

**Se optimiza el
desempeño productivo
de los activos
garantizando la
continuidad del proceso
productivo** bajo estándares
de seguridad, calidad y cuidado del
medioambiente.



Modelo de criticidad de repuestos de activos físicos enfocado al logro de la excelencia operacional

Criticality Model for Spare Parts of Physical Assets Focused on Achieving Operational Excellence

RESUMEN

El artículo tiene como objetivo presentar el diseño de un modelo de criticidad de repuestos utilizados en el mantenimiento de los activos físicos. Con esta herramienta, se optimizará el desempeño productivo de los activos, dado que el enfoque de este modelo garantizará la continuidad del proceso productivo bajo estándares de seguridad, calidad y cuidado del medioambiente.

Se ha analizado el uso de modelos de criticidad de repuestos, tales como el ABC, el XYZ y el lucro cesante, los cuales no garantizan resultados óptimos al ser utilizados de manera aislada. Asimismo, se ha identificado la necesidad de generar un modelo que integre los aspectos más resaltantes ligados a la gestión de repuestos, entre ellos se mencionan los siguientes: la importancia para el mantenimiento de los activos, el impacto sobre la producción, la seguridad y el medioambiente, y la optimización de costos por inventarios innecesarios. El modelo enfocado a la excelencia operacional en las organizaciones reúne todas estas condiciones, además de cruzar información con las metodologías existentes, y, con ello, faculta el alcance de resultados más fiables.

Se ha diseñado un modelo en el cual se debe evaluar cada categoría de repuestos para el mantenimiento de los activos físicos a través de siete factores con impactos diferenciados sobre los procesos principales que se desempeñan en los diversos sectores industriales. Esta herramienta diferencia a los repuestos en tres niveles de criticidad de acuerdo a la valoración total obtenida.

Es importante destacar que el uso de este modelo permitirá que las empresas cataloguen de manera más eficiente los repuestos que utilizan para el mantenimiento de sus activos físicos y, gracias a ello, generarán las acciones de optimización pertinentes que asegurarán la mayor confiabilidad y disponibilidad de sus procesos productivos.

ABSTRACT

The article aims to present a criticality model design for spare parts used in the assets of maintenance. With this tool, the productive performance of the assets will be optimized, since the approach of this model will guarantee the continuity of the production process under safety, quality, and environment care standards.

The use of criticality models for spare parts, such as ABC, XYZ, and lost profits, has been analyzed, which do not guarantee optimal results if they are used in isolation form. Likewise, it has been identified the need to generate a model that integrates the most outstanding aspects related to spare parts management, among them: the importance for the assets maintenance, the impact on production, safety, and the environment, and the optimization of costs due to unnecessary inventories. The model focused on operational excellence in organizations meets all these conditions, in addition to crossing information with existing methodologies, and, with it, empowers the achievement of more reliable results.

A model has been designed in which each category of spare parts for the maintenance of the assets has to be evaluated through seven factors with differentiated impacts on the main processes carried out in the several industrial sectors. This tool differentiates spare parts into three levels of criticality according to the total evaluation obtained.

It is important to note that the use of this model will allow companies to catalog more efficiently the spare parts they use for assets maintenance. And, thanks to this, they will generate the appropriate optimization actions that will ensure the best reliability and availability of their production processes.



Palabras Claves

Gestión de repuestos, criticidad de repuestos, clasificación ABC, clasificación XYZ, demanda de repuestos, impacto de repuestos, repuestos en el mantenimiento, priorización de repuestos.

Key words

Spare parts management, spare parts criticality, ABC classification, XYZ classification, spare parts demand, spare parts impact, spare parts on maintenance, spare parts prioritization.

