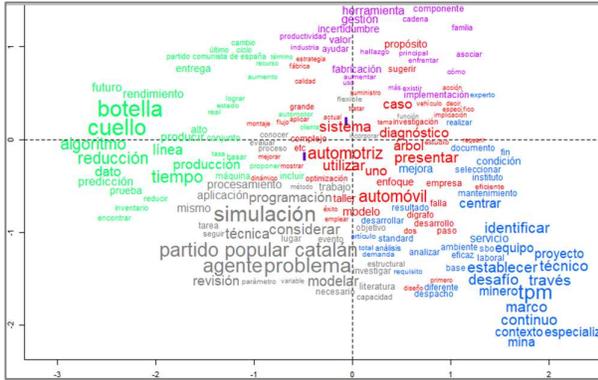


Figura 3: Análisis factorial de correspondencias

4.2.3. Análisis de similitud

Finalmente, se llevó a cabo un análisis de similitud. Este análisis permite identificar relaciones cercanas entre palabras a través de la representación de un gráfico según el chi cuadrado de asociación. En este sentido, la Figura 4 representa estas relaciones mediante líneas para resaltar la presencia de una relación. Es importante considerar dos aspectos en la representación: tamaño de fuente y grosor de línea. Por un lado, el tamaño de letra es proporcional a la frecuencia de aparición del término. Por otro lado, el grosor de la línea indica la fuerza de la relación y los posibles cambios semánticos.

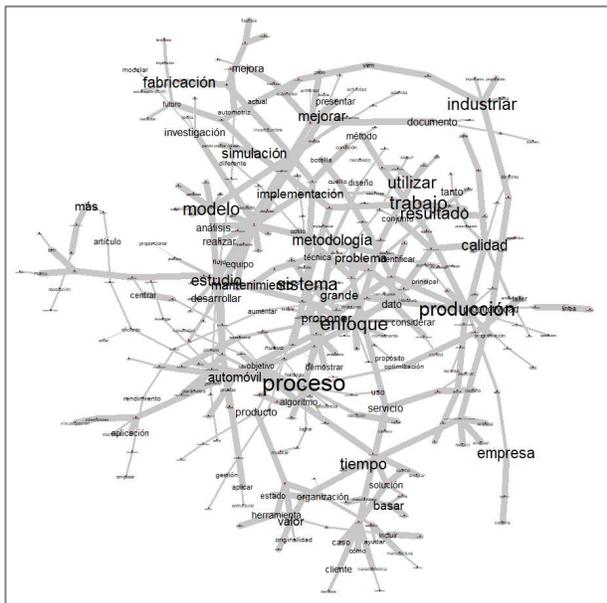


Figura 4: Representación del análisis de similitud

Este análisis indica las palabras que están fuertemente relacionadas con cada nodo identificado y, al mismo tiempo, muestra las comunidades de palabras con las que están

débilmente relacionadas. Los principales nodos identificados son: proceso, producción, enfoque, modelo, sistema, trabajo, calidad y tiempo.

4.3 Resultados detallados

Los clústeres formados muestran la existencia de cinco grupos de artículos y documentos científicos, a través de los cuales es posible comprender las investigaciones actuales sobre optimización de procesos en talleres automotrices. Las descripciones e interpretaciones de estos grupos se dan a continuación.

4.3.1 Clúster 1. Diagnóstico del Automóvil.

Este clúster se ha denominado diagnóstico del automóvil. Este clúster agrupa 19 formas léxicas activas (17,76 % del total). Al respecto, se identifican estudios que han realizado revisiones bibliográficas sobre temas relacionados con el diagnóstico de fallas de los sistemas automotrices.

El diagnóstico de fallas de los sistemas del automóvil es fundamental para la ejecución de una correcta reparación, esto debido a que el tiempo de inspección debe ser sumado al tiempo de la reparación del vehículo. La valoración de daños es un proceso muy importante para determinar el alcance total de daños que soportan los diferentes sistemas del automóvil en una colisión. Para ser eficientes y eficaces, es importante minimizar el porcentaje de imprevistos o daños ocultos en el automóvil debido a que puede generar un aumento en el tiempo total de la reparación.

Uno de los enfoques convencionales para diagnóstico es el diagrama de árbol de fallas, este es un análisis de fallas deductivo de arriba hacia abajo que parte de un evento indeseado y proporciona un método para establecer las causas del evento y cómo se relacionan esas causas con el evento final (Yao et al., 2022).

El autor (James et al., 2018) propone emplear un enfoque estructural para el diagnóstico de fallas de sistemas automotrices, mediante el modelo dígrafo, el cual se ha aplicado con éxito para sistemas químicos y de procesos. Esta metodología consigue automatizar el diagnóstico de fallas, especialmente útil para el servicio, mantenimiento o reparación del automóvil.

4.3.2 Clúster 2. Modelo y simulación.

Este clúster se ha llamado modelo y simulación. Este clúster agrupa 19 formas léxicas activas (17,76 % del total), lo que indica que con el clúster 1 son los más pequeños. Este grupo está

relacionado con investigaciones sobre modelos o técnicas de simulación que permiten una correcta planificación y control de la producción (PPC). Las técnicas de simulación han demostrado ser una de las metodologías más prácticas disponibles para investigar y evaluar problemas de planificación y fabricación (Uriarte et al., 2019).

El estudio realizado por (Jeon y Kim, 2016) indica que la planificación y el control de la producción permite al fabricante ganar visibilidad y control sobre todos los aspectos de las actividades de fabricación. La revisión describe tres tipos de técnicas empleadas en simulación: dinámica del sistema (SD), simulación de eventos discretos y simulación basada en agentes. Los autores (Malega et al., 2021) sugieren que el modelo dinámico del sistema (SD) se ajusta correctamente para planificación de la capacidad, para flujo de información y para flujo de materiales en problemas de sistemas reales.

