



POSGRADOS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN EN NEGOCIOS AUTOMOTRICES

RPC-SO-36-NO.825-2021

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

PROPUESTA DE CONSTRUCCIÓN DE
UNA ARQUITECTURA HOLÍSTICA PARA
LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN
UN TALLER AUTOMOTRIZ

AUTOR:

DAVID MARCELO MERCHÁN CEPEDA

DIRECTOR:

CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA

CUENCA – ECUADOR

2026

Autor:**David Marcelo Merchán Cepeda**

Ingeniero Mecánico Automotriz.

Candidato a Magíster en Ingeniería Automotriz con
Mención en Negocios Automotrices por la Universidad
Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

dmerchanc@est.ups.edu.ec

Dirigido por:**Cristian Leonardo García García**

Ingeniero Mecánico Automotriz.

Máster en Ingeniería de Mantenimiento.

Doctor en Ciencias Aplicadas.

cgarciag@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2026 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

DAVID MARCELO MERCHÁN CEPEDA

Propuesta de construcción de una arquitectura holística para la gestión de
mantenimiento en un taller automotriz

DEDICATORIA

Dedico la culminación de este trabajo de maestría, en primer lugar, a mí persona, por todo lo que he tenido que enfrentar y superar para alcanzar la finalización de esta tesis.

Para mi familia, por ser el pilar fundamental en cada paso y escalón de mi vida, desde niño hasta ahora todo un adulto y profesional.

A mi esposa Andrea, por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional durante este proceso, a pesar de las dificultades que se presentaron en nuestro camino.

A mis padres, Marcelo y Sonia, por inculcarme desde siempre los valores del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia en cada meta que me he propuesto haciéndolo durante toda mi vida.

A mis hermanos, Pedro y Juan Felipe, por su apoyo constante y por compartir sus conocimientos en aquellos ámbitos que desconocía, contribuyendo así a obtener un resultado satisfactorio.

A todos aquellos seres queridos que ya no están en este mundo terrenal, pero sé y siento que siempre me acompañan. De manera especial, a mi abuelito “Papito Manuel”, quien fue y sigue siendo mi inspiración para lo que hoy representa el taller que hemos formado.

Este logro no es solo mío, sino también de todos quienes me acompañaron con su amor, confianza y ejemplo de vida.

David Marcelo

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar este proyecto, en especial en los momentos difíciles que he pasado en estos últimos años.

A mi tutor de la maestría Ing. Cristian García, mis docentes y a la Universidad Politécnica Salesiana, por su guía académica y sus valiosas enseñanzas que enriquecieron mi formación profesional.

Retribuyo a mi hermano Pedro por la ayuda brindada durante todo el desarrollo de este trabajo de tesis y a la vez en la aplicación profesional en mi negocio, ya que sus conocimientos y experiencia ha dado toques especiales a culminar con éxito este proceso.

A mis compañeros de estudios, por compartir experiencias, conocimientos y apoyo en cada etapa del proceso.

A mi familia, por su comprensión, amor y paciencia inquebrantable. Finalmente, a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a hacer posible la culminación de este trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Determinación del Problema.....	12
3. Capítulo I.....	14
3.1 Modelos de Gestión de Repuestos.....	14
3.1.1 Modelo de Gestión basado en la demanda (Just In Time)	14
3.1.2 Modelo de Gestión Basado en Pronósticos (Demand Forecasting)	16
3.1.3 Modelo de Gestión Basado en Servicio (Service Level Management) ...	18
3.1.4 Modelo de Gestión Basado en Mantenimiento Preventivo y Predictivo	19
3.1.5 Modelo de Gestión Basado en Tecnologías 4.0	21
3.2 Materiales de Rotación o Activos en un Taller Automotriz	22
3.2.1 Nivel Operativo	23
3.2.2 Nivel Táctico	24
3.2.3 Nivel Estratégico	26
3.3 Herramientas Informáticas que se utilizan para los Modelos de Gestión	27
3.4 Normativa UNE 31000	29
3.4.1 Vinculación de la Norma UNE 31000 en la Arquitectura Holística.....	29
3.4.2 Relación entre la Norma UNE 31000 y los Niveles de Indicadores de la Arquitectura Holística	30
4. Capítulo II.....	31
4.1 Diagnóstico de los procesos críticos de mantenimiento de un taller automotriz	31
4.1.1 Procesos Estratégicos	32
4.1.2 Procesos Operativos	32
4.1.3 Procesos de Apoyo	33
4.1.4 Identificación Preliminar de Proceso Críticos del taller	34
4.1.5 Priorización mediante el Análisis de Modos y Efectos de Falla AMFE ...	35
4.1.6 Número de Prioridad de Riesgo (NPR)	39
4.1.7 Acciones de Mejora	41
4.1.8 Resultados del Análisis AMFE del Proceso de Gestión de Repuestos....	41
4.2 Modelo ABC	43

4.2.1	Aplicación del Método ABC en la Gestión de Repuestos Automotrices	43
4.2.2	Clasificación ABC.....	44
4.2.3	Ventajas del Método ABC en la Gestión de Repuestos.....	45
4.2.4	Desventajas del Método ABC en la Gestión de Repuestos	45
4.3	Criticidad.....	46
4.4	Codificación	47
4.5	Metodología compuesta por Método ABC, Criticidad y Codificación.....	48
4.5.1	Preparación de datos maestros (previo a clasificar)	48
4.5.2	ABC multicriterio (enfocado a repuestos)	49
4.5.3	Matriz de Criticidad (cruzada con ABC).....	51
4.5.4	Políticas de Inventario por clase (ABC x Criticidad).....	52
4.5.5	Plantilla de Codificación (SKU) y reglas de nombre.....	52
4.5.6	Flujo Operativo (texto tipo flujograma)	53
4.5.7	KPIs y Tableros de Control	54
4.6	Clasificación Técnica de Inventarios según Rotación y Rentabilidad.....	54
4.6.1	Grupos Estratégicos Identificados AA	56
4.6.2	Grupos Estratégicos Identificados AB.....	57
4.6.3	Grupos Estratégicos Identificados CA.....	57
4.6.4	Grupos Estratégicos Identificados CC.....	58
5.	Capítulo III.....	59
5.1	Indicadores de Logística para la Gestión de Repuestos	60
5.1.1	Tipos de Indicadores Logísticos	61
5.2	Sistema Aplicativo para Control de Inventario de Repuestos.....	64
5.2.1	Método DBR (Drum-Buffer-Rope).....	64
5.2.2	Definición de Buffer (Amortiguador).....	66
5.2.3	Reposición Activada por el Mercado (RAM)	67
5.3	Clasificación de Indicadores por Nivel de Gestión	68
5.4	Indicadores por Implementar para Optimizar el Stock de Repuestos	69
5.4.1	Clasificación de los Indicadores en cada nivel Jerárquico de Gestión ...	71
5.4.2	Objetivos Empresariales para la Gestión de Repuestos.....	73
5.4.3	Esquema de Flujo de los Indicadores	73
5.5	Ejemplo Práctico con Datos Reales	76
6.	Materiales y metodología.....	78
7.	Resultados y discusión.....	80
8.	Conclusiones.....	82

PROPUESTA DE
CONSTRUCCIÓN DE
UNA ARQUITECTURA
HOLÍSTICA PARA LA
GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO EN
UN TALLER
AUTOMOTRIZ

AUTOR:

DAVID MARCELO MERCHÁN CEPEDA

RESUMEN

Optimizar la gestión de repuestos automotrices en talleres de mantenimiento en base a una arquitectura holística que establezca los procedimientos de manejo de datos e información conforme al Modelo de Industria 4.0 en virtud que el taller automotriz cuente con los recursos tecnológicos como IOT e indicadores que lleven a una toma de decisiones desde lo operativo pasando por lo táctico y llegando a lo estratégico. El trabajo parte de la necesidad de mejorar los niveles de control, rotación y rentabilidad del inventario de repuestos, factores determinantes para garantizar la continuidad operativa, la eficiencia financiera y la satisfacción del cliente dentro del sector automotriz. El estudio se fundamenta en los principios de la gestión de inventarios y la logística integral, aplicando metodologías y herramientas informáticas que permiten una administración técnica y sistematizada de los recursos. Se emplearon conceptos clave como la clasificación ABC, la determinación del stock de seguridad, el cálculo de la rotación de inventarios, la cobertura, el nivel de servicio y el índice de contribución.

Metodológicamente, se utilizó la recopilación y análisis de datos históricos del almacén de repuestos, complementado con la observación directa de los procesos de abastecimiento, recepción, almacenamiento y consumo. Los resultados evidencian que la identificación de los repuestos de alta rotación permite concentrar los recursos en los ítems de mayor impacto operativo y financiero. Asimismo, la determinación del stock de seguridad óptimo contribuye a reducir los riesgos de ruptura de stock, mejorar el nivel de servicio y mantener un equilibrio entre la inversión en inventario y la demanda del mercado. Se constató, además, que la aplicación del índice de contribución y del análisis de rentabilidad por ítem favorece la toma de decisiones estratégicas para la sostenibilidad del negocio.

Palabras clave:

Arquitectura holística, Sistema de Gestión, Repuestos automotrices

ABSTRACT

Optimize the management of automotive spare parts in maintenance workshops based on holistic architecture that establishes data and information management procedures in accordance with the industry 4.0 Model, given that the automotive workshop has technological resources such as IoT and indicators that lead to decision-making from the operational to the tactical and strategic levels. The work stems from the need to improve the levels of control, turnover, and profitability of the spare parts inventory, which are determining factors in ensuring operational continuity, financial efficiency, and customer satisfaction within the automotive sector. The study is based on the principles of inventory management and integrated logistics, applying methodologies and computer tools that allow for technical and systematic resource management. Key concepts such as ABC classification, safety stock determination, inventory turnover calculation, coverage, service level, and contribution index were used.

Methodologically, historical data from the spare parts warehouse was collected and analyzed, supplemented by direct observation of the supply, reception, storage, and consumption processes. The results show that identifying high-turnover spare parts allows resources to be concentrated on items with the greatest operational and financial impact. Likewise, determining the optimal safety stock helps reduce the risk of stockouts, improve service levels, and maintain a balance between inventory investment and market demand. It was also found that applying the contribution index and profitability analysis per item facilitates strategic decision-making for business sustainability.

Keywords:

Holistic architecture, Management system, Automotive spare parts

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en los talleres de mantenimiento, la gestión de repuestos automotrices contribuye un factor decisivo para la eficiencia operativa y la rentabilidad. Generalmente, la falta o carencia de metodologías técnicas para el control de inventarios genera rupturas de stock, exceso de productos inmovilizados y una baja rotación de ítems, afectando los costos operativos y la calidad de servicio al cliente. Estas dificultades se agravan ante la falta de integración entre las áreas operativas, logísticas y administrativas, impidiendo obtener información confiable y oportuna para la toma de decisiones.

Frente a esta problemática, la presente tesis plantea el desarrollo de un modelo integral de gestión de repuestos, orientado a mejorar el manejo de inventarios y los procesos logísticos en talleres automotrices, mediante la aplicación de herramientas analíticas, clasificatorias y de control de desempeño. La investigación se basa en el estudio y aplicación de modelos de gestión reconocidos, la clasificación de repuestos según su rotación y criticidad, y la evaluación de indicadores logísticos que permitan establecer una arquitectura holística de control, alineada con los niveles operativo, táctico y estratégico de gestión.

El contenido del trabajo se organiza en tres capítulos principales, los cuales se interrelacionan de manera secuencial y complementaria:

El Capítulo 1 presenta el estado de arte, modelos de gestión de repuestos donde se analizan los principales enfoques de gestión de inventarios aplicables al contexto automotriz, tales como el Just in Time (JIT), los Sistemas ERP y WMS, y las tecnologías emergentes como IoT y RFID. Además, se revisan los fundamentos normativos y las prácticas en administración de repuestos, que sirven de base para el diagnóstico y posterior diseño del modelo propuesto.

El capítulo 2 desarrolla el proceso de segmentación y análisis de los repuestos mediante la clasificación ABC, que facilita identificar los ítems de mayor impacto

económico y operativo. Asimismo, se incorpora la clasificación por criticidad, combinando criterios como frecuencia de uso, tiempo de reposición y efecto en la operación del taller. Esta etapa permite definir niveles de stock, estrategias de abastecimiento y prioridades de control, orientadas a equilibrar la disponibilidad e inversión en el inventario.

El capítulo 3 incorpora los resultados del análisis previo mediante la formulación y cálculo de indicadores logísticos tales como la rotación de inventario, nivel de servicio, exactitud de inventario, cobertura, índice de contribución y tasa de ruptura de stock. Asimismo, se profundiza en la aplicación del método DBR (Drum-Buffer-Rope), una herramienta de programación y control de la producción basada en la Teoría de las Restricciones, empleada como soporte para la gestión eficiente de repuestos.

A partir de dichos indicadores, se desarrolla una arquitectura holística de gestión que integra la información proveniente de los tres niveles organizacionales: operativo, táctico y estratégico. Esta estructura facilita la visualización del flujo de información, optimiza la toma de decisiones y fortalece el control integral del inventario, proporcionando una visión sistémica, coherente y sostenible del modelo de gestión propuesto.

En conjunto, esta tesis busca fortalecer la eficiencia logística de los talleres automotrices mediante la aplicación de métodos cuantitativos y herramientas tecnológicas que aseguren una administración más precisa, rentable y orientada al cliente. Los resultados obtenidos constituyen la base para la implementación de un modelo de gestión moderno, con capacidad de evolucionar hacia el concepto de taller inteligente, caracterizado por la integración de la tecnología, la información y la estrategia para alcanzar un desempeño competitivo y sostenible.

Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones que se derivan del estudio realizado.

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

En el entorno actual del sector automotriz, los talleres de mantenimiento operan en un contexto altamente competitivo, donde la eficiencia en la gestión de repuestos se constituye como un elemento clave para asegurar la calidad del servicio, la rentabilidad operativa y la fidelización del cliente. No obstante, en la práctica se evidencia que una parte significativa de los talleres carece de modelos de control técnico y de herramientas sistematizadas que permitan una administración eficiente y confiable del inventario. Como resultado, se identifican diversas problemáticas recurrentes, entre las que destacan:

- La falta de una segmentación estructurada de los repuestos, lo que impide distinguir entre los productos de alta, media y baja rotación.
- La escasa aplicación de criterios de criticidad, que limita la priorización de los ítems esenciales para el funcionamiento operativo.
- La carencia de indicadores logísticos integrados dificulta la medición del rendimiento del inventario, la detección de excesos en stock y el análisis financiero.
- La limitada integración tecnológica entre las áreas de almacén, compras y mantenimiento genera inconsistencias en los registros y poca trazabilidad de la información.

Estas deficiencias generan impactos directos en la operación de los talleres, tales como sobrecostos asociados al exceso de inventario inmovilizado, demoras en los procesos de reparación por falta de repuestos disponibles y una disminución en el nivel de servicio ofrecido al cliente final. Asimismo, la ausencia de un sistema de control integral limita la capacidad de análisis y decisión en los niveles táctico y estratégico, ocasionando que las acciones operativas se ejecuten de manera reactiva y empírica, sin el debido respaldo de información analítica. En este escenario, resulta imprescindible el diseño e implementación de un modelo de gestión de repuestos automotrices que integre metodologías de clasificación, indicadores de desempeño y herramientas informáticas orientadas al control logístico. Dicho modelo debe contribuir a la optimización de los recursos disponibles,

al fortalecimiento de la planificación del inventario y al establecimiento de una arquitectura holística de información, capaz de articular los niveles operativo, táctico y estratégico de la gestión, garantizando así una administración más eficiente, coherente y sostenible del sistema de repuestos.

3. CAPÍTULO I

La gestión de repuestos automotrices constituye un componente esencial para la optimización de costos operativos, la reducción de tiempos de inactividad y el incremento de la eficiencia logística. En este ámbito, se dispone de diversos modelos de gestión cuya aplicación depende de la estrategia empresarial, las características del proceso operativo y la naturaleza de la demanda de los repuestos, lo que permite adaptar las metodologías a las condiciones específicas de cada organización.

3.1 MODELOS DE GESTIÓN DE REPUESTOS

Los modelos de gestión de repuestos automotrices son enfoques estratégicos y operativos diseñados para garantizar la disponibilidad eficiente de piezas y componentes dentro de una cadena de suministro. Estos modelos tienen como objetivo optimizar la planificación, adquisición, almacenamiento y distribución de repuestos, minimizando costos operativos y maximizando la disponibilidad del inventario para reducir tiempos de inactividad en los vehículos.

3.1.1 MODELO DE GESTIÓN BASADO EN LA DEMANDA (JUST IN TIME)

El método Just In Time (JIT), conocido también como sistema “Justo a Tiempo”, corresponde a una metodología de gestión de la producción cuyo propósito fundamental es disponer únicamente de la cantidad necesaria de materiales o productos, con el fin de minimizar los inventarios, reducir costos y sincronizar el flujo productivo con la demanda real del mercado. Además, busca eliminar toda forma de desperdicio o actividad que no genere valor agregado dentro del proceso productivo (Yu et al., 2024).

El sistema Just In Time (JIT) se aplica en la manufactura para reducir inventarios y aumentar la eficiencia operativa, alineando la producción con la demanda real. Sin embargo, la transición hacia la Industria 4.0 ha planteado nuevas oportunidades y

desafíos para la implementación de JIT, particularmente en su impacto ambiental (Singhal et al., 2024).

La implementación del JIT implica el cambio de un sistema “Push”, basado en la producción anticipada y acumulación de inventarios, a un enfoque “Pull”, donde cada etapa de la cadena demanda únicamente lo necesario a la fase anterior, produciendo solo según los requerimientos reales (Chowdhury, 2014).