INTRODUCCIÓN

La gestión de repuestos para el mantenimiento es uno de los focos de atención de las empresas, debido a que permanentemente afrontan el dilema de que la indisponibilidad de materiales para el mantenimiento de sus activos físicos genera pérdidas económicas por la interrupción del proceso productivo. Por otro lado, mantener gran cantidad de repuestos y materiales para su posterior uso en las tareas que ejecuta el área de mantenimiento produce un elevado costo de almacenamiento. Verdugo [1] indicó que cuando se adquiere una nueva máquina normalmente se solicita al fabricante la lista de repuestos recomendados. La relación de materiales que se presenta es estándar, es decir, igual para cada cliente que la solicita, y es habitual que se proporcione de manera sobredimensionada para que no se diga, en caso de necesidad, que no se recomendó su adquisición. Lo cierto es que, en muchas ocasiones, el repuesto recomendado genera la idea de que se posee el despiece completo de la máquina en el almacén, probablemente expuesto al deterioro por el paso de los años: nada más lejos de lo conveniente (p. 25).

Se requiere de un balance preciso entre la disponibilidad de los activos físicos y las existencias de repuestos para su mantenimiento. Para esto, existen diversas metodologías de categorización de repuestos que se enfocan en su nivel de uso, la generación de costos de inventarios y las pérdidas económicas generadas por su inexistencia. En 2018, Meetlogistics comentó que la gestión de repuestos ha sido poco entendida y mal conducida, dado que, en su gran mayoría, las empresas han carecido de las herramientas de análisis y los conocimientos técnicos necesarios para medir y controlar el comportamiento del inventario [2].

Las diversas metodologías de clasificación de repuestos se enfocan, de manera individual, en aspectos tales como: priorizar el 80 % de los repuestos de mayor valor de consumo o dar prioridad al 80 % de las existencias que representan el mayor valor del inventario. Es muy importante enfocar de manera completa el análisis de qué es lo que realmente se debe tener en los almacenes de repuestos para el mantenimiento. En ese sentido, el presente artículo, que expone una metodología integral desarrollada para cubrir de manera más eficaz los aspectos relevantes de la gestión de repuestos, ha considerado los siguientes objetivos:

- Determinar un conjunto de factores que condiciona la cadena de suministro de los repuestos para el mantenimiento de los activos físicos.
- Delimitar el nivel de importancia que tienen los factores determinantes sobre la gestión de la cadena de suministro de repuestos para el mantenimiento.
- Definir una escala de valorización que muestre el nivel de respuesta de los repuestos sobre los factores condicionantes de su cadena de suministro.
- Exponer un formato para la evaluación del nivel de criticidad de los repuestos utilizados en el mantenimiento de los activos físicos.
- Estructurar un esquema de priorización para los repuestos requeridos para el mantenimiento de los activos físicos.

FUNDAMENTOS

Toro [3] mencionó que el objetivo central de todo departamento de gestión de mantenimiento es garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los activos físicos, además de disminuir los tiempos de interrupción por falla e, incluso, por mantenimiento planificado. Es así cómo se minimizan las pérdidas asociadas al tiempo muerto de producción, al tiempo laborable perdido, a la pérdida de materia prima y a la producción defectuosa por mal funcionamiento de los equipos. Esto implica altos niveles de planificación no solo de tareas de mantenimiento, sino también de disponibilidad y accesibilidad a todos los repuestos necesarios para su ejecución efectiva y oportuna.

Muchas veces se toman tiempos extendidos entre el requerimiento de los repuestos y la llegada hasta los almacenes de las empresas, por ello es importante asegurar un menor *lead time* para los componentes de activos físicos, que garantice el menor impacto en el tiempo de reparación por la ocurrencia de una falla. Por ello, lo ideal sería que el *lead time* de un repuesto (componente de un activo físico) sea menor al tiempo promedio entre fallas que presenta dicho elemento. La Sociedad de Profesionales de Mantenimiento y Confiabilidad (SMRP, por sus siglas en inglés) (2020) indicó que el tiempo promedio entre fallas representa el tiempo promedio de operación entre fallas para un activo o componente. Definido con las siglas MTBF y MTTF, se utiliza como medida de confiabilidad de los activos y también como vida media (p. 77). Por otro lado, Mora [5] definió el *lead time* como el tiempo de espera entre la solicitud de un producto y la llegada de este para el proceso requerido (p. 30).

La Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE, por sus siglas en inglés) (2002) estableció como daño secundario a todo efecto generado por la falla de un elemento sobre el desperfecto significativo de otros componentes o sistemas del propio activo físico (p. 22). Asimismo, identificó que los intervalos P-F tienen una variación en un amplio rango de valores, dependiendo de si los elementos presentan modos de falla aleatorios o por longevidad, lo que requiere generar acciones que aseguren un grado razonable para detectar la falla potencial antes de que se convierta en una falla funcional (pp. 36-38). Indudablemente, es importante tomar en consideración las repercusiones que puede generar un componente que sufre una avería sobre otros elementos de dicha máquina. Adicionalmente, es sustancial considerar la variabilidad existente para la ocurrencia de las fallas en los diversos componentes de un activo físico.

Los activos físicos están integrados por varios componentes que, al sufrir una falla, deben ser reparados o reemplazados. Para ejecutar dichas actividades, se origina la necesidad de adquirir elementos, ya sea mediante una compra local o por importación, lo cual requiere ejecutar un proceso que demanda un tiempo hasta contar con la disponibilidad de los repuestos. En 2020, la SMRP definió al tiempo promedio para reparar o reemplazar como el tiempo promedio necesario para restaurar un activo a sus capacidades operativas completas después de su pérdida de función. Siendo identificado como MTTR, está condicionado por el plazo que toma conseguir los repuestos necesarios para realizar el trabajo de reparación o sustitución (pp. 80-83).

La SAE (1999) explicó que un modo de falla provoca efectos sobre la seguridad, el medioambiente, la capacidad operacional y los costos de reparación directos e indirectos. Si la falla de un componente daña o mata a un ser humano, se considera que

tiene consecuencias sobre la seguridad; si puede violar cualquier norma ambiental corporativa, municipal, regional, nacional o internacional, o la regulación que aplica para el activo físico o sistema en consideración, tiene consecuencias ambientales. Adicionalmente, una categoría de consecuencias de falla que afecta adversamente la capacidad operacional de un activo físico o sistema genera afectación sobre la producción, la calidad del producto o el servicio al consumidor (p. 4). Complementando, Amendola [13] manifestó que la excelencia operacional se enfoca en buscar y realizar modelos de negocio con miras a mejorar continuamente la calidad de los bienes y los servicios; lo que implica reducir pérdidas, optimizar costos y mejorar la calidad y la productividad (p. 1). Es imperativo que las organizaciones desarrollen nuevos modelos de planificación y control de la producción, y se enfoquen en los factores que generan impacto sobre las variables clave para alcanzar o mantener su ventaja competitiva.

METODOLOGÍA

Para este estudio, se evaluaron técnicas de clasificación de repuestos utilizadas para identificar niveles de rotación, reconocer categorías que ocupan el mayor nivel de exigencias y comprobar el nivel de criticidad para el proceso productivo. Los principales modelos de control y manejo de inventarios son el ABC y el XYZ, de los cuales se analizarán sus respectivas ventajas y desventajas.

En 2016, Mora [5] explicó el modelo ABC estándar mediante la multiplicación de la demanda media y el valor o costo de los productos que forman parte del grupo primario de inventarios. Además, manifestó que dicha herramienta se fundamenta en el principio de Pareto, denominado también 80-20 (pp. 88-89). Ramírez [8] reconoció como ventaja del modelo ABC que las organizaciones con múltiples productos observan un ordenamiento totalmente distinto de los costos de sus productos. Asimismo, precisó que este nuevo orden refleja una corrección de las ventajas previamente atribuidas a los productos con menor volumen de venta (p. 26).