En el campo automotriz, (Oyarbide et al., 2003) desarrolló un software basado en SD dedicado a la simulación de sistemas de fabricación y lo utilizó para simular una línea de montaje de producción de motores. Los autores (Caldeira y Gnanavelbabu, 2020) en su trabajo proponen resolver un problema de programación de taller de trabajo flexible (FJSSP) para una línea de ensamblaje de componentes automotrices, para ello emplearon la simulación Monte Carlo integrada en un marco de algoritmo de Jaya. Los resultados computacionales demostraron el rendimiento del algoritmo en diferentes niveles de variabilidad mediante el uso de métodos basados en confiabilidad.

4.3.3 Clúster 3. Cuello de Botella

Es el segundo clúster más grande, incluye 23 formas léxicas activas lo que representa el 21,5% del total. Este clúster agrupa estudios sobre la gestión de los cuellos de botella para lograr un mayor rendimiento en la línea de producción.

El estudio desarrollado por los autores (Subramaniyan et al., 2018) propone un algoritmo establecido de datos en un período activo de tiempo para la predicción de los cuellos de botella.

Para realizar esta predicción, la investigación empleó un método de promedio móvil integrado auto-regresivo (ARIMA) para predecir los períodos activos de una máquina o proceso, con esto, conseguir una correcta planificación y control de la producción.

El mapeo del flujo de valor (VSM) es un método ampliamente utilizado y probado que permite el

mapeo y análisis de cadenas de procesos y ayuda a derivar potenciales de mejora (Meudt et al., 2017). Las empresas automotrices se vuelven eficientes mediante la mejora continua de sus sistemas de producción. Un método de mejora el cual minimiza los cuellos de botella es el VSM, este método parte de estado actual de la línea de producción para identificar la situación real y detectar oportunidades de mejora. Los autores (Singh y Singh, 2020) aplicaron la simulación del VSM en una industria de ensamblaje automotriz en la India. Por medio de esta simulación encontraron que hay una reducción del 87.59% en el tiempo de ciclo (C / T) del proceso estudiado, una reducción del 76.47% en el inventario de trabajo en proceso (WIP), una reducción del 95.41% en el tiempo de producción, un aumento del 66.08% en el valor agregado (VA) y una reducción del 57,14% en el número de operadores de la línea de producción.

4.3.4 Clúster 4. Mantenimiento productivo total

Este cuarto clúster ha sido etiquetado como mantenimiento productivo total (TPM). Abarca 21 formas léxicas activas, involucrando el 19,63% de los casos. Este clúster agrupa estudios de TPM los cuales proponen una metodología de trabajo que tiene como objetivo optimizar el uso de máquinas y recursos para minimizar o eliminar los elementos que no añaden valor al producto (Adithya y Anantharaj, 2021).

El artículo desarrollado por los autores (Chlebus et al., 2015), describen el proceso de implementación de la metodología TPM en un instituto de educación superior. El objetivo fue optimizar el proceso de formación, de equipamiento técnico y del entorno laboral. Luego de implementar los estándares definidos, se obtuvo una mejora promedio del 10 al 15 % en disponibilidad, rendimiento, calidad, utilización y rendimiento efectivo del equipo que conforma el instituto.

Los resultados que presentan los autores (Chlebus et al., 2015) referente a la adopción de la metodología TPM, manifiestan en primer lugar que no es fácil prever el impacto de la implementación en términos monetarios, debido a que el método propuesto entrega resultados a largo plazo. Pero, si consigue acondicionar a una empresa para una mejora continua y sostenida, al crear disciplinas y capacidades operativas que, si bien son difíciles de valorar y cuantificar a corto plazo, provocan una mejora en el rendimiento operativo de la línea de producción.

4.3.5 Clúster 5. Industria 4.0

Este clúster agrupa 25 formas léxicas activas (23,36% del total), lo que indica que es el clúster más grande. Los estudios actuales presentan a la Industria 4.0 (I4.0) y la recolección de datos como una evolución en la toma de decisiones, el objetivo es aumentar el nivel de competitividad de la organización y mejorar el rendimiento del sistema de producción (Rother y Baboli, 2019), (Rodrigues et al., 2019).

El artículo desarrollado por (Ebrahimi et al., 2019), en colaboración con la empresa Fiat Powertrain Technologies, manifiesta que una de las principales características de I4.0 es permitir que diferentes subsistemas de una cadena de producción tomen decisiones de manera autónoma para tener sistemas de autoorganización. En los talleres de reparación de carrocería y pintura, la información que se obtiene de cada proceso facilita una correcta planificación y distribución de la carga de trabajo, esto permite controlar de manera oportuna la formación de cuellos de botella en la línea de producción (Jasti et al., 2020).

Los autores (Dacal-Nieto et al., 2020) presentan un caso de aplicación de la I4.0 para un proceso de pintura en una línea de ensamblaje automotriz. La recolección y procesamiento de datos permitió entre otras cosas la reducción de índices de defectos, reducción de cuellos de botella y detección temprana de desviación de parámetros, esto mediante la integración de inteligencia artificial con algoritmos de conjuntos de datos, la propuesta significó ahorros para la fábrica, así como mejoras en la productividad y eficiencia.

En términos de la relación hombre-máquina y la autoridad de los trabajadores para intervenir en el proceso de producción, el estudio desarrollado por (Cirillo et al., 2021), exponen que la Industria 4.0 reduce el espacio para la autonomía de los empleados y aumenta las formas de control de gestión.

V. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA OPTIMIZACIÓN DEL TIEMPO DE SERVICIO EN UN TALLER AUTOMOTRIZ DE REPARACIÓN DE CARROCERÍA Y PINTURA

Fase 1: Contextualización

5.1.1 Matriz FO-FA-DO-DA

Como primer paso, se realiza un análisis FODA, considerando el cruce de variables FO-FA-DO-DA (Ver Anexo 1). FO representa la posición más

deseable y la empresa puede usar sus fuerzas para aprovechar las oportunidades que se le presentan; FA intenta maximizar las fuerzas de la empresa para afrontar las amenazas; DO procura minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades; DA está encaminada a minimizar tanto las debilidades como las amenazas.

Al finalizar la matriz FO-FA-DO-DA se recomienda actuar sobre la fortaleza o debilidad con mayor puntaje, la variable a trabajar depende de la necesidad de cada taller y lo que se busca alcanzar.

5.1.2 Análisis de competencia

Los factores más importantes que consideran las compañías de seguros para direccionar sus vehículos a diferentes talleres de colisiones es la calidad y el precio; existe otro factor directo como el tiempo de entrega, pero esto va de la mano con el porcentaje del daño que incide sobre el vehículo a ser reparado.

Como segundo análisis, se debe realizar un cuadro de posicionamiento de la empresa en la ciudad donde se realiza el estudio. Para esto, se debe evaluar el costo hora de mano de obra de cada empresa en análisis y los atributos más importantes del producto, marca o servicio que prestan. Una vez realizado esta comparativa, se debe representar a cada uno de los competidores en un mapa de posicionamiento y establecer el tamaño relativo de participación. Finalmente, se posiciona la empresa que se está analizando, con esto se puede comprender el panorama de aceptación con respecto a la competencia y desde un punto de vista del cliente.

Fase 2: Identificación de requerimientos

5.2.1 Recepción del vehículo - presupuesto

La recepción de un vehículo es un proceso de vital importancia para un taller de reparación automotriz; en carrocería y pintura, el análisis de los daños sufridos en el vehículo siniestrado (Figura 5), se transforma en valores para efectuar la reparación.

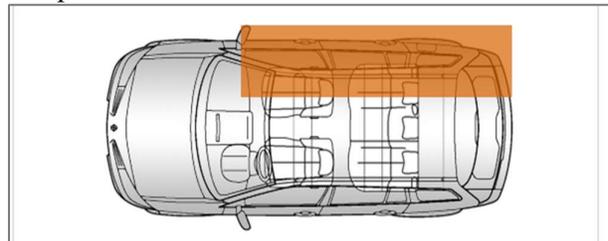


Figura 5: Análisis de daños en la recepción de un vehículo con colisión.

El presupuesto inicia con la calidad de atención al cliente. Para ello es importante identificar el canal de atención, el cual puede ser vía telefónica, vía web o personal al momento en que el cliente ingresa el vehículo al taller. La presentación y venta de un determinado producto o servicio debe atender las necesidades del cliente.

En el presupuesto se refleja la rentabilidad del taller, por tal razón debe ser elaborado por un profesional entrenado y capacitado, el cual debe evaluar correctamente todos los daños sufridos en el vehículo, observar todas las piezas o paneles que presentan daño y que deben ser reemplazados o reparados; se debe dar siempre preferencia a la reparación que al cambio de un panel, siempre y cuando esto sea posible o factible para garantizar la calidad de la reparación.

5.2.2 Cálculo de la capacidad de mano de obra

Es importante determinar la capacidad de mano de obra que se dispone para venta de servicios o reparaciones en el taller, con este parámetro se puede determinar el *costo hora de mano de obra* del taller y también calcular la *eficiencia de la mano de obra*. En la Tabla 5 se describe los principales factores para determinar la capacidad de mano de obra al año.

Tabla 5: Variables para el cálculo de la capacidad de mano de obra

Número días al año	365 días
Fines de semana	104 días
Vacaciones	15 días
Feridos nacionales	10 días
Total días laborables	236 días
Enfermedad	12 días
Tiempo improductivo	12 días
Días potenciales productivos	212 días
Capacidad M.O. al año: (212 * 8 horas)	1696 horas/año

5.2.3 Cálculo del costo hora de mano de obra

Para determinar el costo hora de mano de obra en el taller, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Costo M. O.} = \frac{C. \text{ directos} + C. \text{ indirectos} + C. \text{ materiales}}{\text{Núm. empleados} * \text{Capacidad de M. O año}} + (\% \text{ utilidad})$$

Conocer el costo hora de mano de obra es importante para poder establecer el valor real de una reparación, elaborar presupuestos correctos que permitan ser rentable en todas las operaciones.

5.2.4 Cálculo de la eficiencia de la mano de obra

La eficiencia de la mano de obra en un indicador que resulta de la división entre el número total de horas vendidas por el taller para el número total de horas disponibles o capacidad de mano de obra.

Tabla 6: Cálculo de la eficiencia de mano de obra

Horas vendidas:	15 vehículos por semana 24h c/vehículo = 360 horas
Horas disponibles:	10 operarios * 8h al día * 5 días a la semana = 400
Eficiencia M.O. =	Horas vendidas/ Horas disponibles
Eficiencia M.O. =	360/400 = 90%

Fase 3: Planificación del trabajo

5.3.1 Diseño de Layout

El diseño de un Layout adecuado, los equipos necesarios y el mantenimiento correcto, permitirá obtener un mejor rendimiento y una mayor captación de servicios.

AkzoNobel A&AC Bodyshop Management indica que en promedio los talleres de carrocería y pintura pierden un 20% de su capacidad instalada debido a las maniobras innecesarias, flujo de trabajo cruzado o un Layout desequilibrado, perdiendo así parte de su potencial de reparación y haciendo el proceso menos eficiente. El objetivo de un correcto Layout es crear un flujo dinámico con procesos equilibrados, optimizar el proceso de reparación, maximizar la productividad y mejorar la visión general del taller.