Para aplicar correctamente la filosofía Just in Time en el almacén, es necesario eliminar las actividades que no agregan valor, optimizar el sistema de almacenaje y flujo de producto, reducir desplazamientos y tiempos de preparación de pedidos, y simplificar los procesos de recepción y despacho de mercancías.

Ventajas del Sistema Just in Time

- Minimizar el volumen de inventario almacenado.
- Prevenir la obsolescencia o deterioro de los productos mediante una adecuada rotación del inventario.
- Optimizar la comunicación y el flujo de información en tiempo real, incorporando tecnologías como IoT, inteligencia artificial y sistemas automatizados para aumentar la eficiencia y reducir el impacto ambiental del modelo JIT (Singhal et al., 2024).
- Disminuir los costos asociados al almacenamiento y gestión de inventarios, incrementando la competitividad organizacional.

Desventajas del sistema Just in Time

- Posponer la disponibilidad de inventario en determinadas etapas de la cadena de suministro debido a una implementación inadecuada del sistema Just in Time.
- Aumentar las emisiones de carbono debido a entregas más frecuentes y un uso intensivo del transporte (Singhal et al., 2024).
- Incrementar los costos asociados al cambio o sustitución de proveedores cuando resulte necesario.

- Requerir un alto nivel de coordinación y comunicación efectiva entre clientes y proveedores.

Durante la pandemia de COVID-19 (2020-2022), los fabricantes enfrentaron disrupciones sin precedentes, lo que cuestionó su viabilidad en entornos inestables.

A continuación, se tiene algunos ejemplos sufridos por el modelo JIT:

- Escasez de semiconductores en la industria automotriz llevó a interrupciones en la producción de BMW, VW, Ford y Toyota (Yu et al., 2024).
- Restricciones comerciales y conflictos geopolíticos (ej. guerra Rusia-Ucrania) impactaron la disponibilidad de insumos clave como aceite de girasol y trigo (Urak et al., 2024).
- Panic buying y acumulación de inventarios por parte de consumidores alteraron los patrones de demanda y afectaron la planificación bajo JIT (Ali et al., 2022)
- Empresas como Toyota, históricamente pioneras en JIT, comenzaron a almacenar más inventarios estratégicos (Chowdhury, 2014).

La implementación del sistema Just In Time en la gestión de repuestos automotrices puede aportar beneficios significativos en la reducción de costos y el aumento de la eficiencia operativa. Sin embargo, su aplicación demanda mantener un equilibrio entre la eficiencia y la resiliencia dentro de la cadena de suministro (Chowdhury, 2014).

3.1.2 MODELO DE GESTIÓN BASADO EN PRONÓSTICOS (DEMAND FORECASTING)

Un modelo de gestión orientado a la demanda constituye un enfoque estratégico que busca alinear los recursos y procesos operativos de la organización con las necesidades reales del cliente. Su propósito es optimizar la eficiencia, reducir los costos y elevar la satisfacción del cliente mediante una predicción y respuesta precisa ante las variaciones de la demanda. La incorporación de tecnologías de aprendizaje profundo (Deep Learning) en la estimación de la demanda se ha consolidado como una estrategia clave para modernizar y fortalecer la eficiencia de la cadena de suministro automotriz (Kim & Kim, 2023).

El modelo basado en pronósticos presenta las siguientes características:

- Usar datos históricos de ventas y mantenimiento para prever la demanda futura de repuestos.
- Planificar la producción y el abastecimiento con mayor precisión.
- Apoyar en herramientas como modelos estadísticos, inteligencia artificial y machine learning.

El empleo de la inteligencia artificial en los procesos de pronóstico incorpora algoritmos de Machine Learning (ML) y Deep Learning (DL), tales como las Redes Neuronales LSTM, Random Forest y Support Vector Machines (SVM), con el objetivo de mejorar la precisión de las predicciones. Gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y reconocer patrones ocultos, estos modelos fortalecen la planificación y gestión eficiente del inventario (Krishnamurthy et al., 2024).

Componentes clave de un modelo de gestión basado en la demanda (Malik et al., 2023):

- **Predecir la demanda:** mediante el uso de datos históricos, tendencias del mercado y análisis predictivos, con el propósito de mejorar la planificación de productos o servicios.
- **Planificar la capacidad:** ajustando los niveles de recursos (personal, inventario y equipos) para responder de forma eficiente a la demanda prevista.
- **Gestionar el inventario:** manteniendo niveles adecuados de existencias para evitar escasez o excedentes, reduciendo los costos de almacenamiento y el riesgo de obsolescencia.
- **Optimizar precios:** adaptándolos al comportamiento de la demanda para maximizar los ingresos y la rentabilidad.
- Fomentar la colaboración entre los distintos departamentos de la organización (ventas, marketing y operaciones) y con los socios de la cadena de suministro, a fin de mejorar la precisión en la previsión de la demanda y la capacidad de respuesta operativa.

La implementación de este sistema en el marco de la Industria 4.0 posibilita una gestión de repuestos más precisa y eficiente, al alinear la producción con las

necesidades reales del mercado y potenciar la competitividad del sector automotriz (Kim & Kim, 2023).

Los métodos tradicionales de pronóstico, basados en modelos estadísticos y de regresión, muestran limitaciones ante la alta variabilidad de la demanda y los plazos de entrega de los proveedores. En este contexto, la aplicación de modelos predictivos basados en inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una alternativa eficaz para mejorar la precisión en la planificación de inventarios y reducir las ineficiencias en la cadena de suministro (Krishnamurthy et al., 2024).

3.1.3 MODELO DE GESTIÓN BASADO EN SERVICIO (SERVICE LEVEL MANAGEMENT)

La gestión del nivel de servicio (Service Level Management, SLM) cumple un rol esencial dentro de la cadena de suministro de repuestos automotrices, garantizando la disponibilidad de piezas críticas en el momento y lugar adecuados (Jäntti & Suhonen, 2012).

El modelo de gestión orientado al servicio clasifica los repuestos según su criticidad y frecuencia de uso, manteniendo niveles de inventario diferenciados en función de su importancia y rotación (críticos, no críticos, de alta o baja rotación). Este enfoque es aplicado en organizaciones que buscan reducir costos sin comprometer la disponibilidad de repuestos esenciales, garantizando que los servicios cumplan con los niveles de calidad establecidos con los clientes. Además, mejora la visibilidad de los procesos y disminuye los incumplimientos en los acuerdos de servicio (Jäntti & Suhonen, 2012).

La gestión del nivel de servicio en la cadena de suministro de repuestos automotrices representa un factor determinante para garantizar la disponibilidad de piezas en el momento oportuno, evitando sobrecostos por almacenamiento innecesario. Un adecuado Service Level Management (SLM) fortalece los procesos logísticos, permitiendo que los repuestos críticos estén disponibles para la producción y el mantenimiento sin interrupciones (Unterharnscheidt & Kieninger, 2010).

Desafíos en la Gestión del Nivel de Servicio (Unterharnscheidt & Kieninger, 2010):

- **Falta de alineación entre proveedores y clientes:** Diferencias en expectativas pueden generar ineficiencias.
- **Complejidad en estructuras empresariales:** Mayor cantidad de actores complica la coordinación del servicio.
- **Gestión de múltiples proveedores:** Coordinación entre distintos proveedores es crítica para garantizar el nivel de servicio.
- **Monitoreo y reporte de niveles de servicio:** Grandes volúmenes de datos pueden dificultar la evaluación efectiva del rendimiento.

El mejoramiento en la gestión del nivel de servicio ejerce un impacto directo sobre la eficiencia operativa en la industria automotriz. Entre sus principales beneficios se destacan los siguientes (Jäntti & Suhonen, 2012):

- Mayor disponibilidad de repuestos, evitando retrasos en mantenimiento y producción.
- Disminuir los costos operativos, minimizando el sobrestock y desperdicio de recursos.
- Mejor visibilidad y control sobre los procesos logísticos, favoreciendo una planificación más precisa y eficiente.

La optimización del nivel de servicio en la gestión de repuestos automotrices requiere un enfoque basado en coordinación efectiva entre proveedores, flexibilidad contractual y herramientas de predicción avanzada.

3.1.4 MODELO DE GESTIÓN BASADO EN MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO

La gestión del mantenimiento dentro del sistema logístico de repuestos automotrices establece un factor crítico para asegurar la disponibilidad y operatividad de los activos sin incurrir en costos excesivos.

Mediante este modelo de gestión vincula el abastecimiento de repuestos con planes de mantenimiento sea preventivo o predictivo de vehículos basándose en el

monitoreo del estado de los componentes para determinar cuándo se necesitan reemplazos. Este modelo de gestión se utiliza en flotas de transporte, maquinaria pesada y concesionarios con programas de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo se basa en paradas programadas para inspección y reemplazo de componentes en intervalos definidos, mientras que el mantenimiento predictivo emplea sensores y algoritmos de inteligencia artificial para detectar anomalías antes de que ocurra una falla, permitiendo una intervención en el momento óptimo (Crespo del Castillo & Parlikad, 2024).

Los beneficios del mantenimiento predictivo en la gestión de repuestos aporta importantes beneficios operativos y financieros (Crespo del Castillo & Parlikad, 2024):

- Reducir los costos de mantenimiento, al minimizar intervenciones innecesarias y optimizar la compra de repuestos.
- Evitar fallos inesperados y tiempos de inactividad prolongados.
- Gestionar eficazmente la asignación de recursos, garantizando la disponibilidad oportuna de los repuestos críticos.
- Optimizar el almacenamiento, evitando acumulaciones innecesarias de inventario y reduciendo los desperdicios operativos.

La aplicación de modelos probabilísticos y predictivos en la gestión del mantenimiento se ha consolidado como una estrategia eficaz para mejorar la planificación de inspecciones. Técnicas como Redes Bayesianas, minería de procesos y modelos ARIMA permiten analizar datos operativos en tiempo real, anticipando fallos y minimizando tiempos de inactividad. Estos modelos facilitan la automatización de la planificación del mantenimiento, disminuyendo los costos operativos y optimizando el uso de repuestos (Ruschel et al., 2017).

Uno de los enfoques más avanzados para la gestión del mantenimiento es la predicción de la vida útil remanente (RUL) de los componentes, lo que permite anticipar fallos y programar intervenciones de manera óptima. El uso de modelos matemáticos y algoritmos predictivos incrementa la precisión en la toma de

decisiones, favoreciendo el uso eficiente de los repuestos y evitando tanto el sobrestock como el quiebre de inventario dentro del sistema logístico.

3.1.5 MODELO DE GESTIÓN BASADO EN TECNOLOGÍAS 4.0

Los sistemas tradicionales de gestión de inventarios, basados en registros manuales o códigos de barras, presentan limitaciones en precisión y actualización en tiempo real, lo que puede generar problemas de desabastecimiento o exceso de inventario. Para abordar estas problemáticas, la Industria 4.0 ha introducido tecnologías avanzadas como Internet de las Cosas (IoT), Big Data y RFID, las cuales mejoran significativamente la gestión de repuestos (Tejesh & Neeraja, 2018).

La gestión eficiente de los almacenes y la asignación del personal representan un desafío clave en la industria automotriz. La creciente necesidad de flexibilidad en los procesos logísticos ha impulsado la adopción de tecnologías avanzadas orientadas a mejorar la planificación del personal y la utilización de recursos. No obstante, muchas empresas continúan dependiendo de herramientas tradicionales como hojas de cálculo, lo que limita la eficiencia operativa y reduce la capacidad de respuesta ante las variaciones de la demanda (Kellermayr-Scheucher et al., 2023)

La gestión eficiente de inventarios y repuestos es un pilar fundamental en la industria automotriz, ya que una planificación ineficiente puede generar costos elevados, retrasos en la producción y pérdidas de competitividad (Ali et al., 2022).

La implementación de la tecnología de RFID en la gestión de repuestos permite la identificación automática y remota de cada pieza almacenada. A diferencia de los códigos de barras, las etiquetas RFID pueden ser leídas sin contacto directo, incluso en grandes volúmenes de inventario, lo que reduce errores y acelera la localización de repuestos críticos. Además, la integración con sensores IoT y redes Wi-Fi permite el monitoreo en tiempo real del estado y la ubicación del inventario, favoreciendo una gestión proactiva de los niveles de stock, mejorando la trazabilidad de los productos (Tejesh & Neeraja, 2018).

El modelo de gestión de inventarios basado en IoT y RFID utiliza un sistema centralizado compuesto por:

- Etiquetas RFID adheridas a los repuestos, que contienen información única sobre cada producto.
- Lectores RFID conectados a Wi-Fi, encargados de recopilar datos en tiempo real.
- Un servidor central Raspberry Pi, que recibe y procesa la información del inventario.
- Una interfaz web de gestión, que permite a los operadores consultar el estado y ubicación de los repuestos desde cualquier dispositivo.

El uso de tecnologías de la Industria 4.0 en la gestión de repuestos automotrices permite (Tejesh & Neeraja, 2018):

- Reducir el tiempo de búsqueda y localización de repuestos.
- Automatizar la reposición de inventario, evitando faltantes o excesos de stock.
- Mayor precisión en el control de inventarios, mejorando la toma de decisiones.
- Optimizar los costos operativos, reduciendo la necesidad de inventarios de seguridad.

Se valida el modelo en una empresa líder de repuestos automotrices, mostrando una reducción del 29.97% en los costos totales al mejorar la precisión de las previsiones. Se utiliza un sistema de monitoreo y ajuste automático basado en control estadístico de procesos (CUSUM) y ventanas deslizantes para detectar cambios en la demanda y actualizar el modelo (Chien et al., 2023).

3.2 MATERIALES DE ROTACIÓN O ACTIVOS EN UN TALLER AUTOMOTRIZ

La gestión eficiente de los materiales de rotación o activos en un taller automotriz es esencial para garantizar operaciones fluidas, minimizar tiempos de inactividad y optimizar recursos. Esta gestión se aborda desde tres niveles: operativo, táctico y

estratégico, cada uno con enfoques y responsabilidades específicas (Lange & Daduna, 2023).

La integración de métodos analíticos como el Análisis ABC y la Teoría de Conjuntos Aproximados (RST, Rough Set Theory) ha probado ser una herramienta eficaz para fortalecer la gestión y el desarrollo de estrategias de abastecimiento (Mehdizadeh, 2020).

3.2.1 NIVEL OPERATIVO

En el nivel operativo, la gestión se enfoca en las actividades cotidianas vinculadas al control y utilización de materiales, garantizando la operatividad inmediata del taller. En la gestión de repuestos automotrices, estas estrategias incluyen la distribución eficiente de piezas dentro de la red de concesionarios y talleres, asegurando que las refacciones lleguen a tiempo y en la cantidad adecuada (Robert et al., 2018). Las principales funciones incluyen:

- **Controlar inventarios:** Mantener registros precisos de entradas y salidas de materiales, asegurando la disponibilidad de repuestos y consumibles necesarios para las reparaciones diarias para impedir quiebres de stock y reducir los costos relacionados con el almacenamiento (Mehdizadeh, 2020).
- **Almacenar y organizar:** Disponer los materiales de manera ordenada y accesible, facilitando su localización rápida y reduciendo tiempos muertos en las operaciones.
- **Suministrar:** Solicitar materiales de manera eficiente para evitar faltantes que puedan retrasar los trabajos programados (Haghani & Sarvi, 2024).

Materiales de rotación en el nivel operativo:

- Repuestos de alta demanda (bujías, filtros, pastillas de freno, baterías).
- Consumibles y lubricantes (aceites, líquidos refrigerantes, aditivos, grasas).
- Herramientas manuales y eléctricas (llaves, destornilladores, gatos hidráulicos, pistolas de impacto).

- Materiales de seguridad y protección (guantes, gafas de seguridad, overoles, mascarillas).
- Elementos de limpieza y mantenimiento (trapos, detergentes, solventes, escobillas)

3.2.2 NIVEL TÁCTICO

El nivel táctico se enfoca en la planificación y coordinación a mediano plazo para optimizar la gestión de materiales asegurando un suministro eficiente sin incurrir en costos innecesarios. La gestión del inventario se fortalece mediante el análisis de datos históricos y la aplicación de técnicas de inteligencia artificial, orientadas a incrementar la precisión en la previsión de la demanda. (Mehdizadeh, 2020). Las actividades clave son:

- **Planificar requerimientos de materiales (MRP):** Implementar sistemas que permitan prever las necesidades de materiales basándose en la carga de trabajo y tendencias históricas, asegurando que se disponga de los insumos necesarios sin incurrir en excesos de inventario (Robert et al., 2018).
- **Gestionar proveedores:** Fomentar alianzas estratégicas con proveedores confiables, con el propósito de asegurar la calidad de los materiales y cumplir con los plazos de entrega establecidos. (Mehdizadeh, 2020).
- **Reducir el efecto látigo (Bullwhip Effect):** Mediante la integración de datos de consumo y predicción con algoritmos de aprendizaje automático (Khanorkar & Kane, 2023).
- **Optimizar inventarios:** Aplicar técnicas como análisis VED y ABC.

El análisis VED clasifica los materiales en Vitales (V), Esenciales (E) y Deseables (D), según su impacto en la producción (Rose et al., 2022).

Vitales (V): Componentes esenciales para la operatividad del vehículo (motores, transmisiones, frenos).

Esenciales (E): Piezas importantes que pueden afectar la funcionalidad, pero no detienen el vehículo (sensores, sistemas electrónicos).

Deseables (D): Repuestos que no afectan la operatividad inmediata del vehículo (accesorios).