Contreras y Parra [9] expusieron que el modelo XYZ consiste en determinar tres categorías de materiales en función de su valor financiero. Afirmaron, además, que el porcentaje del valor total del inventario establecido para definir cada categoría puede ser seleccionado dependiendo del perfil del inventario de la industria que se está analizando. Finalmente, indicaron que, en la gran mayoría de los inventarios para mantenimiento en cualquier tipo de industria, un pequeño grupo de materiales representa un elevado valor de la inversión total (p. 3).

Al tener metodologías que están enfocadas en aspectos diferentes de la gestión de inventarios de repuestos, se presenta la opción de combinar métodos para lograr mejores resultados. De esa manera, «[e]l análisis ABC/XYZ es una extensión de la clasificación ABC que crea una matriz de 3x3 en la que las filas son la clasificación ABC y las columnas son una clasificación XYZ, lo que permite disponer de una categorización más eficiente» [10]. Asimismo, en 2020, Contreras y Parra propusieron el método de priorización de repuestos por criticidad y valor económico, para lo cual relacionaron el costo total por la indisponibilidad del material en el almacén con la inversión total en inventario (XYZ). Dicho método prioriza que en mantenimiento generalmente prevalece el costo por indisponibilidad sobre el costo de almacenamiento (pp. 4-6) [9].

Se considera la necesidad de desarrollar un nuevo modelo de gestión de repuestos enfocado a factores que condicionan el cumplimiento de adecuados estándares productivos, con procesos seguros y de bajo impacto ambiental, a fin de maximizar la eficiencia en la ejecución de las tareas de mantenimiento de los activos físicos. Esto amerita trabajar bajo una metodología matricial orientada a evaluar factores condicionantes sobre los objetivos esperados. D'Alessio (2008) desarrolló las matrices de evaluación de factores externos e internos para procesos de planeamiento estratégico. Ambas se construyen listando factores críticos o determinantes a los cuales se les asigna un peso relativo entre 0 % (no importante) y 100 % (muy importante). Luego, se le asigna un valor de respuesta hacia cada factor, el cual varía de 1 a 4 y será multiplicado por el peso establecido para obtener, de esa manera, un ponderado. Finalmente, se suman los ponderados de cada variable, con lo que se obtiene un peso ponderado total (pp. 125-184)[11]. Se aplicará este proceso en el diseño del modelo de gestión de repuestos planteado.

RESULTADOS

Se desarrolla un método para el análisis de criticidad que pueda englobar todos los aspectos que son condicionados por los repuestos de los activos físicos, teniendo como objetivo la excelencia operativa que es base fundamental para alcanzar la excelencia operacional en las organizaciones. Según Tosta [12], las empresas contratan normalmente al 80 % de su personal para que gestionen sus activos industriales, quienes aplican una serie de metodologías, como la gestión de repuestos (MRO), para alcanzar el mayor valor del indicador de eficiencia de productividad de las plantas industriales. Este conjunto de personas se complementa con el resto de áreas para gestionar de manera eficiente el negocio, enfocarse en alcanzar la excelencia de los procesos y contribuir con la política verde de sostenibilidad del planeta, con miras a conseguir el mayor valor para sus clientes.

El método a exponer se basa en un proceso de evaluación matricial en el cual se seguirán los siguientes pasos: organización de factores determinantes, asignación de pesos a los factores, evaluación del valor de respuesta de los repuestos hacia cada factor, cálculo del ponderado total y determinación de la escala de referencia. A continuación, se detallan cada una de estas fases:

1. Lista de factores determinantes

- **Relación entre el MTBF y el lead time:** permitirá verificar cuán garantizada está la disponibilidad del repuesto en los almacenes de la empresa antes de que se produzca una falla en la que se requiera dicho elemento.
- **Efecto sobre otros consumibles para mantenimiento:** se verificará cuán probable es que la falla de un elemento genere daños o averías en otros elementos del activo físico, tales como los siguientes: desgaste y ruptura de otros repuestos, contaminación de aceites y lubricantes, y necesidad de uso de materiales adicionales para el proceso de reparación.
- **Previsibilidad de la falla del repuesto:** se debe evaluar el modelo probable de curva P-F que puede tener cada elemento; lo cual permitirá reconocer síntomas que se anticipan a la ocurrencia de fallas de los activos físicos, las que deshabilitan su capacidad de cumplimiento de su función.