La eficiencia de un correcto Layout que cumpla normativas y aprovecha la mayor extensión de área productiva se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad (m}^2\text{)} = \frac{\text{Núm. estaciones} * \text{área estación}}{\text{Total de área del taller}}$$

5.3.2 Diagrama de Spaghetti

Al elaborar este tipo de diagrama, se tiene que observar el proceso total e identificar en que etapa se tiene el mayor número de movimientos, esta identificación puede ayudar a determinar algún tipo de cuello de botella por lo cual se recomienda su verificación continua. Un ejemplo de este tipo de diagrama se expone en el Anexo 2.

5.3.3 Diagrama SIPOC

Como siguiente paso, se realiza un diagrama SIPOC, este tipo de diagrama permite documentar proveedores-entradas-procesos-salidas-clientes en la operación del taller, además ayuda a agilizar los flujos de trabajo, identificar y resolver problemas, y eliminar actividades que no generan valor. La forma más recomendada para empezar este análisis es por el extremo del cliente.

(1) Clientes.- determinar quién es el cliente y su necesidad, tener en cuenta que un cliente puede ser cualquier persona para la que el proceso ha sido diseñado, por lo que puede haber clientes internos y externos. (2) Salidas.- son el resultado del proceso, ya sea productos, servicios o información obtenida, estas salidas deben responder los requerimientos del cliente. (3) Proceso.- se trata de una lista de pasos de alto nivel que componen el proceso. La captura de los pasos es el centro del diagrama SIPOC, lo cual proporciona una visión general del desarrollo del proceso y lo que esto implica. (4) Entradas.- los proveedores aportan insumos en forma de materiales, sean estos bienes físicos o de información; para ser precisos en la construcción de este diagrama se debe considerar a todas las partes involucradas. (5) Proveedores.- son la fuente de entradas al proceso, para que el diagrama sea preciso se debe incluir, sólo a los proveedores que tienen un impacto directo en los resultados del proceso.

5.3.4 Mapa de flujo de valor (VSM)

Como siguiente paso se requiere realizar el mapa de flujo de valor (VSM), este mapa permite identificar dónde se producen desechos en el proceso de fabricación y así encontrar formas de eliminar esos desechos. Para usar mapas de flujo de valor, es necesario completar dos pasos:

(1) Crear un diagrama donde se muestre cómo funciona actualmente el proceso. (2) Identificar las áreas problemáticas y crear un diagrama de estado futuro que permita identificar formas de cambiar el proceso para reducir los desechos.

5.3.5 Diseño de experimentos (DOE)

La técnica de diseño de experimentos se utiliza para determinar estadísticamente las formas de mejorar un proceso, determinar las relaciones causa-efecto dentro de la operación. Para su construcción se debe seguir los siguientes pasos:

(1) Definir el objetivo.- identificar lo que se debe medir o analizar en el proceso. (2) Elegir los factores.- enumere los factores del proceso que se considera tienen un mayor impacto, no es necesario analizar un gran número de factores a la vez. (3) Realizar el experimento.- primero ajustar los niveles para luego realizar una ejecución de cada nivel observando los resultados que cada cambio produce. (4) Evaluar los resultados.- medir el resultado y registrarlo de forma cuantitativa y estadística. Apoyarse en diagramas de flujo, histogramas y gráficos de dispersión.

5.3.6 Principios 5S

Implementar 5S para gestionar un entorno de trabajo que tiene desperdicios en un entorno más organizado, eficiente, seguro y que genere valor. Primero se debe realizar el mapa de flujo de valor para identificar que actividades agregan valor al proceso, luego de esto interpretar qué equipos, servicios o artículos del inventario no son necesarios para que el proceso continúe funcionando y mejorando. A continuación se describen las fases de 5S:

(1) *Seiri* – Clasificación.- remover los artículos innecesarios del área de trabajo. (2) *Seiton* – Orden.- ubicar todo en su lugar. (3) *Seiso* – Limpieza.- mantener el área de trabajo limpia esto minimiza riesgos de accidentes y determinar si los equipos requieren mantenimiento o reparación. (4) *Seiketsu* – Estandarización.- muestra cómo la aplicación constante de un conjunto de reglas mantendrá un área en un estado limpio y ordenado. (5) *Shitsuke* – Disciplina.- Seguir mejorando y mantener la práctica en el tiempo.

5.3.7 Requisitos de espacio

Configurar y delimitar el espacio mínimo y óptimo que se requiere por cada técnico reparador para que pueda desempeñar sus acciones de manera correcta en un taller de reparación de carrocería y pintura. En la Figura 6 se presenta los requisitos mínimos de espacio para un correcto desempeño de actividades en un taller de reparación automotriz.

Tipos de áreas	mínimo = 1:1		óptimo = 2:1		mínimo		óptimo	
	Trabajo primario			4 x 7 = 28 m ²	8 x 7 = 56 m ²	4 x 7 = 28 m ²	8 x 7 = 56 m ²	
Trabajo secundario: acceso			4 x 3 = 12 m ²	8 x 3 = 24 m ²				
	bodega	técnica	social	oficina				
Tercero: otros					10 + 5 + 5 + 8 = 20 m ²			
total del área por operario m ² :						60	100	

Figura 6: Requisitos mínimos de espacio para un taller automotriz.