El análisis ABC para identificar los materiales más críticos y ajustar niveles de stock en función de su rotación y relevancia (Mehdizadeh, 2020) propone una variante del análisis ABC que incorpora la relación entre la demanda de un repuesto y el kilometraje acumulado de los vehículos que lo utilizan. Esta metodología permite prever con mayor precisión la necesidad de repuestos, alineando el inventario con el desgaste real de los automóviles en circulación.

La planificación estratégica en la gestión de repuestos se basa en la clasificación de piezas según su importancia en el inventario. El método ABC es ampliamente utilizado para asignar recursos de manera eficiente (Mehdizadeh, 2020):

- **Piezas A:** Representan el 20% del inventario, pero generan el 80% de la demanda. Son críticas y requieren alta disponibilidad.
- **Piezas B:** Tienen una demanda intermedia y requieren una política de reabastecimiento balanceada.
- **Piezas C:** Son de baja rotación y su almacenamiento debe minimizarse para evitar obsolescencia.

Análisis ABC se incorpora información adicional como costos, tiempo de entrega y criticidad de las piezas para optimizar la clasificación (Khanorkar & Kane, 2023).

Materiales de rotación en el nivel táctico:

- Repuestos de reposición programada (embragues, amortiguadores, correas de distribución).
- Equipos de diagnóstico y mantenimiento preventivo (escáneres automotrices, analizadores de gases, multímetros).
- Repuestos de bajo consumo, pero alta criticidad (sensores, módulos electrónicos, válvulas de inyección).
- Sistemas de almacenamiento y logística interna (estanterías especializadas, organizadores de herramientas).

3.2.3 NIVEL ESTRATÉGICO

En el ámbito estratégico, la gestión de materiales se alinea con los objetivos a largo plazo del taller, buscando mejoras continuas y adaptación a las tendencias del mercado, abarcan decisiones de inversión orientadas a optimizar la gestión de recursos en escenarios de incertidumbre (Robert et al., 2018). Las estrategias incluyen:

- **Incorporar sistemas de gestión de calidad:** Implementar normas internacionales, como la ISO 9001, con el fin de estandarizar los procesos y aumentar la eficiencia en la gestión de materiales.
- **Innovar con tecnología:** Integrar tecnologías avanzadas, como sistemas de gestión automatizados y herramientas de diagnóstico de última generación, con el fin de aumentar la precisión en la gestión de materiales y disminuir los errores humanos.

El algoritmo K-Means Clustering ofrece una clasificación más precisa y eficiente, agrupando automáticamente los repuestos en categorías sin necesidad de cálculos complejos como en los modelos de toma de decisiones multicriterio (MCDM) (Khanorkar & Kane, 2023).

- **Sostenibilidad y responsabilidad ambiental:** Formular políticas de gestión ambiental orientadas a fomentar el uso eficiente de los recursos, la adecuada disposición de residuos y la implementación de prácticas sostenibles en el manejo de materiales. (Haghani & Sarvi, 2024).

Materiales de rotación en el nivel estratégico:

- Maquinaria y equipos tecnológicos avanzados (elevadores hidráulicos inteligentes, robots de diagnóstico).
- Sistemas de gestión de calidad y certificaciones (Normas ambientales ISO 14001).
- Inversiones en innovación y digitalización (software de gestión para taller, RFID para control de inventarios).

- Materiales sustentables y reciclables (aceites biodegradables, repuestos remanufacturados).

La clasificación de los materiales de rotación en un taller automotriz según los niveles **operativo, táctico y estratégico** permite una administración más eficiente de los recursos, asegurando un equilibrio entre disponibilidad, costos y sostenibilidad. Un enfoque estructurado en cada nivel garantiza la continuidad de las operaciones, mejora la competitividad del taller y contribuye a la satisfacción del cliente.

La combinación del Análisis ABC con la Teoría de Conjuntos Aproximados constituye una alternativa innovadora para la gestión de inventarios en el sector automotriz. Al incorporar múltiples variables y minimizar la incertidumbre en la toma de decisiones, este enfoque fortalece el nivel de servicio al cliente, reduce los costos operativos y mejora la eficiencia de los procesos logísticos.(Mehdzadeh, 2020).

La integración de los métodos ABC y VED con el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) constituye una estrategia eficaz para clasificar, priorizar y administrar los inventarios, garantizando una mayor eficiencia operativa y la reducción de costos dentro del sistema logístico.

3.3 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS QUE SE UTILIZAN PARA LOS MODELOS DE GESTIÓN

La gestión eficiente de repuestos automotrices resulta esencial para asegurar la operatividad de los talleres mecánicos, concesionarios y empresas que administran flotas vehiculares. En este contexto, las herramientas informáticas juegan un papel clave al optimizar el control de inventario, la trazabilidad de piezas y la logística de distribución.

La tabla 3.1 presenta una síntesis de las principales características de las herramientas informáticas utilizadas en la gestión de repuestos automotrices.

Tabla 3. 1 Herramientas Informáticas para la Gestión de Repuestos

Características	Sistema de Gestión de Almacenes (WMS)	Planificación de Recursos Empresariales (ERP)	Software de Gestión de Inventarios (IMS)	Software de Catálogo Electrónico Repuestos (EPC)
Objetivo principal	Optimizar operaciones del almacén: recepción, almacenamiento, movimiento y despacho.	Integrar funciones empresariales, incluyendo inventario.	Control y seguimiento detallado del inventario.	Identificar y localizar repuestos específicos en catálogos digitales.
Gestión de inventario	Sí, en tiempo real y con trazabilidad (seguimiento de productos).	Sí, integrada con otras áreas (ventas, compras, logística)	Sí, con herramientas de previsión futura y control de stock	No directamente, solo referencia de repuestos concretos.
Control de stock	Avanzado, basado en ubicación y movimientos	Integrado con módulos de compras y ventas	Preciso, con funciones de seguimiento de existencias	No aplica
Nivel de Integración con otros sistemas	Alta (ERP, TMS, etc.)	Alta (WMS, CRM, IMS, etc.)	Moderada (puede integrarse con ERPs)	Limitada (algunos se integran con sistemas de pedidos)
Nivel de Especialización en repuestos	Medio (útil en almacenes de repuestos)	Medio-Alto (depende del módulo implementado)	Alto (diseñado para el control específico de ítems como repuestos)	Muy alto (catálogo específico de piezas)
Ejemplos comunes	Manhattan WMS, Infor WMS, HighJump	SAP S, Oracle NetSuite, Microsoft Dynamics 365	Orderry, Fishbowl Inventory, Zoho Inventory.	Microcat LIVE, EPC Online Bosch, TecDoc Catalogue
Facilidad de uso	Media (requiere capacitación técnica)	Media-Baja (más complejo por su amplitud funcional)	Alta (diseñado para usuarios operativos)	Alta (interfaz amigable para consulta de piezas)
Implementación en empresas automotrices	Almacenes de distribución y centros logísticos	Empresas grandes con múltiples procesos integrados	Talleres, concesionarios, distribuidores	Fabricantes, distribuidores y talleres especializados

Cada sistema WMS, ERP, IMS y EPC desempeña un rol específico dentro de la cadena de suministro, aportando funcionalidades particulares que, en conjunto, permiten una gestión integral, precisa y eficiente. La implementación adecuada de estas herramientas, alineada con las necesidades operativas y estratégicas de cada organización, contribuye a optimizar los recursos, reducir errores, mejorar la atención al cliente y fortalecer la toma de decisiones basada en datos. En este sentido, el uso complementario de estas soluciones tecnológicas constituye un elemento esencial para incrementar la competitividad de las empresas del sector automotriz.

3.4 NORMATIVA UNE 31000

La norma UNE 310001:2016 define los requisitos que deben cumplir los talleres de reparación de vehículos automotores en materia de calidad del servicio, seguridad industrial y gestión ambiental. Su propósito principal es fortalecer la competitividad del sector, asegurar la satisfacción del cliente y garantizar condiciones adecuadas de seguridad laboral, al mismo tiempo que reduce el impacto ambiental de las operaciones. Esta norma fue impulsada por la Confederación Española de Talleres de Reparación de Automóviles y Afines (CETRAA).

La norma aplica a talleres que realizan mantenimiento, instalación, desmontaje, replazo de repuestos y reparación de automotores, incluyendo adaptación y reforma. Su cumplimiento es obligatorio para los talleres debidamente registrados ante los órganos. (AENOR, 2016).

3.4.1 VINCULACIÓN DE LA NORMA UNE 31000 DENTRO DE LA ARQUITECTURA HOLÍSTICA

La aplicación de la Norma UNE 31000 no se limita a seguridad industrial, también se extiende a procesos operativos, logísticos y de mantenimiento en talleres automotrices y empresas técnicas.

Los principios esenciales son:

- Integración: el riesgo debe gestionarse dentro de todos los procesos de la organización.

- Estructura y personalización: el sistema debe adaptarse a la realidad del negocio.
- Mejora continua: la gestión se revisa y ajusta constantemente.
- Basada en información: las decisiones deben apoyarse en datos y evidencias (indicadores).

La arquitectura holística articula tres niveles (operativo, táctico y estratégico) para gestionar los repuestos y optimizar la toma de decisiones.

Cada nivel requiere indicadores de desempeño (KPI) que sirvan como mecanismos de control y retroalimentación. Aquí es donde entra la UNE 31000: su filosofía impulsa el uso de indicadores como herramientas de gestión del riesgo operativo, financiero y logístico.

3.4.2 RELACIÓN ENTRE LA NORMA UNE 31000 Y LOS NIVELES DE INDICADORES DE LA ARQUITECTURA HOLÍSTICA

La Tabla 3.2 muestra la relación entre los niveles operativo, táctico y estratégico de la arquitectura holística y los principios de gestión del riesgo definidos en la norma UNE 31000:2016. En ella se evidencia cómo los indicadores de desempeño funcionan como mecanismos de control y retroalimentación, facilitando la toma de decisiones informada en la gestión de repuestos automotrices.

Tabla 3.2 Relación Norma UNE31000 y Arquitectura Holística

Nivel	Enfoque según Arquitectura	Aplicación de Norma UNE 31000
Operativo	Indicadores de exactitud de inventario, rotura de stock, tiempos de reposición.	Controlan riesgos inmediatos del flujo de repuestos: errores de picking (pedidos), faltantes, o sobreinventario.
Táctico	Rotación de inventarios, cobertura, contribución por SKU (código único).	Permiten evaluar riesgos de ineficiencia o inmovilización de capital.
Estratégico	Nivel de servicio, rentabilidad global, valor inmovilizado, cumplimiento de políticas de inventario.	Facilitan la toma de decisiones ante riesgos estratégicos (pérdida de rentabilidad, desalineación con objetivos organizacionales).

4. CAPÍTULO II

La gestión del mantenimiento en talleres automotrices modernos requiere un enfoque integral que permita articular de manera coherente los distintos procesos técnicos, logísticos, administrativos y de apoyo que intervienen en la prestación del servicio. Bajo este enfoque, la arquitectura holística del mantenimiento se concibe como un sistema de procesos interrelacionados, orientados a garantizar la disponibilidad de los recursos, la confiabilidad de los equipos y la satisfacción del cliente (Schreiber, 2023).

Desde una perspectiva sistémica, el taller automotriz puede analizarse a partir de un mapa macro de procesos, el cual agrupa las actividades en procesos estratégicos, operativos y de apoyo en concordancia con los modelos de arquitectura organizacional propuestos en la literatura de gestión y mantenimiento ISO 55000 (Kortelainen et al., 2020).

Dentro de esta arquitectura, la gestión de repuestos se configura como un proceso logístico crítico que soporta directamente la ejecución del mantenimiento. Su desempeño impacta de forma directa en los tiempos de servicio, los costos operativos y la continuidad de las operaciones del taller. Por esta razón, resulta necesario identificar y priorizar los procesos críticos mediante herramientas de análisis estructurado.

4.1 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS CRÍTICOS DE MANTENIMIENTO DE UN TALLER AUTOMOTRIZ

En este contexto, la metodología como el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMFE) permiten evaluar los procesos del taller en función de su impacto, frecuencia de fallos y nivel de riesgo, facilitando la toma de decisiones orientadas a

la mejora continua. La aplicación de estas herramientas posibilita la identificación de aquellos procesos que requieren una intervención prioritaria, justificando el enfoque posterior en la gestión de repuestos como uno de los subsistemas clave dentro de la arquitectura holística del mantenimiento (Liu et al., 2023).

4.1.1 PROCESOS ESTRATÉGICOS

Los procesos estratégicos orientan la dirección general del taller y establecen el marco de decisiones de largo plazo que condicionan el desempeño del sistema de mantenimiento. Entre ellos se incluyen:

- **Planificación del mantenimiento:** que define políticas, estrategias y criterios de priorización de intervenciones, asegurando coherencia entre demanda de servicios, recursos disponibles y objetivos organizacionales.
- **Gestión de costos y presupuesto:** orientada al control financiero del mantenimiento, incluyendo costos directos de mano de obra, repuestos, compras urgentes y reprocesos.
- **Gestión de proveedores y contratos:** que garantiza la disponibilidad, calidad y confiabilidad del suministro de repuestos y servicios externos, reduciendo riesgos de indisponibilidad.
- **Gestión de indicadores (KPIs):** encargada de monitorear el desempeño del taller mediante métricas que permitan evaluar eficiencia, calidad y sostenibilidad económica.

Estos procesos establecen las condiciones bajo las cuales operan los procesos tácticos y operativos, influyendo directamente en la disponibilidad de repuestos y en la continuidad del servicio.

4.1.2 PROCESOS OPERATIVOS

Los procesos operativos constituyen el núcleo de la prestación del servicio automotriz y se relacionan directamente con la interacción con el cliente y la ejecución técnica del mantenimiento. Incluyen:

- **Recepción y diagnóstico del vehículo:** donde se identifican los síntomas, fallas y requerimientos técnicos.
- **Planificación de la intervención:** que coordina recursos humanos, técnicos y materiales necesarios para ejecutar el servicio.
- **Gestión de repuestos y materiales:** proceso clave que asegura la disponibilidad, correcta identificación y compatibilidad de los repuestos requeridos. En este punto no se tiene un soporte técnico que asegure la disponibilidad inmediata más bien se lo realiza por experiencia propia del jefe de repuestos.
- **Ejecución del mantenimiento o reparación:** donde se realizan las actividades técnicas según procedimientos definidos.
- **Control de calidad y pruebas:** orientado a verificar la correcta ejecución del trabajo y evitar reprocesos.
- **Entrega del vehículo:** etapa final en la que se valida el cumplimiento del servicio y la satisfacción del cliente.

Dentro de este conjunto, la gestión de repuestos actúa como un proceso transversal, cuya falla puede detener completamente la operación, aun cuando exista capacidad técnica disponible.

4.1.3 PROCESOS DE APOYO

Los procesos de apoyo proporcionan los recursos y condiciones necesarias para que los procesos operativos se desarrollen de manera eficiente y segura. Entre ellos se encuentran:

- **Gestión de inventarios:** responsable del control de niveles de stock, rotación y obsolescencia.
- **Compras y logística:** encargadas del abastecimiento oportuno y eficiente de repuestos y materiales.
- **Gestión documental:** que asegura la trazabilidad de órdenes de trabajo, formatos y registros técnicos.

La correcta integración de estos procesos refuerza el enfoque holístico del sistema de mantenimiento del taller.

4.1.4 IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR DE PROCESO CRÍTICOS DEL TALLER

La identificación preliminar de procesos críticos constituye una etapa clave para focalizar los esfuerzos de análisis y mejora en aquellos procesos que generan mayor impacto negativo sobre el desempeño del taller. En esta fase, los procesos definidos en el mapa macro se evalúan mediante criterios cuantificables que permiten una primera jerarquización objetiva (Tom et al., 2023).

Para el presente estudio, los procesos se evalúan considerando los siguientes criterios: impacto en el tiempo de servicio, costos operativos, satisfacción del cliente, frecuencia de fallos y dependencia de repuestos.

Cada criterio se valora mediante una escala ordinal de 0 a 10, donde valores mayores representan mayor impacto o criticidad, los mismos fueron asignados con base en la experiencia operativa del taller. La suma de las puntuaciones obtenidas permite identificar aquellos procesos con mayor relevancia relativa, los cuales son seleccionados para un análisis más detallado mediante la metodología AMFE.

Este enfoque preliminar permite reducir la subjetividad en la selección de procesos críticos y alinear el análisis con los objetivos de reducción de tiempos muertos, reprocesos y riesgos de indisponibilidad.

Criterios:

- **TS:** Impacto en el tiempo de servicio
- **CO:** Impacto en costos operativos
- **SC:** Impacto en la satisfacción del cliente
- **FF:** Frecuencia de fallos
- **DR:** Dependencia de repuestos

Tabla 4.1 Evaluación preliminar de procesos operativos y de apoyo

Proceso	TS	CO	SC	FF	DR	Puntaje total
Recepción y diagnóstico del vehículo	8	6	10	7	6	37
Planificación de la intervención	8	9	8	6	8	39
Gestión de repuestos y materiales	10	10	10	9	9	48
Ejecución de la reparación	10	8	9	6	9	42
Control de calidad y pruebas	6	6	7	8	10	37
Entrega del vehículo	4	4	8	3	1	20
Gestión de inventarios	8	10	8	6	9	41
Compras y logística	8	7	5	6	10	36
Gestión documental	2	4	5	4	2	17

Los resultados de la evaluación preliminar evidencian que los procesos relacionados con la gestión de repuestos y materiales, la ejecución de la reparación, la gestión de inventarios y la planificación de la intervención presentan los mayores niveles de criticidad relativa.

En particular, el proceso de gestión de repuestos alcanza el puntaje más alto, debido a su impacto directo en el tiempo de servicio, los costos operativos, la satisfacción del cliente y su elevada dependencia de recursos materiales.