- **Impacto en el incremento del MTTR:** Los repuestos pueden generar la extensión del MTTR (como promedio de los tiempos de reparación) no solo debido a su demora en la adquisición y el aprovisionamiento, sino también por la dificultad en la detección y el diagnóstico del elemento exacto que es causante de la falla.
- **Efecto sobre la calidad del producto final:** Los clientes de las empresas de productos o servicios dan conformidad de estos cuando tienen la capacidad de satisfacer sus necesidades. Se deben analizar los rechazos de productos o servicios luego de que los activos físicos se hayan vuelto a poner en operación o vengán desempeñándose a plena producción.
- **Efecto sobre el volumen de producción:** Se contemplan las interrupciones por averías o fallas, los requerimientos que se tengan de ajustes, configuración y calibración, y la reducción en la capacidad y la velocidad de

producción. Cada elemento origina sus propias necesidades e interrumpe los procesos productivos a mayor o menor escala.

- **Efecto sobre la seguridad y el medioambiente:** Partes de activos físicos o sus repuestos al ser de mala calidad o presentar averías podrían causar accidentes en el entorno de operación, así como daños medioambientales. Se requiere establecer la probabilidad de repercusiones que provoque cada una de las categorías de los elementos utilizados en el mantenimiento de los activos físicos.

Amendola (2016) identificó como pilares de la excelencia operacional a los procesos de fabricación, la planificación y el control de la producción, y la efectividad operativa de personas, procesos y gestión de activos físicos (p. 3) [13]. La figura 1 nos muestra cómo los factores listados encajan en estos pilares.



Figura 1. Relación de los factores con los pilares de la excelencia operacional
Fuente: elaboración propia

2. Asignación de pesos

Siguiendo el proceso propuesto para las matrices interna y externa en un planeamiento estratégico, se determinará el nivel de importancia de cada uno de los factores listados en el punto anterior. Dado que la suma total de los pesos debe ser 100 %, si cada uno de los siete factores tuviera el mismo nivel de importancia para la evaluación de criticidad de los repuestos, el peso promedio debería ser 14.29 %. Bajo esta premisa, se considera que, si un factor es más importante, deberá tener un peso mayor al promedio; y, si un factor es menos importante, deberá tener un valor inferior a 14.29 %.

En 2021, Tosta afirmó que la eficiencia global de los equipos (OEE, por sus siglas en inglés) es el indicador que recoge el

modelo de excelencia operacional dentro de la empresa y mide el desempeño de la compañía como una empresa excelente. La SMRP (2020) indicó que la OEE es una medida del rendimiento del sistema de activos o equipos en función a la disponibilidad real, el rendimiento, la eficiencia y la calidad del producto cuando el activo físico está programado para operar. El *benchmarking* considerado es 85 % para una disponibilidad, una calidad y un rendimiento mayores a 90 %, 99 % y 95 %, respectivamente (pp. 21-28) [12]. La disminución de los tres indicadores que forman parte del OEE genera un impacto sobre este. La disponibilidad es la que afecta de mayor manera, seguida del rendimiento y, finalmente, con una menor repercusión, el indicador de calidad. Es tomando esta información que en la tabla 1 se asignan los pesos relativos a los factores antes listados.