5.3.8 Requisitos de ambiente

Elaborar un plan de manejo ambiental que considere las siguientes operaciones para un manejo correcto de un taller de reparación de carrocería pintura: (a) plan de prevención y mitigación de impactos; (b) plan de contingencias; (c) plan de capacitación; (d) plan de seguridad y salud ocupacional; (e) plan de manejo de desechos; (f) plan de relaciones comunitarias; (g) plan de rehabilitación de áreas afectadas; (h) plan de abandono y entrega del área; (i) plan de monitoreo y seguimiento.

5.3.9 Análisis del proceso cuello de botella

El proceso de preparación para pintura es una fase importante para el funcionamiento óptimo de un taller de carrocería y pintura, alimenta el proceso de pintura y da continuidad al proceso de enderezado. Para optimización del proceso de preparación, se debe tomar datos de las actividades que se realizan en esta etapa y al tiempo gastado en cada una de ellas, con esto corregir desviaciones. El análisis se debe enfocar en un día de trabajo de 8 horas laborables; en la Figura 7 se detalla un ejemplo de este tipo de medición.

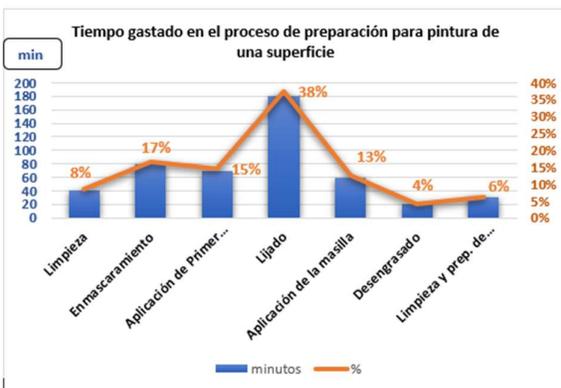


Figura 7: Análisis del proceso de preparación para pintura.

5.3.10 Asignación de actividades

Implementar un cuadro de programación de actividades el cual controle los siguientes aspectos importantes en el taller: (a) entrada de vehículos, (b) vehículos en espera de liberación, (c) Vehículos en espera de repuestos, (d) etapa actual de la reparación, (e) persona responsable, (f) fecha prevista de entrega.

El sistema de planificación se debe emplear como una herramienta de comunicación entre todas las personas involucradas dentro del taller y se debe actualizar diariamente.

5.3.11 Evaluación de desempeño.

Elaborar una hoja de medición de desempeño la cual permita medir en forma sistemática y estandarizada el desempeño de los colaboradores dentro de las políticas establecidas por la empresa, esta medición debe ser realizada por el jefe inmediato de la persona evaluada.

Fase 4: Ejecución del trabajo

Para una correcta gestión de un taller de reparación de carrocería y pintura, contar con información relacionada al stock, producción, consumo de materiales y costo por panel reparado. Emplear aplicaciones informáticas de gestión de procesos con el fin de controlar el consumo de materiales a través de las órdenes de trabajo, con esto conseguir un control más efectivo de los costos de materiales destinados para el proceso de reparación de los vehículos.

Comparar el gasto de la reparación con el presupuesto realizado, planificar la capacidad disponible del taller, tiempos de reparación y tipo de reparaciones disponibles. Esta planificación se recomienda realizarlo semanalmente.

Fase 5: Validación de calidad

Cada taller propone una calidad técnica específica dependiendo de sus políticas instauradas. El modelo recomendado para garantizar una calidad óptima en las reparaciones de carrocería y pintura requiere emplear controles intermedios (Figura 8), el cual propone al término de cada etapa o subproceso aplicar un control antes de transferir a la siguiente, con esta aplicación se conseguirá minimizar reprocesos del producto terminando.



Figura 8: Concepto moderno de controles intermedios de calidad.

Fase 6: Entrega del trabajo terminado

Elaborar un formato de entrega de vehículo, el cual debe ser registrado por una persona que se encuentre capacitada y que posea conocimientos tanto mecánicos como de carrocería y pintura.

Tomar fotografías del vehículo terminado, se recomienda que sean de la parte exterior del vehículo, del interior y del área reparada, esto permitirá tener respaldo de los trabajos efectuados. Hacer uso de la tecnología 4.0 en este proceso de entrega, por ejemplo se puede elaborar un código QR para que el cliente pueda acceder las veces que requiera al formato de inspección de calidad de su vehículo, este formato puede estar almacenado en el servidor de la empresa.

Finalmente, realizar una encuesta corta para conocer el estado de satisfacción del cliente al momento de la entrega del vehículo, esto podrá cuantificar puntos de atención o mejora para el servicio realizado por el taller.

Fase 7: Servicio postventa

El servicio post venta es un elemento diferenciador que puede dar una ventaja competitiva a la empresa, para conseguirlo, elaborar un plan de fidelización de clientes mediante herramientas tecnológicas. Considere agregar, por ejemplo, un servicio en línea para agendamiento de citas de servicio, elaboración de presupuestos y pagos de servicios de manera rápida y confiable; recordatorios vía email o mensajes de textos para fechas programadas de reparación de vehículos.

VI. CONCLUSIONES

El presente estudio ha completado una revisión sistemática sobre alternativas que permitan optimizar el tiempo de reparación en un taller de carrocería y pintura. El estado de arte se seleccionó a través de un procedimiento de búsqueda literaria

que redujo sistemáticamente de 163 a 24 artículos. Este artículo desarrollado presenta algunas palabras clave que podrían proporcionar una referencia para investigadores y profesionales en términos de optimización del tiempo de servicio en talleres automotrices. Consecuentemente, esta revisión literaria permitió cumplir los siguientes propósitos: (i) identificar las bases necesarias para construir una propuesta metodológica de optimización y (ii) establecer las características que debe considerar un taller automotriz para realizar sus operaciones.