En función de estos resultados, el proceso con mayor puntuación total es de Gestión de Repuestos y Materiales es seleccionado para un análisis detallado mediante la metodología AMFE, con el fin de identificar modos de falla específicos, evaluar el riesgo asociado y priorizar acciones de mejora.

4.1.5 PRIORIZACIÓN MEDIANTE EL ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMFE)

El Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMFE o FMEA) conforme a la norma UNE-EN 60812:2008, constituye una herramienta sistemática para la identificación, evaluación y priorización de riesgos asociados a los procesos de mantenimiento. La criticidad de los modos de fallo se determina mediante la valoración de la severidad,

la ocurrencia y la detección, empleando una escala discreta de 1 a 10, cuyo producto da lugar al Número de Prioridad del Riesgo (NPR), utilizado para jerarquizar acciones de mejora y apoyo a la toma de decisiones en la gestión del mantenimiento (AENOR, 2008).

El AMFE se fundamenta en la evaluación de tres variables principales (Belloví et al., 2004)

- **Severidad (S):** Magnitud del impacto del modo de falla sobre el sistema.

Representa el nivel de importancia del efecto asociado a un modo de fallo potencial, evaluado en función de las consecuencias que dicho fallo puede generar para el cliente. Este criterio permite valorar el impacto del fallo en términos de insatisfacción del cliente, degradación del desempeño esperado del sistema o proceso, así como el incremento de los costos de reparación o corrección.

El valor asignado al índice de severidad o gravedad está directamente relacionado con la magnitud de dichas consecuencias, incrementándose a medida que el efecto del fallo compromete de forma más significativa la funcionalidad, la calidad del servicio, la seguridad o el cumplimiento normativo. Cabe destacar que este índice únicamente puede reducirse mediante acciones correctivas aplicadas al diseño del producto, servicio o proceso, por lo que no debe verse influenciado por controles operativos, inspecciones periódicas o revisiones de calidad derivadas de la propia aplicación del AMFE.

Tabla 4.2 Clasificación de la severidad del modo fallo

Severidad	Criterio	Valor
Muy baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema	1
Baja	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia.	2 - 3

Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4- 6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7 - 8
Muy alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias.	9 -10

- **Ocurrencia (O):** Probabilidad de que la falla se presente.

La evaluación de este criterio posee un componente inherentemente subjetivo; por ello, siempre que sea posible, se recomienda fundamentarla en el análisis de datos históricos o estadísticos disponibles. La implementación de un sistema de Control Estadístico de Procesos (CEP) constituye una herramienta clave para objetivar la valoración y reducir el sesgo asociado a la apreciación individual. No obstante, la experiencia técnica y el conocimiento del proceso continúan siendo elementos esenciales para una correcta estimación. En el caso de productos finales con funciones críticas de seguridad, especialmente aquellos adquiridos a proveedores externos, la información relacionada con la frecuencia de ocurrencia de los modos de fallo debería ser proporcionada por el proveedor como referencia inicial para la evaluación.

Tabla 4.3 Clasificación de la ocurrencia del modo fallo

Ocurrencia	Criterio	Valor
Muy baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2 - 3

Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4 - 5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6 - 8
Muy alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9 - 10

- **Detección (D):** Capacidad del sistema para detectar la falla antes de que genere el efecto.

Este índice representa la probabilidad de que la causa y/o el modo de fallo potencial sea detectado con la suficiente antelación para evitar la generación de daños, mediante la aplicación de los controles actuales establecidos para tal fin. En otras palabras, evalúa la capacidad del sistema para identificar el fallo antes de que este impacte al cliente final. A diferencia de los demás índices del AMFE, la relación es inversa: cuanto menor es la capacidad de detección, mayor es el valor asignado al índice de detectabilidad y, en consecuencia, mayor será el Índice de Riesgo, el cual constituye un criterio determinante para la priorización de acciones correctivas y preventivas.

Tabla 4.4 Clasificación de la facilidad de detección del modo fallo

Detección	Criterio	Valor
Muy alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2 - 3

Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4 - 6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7 - 8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9 - 10

4.1.6 NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR)

Es un indicador que permite evaluar y priorizar los riesgos asociados a los posibles fallos de un producto, proceso o sistema, con el fin de definir acciones preventivas y correctivas de manera sistemática.

Dicho índice debe calcularse para todas las causas de fallo identificadas en el análisis. No existe un criterio universal de clasificación para su interpretación; sin embargo, de manera referencial, un valor de NPR inferior a 100 no requeriría una intervención inmediata, salvo en aquellos casos en los que la mejora sea de fácil implementación y contribuya significativamente al fortalecimiento de la calidad del producto, del proceso o del trabajo. La ordenación numérica de las causas y modos de fallo en función del NPR permite obtener una primera aproximación de su nivel de criticidad; no obstante, es la reflexión detallada sobre los factores que lo componen la que debe orientar la toma de decisiones para la implementación de acciones preventivas (Belloví et al., 2004).

Estas variables se integran en el **Número de Prioridad de Riesgo (NPR)**, calculado como (Usman et al., 2023):

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

La priorización de los procesos se realiza de acuerdo con los siguientes rangos:

- **NPR > 200:** Proceso crítico prioritario.
- **NPR entre 100 y 200:** Proceso de atención media.
- **NPR < 100:** Proceso bajo control rutinario.

Tabla 4.5 AMFE del proceso crítico: Gestión de repuestos y materiales

Modo de falla	Efecto de la falla	Causa raíz	S	O	D	NPR	Acción propuesta	Responsable
Falta de repuesto crítico en stock	Detención de la orden de trabajo y retraso en la entrega	Mala planificación de inventarios / falta de análisis histórico	9	7	8	504	Definir stock mínimo y máximo para repuestos críticos	Jefe de Repuestos
Pedido tardío al proveedor	Incremento del tiempo muerto y costos por compra urgente	Proceso de compras no estandarizado. Tiempo de entrega de los proveedores	7	6	5	210	Estandarizar procedimiento de compras y tiempos de reposición	Responsable de compras
Repuesto incorrecto solicitado	Reproceso, retrasos y posible daño al vehículo	Diagnóstico incompleto o mala codificación	6	5	6	180	Implementar catálogo digital y doble verificación	Técnico / Almacén
Obsolescencia de repuestos	Capital inmovilizado y pérdida económica	Falta de control de rotación	4	4	5	80	Aplicar control de rotación y depuración periódica	Administrador
Retraso en la recepción de repuestos	Interrupción del flujo del proceso	Fallas de coordinación logística	6	4	6	144	Mejorar coordinación con proveedores y logística	Compras / Logística

4.1.7 ACCIONES DE MEJORA

Una vez identificados y priorizados los modos de falla críticos mediante el AMFE, se definen acciones correctivas o preventivas orientadas a reducir el NPR, ya sea disminuyendo la severidad, la ocurrencia o mejorando los mecanismos de detección. Estas acciones se documentan de forma estructurada, asignando responsables, plazos de implementación e indicadores de seguimiento.

En el contexto de la gestión de repuestos, las acciones de mejora se orientan principalmente a: asegurar la disponibilidad oportuna de repuestos críticos, reducir errores de selección o compatibilidad, disminuir reprocesos y optimizar niveles de inventario. Este enfoque permite transformar el AMFE en una herramienta práctica de mejora continua y no únicamente en un ejercicio descriptivo.

4.1.8 RESULTADOS DEL ANÁLISIS AMFE DEL PROCESO DE GESTIÓN DE REPUESTOS

La aplicación de la metodología AMFE permitió profundizar este análisis, identificando los principales modos de falla asociados a los procesos críticos y cuantificando su nivel de riesgo mediante el Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Los resultados obtenidos demostraron que el proceso de gestión de repuestos y materiales presenta una criticidad superior respecto a otros procesos del taller, debido a su alta dependencia de recursos físicos, su impacto directo en la ejecución del mantenimiento y su capacidad de generar tiempos muertos, reprocesos y costos adicionales cuando no se gestiona de manera adecuada.

Asimismo, el análisis evidenció que una parte significativa de los riesgos operativos del taller no se origina exclusivamente en fallas técnicas de los equipos o vehículos intervenidos, sino en deficiencias asociadas a la planificación del mantenimiento, la gestión de inventarios, el abastecimiento, la correcta identificación de repuestos y la coordinación logística. Estas fallas, si bien son de carácter organizacional y de gestión, inciden directamente en la disponibilidad operativa, el cumplimiento de los planes de mantenimiento y la confiabilidad global del sistema de mantenimiento.

En este contexto, se refuerza la necesidad de concebir la gestión de repuestos como un proceso transversal y estratégico, estrechamente articulado con la función de mantenimiento, y no únicamente como una actividad administrativa de apoyo.

De igual manera se identificó que el modo de fallo “Falta de Repuesto Crítico en Stock” presenta el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) más elevado entre los modos de fallo evaluados. Este resultado se explica por la alta gravedad asociada al impacto directo sobre la continuidad del servicio de mantenimiento, el incremento de los tiempos de inmovilización del vehículo y la afectación a la satisfacción del cliente, así como por una ocurrencia significativa derivada de deficiencias en la planificación de inventarios y en los procesos de abastecimiento. Adicionalmente, se evidenció una limitada capacidad de detección temprana del riesgo, debido a la ausencia de mecanismos sistemáticos de control y alerta que permitan anticipar la ruptura de stock. En conjunto, estos factores determinan un nivel de riesgo crítico, lo que justifica la priorización inmediata de acciones correctivas y preventivas orientadas al fortalecimiento de la gestión de repuestos, su integración con la planificación del mantenimiento y la mejora de los sistemas de control e información.

En este contexto, el estudio de la gestión de repuestos se justifica como un elemento clave para la mejora del desempeño global del taller automotriz, al constituir un factor determinante en la reducción de riesgos de indisponibilidad, la optimización de los costos de mantenimiento y la mejora de la calidad del servicio. Por tal motivo, se enfoca específicamente en el análisis detallado de la gestión de repuestos, con el propósito de profundizar en sus variables críticas, proponer acciones de mejora concretas y evaluar su impacto sobre los indicadores de desempeño del sistema de mantenimiento.

De esta manera, el enfoque adoptado garantiza la coherencia entre el análisis holístico del mantenimiento desarrollado en el presente capítulo y la profundización temática del capítulo siguiente, asegurando la alineación entre los objetivos de la investigación, la metodología aplicada y los resultados esperados.

La adecuada gestión del inventario de repuestos requiere establecer mecanismos que permitan priorizar los ítems según su impacto en la operación y en los resultados financieros del taller. En este contexto, el modelo ABC se constituye en una herramienta fundamental para segmentar los repuestos de acuerdo con su valor y frecuencia de consumo, facilitando la toma de decisiones enfocadas en los productos de mayor relevancia. Además, la clasificación por criticidad permite identificar aquellos ítems cuya ausencia podría generar paradas operativas o afectar la continuidad del servicio, integrando un enfoque técnico al análisis económico. Este capítulo integra ambos enfoques, planteando una metodología combinada orientada a mejorar la gestión del inventario, asegurar la disponibilidad de los repuestos críticos y potenciar la eficiencia global del sistema logístico del taller.

4.2 MODELO ABC

El modelo o método ABC ayuda a enfocar la gestión donde realmente importa: pocos ítems concentran la mayor parte del valor o del impacto y, por tanto, exigen controles más finos (Silver et al., 2016). En repuestos es recomendable pasar de un ABC solo por valor a un ABC multicriterio que incorpore demanda, variabilidad y tiempo de reposición; la literatura muestra mejoras claras al combinar criterios (Flores & Clay Whybark, 2006). En términos prácticos, clasificar “A” aquello que afecta costos y continuidad operativa evita quiebres de stock y reduce capital inmovilizado (Bacchetti et al., 2010)

4.2.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO ABC EN LA GESTIÓN DE REPUESTOS AUTOMOTRICES

El método ABC constituye una herramienta fundamental en la gestión de inventarios, basada en el principio de Pareto (1941), que permite clasificar los artículos en tres categorías según su relevancia económica y nivel de consumo. En el ámbito de la gestión de repuestos, este enfoque permite priorizar el control y seguimiento de

aquellos ítems que aportan mayor valor o incidencia operativa, favoreciendo una mayor rotación y disponibilidad del inventario.

El método ABC es una metodología esencial en la gestión de inventarios, que permite clasificar los artículos en distintas categorías de acuerdo con su relevancia económica y nivel de consumo. Este enfoque se fundamenta en el principio de Pareto, el cual establece que alrededor del 20% de los productos concentran cerca del 80% del valor total del inventario. (Medina, 2025).

En el ámbito de la gestión de repuestos automotrices, esta clasificación resulta esencial para optimizar los recursos, el espacio físico de almacenamiento y garantizar la disponibilidad de piezas críticas.

4.2.2 CLASIFICACIÓN ABC

La clasificación típica divide los repuestos en tres categorías:

Clase A: Comprende alrededor del 80% del valor total del inventario, pero sólo un 20% de los ítems. Su gestión requiere un control riguroso, reposición rápida y ubicación accesible en el almacén (Ramírez Segura, 2016). Ejemplos incluyen partes críticas de motores o sistemas eléctricos en automóviles.

Clase B: Representa un 15-25% del valor y 20-30% de los artículos, gestionados con políticas de control moderado.

Clase C: Incluye la mayoría de los ítems, pero con bajo valor, entre 5-10% del valor total, donde el control es menos estricto. Esta estratificación facilita enfocar los recursos de almacenamiento, seguimiento y reposición donde hay mayor impacto económico y operativo (Narváz Moncada, 2023).

Aplicación en repuestos automotrices

En talleres y empresas automotrices, la aplicación del método ABC permite:

- Minimizar costos de almacenamiento sin afectar la disponibilidad de piezas claves (Narváz Moncada, 2023).
- Optimizar la precisión del inventario y la proyección de mantenimiento.
- Priorizar repuestos de alta rotación o crítico impacto para evitar paradas operativas prolongadas (Ramírez Segura, 2016). Por ejemplo, un estudio

desarrollado en una empresa autopartista en México evidenció que la implementación del método ABC permitió disminuir los costos de almacenamiento en un 15% y aumentar la precisión del inventario en un 20%.

4.2.3 VENTAJAS DEL MÉTODO ABC EN LA GESTIÓN DE REPUESTOS

- **Priorización eficiente:**

Facilita la focalización de los esfuerzos de control y asignación de recursos en los repuestos de mayor valor económico o relevancia operativa (categoría A), evitando destinar el mismo nivel de atención a aquellos ítems de menor importancia relativa.

- **Optimización de inventarios:**

Facilita la definición de políticas diferenciadas de aprovisionamiento, niveles de stock y frecuencias de revisión según la importancia del repuesto.

- **Reducción de costos de almacenamiento:**

Al mantener existencias más controladas de los repuestos menos críticos (B y C), se reducen costos de capital inmovilizado y de mantenimiento de inventario.

- **Mejor toma de decisiones:**

Proporciona información clara para establecer estrategias de compra, reposición y control, alineadas con el valor o la criticidad de cada repuesto.

- **Enfoque sistemático y adaptable:**

Puede integrarse con otros métodos, como la clasificación por criticidad (ABC/XYZ o ABC-VED), permitiendo un análisis más integral del inventario (Silver et al., 2016).

4.2.4 DESVENTAJAS DEL MÉTODO ABC EN LA GESTIÓN DE REPUESTOS

- **Basado principalmente en el valor monetario:**

El método tradicional no considera factores técnicos como la criticidad funcional del repuesto o su impacto en la operación, por lo que puede subestimar ítems esenciales de bajo costo.

- **Actualización constante necesaria:**

Los patrones de consumo cambian con el tiempo, por lo que la clasificación debe revisarse periódicamente para evitar decisiones basadas en datos obsoletos.

- **Subjetividad en los límites de clasificación:**

La definición de los porcentajes para las categorías A, B y C puede variar según el criterio del analista o el contexto de la empresa, lo que afecta la comparabilidad.

- **No considera la variabilidad de la demanda:**

El método no evalúa la estabilidad o la incertidumbre del consumo, lo que puede generar sobrestock o rupturas si no se complementa con otros modelos.

- **Requiere integración con sistemas de información:**

Para ser eficiente, necesita del soporte de herramientas informáticas (ERP, WMS, o software de inventario) que automaticen los cálculos y actualizaciones (Silver et al., 2016).

Ejemplo de clasificación ABC

Supongamos una bodega de repuestos automotrices con 1000 ítems, donde se calcula el valor anual de consumo para cada repuesto. Ordenados de mayor a menor según valor, se encuentra que: Los primeros 150 ítems representan el 75% del valor total (Clase A). Los siguientes 300 ítems suman un 20% adicional (Clase B). Los 550 ítems restantes cumplen el 5% restante (Clase C). Esta clasificación ayuda a priorizar pedidos, control y almacenamiento (Alejandra, 2023).

4.3 CRITICIDAD

La criticidad de un repuesto se refiere al grado de importancia o impacto que tiene su disponibilidad sobre la continuidad operativa del sistema o equipo. Un repuesto es crítico cuando su falta puede generar paradas de producción, retrasos en el servicio o riesgos de seguridad. Evaluar la criticidad permite priorizar el control y la reposición de los ítems más relevantes, complementando la clasificación ABC con un enfoque técnico y funcional (Mendizabal, 2018).

Un repuesto crítico no siempre es el más caro: es el que detiene la operación si falta. Por eso suele cruzarse el ABC con una matriz de criticidad que pondera impacto en disponibilidad del equipo, seguridad, lead time, sustituibilidad y consecuencias del fallo (Bacchetti et al., 2010). Este enfoque prioriza stock y políticas de reabastecimiento donde el riesgo es mayor, alineando inventario con la confiabilidad de los activos y el servicio al cliente (Huisken, 2001).