Tabla 1
Asignación de pesos relativos de los siete factores determinantes

Factor	Impacto	Importancia	Factores relacionados	Peso
1. Relación entre el MTBF y el <i>lead time</i>	Disponibilidad	Mayor	4, 6 y 7	16.13 %
2. Efecto sobre otros consumibles para mantenimiento	Rendimiento	Media	4 y 6	14.29 %
3. Previsibilidad de la falla del repuesto	Rendimiento	Media	1	14.29 %
4. Impacto en el incremento del MTTR	Disponibilidad	Mayor	6	15 %
5. Efecto sobre la calidad del producto final	Calidad	Menor	6 y 7	13 %
6. Efecto sobre el volumen de producción	Rendimiento	Media	-	14.29 %
7. Efecto sobre la seguridad y el medioambiente	Calidad	Menor	5 y 6	13 %

En la tabla 1, se establece la variación de los pesos relativos considerando con mayor valor a los factores que guardan relación con más factores dentro de las siete variables seleccionadas para determinar la criticidad de los repuestos. Cabe resaltar que la suma total de los pesos da 100 %.

3. Valores de respuesta

En 2008, D'Alessio estipuló las siguientes calificaciones para la evaluación de los factores externos: 1 (respuesta pobre), 2 (respuesta promedio), 3 (respuesta por encima del promedio) y 4 (respuesta superior). Asimismo, da los siguientes valores para la asignación de los factores internos: 1 (mayor debilidad), 2 (menor debilidad), 3 (menor fortaleza) y 4 (mayor fortaleza) (pp. 125-184) [11]. Ambas valoraciones se realizan considerando que el mayor valor responde a mejores ventajas de la condición a evaluar. En el caso de los repuestos, se espera tener mayores puntuaciones

en aquellos que generan el mayor impacto sobre los factores en conjunto. Debido a ello, se considera que, si un repuesto presenta una respuesta pobre a cualquier factor, manifiesta una debilidad; y, si la respuesta es superior, indica una fortaleza. En ese sentido, se propone el siguiente conjunto de valoraciones:

- 1: respuesta favorable (bajo impacto sobre el factor).
- 2: respuesta media (impacto promedio sobre el factor).
- 3: respuesta desfavorable (alto impacto sobre el factor).

4. Ponderado total y escala de referencia

En la tabla 2, se presenta el ponderado total (PT), calculado por la suma de las multiplicaciones del peso y el valor asignado a cada repuesto. Asimismo, se exhibe el formato del modelo desarrollado.

Tabla 2
Formato del modelo de criticidad de repuestos

Factor	Peso	Repuesto 1		Repuesto 2		...	Repuesto n	
		Valor	Ponderado	Valor	Ponderado		Valor	Ponderado
Relación entre el MTBF y el <i>lead time</i>	16.13 %							
Efecto sobre otros consumibles	14.29 %							
Previsibilidad de la falla del repuesto	14.29 %							
Impacto en el incremento del MTTR	15 %							
Efecto sobre la calidad del producto final	13 %							
Efecto sobre el volumen de producción	14.29 %							
Efecto sobre la seguridad y el medioambiente	13 %							
Total	100 %		PT1		PT2	...		PTn

Una vez calculados los ponderados totales para cada repuesto evaluado, se le asigna su nivel de criticidad de acuerdo a la escala de referencia dada en la tabla 3.

Tabla 3
Nivel de criticidad

Nivel de criticidad	Ponderado total
N-1	2.33 – 3
N-2	1.67 – 2.33
N-3	1 – 1.67

Los intervalos del ponderado total mostrados en la Tabla 3 se determinan tomando en cuenta que, si un repuesto presentara respuesta favorable a todos los factores, el ponderado total sería 1; y, si mostrara respuesta desfavorable, el ponderado total sería 3. En las tres metodologías de gestión de repuestos revisadas, se aprecia que en todos los casos trabajan con tres niveles de clasificación, es por ello que se debería dividir la diferencia entre los límites del ponderado total entre dicha cantidad de niveles; lo

cual resulta en un valor de 0.667, que se convierte en la variación del ponderado de cada nivel de criticidad.