La metodología PRISMA seleccionada para realizar esta revisión de literatura, junto con el software textométrico empleado, han conseguido identificar cinco grupos de estudios que permiten optimizar procesos en talleres automotrices de carrocería y pintura: i) diagnóstico del automóvil, ii) modelo y simulación, iii) cuello de botella, iv) mantenimiento productivo total, v) industria 4.0. Por medio de un análisis de similitud realizado, se identificó los siguientes nodos: proceso, producción, enfoque, modelo, sistema, trabajo, calidad y tiempo.

Los estudios recientes muestran que los talleres de reparación automotrices necesitan adaptarse a la creciente proliferación de nuevos modelos y variantes de los vehículos presentes en el mercado, por tal razón, los proveedores de servicios de reparación enfrentan los siguientes desafíos: i) la proliferación de nuevos modelos y variantes; ii) avances tecnológicos en sistemas automotrices; iii) demanda de un mejor servicio de calidad; iv) requisitos de espacio y ambiente; v) requisitos laborales; vi) requisito de equipos de apoyo, herramientas y repuestos; vii) requisitos de seguridad y prevención de riesgos laborales; viii) normas y preocupaciones ambientales; y ix) requisitos de documentación adecuados. Los administradores responsables de mejorar la eficiencia en las industrias automotrices pueden derivar políticas de toma de decisiones mediante la aplicación de mano de obra equipada con herramientas modernas, y medidas de seguridad y prevención de riesgos laborales, lo cual permite mejorar la planificación y control de la producción.

La incertidumbre en el tiempo de ejecución de un proceso es común en la producción de una línea de montaje o reparación, por tal razón, la aplicación de la teoría de la incertidumbre es factible en estos casos incluso cuando los datos históricos sobre los tiempos de producción son limitados. Varios estudios plantean los cuellos de botella como un

factor importante para control y mejora de la cadena de producción. La implementación y selección correcta de indicadores de medición aumenta el rendimiento y la productividad del sistema.

Muchos estudios sugieren implementar Lean Six Sigma (LSS) como una propuesta metodológica de optimización del tiempo de servicio en industrias automotrices. Existen varios temas encontrados en artículos científicos los cuales priorizan los siguientes beneficios de LSS: reducción del tiempo de ciclo, proceso de capacidad mejorada, reducción de desperdicio, disminución de costos de producción, reducción del tiempo de avería de un equipo, aumento en la eficiencia del proceso y satisfacción del cliente. Las principales herramientas que permiten conseguir los beneficios de LSS son: diagrama SIPOC (proveedores-entradas-procesos-salidas-clientes), diseño de experimentos (DOE), mapa de flujo de valor (VSM), principios 5S, análisis de modo y efecto de falla (FMEA), y análisis de capacidad. Por otra parte, estudios indican que los factores que pueden influir en el fracaso de esta metodología pueden ser: mala comunicación, falta de conocimiento de la metodología, falta de compromiso y participación del personal.

Otro grupo de revisiones literarias plantean la adopción del mantenimiento productivo total (TPM) en procesos de producción automotriz, esto permite mejorar en disponibilidad y utilización de equipos y herramientas, mejora en el rendimiento, calidad y efectividad total del equipo (OEE). Los sistemas de gestión de mantenimiento (MMS) conceden un enfoque integral y sistemático de gestión de las diferentes actividades de mantenimiento y reparación necesarias en todos los niveles de acción, tanto administrativos como de personal de taller. El MMS es un pilar importante del TPM, su objetivo es maximizar la eficacia del

sistema de producción mediante la disminución de pérdidas de producción. Para implementar esta metodología se requiere manejar la motivación de todas las personas asociadas, compromiso y apoyo de todas las partes interesadas e instaurar una política de mantenimiento de equipos y herramientas.

Las características que proponen varios autores sobre el direccionamiento de talleres automotrices o líneas de montaje es el uso de tecnologías de información, estas proporcionan un vector de características de ruta del automóvil dentro de la línea de trabajo, lo cual permite obtener un análisis de calidad y producción para mejorar la eficiencia y la gestión energética del sistema. Otros requisitos que se debe considerar dentro de las operaciones de un taller son los siguientes: i) planificar los presupuestos de mantenimiento y reparación contabilizando el número de transacciones, ii) mantener listas de inventario de activos y documentos a largo plazo, iii) planificar las órdenes de trabajo y los horarios de ejecución, iv) discutir estándares, procedimientos y rutinas, v) monitorear y evaluar los indicadores del sistema de producción.

En resumen, el presente estudio permitió obtener una base necesaria para construir una propuesta metodológica que apoye a una correcta comprensión de este tema. Sin embargo, esta investigación no está exenta de limitaciones, en este sentido, aunque este trabajo ha incluido estudios de las principales bases de datos y bibliotecas virtuales, no se ha incorporado otras fuentes de información, por tal razón esto podría haber limitado el hallazgo de conclusiones adicionales.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Adithya, S., & Anantharaj, T. (2021). Enhancement of Overall Equipment Effectiveness in Automotive Parts Manufacturing Industry. *International Journal of Mechanical Engineering*, 6(3), 306–310.