Criterios comunes para determinar la criticidad (Mendizabal, 2018)

- **Impacto operativo:** Cuánto afecta la falta del repuesto al funcionamiento del taller o equipo.
- **Tiempo de reposición (lead time):** Demora para obtener o reemplazar el repuesto.
- **Disponibilidad del proveedor:** Facilidad o dificultad para conseguirlo.
- **Frecuencia de fallas o demanda:** Cuán seguido se requiere el ítem.
- **Impacto en la seguridad y calidad del servicio.**

4.4 CODIFICACIÓN

La codificación de repuestos es el proceso de asignar un código único y estructurado a cada ítem del inventario, con el fin de identificarlo, clasificarlo y gestionarlo fácilmente dentro de los sistemas logísticos o informáticos del taller.

Sin codificación estandarizada los mismos repuestos aparecen con nombres distintos, se duplican códigos y aumentan errores de Picking (errores de preparación de pedidos); un SKU (Unidad de Mantenimiento de Inventario) único con reglas claras de nombre y atributos (marca, modelo, medidas, material, posición) ordena el catálogo, facilita compras y mejora la exactitud del inventario (Silver et al., 2016).

Los estándares GS1 (GTIN para productos, GLN para ubicaciones) y los identificadores únicos de ISO/IEC 15459 ayudan a garantizar trazabilidad a lo largo de la cadena (GS1 Ecuador, 2025; ISO/IEC, 2006/2008). Además, trabajar la calidad

del dato maestro bajo ISO 8000 hace más confiables las consultas y reportes (ISO, s. f.).

En Ecuador, la NTE INEN-ISO 9001:2016 respalda la estandarización de procesos, registros e información documentada del SGC, un paraguas ideal para institucionalizar criterios ABC/criticidad y reglas de codificación (INEN, 2015)

Objetivos de la codificación

- Evitar confusiones entre repuestos similares.
- Facilitar la localización física en el almacén.
- Agilizar los procesos de compra, reposición y despacho.
- Integrar la información en sistemas ERP o WMS.
- Permitir análisis como ABC o rotación con precisión.

Una codificación bien diseñada mejora la exactitud del inventario, reduce errores de Picking y fortalece la trazabilidad de los repuestos desde su ingreso hasta su consumo. Además, facilita la estandarización y comunicación entre proveedores, técnicos y áreas administrativas, garantizando que todos hablen el mismo “lenguaje técnico” en la gestión del stock (Mendizabal, 2018).

4.5 METODOLOGÍA COMPUESTA POR MÉTODO ABC, CRITICIDAD Y CODIFICACIÓN

4.5.1 PREPARACIÓN DE DATOS MAESTROS (PREVIO A CLASIFICAR)

- **Depuración:** unificar nombres, unidades y atributos (marca, modelo, medida, material, posición).
- **SKU único:** asignar un identificador inequívoco por ítem.
- **Atributos mínimos:** familia, subfamilia, equipo asociado, lead time (días), consumo anual, costo unitario, variabilidad (CV), criticidad (escala), proveedor, condiciones de almacenamiento.

- **Control documental:** todo procedimiento y registro bajo el SGC (NTE INEN-ISO 9001:2016) para asegurar trazabilidad y mejora continua (INEN, 2015).

4.5.2 ABC MULTICRITERIO (ENFOCADO A REPUESTOS)

La clasificación no se basa solo en valor anual: integramos criterios operativos para priorizar lo que realmente sostiene la continuidad (Bacchetti et al., 2010).

1) Criterios y pesos sugeridos (Huiskonen, 2001).

Tabla 4.6 Criterios Y Pesos

Criterio	Definición breve	Métrica base	Sentido	Peso (w_i)
Valor anual	Costo unitario \times consumo anual	USD/año	\uparrow mejor puntaje	0.30
Criticidad	Impacto si falta: seguridad, paro de equipo, servicio	Escala 1–5	\uparrow mejor puntaje	0.30
Lead time	Tiempo de reposición	Días	\downarrow mejor puntaje	0.20
Variabilidad	Coficiente de variación de demanda	CV	\downarrow mejor puntaje	0.10
Rotación	Consumo/Inventario promedio	Veces/año	\uparrow mejor puntaje	0.10

La sumatoria de los pesos de cada criterio debe ser de 1,0. Se debe ajustar los pesos a la realidad (Flores & Clay Whybark, 2006).

2) Normalización y fórmula de puntaje.

Para cada criterio beneficio (\uparrow):

$$N_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (1)$$

- **Criterio beneficio (↑):** mientras mayor sea el valor, mejor (p. ej., disponibilidad, rendimiento).

Para cada criterio **costo (↓)**:

$$N_i = \frac{\max(x) - x_i}{\max(x) - \min(x)}$$

- **Criterio costo (↓):** mientras menor sea el valor, mejor (p. ej., precio, tiempo de falla).
- x_i : valor original del ítem en el criterio i (sin normalizar).
- $\min(x)$: el mínimo de ese criterio entre todos los ítems.
- $\max(x)$: el máximo de ese criterio entre todos los ítems.
- $\max(x) - \min(x)$: el rango del criterio (sirve para escalar a 0–1).
- N_i : valor normalizado del ítem en el criterio i (queda entre 0 y 1).
 - Si es beneficio (↑): $N_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$
(0 = peor, 1 = mejor).
 - Si es costo (↓): $N_i = \frac{\max(x) - x_i}{\max(x) - \min(x)}$
(0 = peor, 1 = mejor).
- w_i : peso del criterio i (su importancia). Usualmente $w_i \geq 0$ y $\sum_{i=1}^k w_i = 1$.
- k : número total de criterios.
- $\sum_{i=1}^k$: sumatoria “desde $i = 1$ hasta $i = k$ ”.

Puntaje total por ítem:

$$S = \sum_{i=1}^k w_i \cdot N_i \quad (2)$$

- S : puntaje total del ítem (combinación ponderada):
(si los pesos suman 1, S también queda en 0–1).

Nota práctica: si para algún criterio $\max(x) = \min(x)$ (todos los ítems tienen el mismo valor), ese criterio no discrimina. En ese caso, puedes:

- excluir ese criterio del cálculo, o
- asignar el mismo N_i a todos (p. ej., 1, 0 o 0.5, según tu política).

Clasificación propuesta (ajustable tras revisar histogramas):

- A: $S \geq 0.70$
- B: $0.40 \leq S < 0.70$
- C: $S < 0.40$

Ejemplo breve.

Supongamos 3 ítems (R1, R2, R3) y calculamos S con las métricas anteriores (valores ilustrativos). Resultado final:

R1: $S = 0,82 \rightarrow A$

R2: $S = 0,58 \rightarrow B$

R3: $S = 0,21 \rightarrow C$

4.5.3 MATRIZ DE CRITICIDAD (CRUZADA CON ABC)

La criticidad pondera continuidad de servicio por encima del precio. Criterios típicos (escala 1–5):

- Impacto en disponibilidad del equipo (parada total/parcial)
- Seguridad/Regulatorio
- Lead time del repuesto
- Sustituibilidad / equivalentes
- Consecuencia económica del quiebre

Define el score de criticidad (promedio o suma ponderada). Recomendación: dar más peso a disponibilidad y seguridad. Esta matriz, combinada con ABC, determina políticas de inventario más finas (Huiskonen, 2001).

4.5.4 POLÍTICAS DE INVENTARIO POR CLASE (ABC X CRITICIDAD)

Tabla 4.7 Políticas de Inventario por clase

Clase	Política de revisión	Stock de seguridad	Servicio objetivo	Acción
A-Crítico	Revisión continua (s, Q)	Alto (lead time + variabilidad)	≥ 98%	Contratos con proveedor, alarmas de punto de pedido
A-No crítico	Continua o periódica corta	Medio	95–97%	Lote económico optimizado
B-Crítico	Periódica corta (R, S)	Medio-alto	95–97%	Sustitutos identificados
B-No crítico	Periódica	Medio	92–95%	Revisiones mensuales
C-Crítico	Periódica	Medio	90–92%	Mínimos garantizados
C-No crítico	Periódica larga	Bajo	85–90%	Bajo stock; bajo esfuerzo de control

Parámetros orientativos; calibrar con datos históricos y costos de quiebre (Silver et al., 2016)

4.5.5 PLANTILLA DE CODIFICACIÓN (SKU) Y REGLAS DE NOMBRE

La codificación estandarizada evita duplicados y errores de Picking y habilita trazabilidad (GS1, 2025).

Estructura de SKU sugerida (alfanumérica): FF-SS-EE-PP-MM-MT-####

- FF = Familia (2 letras, p. ej., FR = Frenos)
- SS = Subfamilia (2 letras, p. ej., DT = Discos/Tambores, etc.)
- EE = Equipo/Modelo (2 letras, p. ej., CV = Camioneta, SD = Sedán)
- PP = Posición o lado (2 letras, p. ej., DI = Delantera Izq., DE = Delantera Der.)
- MM = Medida clave (2–3 caracteres; p. ej., 26, 8M, 10)
- MT = Material/Tipo (2 letras: AL, AC, CU...)
- #### = Secuencia interna (4 dígitos)

Ejemplo:FR-DT-SD-DI-26-AC-0047

Nombre normalizado: DISCO FRENO 260 mm, ACERO, SEDÁN, DEL. IZQ.

Notas de estándar:

- Considerar GTIN para productos comerciales y GLN para ubicaciones (GS1).
- Para trazabilidad logística/embalajes, usar SSCC.
- Identificadores únicos de ISO/IEC 15459 para unidades de transporte/ítems especiales.
- Calidad de datos maestros alineada con ISO 8000 (dominios, catálogos, metadatos).
- Procedimientos y registros bajo NTE INEN-ISO 9001:2016.

4.5.6 FLUJO OPERATIVO (TEXTO TIPO FLUJOGRAMA)

1. **Alta de ítem** → Verifica duplicados → Asigna SKU y nombre normalizado → Completa atributos → Valida en comité (Compras + Mantenimiento + Almacén).
2. **Clasificación** → Calcula métricas → Normaliza → Aplica fórmula **S** → Asigna ABC → Calcula criticidad → Genera matriz ABC × Criticidad.
3. **Políticas** → Define (s, Q) o (R, S) + stock de seguridad por clase → Configura en el sistema.

4. **Abastecimiento** → Genera órdenes según señales/puntos de pedido → Preferencia por contratos con proveedor para A-Críticos.
5. **Control & mejora** → KPIs mensuales → Revisión de parámetros trimestral → Limpieza de datos maestros continua.

4.5.7 KPIs Y TABLEROS DE CONTROL

- Fill rate (%) por clase.
- Quiebres de stock (#/mes) por clase/equipo.
- Exactitud de inventario (%) (conteo cíclico).
- Rotación (veces/año) por familia.
- Capital inmovilizado (USD) vs. objetivo.
- Lead time real vs. contractual (días).
- % ítems con GTIN/atributos completos (calidad de datos maestros).

Sugerencia: Establecer metas de control más exigentes para los repuestos clasificados como A-Críticos, aplicando un conteo cíclico semanal para la clase A, quincenal para la clase B y mensual para la clase C (Silver et al., 2016)

4.6 CLASIFICACIÓN TÉCNICA DE INVENTARIOS SEGÚN ROTACIÓN Y RENTABILIDAD

El análisis de inventarios de repuestos en función de dos variables clave, la rotación y la rentabilidad, permite identificar grupos estratégicos que demandan políticas diferenciadas para su gestión eficiente dentro de un taller automotriz.

Proceso de Cálculo de Variables:

Para el respectivo análisis de la rotación total se obtiene al sumar la cantidad total vendida por producto.

El valor de la utilidad unitaria se determina mediante la diferencia entre el precio de venta por unidad y el costo unitario del producto.

$$Utilidad\ unitaria = Precio\ venta\ unitario - Costo\ unitario \quad (3)$$

El porcentaje acumulado se obtiene al sumar el porcentaje del producto 1 + el porcentaje del producto 2.

$$Porcentaje\ acumulado = \%Producto1 + \%Producto2 \quad (4)$$

$$\%Individual = \left(\frac{Valor\ anual\ item}{Total\ generado} \right) \times 100 \quad (5)$$

Obtenidos los valores se realiza el análisis mediante el método ABC para ello se toman las consideraciones:

- La rotación método ABC clásico:
 - A = 80% de la demanda acumulada
 - B = 15% de la demanda acumulada
 - C = 5% de la demanda acumulada
- La utilidad unitaria otro método ABC:
 - A = Alta rentabilidad >30% al precio de venta
 - B = Media, entre 15% y 30% del precio de venta
 - C = baja, <15% del precio de venta

Finalmente se agrupan ambas clasificaciones Rotación vs Rentabilidad (AA, AB, AC, CA, etc.).

Incluye para cada repuesto:

ROTACION TOTAL → cantidad total vendida.

UTILIDAD UNITARIA → ganancia por unidad.

PORC ACUM → porcentaje acumulado de rotación (para ABC clásico).

CLAS ROTACION → A, B o C según rotación.

CLAS RENTAB → A, B o C según rentabilidad.

CLAS TOTAL → combinación estratégica (ej. AA, AC, BA, etc.).

Ejemplo:

- TUERCA 12 MM (TUER12) → 690 ventas, utilidad 0,44 → AC (Alta rotación, Baja rentabilidad).
- BOCIN PLATO INFERIOR (2444) → 76 ventas, utilidad 0,29 → AB (Alta rotación, Media rentabilidad).

4.6.1 GRUPOS ESTRATÉGICOS IDENTIFICADOS AA

Los grupos AA Alta rotación, Alta rentabilidad son artículos que combinan un alto movimiento y una elevada rentabilidad, constituyendo la máxima prioridad en la gestión de inventarios debido a su doble aporte económico al flujo y beneficios del taller.

Tabla 4.8 Productos Grupo AA

Código Producto	Descripción producto	Rotación total	Utilidad unitaria	% acumu	Clasi rotacion	Clasi rentab	Clas total
5W30-1GL-MO	Aceite galón 5w30 para motor	37	12,12	0,65	A	A	AA
5W30SP/RCG6-1GL-WO	Aceite galón 5w30 para motor gasol	26	17,32	0,70	A	A	AA
AMO-RKT001	Amortiguad Del. derecho Rkt aceite	24	17,32	0,71	A	A	AA
ROD-DG4080	Rodillo Poster Koyo	23	10,93	0,73	A	A	AA
LLANT-1540901	Llanta 175/70 R13	18	15,09	0,77	A	A	AA

4.6.2 GRUPOS ESTRATÉGICOS IDENTIFICADOS AB

El grupo AB Alta rotación, Baja rentabilidad comprende principalmente productos de tornillería como tuercas y pernos, que tienen una salida constante y son esenciales para la operatividad diaria del taller. Aunque el margen de ganancia por unidad es bajo, su volumen de ventas es significativo, contribuyendo en gran medida al flujo de caja. Para este grupo, es crucial mantener un elevado nivel de inventario de seguridad para evitar quiebres que impacten la operatividad. Además, se recomienda implementar estrategias financieras como negociaciones con proveedores, compras al por mayor o empaquetamiento en kits para mejorar el margen sin afectar la rotación.

Tabla 4.9 Productos Grupo AB

Código Producto	Descripción producto	Rotación total	Utilidad unitaria	% acumu	Clasi rotacion	Clasi rentab	Clas total
20W50-1GL-MO	Aceite 1 galón 20w50 para motor	208	7,24	0,31	A	B	AB
BOC-219/8944088401J	Bocín plato superior Tezuka	108	6,23	0,43	A	B	AB
ROT-SB5302	Rotula inferior 555	105	10,07	0,44	A	B	AB
RF-1GL-NAR	Refrigerante naranja 1 galón	83	6,67	0,5	A	B	AB
BOC-2444/8-97364-173-0J	Bocín plato superior tezuka	76	6,75	0,523	A	B	AB

4.6.3 GRUPOS ESTRATÉGICOS IDENTIFICADOS CA

Para el grupo CA Baja rotación, Alta rentabilidad son aquellos repuestos poco frecuentes en ventas, pero altamente rentables, que deben ser gestionados mediante compras anticipadas o bajo pedido para minimizar costos de almacenamiento sin perder disponibilidad.

Tabla 4.10 Productos Grupo CA

Código Producto	Descripción producto	Rotación total	Utilidad unitaria	% acumu	Clasi rotación	Clasi rentab	Clas total
PLAT-NS2YLSR	Plato de suspensión inf izquierdo Rkt	3	12,99	0,95	C	A	CA
ART-SR2960	Articulación 555 adap. Sr5470m	3	10,75	0,95	C	A	CA
ZAP-K4467-HS	Zapatas hydraulan	3	10,07	0,95	C	A	CA
PLAT-ST63LSR	Plato de suspensión izquierdo Rkt	3	6,67	0,96	C	A	CA
AMO-632116	Amortiguador del. Derecho Hvp aceite	3	6,75	0,96	C	A	CA

4.6.4 GRUPOS ESTRATÉGICOS IDENTIFICADOS CC

El grupo CC Baja rotación, Baja rentabilidad son productos con bajo movimiento y margen reducido, susceptibles de ser liquidados o mantenidos con un stock mínimo para reducir costos innecesarios de almacenamiento.