Una vez definido el nivel de criticidad de los repuestos, es sustancial cruzar dicho resultado con el de alguna otra metodología. Esto tiene como objetivo enfocarse de manera integral en la cadena de suministro de los repuestos, mostrada en la figura 2, lo cual demuestra su impacto en la gestión del mantenimiento de activos físicos.

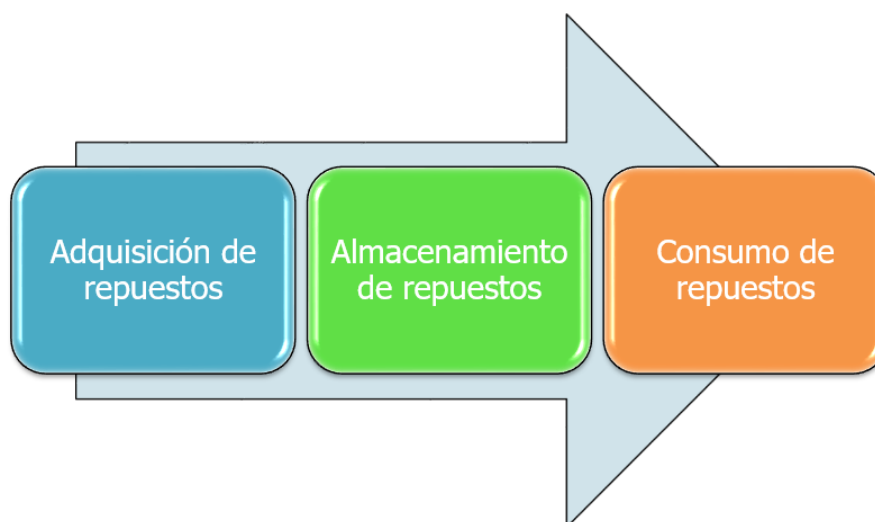


Figura 2. Cadena de suministro de los repuestos
Fuente: elaboración propia.

Lo primordial es el uso que se le da a los repuestos; en este caso, el consumo sustentado por los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos. Es de acuerdo a la necesidad del mantenimiento que se optimizan los procesos de adquisición y almacenamiento de los repuestos y los consumibles. Por ello,

se decide trabajar de manera integrada con la clasificación ABC, debido a que esta revisa la demanda de los repuestos generada en un determinado periodo de tiempo. La figura 3 nos muestra que en el eje horizontal se coloca la clasificación ABC y en el eje vertical la criticidad enfocada a la excelencia operacional.

N-1	C-1	B-1	A-1
N-2	C-2	B-2	A-2
N-3	C-3	B-3	A-3
	C	B	A

Figura 3. Matriz integral de categorización de repuestos
Fuente: elaboración propia.

Este modelo nos da como resultado nueve niveles de categorización de los repuestos. Se considera que los repuestos de mayor prioridad son los de criticidad nivel 1, que tienen alta o media demanda, así como también los de criticidad nivel 2

de alta demanda. En la figura 4, se muestra la estructura de las prioridades de acuerdo a los códigos combinados identificados para los repuestos.