Antonijević, M., Sučić, S., & Keserica, H. (2018). Augmented reality applications for

substation management by utilizing standards-compliant SCADA communication. *Energies*, 11(3). Obtenido de <https://doi.org/10.3390/EN11030599>

Baril, E., & Garnier, B. (n.d.). Utilisation d'un outil de statistiques textuelles 1 IRaMuteQ 0.7 alpha 2 Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de

- Questionnaires. Retrieved February 23, 2022, Obtenido de <http://www.iramuteq.org/>
- Caldeira, R. H., & Gnanavelbabu, A. (2020). A simheuristic approach for the flexible job shop scheduling problem with stochastic processing times: 97(3), 215–236. Obtenido de <https://doi.org/10.1177/0037549720968891>
- Cavada, J. P., Cortés, C. E., Goic, M., Weintraub, A., & Zambrano, J. I. (2020). Accounting for cost heterogeneity on the demand in the context of a technician dispatching problem. *European Journal of Operational Research*, 287(3), 820–831. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2020.04.056>
- Charles W.L., H., & Jones, G. R. (2011). Estrategia en acción 3.2. In *Administración Estratégica. Un enfoque integral*. (Novena Edi, p. 86).
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquiliano, N. (2016). *Gestión por Procesos en sistemas de gestión*. Obtenido de https://www.ucursos.cl/usuario/b8c892c6139f1d5b9af125a5c6dff4a6/mi_blog/r/Administracion_de_Operaciones_-_Completo.pdf
- Chlebus, E., Helman, J., Olejarczyk, M., & Rosienkiewicz, M. (2015). A new approach on implementing TPM in a mine – A case study. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 15(4), 873–884. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.ACME.2015.07.02>
- Cirillo, V., Rinaldini, M., Staccioli, J., & Virgillito, M. E. (2021). Technology vs. workers: the case of Italy's Industry 4.0 factories. *Structural Change and Economic Dynamics*, 56, 166–183. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.STRUECO.2020.09.007>
- Dacal-Nieto, A., Areal, J. J., García-Fernández, M., & Lluch, M. (2020). Use cases and success stories of a data analytics system in an automotive Paint Shop. *Proceedings - 2020 8th International Symposium on Computing and Networking, CANDAR 2020*, 95–100. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/CANDAR51075.2020.00019>
- Ebrahimi, M., Baboli, A., & Rother, E. (2019). The evolution of world class manufacturing toward Industry 4.0: A case study in the automotive industry. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10), 188–194. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.10.021>
- Felix, R. (2017). Service Quality and Customer Satisfaction in Selected Banks in Rwanda. *Journal of Business & Financial Affairs*, 06(01). Obtenido de <https://doi.org/10.4172/2167-0234.1000246>
- Gutierrez Pulido, H. (2010). Calidad, productividad y competitividad. In H. MacGraw (Ed.), *Calidad Total y Productividad* (Tercera Ed, pp. 21–22).
- Halim, N. H. A., Yusuf, N., Jaafar, R., Jaffar, A., Kaseh, N. A. in, & Azira, N. N. (2015). Effective Material Handling System for JIT Automotive Production Line. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 251–257. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.044>
- Jamaluddin, J., & Ruswanti, E. (2017). Impact of Service Quality and Customer Satisfaction on Customer Loyalty: A Case Study in a Private Hospital in Indonesia. *IOSR Journal of Business and Management*, 19(05), 23–33. Obtenido de <https://doi.org/10.9790/487x-1905012333>
- James, A. T., Gandhi, O. P., & Deshmukh, S. G. (2018). Fault diagnosis of automobile systems using fault tree based on digraph modeling. *International Journal of Systems Assurance Engineering and Management*, 9(2), 494–508. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/S13198-017-0693-6>
- James, A. T., Kumar, G., Bhalla, M., Amar, M., & Jain, P. (2020a). Analysis of challenges for automobile service garages in India: a structural modeling approach. *Journal of Advances in Management Research*, 18(3), 392–413. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/JAMR-04-2020-0059>
- James, A. T., Kumar, G., Bhalla, M., Amar, M., & Jain, P. (2020b). Analysis of challenges for automobile service garages in India: a structural modeling approach. *Journal of Advances in Management Research*, 18(3),

- 392–413. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/JAMR-04-2020-0059>
- Jasti, N. V. K., Kota, S., & Sangwan, K. S. (2020). An application of value stream mapping in auto-ancillary industry: a case study. *TQM Journal*, 32(1), 162–182. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2018-0165/FULL/XML>
- Jeon, S. M., & Kim, G. (2016). A survey of simulation modeling techniques in production planning and control (PPC). *Https://Doi.Org/10.1080/09537287.2015.1128010*, 27(5), 360–377. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1128010>
- Kocsi, B., & Oláh, J. (2015). Potential connections of unique manufacturing and Industry 4.0. *LogForum*, 13(4), 389–400. Obtenido de <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2017.4.1>
- Kovács, G. (2019). Layout design for efficiency improvement and cost reduction. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 67(3), 547–555. Obtenido de <https://doi.org/10.24425/bpasts.2019.129653>
- Liker, J. K., & Ross, Karyn. (2019). El modelo Toyota para la excelencia en los servicios. In Profit Editorial I., S.L.
- Loyalty: An Investigation in Vietnamese Retail Banking Sector. *Journal of Competitiveness*, 8(2), 103–116. Obtenido de <https://doi.org/10.7441/joc.2016.02.08>
- Luckow, A., Kennedy, K., Manhardt, F., Djerekarov, E., Vorster, B., & Apon, A. (2015). Automotive big data: Applications, workloads and infrastructures. *Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Big Data, IEEE Big Data 2015*, 1201–1210. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/BIGDATA.2015.7363874>
- Mahut, F., Daaboul, J., Bricogne, M., & Eynard, B. (2015). Survey on Product-Service System applications in the automotive industry. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 840–847. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2015.06.188>
- Malega, P., Gazda, V., & Rudy, V. (2021). Optimization of production system in Plant Simulation. Obtenido de <https://doi.org/10.1177/00375497211038908>
- Merguerian, P. A., Grady, R., Waldhausen, J., Libby, A., Murphy, W., Melzer, L., & Avansino, J. (2015). Optimizing value utilizing Toyota Kata methodology in a multidisciplinary clinic. *Journal of Pediatric Urology*, 11(4), 228.e1-228.e6. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2015.05.010>
- Meudt, T., Metternich, J., & Abele, E. (2017). Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production. *CIRP Annals*, 66(1), 413–416. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.CIRP.2017.04.005>
- Ngo, M. V., & Nguyen, H. H. (2016). The Relationship between Service Quality, Customer Satisfaction and Customer Manufacturing Systems, 02(01), 71–87. Obtenido de <https://doi.org/10.1142/S0219686703000228>
- Niewiadomski, P., Pawlak, N., & Tsimayeu, A. (2018). Barriers to effective implementation of lean management principles-empirical exemplification in the industry of agricultural machinery. *LogForum*, 14(4), 563–576. Obtenido de <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2018.308>
- OYARBIDE, A., BAINES, T. S., KAY, J. M., & LADBROOK, J. (2003). MANUFACTURING SYSTEMS MODELLING USING SYSTEM DYNAMICS: FORMING A DEDICATED MODELLING TOOL. *Journal of Advanced*
- Paladugu, B. S. K., & Grau, D. (2020). Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress With Lean Principles. In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials* (pp. 560–565). Elsevier. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11512-7>
- Rodrigues, R. P., de Pinho, A. F., & Sena, D. C. (2019). Application of Hybrid Simulation in production scheduling in job shop systems, 96(3), 253–268. Obtenido de <https://doi.org/10.1177/0037549719861724>