Tabla 4.11 Productos Grupo CC

Código Producto	Descripción producto	Rotación total	Utilidad unitaria	% acumu	Clasi rotacion	Clasi rentab	Clas total
BOC-2370	Bocín pequeño plato	1	3,3	0,99	C	C	CC
ABRA-301	Abrazadera cremallera gra	1	2,2	0,99	C	C	CC
CAU-375	Caucho barra estabilizadora	1	2,2	0,99	C	C	CC
TER-93192419H	Terminal dirección Hvp	1	2,14	0,99	C	C	CC

FI-ACE- PH2835XL	Filtro aceite sintético	1	2,03	0,99	C	C	CC
---------------------	----------------------------	---	------	------	---	---	----

5. CAPÍTULO III

En el contexto de la gestión de repuestos automotrices, resulta esencial distinguir entre los indicadores de desempeño generales y los indicadores clave de desempeño (KPI, *Key Performance Indicators*), los cuales permiten evaluar de manera precisa la eficiencia y efectividad de los procesos logísticos. Ambos conceptos están relacionados, pero cumplen funciones distintas dentro del sistema de control y evaluación de procesos.

Los indicadores son métricas cuantitativas o cualitativas que permiten medir el comportamiento de un proceso o actividad específica. Estos pueden aplicarse a distintos niveles organizacionales (operativo, táctico o estratégico) y ofrecen una

visión del estado actual de una variable determinada, como el nivel de inventario, los tiempos de entrega o la frecuencia de rotación de los productos.

Por su parte, los KPI constituyen un subconjunto específico de los indicadores, caracterizados por su vinculación directa con los objetivos estratégicos de la organización. Estos permiten medir y evaluar el avance hacia el cumplimiento de metas críticas, facilitando el seguimiento del desempeño global. De este modo, todos los KPI son indicadores, pero no todos los indicadores califican como KPI. La principal diferencia radica en su impacto sobre la toma de decisiones y su relevancia estratégica (Parmenter, 2010)

Por ejemplo, mientras que el número de días promedio que un repuesto permanece en el inventario puede considerarse un indicador, el porcentaje de disponibilidad de repuestos críticos por encima del 95% podría establecerse como un KPI clave para asegurar la continuidad operativa en un taller automotriz.

5.1 INDICADORES DE LOGÍSTICA PARA LA GESTIÓN DE REPUESTOS

Los indicadores representan un elemento esencial en la gestión del almacén de repuestos, ya que permiten analizar la evolución de los procesos y actividades a lo largo del tiempo, con el propósito de cuantificar su desempeño y eficacia operativa.

Esto asegura la disponibilidad de información veraz y actualizada sobre el desarrollo de los procesos y la eficiencia y eficacia de las actividades, permitiendo determinar el nivel de servicio y, en consecuencia, evaluar el cumplimiento de los requerimientos del cliente. Además, un análisis adecuado de los indicadores facilita la identificación de posibles deficiencias dentro del almacén de repuestos, promoviendo acciones de mejora continua.

El establecimiento de indicadores adecuados permite interpretar de manera precisa la situación del almacén y resulta fundamental para impulsar procesos de mejora continua.

Entre las principales características de los indicadores se destacan:

1. Generar resultados cuantificables que reflejen el impacto de las acciones o iniciativas implementadas.
2. Evaluar los cambios producidos en una misma variable o situación a lo largo del tiempo.
3. Recolectar información útil para la evaluación del desempeño, orientada a la obtención de resultados más eficientes.
4. Contribuir a la reducción de costos operativos mediante un control más efectivo de los recursos.

5.1.1 TIPOS DE INDICADORES LOGÍSTICOS

1) Índice de Rotación de Inventario (Inventory Turnover)

Evalúa la frecuencia con la que el inventario se renueva durante un período específico. Un valor elevado puede indicar una buena gestión de inventario, pero si es muy alto, puede haber riesgo de desabastecimiento (Thomé de Souza et al., 2018).

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Consumo anual de repuestos (en valor)}}{\text{Promedio del valor del inventario}} \quad (6)$$

Ejemplo: Si el consumo anual de un repuesto es de \$50,000 y el inventario promedio es de \$10,000, la rotación sería 5. Esto significa que el inventario se renueva cinco veces al año.

2) Nivel de Servicio (Service Level)

Indica el porcentaje de veces que el stock fue capaz de cubrir la demanda sin generar faltantes. Es un indicador crítico para evaluar la disponibilidad de los repuestos (Silver et al., 2016).

$$\text{Nivel de servicio} = \left(1 - \frac{\text{Pedidos no atendidos}}{\text{Total de pedidos}}\right) \times 100 \quad (7)$$

Ejemplo: Si se atendieron 950 de 1,000 pedidos de repuestos, los pedidos no atendidos serían 50, el nivel de servicio es del 95%.

3) Tasa de Ruptura de Stock (Stockout Rate)

Evalúa cuán frecuentemente ocurren situaciones de desabastecimiento dentro del inventario. Es el complemento del nivel de servicio (Silver et al., 2016).

$$\text{Tasa de Ruptura de Stock} = \frac{\text{Nº de veces que faltó stock}}{\text{Total de ocasiones que se requirió el repuesto}} \times 100 \quad (8)$$

Ejemplo: Si en 20 ocasiones se necesitó un repuesto y en 2 ocasiones no estuvo disponible, la tasa de ruptura de stock sería del 10%.

4) Cobertura de Inventario (Inventory Coverage)

Indica cuántos días o meses se puede mantener la operación con el stock actual, basado en el consumo promedio (Rushton et al., 2014).

Nivel de Stock Base: Nivel óptimo de inventario para cada tipo de repuesto, basado en la frecuencia de fallos y el tiempo de reposición (Sleptchenko et al., 2018).

$$\text{Cobertura} = \frac{\text{Inventario actual}}{\text{Consumo promedio diario o mensual}} \quad (9)$$

Ejemplo: Si el inventario actual es de 600 unidades y el consumo mensual promedio es de 100 unidades, la cobertura es de 6 meses.

5) Valor del Inventario Inmovilizado (Dead Stock Value)

Cuantifica el valor económico de los repuestos que no han tenido rotación en un período determinado. Ayuda a identificar exceso de stock obsoleto o innecesario (Rushton et al., 2014).

Ejemplo: Si un repuesto tiene un valor de \$1,000 y no se ha utilizado en 2 años, ese valor forma parte del inventario inmovilizado.

6) Costo de Mantenimiento del Inventario

Representa el costo asociado a mantener el inventario disponible, incluyendo almacenaje, seguros, deterioro, entre otros (Martin, 2011).

$$\text{Costo mantenimiento} = \text{Valor inventario} \times \text{Tasa mantenimiento anual} (\%) \quad (10)$$

La tasa de mantenimiento anual del inventario representa el porcentaje del valor medio del stock que se destina a cubrir los costos asociados al almacenamiento de repuestos automotrices. Esta tasa incluye componentes como los costos de espacio físico (renta), servicios básicos, salarios, seguros, deterioro, obsolescencia y costo de capital invertido. Su medición facilita determinar el costo efectivo asociado al mantenimiento del inventario, aspecto fundamental para respaldar decisiones estratégicas en la gestión de repuestos. Según (Chopra & Meindl, 2016), esta tasa puede oscilar entre el 20% y 30% del valor del inventario, dependiendo del tipo de producto y el contexto logístico de la organización.

$$\text{Tasa mantenimiento anual} (\%) = \frac{\text{Costo Anual Mantener Inventario}}{\text{Valor promedio Inventario}} \times 100 \quad (11)$$

Ejemplo: Si el valor del inventario es de \$100000 y los costos anuales de renta es \$5000, salarios \$7000, seguros y obsolescencia \$2000.

$$\text{Tasa mantenimiento anual} (\%) = \frac{5000 + 7000 + 2000}{100000} \times 100 = 14\%$$

$$\text{Costo mantenimiento} = 100000 \times 14\% = \$14000 \text{ anual}$$

7) Exactitud del Inventario (Inventory Accuracy)

Evalúa el grado de coincidencia entre la información registrada en el sistema y las existencias verificadas durante el conteo físico. Un indicador bajo puede señalar problemas en los procesos de recepción, almacenamiento o despacho (Waller & Fawcett, 2013).

Costo Total de Inventario (TCI) (Rinaldi et al., 2023):

$$TCI = \text{Costo de pedidos} + \text{costo mantener inventario} + \text{costo por faltantes} \quad (12)$$

5.2 SISTEMA APLICATIVO PARA CONTROL DE INVENTARIO DE REPUESTOS

5.2.1 MÉTODO DBR (DRUM-BUFFER-ROPE)

El método DBR (Drum-Buffer-Rope) constituye una herramienta de planificación y control de la producción basada en la Teoría de las Restricciones (TOC). Este enfoque fue desarrollado por Eliyahu M. Goldratt, quien inició su interés por el ámbito empresarial en la década de 1970, cuando un familiar le pidió apoyo para optimizar la productividad de una pequeña empresa avícola. (Machado et al., 2023) Su propósito central es incrementar el flujo operativo mediante la identificación y administración de la restricción o cuello de botella que determina el límite de capacidad del sistema en su conjunto.

Esta metodología es diseñada para sincronizar la producción con el recurso crítico (cuello de botella), a la vez que minimiza inventarios y Work-In-Process (WIP). (Mayo-Alvarez et al., 2024)

- **Drum** (tambor): representa el ritmo de producción del recurso limitante.
- **Buffer** (amortiguador): es una reserva de tiempo o inventario que protege la restricción y garantiza que dicho recurso no se quede sin insumos ante variaciones.
- **Rope** (cuerda): Corresponde al mecanismo de control encargado de sincronizar

las operaciones con la restricción, garantizando además la liberación oportuna de nuevos materiales en el momento preciso (Shamuvel et al., 2013)

Aplicado a la gestión de repuestos, el método DBR permite garantizar la disponibilidad de partes críticas sin generar excesos de inventario. Se prioriza el flujo eficiente mediante amortiguadores que aseguran el suministro constante de ítems estratégicos, ajustando la reposición con base en el consumo real.

El método DBR permite:

- Identificar el proceso limitante (por ejemplo, el tiempo de entrega de un proveedor clave o el registro administrativo de nuevas piezas).
- Proteger la operación mediante buffers de inventario en ítems críticos de alta rotación.
- Controlar el flujo de compras y reposición para que coincida con la capacidad de atención y almacenamiento, evitando saturación de stock.

Esta metodología es especialmente útil cuando la disponibilidad de ciertos repuestos es determinante para el tiempo de entrega del servicio al cliente. La correcta implementación de DBR disminuye el riesgo de stockouts y mejora el capital invertido en inventario.

Beneficios

- Mayor sincronización entre compras, recepción y despacho.
- Reducción de inventarios innecesarios.
- Aumento del nivel de servicio al cliente.
- Menor presión sobre recursos no críticos.

Consideraciones para su implementación

- Clasificar repuestos por criticidad y rotación.
- Calcular buffers adecuados para cada categoría.
- Monitorear de forma continua el flujo hacia y desde el cuello de botella.
(Lizarralde-Aiastui et al., 2020)

5.2.2 DEFINICIÓN DE BUFFER (AMORTIGUADOR)

En la Teoría de Restricciones (TOC), un amortiguador o buffer es un mecanismo de protección contra la variabilidad e incertidumbre, cuya función es garantizar que los recursos críticos no se vean interrumpidos por demoras, faltantes o cuellos de botella, ya sea en forma de inventario o tiempo adicional. Su propósito es absorber variaciones en el flujo y asegurar la continuidad del recurso crítico. Los buffers pueden organizarse con indicadores visuales (como luces verdes/amarillo/rojo) para monitorear su estado y activar acciones oportunas. (SaThierbach et al., 2015)

Se utiliza para soportar la variabilidad que puede presentar el proceso de abastecimiento por factores internos o externos a la empresa. Para cada ítem y en cada punto de almacenamiento se establece un nivel objetivo —o amortiguador— que considera tanto el stock disponible como el que se encuentra en tránsito. Este mecanismo se utiliza exclusivamente para mantener los inventarios en un nivel óptimo de disponibilidad. (Chacko et al., 2017)

En la gestión de repuestos, los amortiguadores se utilizan como reservas estratégicas de ítems críticos, calculados en base al consumo promedio, la criticidad del repuesto y el tiempo de entrega. Estos buffers permiten minimizar la escasez de repuestos clave sin incurrir en acumulaciones excesivas, alineándose con los principios de mejora continua de la TOC.

Ventajas del uso del Buffer en gestión de repuestos: (da Silva Stefano et al., 2024)

1. Prevención de paradas operativas

Evita que la falta de un repuesto detenga operaciones críticas, reduciendo el riesgo de incumplir plazos de servicio.

2. Mayor nivel de servicio al cliente

Asegura disponibilidad inmediata de repuestos críticos, lo que mejora la satisfacción y fidelización de clientes

3. Protección contra la variabilidad

Absorbe imprevistos como retrasos de proveedores, errores en pronósticos de demanda o picos repentinos en el consumo.

4. Reducción de costos indirectos

Disminuye el uso de envíos urgentes o compras de emergencia que suelen tener costos más altos.

5. Optimización de inventario total

Al colocar el buffer solo en puntos estratégicos, se reduce el exceso de stock en otras áreas, liberando capital inmovilizado.

6. Mejor planificación de compras

Permite emitir órdenes de reposición de forma controlada, evitando compras anticipadas innecesarias.



Figura 1 Esquema del Buffer en la Gestión de Repuestos

5.2.3 REPOSICIÓN ACTIVADA POR EL MERCADO (RAM)

La Reposición Activada por el Mercado (RAM), o *Market-Driven Replenishment*, constituye una estrategia de abastecimiento orientada a la demanda real. En lugar de apoyarse en proyecciones, este enfoque utiliza el consumo efectivo como detonante para reponer inventario, permitiendo así una respuesta más ágil y exacta frente a los requerimientos del cliente. (Correa Cevallos et al., 2015)

Es un sistema basado en la teoría de restricciones específicamente en el Buffer el cual es una dualidad de decisión basada en históricos y cierre en pronósticos juntamente con decisiones comerciales en el área estratégica. Consiste en la plena participación y entendimiento de los procesos establecidos para tal fin por parte de todos los miembros de la organización. (Zhang et al., 2021)

En el contexto de repuestos, esta metodología es útil en entornos de alta variabilidad y múltiples puntos de consumo. Disminuye inventarios innecesarios,

mejorando los niveles de servicio y minimizando el riesgo de obsolescencia. Para su implementación se requiere visibilidad del consumo en tiempo real, a través de tecnologías como ERP (Planificación de Recursos Empresariales), IoT (Internet de las cosas) o RFID (Identificación por Radiofrecuencia).

Aplicación de RAM en Gestión de Repuestos (Zhang et al., 2021)

- **Ubicación Centralizada (Bodega Planta):** Se almacena la mayoría de los repuestos en una ubicación central con alto control y baja variabilidad, similar al buffer en DBR.
- **Abastecimiento Ágil a Bodegas Secundarias:** Desde esta bodega central se abastece a almacenes más pequeños cercanos al punto de uso, reduciendo tiempos de reposición y manteniendo inventarios más ajustados.
- **Menor Variabilidad, Menos Inventario:** Al minimizar el tiempo entre la orden y la entrega, se reducen los errores en la predicción de la demanda, lo que a su vez permite operar con niveles de stock más bajos.
- **Mejora en el Nivel de Servicio:** Se mantiene alta disponibilidad donde se necesita, garantizando tiempos de respuesta rápidos sin excesivo stock inmovilizado.

5.3 CLASIFICACIÓN DE INDICADORES POR NIVEL DE GESTIÓN

Los indicadores utilizados en la gestión de repuestos pueden clasificarse en tres niveles según su aplicación dentro del desarrollo de toma de decisiones: estratégico, táctico y operativo.

Esta clasificación permite entender con mayor claridad el propósito de cada indicador y su relevancia en distintos niveles de la organización. El siguiente esquema Figura 1 muestra cómo los indicadores logísticos se alimentan de la información proveniente de distintas fuentes, y cómo permiten identificar necesidades para mejorar la gestión de repuestos.

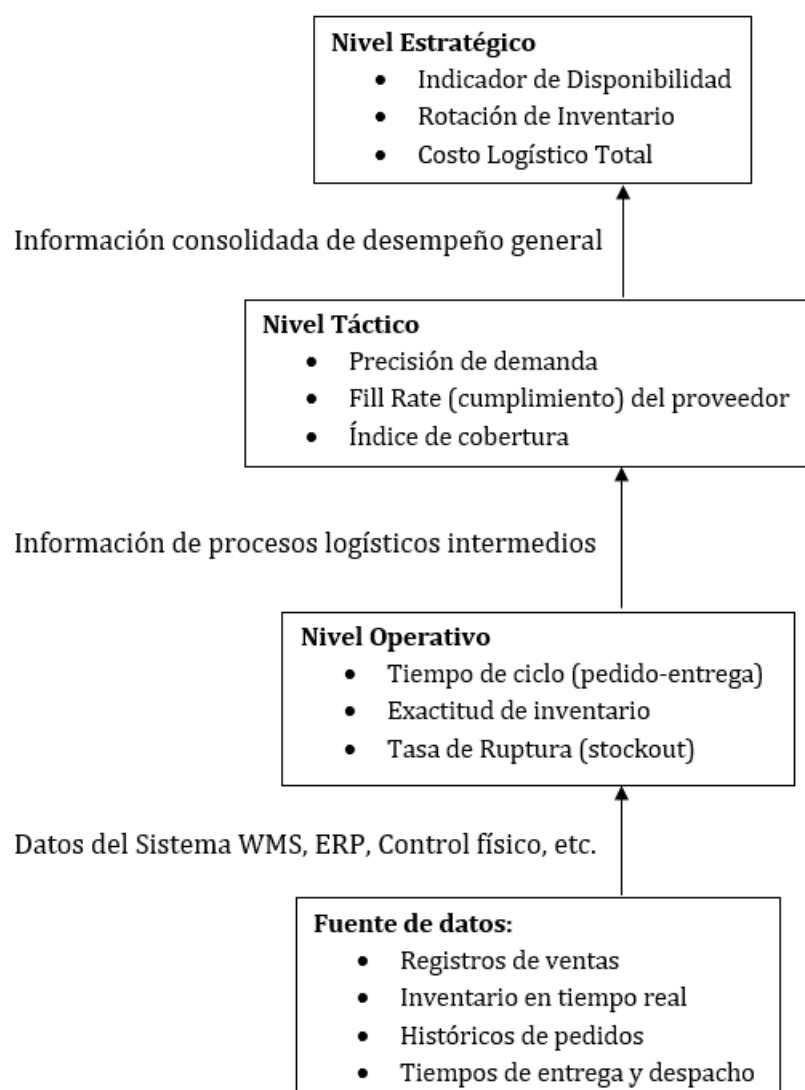


Figura 2 Secuencia de Indicadores Logísticos

5.4 INDICADORES POR IMPLEMENTAR PARA OPTIMIZAR EL STOCK DE REPUESTOS

La adecuada selección de indicadores en un almacén de repuestos posibilita evaluar su desempeño, incrementar la disponibilidad de materiales, optimizar el uso de recursos y disminuir los costos relacionados. En esta sección se presenta la arquitectura de información necesaria para registrar los datos, su procesamiento en distintos niveles de gestión y la forma en que los indicadores se anclan a los objetivos empresariales.