- Rother, E., & Baboli, A. (2019). Lean Manager in the Factory of the Future: Case study in automotive industry. 2019 IEEE 6th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2019, 218–224. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/IEA.2019.8714779>
- Singh, J., & Singh, H. (2020). Application of lean manufacturing in automotive manufacturing unit. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(1), 171–210. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2018-0060>
- Siregar, K., Ariani, F., Ginting, E., & Dinda, T. (n.d.). Lean six sigma for manufacturing industry: a review. Obtenido de <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012056>
- Subramaniyan, M., Skoogh, A., Salomonsson, H., Bangalore, P., & Bokrantz, J. (2018). A data-driven algorithm to predict throughput bottlenecks in a production system based on active periods of the machines. *Computers & Industrial Engineering*, 125, 533–544. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2018.04.024>
- Swarna, N. A., & Sayid Mia, M. A. S. (2018). Productivity improvement of leather products industry in Bangladesh using lean tools: A case study. *Leather and Footwear Journal*, 18(3), 219–230. Obtenido de <https://doi.org/10.24264/LFJ.18.3.7>
- Uriarte, A. G., Ng, A. H. C., Sellgren, T., & Moris, M. U. (2019). Introducing simulation and optimization in the lean continuous improvement standards in an automotive company. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2018-December, 3352–3363. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/WSC.2018.8632403>
- Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507–511. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.MEDCLI.2010.01.015>
- Yao, W., Li, D., & Gao, L. (2022). Fault detection and diagnosis using tree-based ensemble learning methods and multivariate control charts for centrifugal chillers. *Journal of Building Engineering*, 51, 104243. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2022.104243>

Anexo 1: Análisis FODA

ANALISIS FODA											
MATRIZ FO-FA-DO-DA											
		OPORTUNIDADES				AMENAZAS				TOTAL	ORDEN DE IMPORTANCIA
		La inversión en los talleres de servicio se encuentra pagada, capacidad de seguir invirtiendo	CrediTeojama, asegura vehículos y produce retorno de unidades colisionadas al taller.	Desarrollo del E-Commerce para venta de repuestos e insumos	Cerrar el círculo de venta, postventa, usados.	Costos reducidos por mano de obra en talleres artesanales. (Beneficios del estado).	Situación país, pandemia, elecciones locales.	No se maneja una línea diferente de mercado (Vh chinos, camionetas, etc).	Incremento de tasas o condiciones por parte de las aseguradoras.		
FORTALEZAS	Reparaciones con alto grado de calidad de terminado (Insumos de calidad).	0	1	1	1	1	0	1	1	6	1
	Capacidad instalada para reparaciones de vehículos livianos y pesados de 3800 mts cuadrados.	1	1	0	1	1	0	0	1	5	2
	Teojama Comercial ofrece financiamiento directo de sus vehículos.	0	1	1	1	0	0	1	1	5	3
	Empresa familiar (constituida hace 57 años), capital privado.	1	0	0	1	0	1	1	1	5	4
	Posicionamiento en el mercado, 1ra marca a nivel nacional de camiones.	0	0	1	1	1	0	1	0	4	5
	Pertenciente al grupo Toyota, adopta procesos Kaizen, 5S, etc.	0	1	1	1	1	0	0	0	4	6
	Cumple con las Normas de Gestión Ambiental vigentes.	0	0	0	1	0	1	0	0	2	7
DEBILIDADES	Tiempos extensos de servicio o reparación de vehículos en los talleres.	0	1	1	1	1	0	0	1	5	1
	No cuenta con un sistema informático que maneje indicadores de gestión y control.	1	0	1	1	1	0	0	0	4	2
	No se cumplen procesos establecidos en ventas, repuestos y talleres.	0	1	1	1	1	0	0	0	4	3
	Servicio post venta presenta una estructura dividida, esto es talleres y repuestos.	0	0	1	1	0	1	1	0	4	4
	Mano de obra calificada para el servicio post venta de talleres difícil de encontrar en el mercado.	0	1	0	0	1	1	0	1	4	5
	No se ha calculado el costo real de mano de obra en servicio post venta, precios referenciales.	1	0	0	0	1	0	0	1	3	6

Figura 9: Matriz FO-FA-DO-DA en taller de Carrocería y Pintura (Fuente: TCSA)