Tabla 5. 1 Indicadores por Implementar

INDICADOR	IMPACTO	APLICACIÓN
-----------	---------	------------

<p>Nivel de Servicio Es el principal indicador para medir cuán disponible está un repuesto cuando se solicita.</p>	<p>Alta disponibilidad = mayor continuidad operativa = mayor satisfacción del cliente interno.</p>	<p>Debe monitorearse constantemente, con metas claras (>95%).</p>
<p>Tasa de Rotura de Stock Permite identificar cuántas veces un repuesto no estuvo disponible cuando se necesitaba</p>	<p>Ayuda a mejorar políticas de seguridad de inventario.</p>	<p>Identifica los repuestos más críticos y reduce su tasa de ruptura de inventario a menos del 5%.</p>
<p>Exactitud del Inventario Evalúa la discrepancia entre el inventario físico y el registrado en el sistema.</p>	<p>Mejora la confianza en el sistema, evita errores de abastecimiento y permite una mejor planificación.</p>	<p>Ideal para los conteos cíclicos regulares.</p>
<p>Rotación del Inventario Evalúa la eficiencia en el uso del inventario. Indica si hay repuestos que se mueven poco.</p>	<p>Detecta exceso de stock o lentitud en el movimiento, lo que ayuda a reducir costos.</p>	<p>Muy útil para categorizar repuestos (ABC) y definir políticas de reposición.</p>
<p>Cobertura de Inventario Indica cuántos días/meses se puede operar con el stock actual.</p>	<p>Permite prever necesidades de compra y evitar sobrestock. Ajusta el stock mínimo y de seguridad según la criticidad.</p>	<p>Debe ajustarse según la criticidad de cada ítem. Muy útil para prevenir quiebres inesperados.</p>
<p>Índice de contribución repuestos alta rotación Conecta la gestión operativa del inventario con los objetivos financieros del negocio</p>	<p>Permite priorizar los repuestos que realmente generan mayor aporte económico al taller.</p>	<p>Garantizar disponibilidad permanente de esos ítems</p>

5.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES EN CADA NIVEL JERÁRQUICO DE GESTIÓN

NIVEL OPERATIVO

Tabla 5. 2 Indicadores Nivel Operativo

Indicador	Fórmula de cálculo	Datos requeridos	Cómo se genera la Información	Objetivo vinculado
Exactitud del Inventario	$\text{Exactitud}(\%) = \left(1 - \frac{ \text{Inventario físico} - \text{Inventario registrado} }{\text{Inventario registrado}} \right) \times 100$	Conteos físicos, registros en sistema, ajustes de inventario	Mediante registros diarios de entradas y salidas, y conteos cíclicos	Mejorar la confiabilidad del inventario
Tasa de Rotura de Stock	$\text{Tasa de Ruptura}(\%) = \frac{\text{Pedidos no atendidos}}{\text{Pedidos totales}} \times 100$	Ventas diarias, pedidos no atendidos, stock disponible	A partir del registro diario de ventas y pedidos insatisfechos	Reducir quiebres de stock (0 a 2% excelente)

NIVEL TÁCTICO

Tabla 5. 3 Indicadores Nivel Táctico

Indicador	Fórmula de cálculo	Datos requeridos	Cómo se genera la Información	Objetivo vinculado
Rotación del Inventario	$\text{Rotación} = \frac{\text{Consumo anual}}{\text{Inventario promedio}}$ $\text{Inventario promedio} = \frac{\text{Stock inicial} + \text{Stock final}}{2}$	Ventas anuales, compras anuales, stock inicial y final	Consolidando los datos de ventas mensuales y niveles de stock	Identificar repuestos de mayor rotación y analizar rentabilidad

Cobertura de Inventario	$\text{Cobertura (días)} = \frac{\text{Inventario disponible}}{\text{Consumo promedio diario}}$	Stock actual, consumo promedio, lead time de proveedores	Del promedio de ventas mensuales comparado con el stock disponible	Dimensionar el stock de seguridad según criticidad (7 a 20 días óptimo)
-------------------------	---	--	--	---

NIVEL ESTRATÉGICO

Tabla 5. 4 Indicadores Nivel Estratégico

Indicador	Fórmula de cálculo	Datos requeridos	Cómo se genera la Información	Objetivo vinculado
Índice de contribución repuestos alta rotación	$\text{Índice Contribución} = \frac{\text{Utilidad Bruta Repuestos Alta Rotación}}{\text{Utilidad Bruta}} \times 100$	Margen bruto por ítem, clasificación ABC, volumen de ventas y costos de ventas	A partir de los repuestos de mayor rotación se obtiene su utilidad frente a la utilidad total	Evaluar el impacto financiero y estratégico de los repuestos que más rotan
Nivel de Servicio	$\text{Nivel de Servicio}(\%) = \frac{\text{Pedidos atendidos}}{\text{Pedidos totales}} \times 100$	Ventas diarias, pedidos atendidos, pedidos no atendidos	Consolidando pedidos cumplidos vs. solicitados en periodos mensuales o trimestrales	Garantizar disponibilidad de repuestos y satisfacción del cliente

5.4.2 OBJETIVOS EMPRESARIALES PARA LA GESTIÓN DE REPUESTOS

- 1. Identificar los repuestos de mayor rotación con el propósito de optimizar la gestión de inventarios y enfocar los recursos en los ítems que generan mayor impacto operativo y financiero.**

Este objetivo busca reconocer repuestos que presentan una alta frecuencia de movimiento dentro del almacén, ya sea por su constante demanda o por su relevancia en las operaciones del taller. Al identificarlos, se pretende priorizar la gestión sobre estos ítems, optimizando los recursos disponibles y mejorando la rentabilidad del inventario. De esta forma, se posibilita la toma de decisiones estratégicas sobre compras, almacenamiento y control de existencias, evitando la inmovilización de capital en productos de baja rotación.

- 2. Dimensionar el stock de seguridad necesario para los repuestos de mayor rotación, como mecanismo preventivo ante fluctuaciones en la demanda y tiempos de reposición.**

Este objetivo se enfoca en determinar y definir una cantidad óptima de inventario adicional, conocida como stock de seguridad, que garantice la continuidad operativa frente a imprevistos como retrasos en el abastecimiento o fluctuaciones en la demanda. Su propósito es disminuir el riesgo de desabastecimiento y asegurar la disponibilidad de los repuestos más críticos, fortaleciendo tanto el nivel de servicio al cliente como la eficiencia del proceso logístico.

5.4.3 ESQUEMA DE FLUJO DE LOS INDICADORES

La Figura 3 indica el flujo de información de los indicadores desde el nivel operativo hacia el nivel táctico y finalmente al nivel estratégico. Cada indicador se encuentra vinculado con los datos que requiere y el objetivo asociado, permitiendo visualizar cómo la información se integra de manera jerárquica.

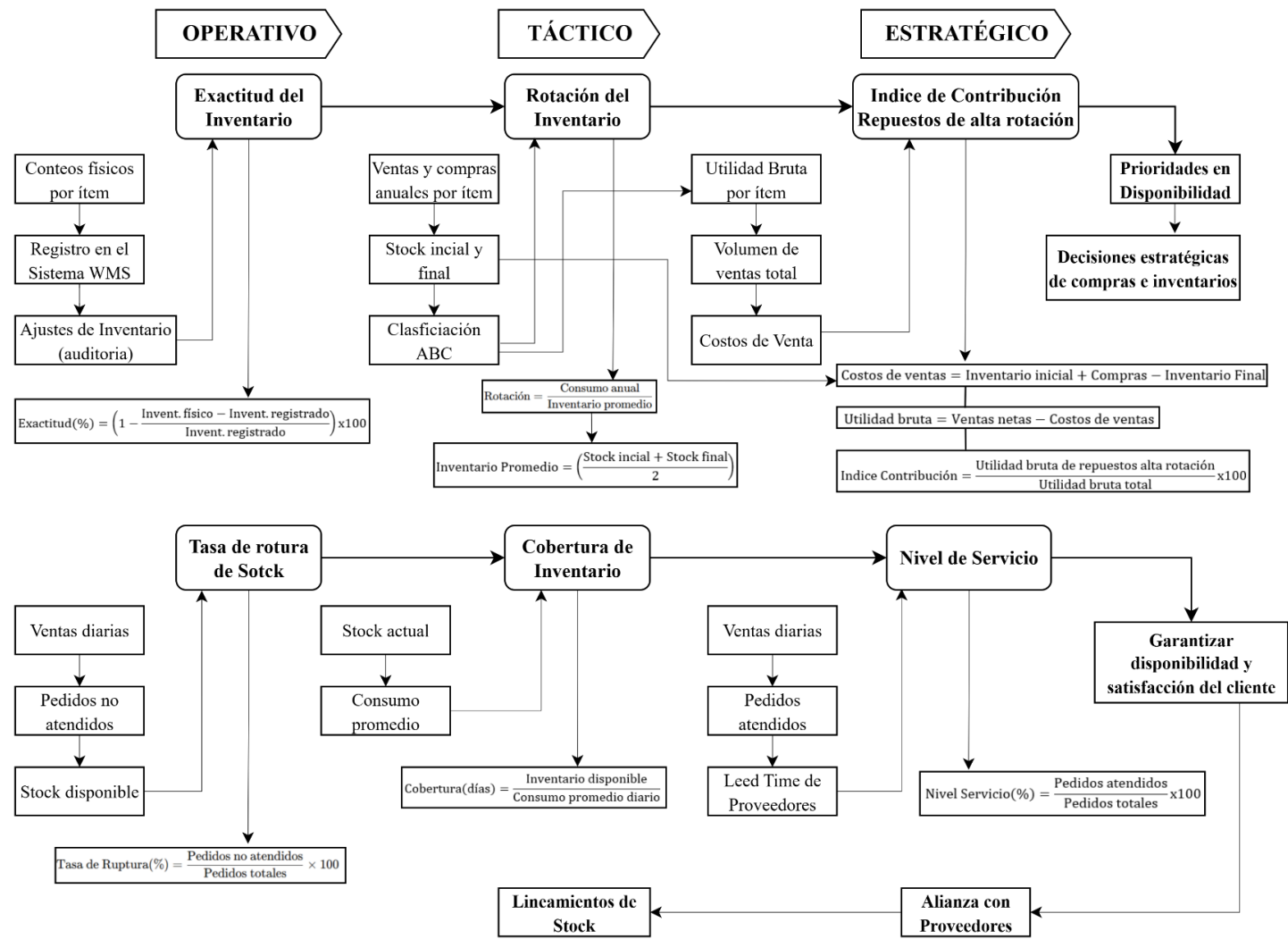


Figura 3 Flujo de Datos de los Indicadores

5.5 EJEMPLO PRÁCTICO CON DATOS REALES

Tabla 5. 5 Resultados de Análisis Objetivo 1 Arquitectura Holística

Código Producto	Descripción Producto	Inventario promedio	Mediana Inventa promedio	Consumo anual	Rotación	Costos de venta \$	Ventas netas \$	Utilidad bruta \$	Utilidad bruta total \$	Índice contribuc	Consumo promedio diario	Cobertura (días)
20W50-1GL-MO	Aceite Galón 20w50 para motor Mobil	6,50	20,58	111	17,08	2.070,15	2.886,00	815,85	22.652,20	3,60%	0,30	36,17
ROT-SB5302	Rotula inferior 555 D-Max/Luv 4x4	18,00	14,42	45	2,50	981,45	1.462,50	481,05	22.652,20	2,12%	0,12	186,56
BOC-219/8944088401	Bocín plato superior tezuka Luv/Dmax	19,50	15,08	63	3,23	237,51	630,00	392,49	22.652,20	1,73%	0,17	92,70
5W30SP/RCG6-1GL-WO	Aceite Galón 5w30 para motor gasolina Wolf	1,50	1,00	16	10,67	650,88	928,00	277,12	22.652,20	1,22%	0,04	22,81
PLAT-4520-67D01GV67LSR	Plato de suspensión izquierd daichi G. Vitara	3,00	2,25	8	2,67	288,96	560,00	271,04	22.652,20	1,20%	0,02	136,88
RF-1GL-NAR	Refrigerante Galón Prestone	8,00	8,08	40	5,00	453,20	720,00	266,80	22.652,20	1,18%	0,11	109,50
75W90-1L-VE	Aceite 1 litro o ¼ 75w90 para caja Veedol	5,00	11,08	79	15,80	448,72	711,00	262,28	22.652,20	1,16%	0,22	9,24
PER12X60	Perno 12x60 mm	37,00	51,92	154	4,16	66,22	308,00	241,78	22.652,20	1,07%	0,42	87,69
15W40-1GL-MO	Aceite galón 15w40 motor diesel Mobil	4,00	6,75	27	6,75	528,39	756,00	227,61	22.652,20	1,00%	0,07	67,59
ROT-SB3882	Rotula inferior 555 Hilux/Fortuner	8,50	6,42	25	2,94	404,75	625,00	220,25	22.652,20	0,97%	0,07	160,60

Para el análisis se empleó la información completa de ventas y compras del año 2024, lo que permitió identificar los repuestos de mayor rotación e impacto operativo y financiero. Este proceso facilitó determinar qué ítems requieren mayor atención para la toma de decisiones estratégicas en el almacén. A partir de los resultados, se estableció que, de un total de 989 productos, solo 10 concentran la mayor rentabilidad, por lo que deben ser considerados prioritarios en decisiones de compra y definición de stock de seguridad.

- Con el inventario promedio se calcula el valor del inventario al final de cada mes, pero se observa que no se apega mucho a la realidad debido a que en el transcurso de cada mes, con la variación en ventas y compras existen picos en los mismos por lo que se adicionó una columna donde se calcula la mediana del inventario promedio y observamos que existe una diferencia, pero es un resultado más real.
- El consumo anual son las ventas totales de cada ítem al finalizar el año.
- La rotación indica en cuantos meses se terminaría el inventario del año 2024 calculando el consumo anual dividido para el inventario promedio. De igual manera si utilizamos el resultado de la mediana del inventario promedio obtendremos una diferencia en los valores de rotación.
- La utilidad neta es la diferencia del valor de la venta neta menos el costo de venta.
- La utilidad bruta total es la suma de la utilidad de todos los 989 productos existentes al final del año. A partir de este valor se obtiene el índice de contribución que aporta cada ítem al total de la utilidad bruta, donde se observa los 10 mejores productos que proporcionan una mayor rentabilidad al almacén.
- El consumo promedio diario de cada producto se obtuvo con el consumo anual dividido para 365 del año.
- Con la cobertura se calcula para cuantos días se tendría disponible el inventario del año 2024, se analiza que ítems requieren pedidos más próximos y cuales están con valores de sobresotck.

6. MATERIALES Y METODOLOGÍA

MATERIALES

Para llevar a cabo la presente investigación se utilizaron datos provenientes del sistema de control de inventario de Talleres Merchán, correspondientes al registro histórico de movimientos de repuestos, consumo, compras y ventas. Esta información permitió realizar los análisis de rotación, criticidad y nivel de servicio requeridos para el estudio.

Asimismo, se emplearon programas informáticos como Microsoft Excel, para el procesamiento, clasificación y cálculo de indicadores; y Microsoft Visio y Draw.io, para la elaboración de diagramas representativos de la arquitectura holística propuesta. En cuanto a la fundamentación teórica, se consultaron diversas fuentes bibliográficas especializadas en gestión de inventarios, logística y cadena de suministro.

Adicionalmente, se utilizaron normas y referencias técnicas relacionadas con la gestión de talleres automotrices y mantenimiento, tales como la UNE 310001:2016, que establece directrices para la organización, calidad y eficiencia en la prestación de servicios técnicos automotrices.

METODOLOGÍA

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo y aplicado, orientado a analizar el comportamiento del inventario de repuestos y a proponer un modelo integral de gestión que optimice los procesos logísticos del taller.

El desarrollo metodológico se estructuró en cinco etapas principales:

1. **Recolección y depuración de datos:** Se obtuvieron registros históricos del inventario, contemplando variables como cantidad de unidades, frecuencia de

- consumo, valor unitario, valor total y tiempos de reposición. Esta información fue depurada y organizada en matrices de análisis en Excel.
2. **Clasificación mediante el modelo ABC:** Con base en el valor de consumo anual de cada ítem, se aplicó la clasificación ABC para identificar los repuestos de mayor importancia económica y establecer políticas diferenciadas de control según su categoría (A, B o C).
 3. **Evaluación de la criticidad:** Se complementó el análisis anterior mediante la asignación de niveles de criticidad, considerando criterios técnicos y operativos como impacto en la continuidad del servicio, disponibilidad del proveedor, tiempo de reposición y frecuencia de fallas.
 4. **Determinación de indicadores logísticos:** Se determinaron indicadores clave de desempeño, entre ellos la rotación de inventario, el nivel de servicio, la exactitud del registro, el valor del stock inmovilizado y la cobertura de inventario, con el propósito de analizar la eficiencia de la gestión vigente e identificar oportunidades de mejora.
 5. **Diseño de la arquitectura holística:** Finalmente, se elaboró una arquitectura holística que integra los niveles operativo, táctico y estratégico de la administración de repuestos, estructurando flujos de información, indicadores de desempeño y herramientas de apoyo para la toma de decisiones. Esta arquitectura busca generar una visión integral que vincule los procesos logísticos con la planificación estratégica del taller.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

La aplicación del modelo ABC permitió identificar los repuestos de mayor impacto económico dentro del inventario del taller. Los resultados evidenciaron que aproximadamente el 20% de los ítems (categoría A) concentraron cerca del 80% del valor total del consumo anual, lo cual coincide con el principio de Pareto aplicado a la gestión de inventarios. Las categorías B y C representaron el 30% y 50% restante de los ítems, respectivamente, con un impacto económico significativamente menor.

La evaluación de criticidad permitió clasificar los repuestos según su grado de influencia sobre la continuidad operativa. Se determinó que ciertos repuestos de bajo valor unitario presentaban alta criticidad por su papel fundamental en los sistemas de suspensión, frenos y transmisión. Este hallazgo evidenció la necesidad de integrar criterios técnicos junto con los económicos al momento de definir las políticas de inventario.

En cuanto a los indicadores logísticos, los cálculos mostraron niveles de desempeño variables. El índice de rotación de inventario presentó una media de 1,22 rotaciones anuales, lo que refleja una gestión aceptable, pero con oportunidades de optimización. Por su parte, la utilidad bruta total se situó en el \$22652,20 mostrando un valor positivo para la continuidad y mejora del almacén, mientras que el valor de stock inmovilizado representó aproximadamente el 18% del capital total invertido, evidenciando un margen de mejora en la gestión de los ítems de baja rotación.

Finalmente, la arquitectura holística propuesta integró los niveles operativo, táctico y estratégico de la gestión de repuestos, estableciendo flujos de información que vinculan indicadores de desempeño con la toma de decisiones. Esta estructura facilita el monitoreo continuo, la trazabilidad de datos y la alineación de los procesos logísticos con los objetivos estratégicos del taller.

DISCUSIÓN

Los resultados evidencian la efectividad del modelo ABC como herramienta fundamental para priorizar los inventarios en talleres automotrices, permitiendo dirigir los recursos hacia los repuestos de mayor valor e incidencia. Sin embargo, la incorporación del análisis de criticidad evidenció que una clasificación puramente económica resulta insuficiente, ya que ciertos ítems de bajo costo pueden ser determinantes para la operatividad del taller. En este sentido, la combinación de ambos enfoques económico y técnico genera un modelo de gestión más integral y orientado con las necesidades reales del servicio.

Además, los indicadores logísticos calculados proporcionaron una visión cuantitativa del desempeño del sistema, constituyéndose en un fundamento clave para la toma de decisiones estratégicas. Los resultados reflejan una gestión con desempeño aceptable, pero con posibilidades de mejora mediante políticas de reposición basadas en datos históricos, pronósticos de demanda y control de rotación.

La propuesta de arquitectura holística representa un avance significativo al integrar la información de los diferentes niveles de gestión. Este enfoque permite visualizar cómo las decisiones operativas (control de existencias, tiempos de reposición) repercuten en la planeación táctica (costos, cobertura, rotación) y en la estrategia global del taller (rentabilidad, eficiencia y satisfacción del cliente).

En términos generales, los resultados y su análisis evidencian que una gestión de repuestos sustentada en modelos analíticos y apoyada en herramientas informáticas incide directamente en la mejora de la eficiencia logística, la reducción de costos operativos y el incremento del nivel de servicio, fortaleciendo así la competitividad del taller dentro del sector automotriz.

8. CONCLUSIONES

El análisis de los principales modelos de gestión de repuestos permitió establecer que la eficiencia en la administración del inventario depende de la correcta integración entre los procesos logísticos, las tecnologías de información y las políticas de control. Los enfoques teóricos revisados evidencian que la aplicación de modelos estructurados, como los basados en sistemas ERP, JIT o RAM, contribuye significativamente a mejorar los niveles de existencias, disminuir costos de almacenamiento y mejorar el nivel de servicio. En relación con el taller automotriz, estos modelos constituyen la base conceptual para desarrollar una gestión moderna, adaptable y orientada a la demanda real del mercado.

La aplicación del modelo ABC, complementado con el análisis de criticidad, permitió priorizar los repuestos en función de su valor económico y su importancia operativa, ofreciendo una visión integral de la gestión del inventario. Esta combinación metodológica demostró que no basta con clasificar los ítems según su participación en el consumo total, sino que es fundamental considerar el impacto que su ausencia genera en la continuidad del servicio. En consecuencia, la integración de ambos enfoques posibilita una gestión más precisa, equitativa y alineada con las necesidades técnicas del taller, contribuyendo al equilibrio entre disponibilidad y rentabilidad.

El desarrollo e interpretación de indicadores logísticos, tales como rotación de inventario, nivel de servicio, exactitud de inventarios y valor de stock inmovilizado, permitió diagnosticar el desempeño actual del sistema y proponer acciones de mejora basadas en evidencia cuantitativa. La arquitectura holística propuesta articuló los niveles operativo, táctico y estratégico, integrando los flujos de información y los mecanismos de retroalimentación indispensables para apoyar el proceso de toma de decisiones. Este enfoque sistémico constituye un aporte relevante, al proporcionar una herramienta de gestión integral que fortalece la planificación, el control y la eficiencia logística del taller automotriz.

REFERENCIAS

- AENOR, A. 310001. (2008). *Norma Española UNE EN 60812*.
- AENOR, A. 310001. (2016). Norma UNE 310001. *Norma Española*, 32.
- Alejandra, P. F. L. (2023). *Sistema de control ABC para mejorar la gestión de inventarios de auto repuestos Pérez, en Santo Domingo de los Tsáchilas, año 2021*.
<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/697>
- Ali, I., Arslan, A., Chowdhury, M., Khan, Z., & Tarba, S. Y. (2022). Reimagining global food value chains through effective resilience to COVID-19 shocks and similar future events: A dynamic capability perspective. *Journal of Business Research*, 141, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.12.006>
- Bacchetti, Plebani, Saccani, & Syntetos. (2010). Spare Parts Classification and Inventory Management: a Case Study. *Salford Business School Working Papers Series*, 408, 1–32. <https://doi.org/10.13140/2.1.2968.4161>
- Belloví, M. B., Orriols Ramos, R., & Mata Paris, C. (2004). *NTP 679 : Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE.
- Chacko, D., Shantha, V., Kumar, M. S., Javli, P. M., & Sreenand, S. (2017). Theory of Constraints – A Review. *International Journal Of Modern Engineering Research (IJMER)*, 7(6), 25–29.
- Chien, C. F., Ku, C. C., & Lu, Y. Y. (2023). Ensemble learning for demand forecast of After-Market spare parts to empower data-driven value chain and an empirical study. *Computers and Industrial Engineering*, 185(October), 109670.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109670>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Administración de la Cadena de Suministro. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Issue Mi).
- Chowdhury, S. D. (2014). Strategic roads that diverge or converge: GM and Toyota in the battle for the top. *Business Horizons*, 57(1), 127–136.
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2013.10.004>
- Correa Cevallos, G., Crow Santos, K., Orosco Cabrera, C., & Julio Fiallos Sánchez, I. (2015). *Estrategias y Tácticas para la Implementación de RAM (Reposición Activada por el Mercado) en una cadena de distribución*. 1.

- Crespo del Castillo, A., & Parlikad, A. K. (2024). Dynamic fleet management: Integrating predictive and preventive maintenance with operation workload balance to minimise cost. *Reliability Engineering and System Safety*, 249(May), 110243. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110243>
- da Silva Stefano, G., Pacheco Lacerda, D., Isabel Wolf Motta Morandi, M., Augusto Cassel, R., & Denicol, J. (2024). How important is the Theory of Constraints to supply chain management? An assessment of its application and impacts. *Computers and Industrial Engineering*, 198(July), 110717. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110717>
- Flores, B. E., & Clay Whybark, D. (2006). Multiple Criteria ABC Analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 6(3), 38–46. <https://doi.org/10.1108/eb054765>
- GS1. (2025). *GS1 General Specifications Standard*. https://www.gs1.org/standards/genspecs/gscn_archive
- Haghani, M., & Sarvi, M. (2024). Crowd model calibration at strategic, tactical, and operational levels: Full-spectrum sensitivity analyses show bottleneck parameters are most critical, followed by exit-choice-changing parameters. *Transportation Letters*, 16(4), 354–381. <https://doi.org/10.1080/19427867.2023.2195729>
- Huiskonen, J. (2001). Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. *International Journal of Production Economics*, 71(1–3), 125–133. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00112-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00112-2)
- INEN. (2015). *Ecuatoriana Nte Inen-Iso 9001*. 1–5. <https://www.normalizacion.gob.ec/inen-ratifico-la-certificacion-iso-9001-2015/>
- Jäntti, M., & Suhonen, A. (2012). Improving service level management practices: A case study in an IT service provider organization. *Proceedings of the 2012 IIAI International Conference on Advanced Applied Informatics, IIAIAI 2012*, 139–144. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2012.36>
- Kellermayr-Scheucher, M., Niedermeier, M., & Brandtner, P. (2023). Applications and perceptions of workforce management systems for warehouse operation-results and findings from expert interviews. *Procedia Computer Science*, 219, 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.288>
- Khanorkar, Y., & Kane, P. V. (2023). Selective inventory classification using ABC

classification, multi-criteria decision making techniques, and machine learning techniques. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1270–1274.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.298>

Kortelainen, H., Hanski, J., & Valkokari, P. (2020). ScienceDirect Advanced technologies for asset management Advanced for branches Advanced technologies management Advanced technologies management Advanced technologies branches Advanced technologies. *IFAC PapersOnLine*, 53(3), 7–12.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.11.002>

Lange, V., & Daduna, H. (2023). The Weber problem in logistic and services networks under congestion. *EURO Journal on Computational Optimization*, 11, 100056.

<https://doi.org/10.1016/j.ejco.2022.100056>

Liu, P., Shen, M., & Geng, Y. (2023). Computers & Industrial Engineering Risk assessment based on failure mode and effects analysis (FMEA) and WASPAS methods under probabilistic double hierarchy linguistic term sets. *Computers & Industrial Engineering*, 186(April), 109758.

<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109758>

Lizarralde-Aiastui, A., de Eulate, U. A. P., & Mediavilla-Guisasola, M. (2020). A strategic approach for bottleneck identification in make-to-order environments: A drum-buffer-rope action research based case study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(1), 18–37. <https://doi.org/10.3926/jiem.2868>

Machado, M. P., Abreu, J. L., Morandi, M. I. M., Piran, F. S., & Lacerda, D. P. (2023). Exploratory decision robustness analysis of the theory of constraints focusing process using system dynamics modeling. *International Journal of Production Economics*, 260(March), 108856. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108856>

Malik, A. I., Sarkar, B., Iqbal, M. W., Ullah, M., Khan, I., & Ramzan, M. B. (2023).

Coordination supply chain management in flexible production system and service level constraint: A Nash bargaining model. *Computers and Industrial Engineering*, 177(October 2022), 109002. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109002>

Martin, C. (2011). Supply Chain - PepsiCo Supply Chain. In *MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations*.

<https://pepsisupplychain.weebly.com/supply-chain.html>

Mayo-Alvarez, L., Del-Aguila-Arcenales, S., Alvarez-Risco, A., Chandra Sekar, M.,

- Davies, N. M., & Yáñez, J. A. (2024). Innovation by integration of Drum-Buffer-Rope (DBR) method with Scrum-Kanban and use of Monte Carlo simulation for maximizing throughput in agile project management. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(1).
<https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100228>
- Medina, M. (2025). *Caso Practico Clasificacion de Inventario ABC*.
- Mehdizadeh, M. (2020). Integrating ABC analysis and rough set theory to control the inventories of distributor in the supply chain of auto spare parts. *Computers and Industrial Engineering*, 139(January 2019), 105673.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.047>
- Mendizabal, A. (2018). Analisis de Criticidad. *Método Factores Ponderados*, 15.
<https://angelmendizabal.com/mantenimiento/ejemplo-practico-para-realizar-un-analisis-de-criticidad/>
- Narváez Moncada, P. G. (2023). *Verificación de la Gestión de Manejo y Almacenamiento de Repuestos y aceites*.
- Parmenter, D. (2010). Key Performance Indicator Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. Second Edition. In *John Wiley & Sons, Inc.*
- Ramírez Segura, S. J. (2016). Planificación Y Control De Inventarios Aplicando El Método Abc En La Empresa Auto Repuestos Del Sur Durante El Año 2015".
<https://Repositorio.Uta.Edu.Ec/Server/Api/Core/Bitstreams/4Ab6117E-556D-408C-811B-33Bc58E1Bd6C/Content>.
- Rinaldi, M., Fera, M., MacChiaroli, R., & Bottani, E. (2023). A new procedure for spare parts inventory management in ETO production: a case study. *Procedia Computer Science*, 217(2022), 376–385. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.233>
- Robert, M., Thomas, A., Sekhar, M., Raynal, H., Casellas, É., Casel, P., Chabrier, P., Joannon, A., & Bergez, J. É. (2018). A dynamic model for water management at the farm level integrating strategic, tactical and operational decisions. *Environmental Modelling and Software*, 100, 123–135.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.11.013>
- Rose, D., Kannan, V., Thanalakshmi, M., Joe Patrick Gnanaraj, S., & Appadurai, M. (2022). Inventory management and control system using ABC and VED analysis. *Materials Today: Proceedings*, 60, 922–925.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.315>

Ruschel, E., Santos, E. A. P., & Loures, E. de F. R. (2017). Mining Shop-Floor Data for Preventive Maintenance Management: Integrating Probabilistic and Predictive Models. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1127–1134.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.234>

Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain*. 675.

<http://www.amazon.com/Handbook-Logistics-Distribution-Management-Understanding/dp/0749466278>

SaThierbach, K., Petrovic, S., Schilbach, S., Mayo, D. J., Perriches, T., Rundlet, E. J. E. J. E. J., Jeon, Y. E., Collins, L. N. L. N., Huber, F. M. F. M., Lin, D. D. H. D. H., Paduch, M., Koide, A., Lu, V. T., Fischer, J., Hurt, E., Koide, S., Kosiakoff, A. A., Hoelz, A., Hawryluk-gara, L. A., ... Hoelz, A. (2015). Material Planning under Theory of Constraints. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 3(1), 1–15.

Schreiber, M. S. C. (2023). ScienceDirect 53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems A performance measurement system for integrated production and maintenance planning. *Procedia CIRP*, 93(March), 1037–1042.

Shamuvel, M. V., Pandit, & Naik, G. R. (2013). Application Of Theory Of Constraints On Scheduling Of Drum-Buffer-Rope System. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 15–20.

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2016). Inventory and Production Management in Supply Chains, Fourth Edition. In *Inventory and Production Management in Supply Chains, Fourth Edition*. <https://doi.org/10.1201/9781315374406>

Singhal, V., Maiyar, L. M., & Roy, I. (2024). Environmental sustainability consideration with just-in-time practices in industry 4.0 era – A state of the art. *Operations Management Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12063-024-00478-0>

Sleptchenko, A., Al Hanbali, A., & Zijm, H. (2018). Joint planning of service engineers and spare parts. *European Journal of Operational Research*, 271(1), 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.014>

Tejesh, B. S. S., & Neeraja, S. (2018). Warehouse inventory management system using IoT and open source framework. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3817–

3823. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.02.003>

Thomé de Souza, J., Hachette pratique., & Macrolibros). (2018). *Mandalas Fleurs Illustrations originales créées par un artiste pour Art thérapie : [Album à colorier]*. 1–14.

Tom, A., Kumar, G., James, J., & Asjad, M. (2023). Development of a micro-level circular economy performance measurement framework for automobile maintenance garages. *Journal of Cleaner Production*, 417(July), 138025. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138025>

Unterharnscheidt, P., & Kieninger, A. (2010). Service level management - challenges and their relevance from the customers' point of view. *16th Americas Conference on Information Systems 2010, AMCIS 2010*, 7, 5057–5065.

Urak, F., Bilgic, A., Florkowski, W. J., & Bozma, G. (2024). Confluence of COVID-19 and the Russia-Ukraine conflict: Effects on agricultural commodity prices and food security. *Borsa Istanbul Review*, 24(3), 506–519. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2024.02.008>

Usman, M., Aized, T., Shabbir, A., Ahmad, M., & Zahid, H. (2023). Automobile rear axle housing design and production process improvement using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). *Engineering Failure Analysis*, 154(September), 107649. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107649>

Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data science, predictive analytics, and big data: A revolution that will transform supply chain design and management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77–84. <https://doi.org/10.1111/jbl.12010>

Yu, W., Wong, C. Y., Jacobs, M. A., & Chavez, R. (2024). What are the right configurations of just-in-time and just-in-case when supply chain shocks increase? *International Journal of Production Economics*, 276(November 2023), 109352. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109352>

Zhang, S., Huang, K., & Yuan, Y. (2021). Spare parts inventory management: A literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su13052460>