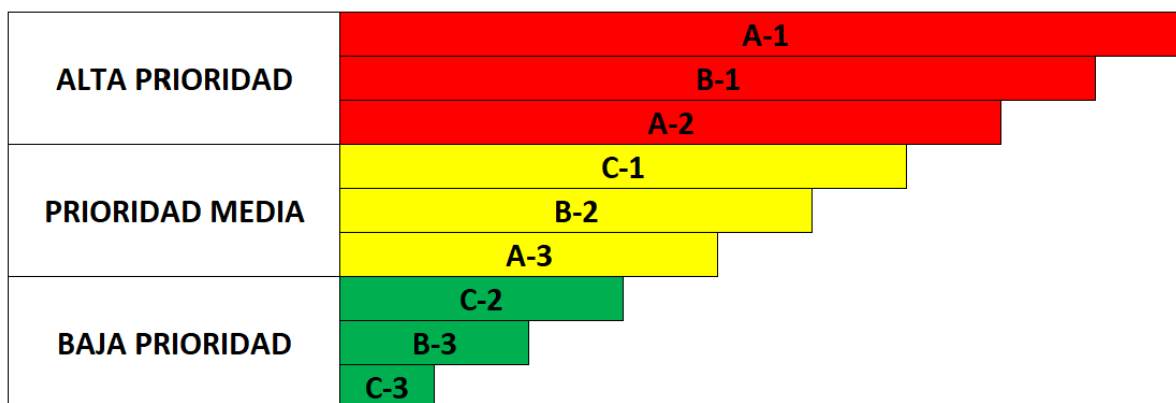


Figura 4. Estructura de priorización de repuestos
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se determinaron siete factores que condicionan la cadena de suministro de los repuestos para el mantenimiento de los activos físicos, respecto a los cuales se han definido los aspectos clave a tomar en cuenta a la hora de desarrollar el análisis de criticidad de las existencias a nivel de repuestos.
- Se delimitó el nivel de importancia que tienen los factores determinantes sobre la gestión de la cadena de suministro de repuestos para el mantenimiento considerando el impacto sobre la eficiencia global de los equipos, condicionando el peso relativo que tendría cada uno de estos en función de la cantidad de factores con los que guardan relación directa.
- Se definió la escala de valorización para evidenciar si el nivel de respuesta que tienen los repuestos sobre los factores condicionantes de su cadena de suministro es favorable, media o desfavorable; a fin de relacionarlo con las posibilidades de bajo, promedio o alto impacto, respectivamente.
- Se expuso un formato para la evaluación del nivel de criticidad de los repuestos utilizados en el mantenimiento de los activos físicos y se relacionó cada existencia evaluada con los factores determinantes a través del valor asignado y el ponderado calculado; cuyo objetivo central fue la obtención del ponderado total por medio de la suma de los siete ponderados obtenidos.
- Se estructuró un esquema de priorización para los repuestos requeridos para el mantenimiento de los activos físicos relacionando las metodologías de criticidad ABC y la enfocada en la excelencia operacional para tomar decisiones más acertadas que permitan añadir un mayor valor agregado a las técnicas de cálculo de lotes óptimos y existencias de respaldo.

REFERENCIAS

- [1] Verdugo, F. (2014). Determinación de la criticidad de componentes de una máquina o proceso tras un análisis RCM. *Técnica Industrial*, 308: 24-28.
- [2] Meetlogistics. (20 de noviembre de 2018). *La optimización de los inventarios de mantenimiento (MRO)*. Recuperado de <https://meetlogistics.com/inventario-almacen/la-optimizacion-de-los-inventarios-de-mantenimiento-mro>.
- [3] Toro, R. (27 de septiembre de 2018). *Factores clave de éxito en la gestión de repuestos para mantenimiento*. Fractal Blogs. Recuperado de [_](#)
- [4] Society for Maintenance & Reliability Professionals. (2020). *Best practices*. Atlanta: SMRP.
- [6] Mora, A. (2016). *Inventario cero*. Bogotá: Alfaomega.
- [6] The Engineering Society for Advancing Mobility Land, Sea, Air and Space (2002). *Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie (SAE JA1012)*. Warrendale: SAE International.
- [7] The Engineering Society for Advancing Mobility Land, Sea, Air and Space (1999). *Norma para vehículos aeroespaciales y de superficie (SAE JA1011)*. Warrendale: SAE International.
- [8] Ramírez, S. (2016). *Planificación y control de inventarios aplicando el método ABC en la empresa Auto Repuestos del Sur durante el año 2015* [tesis de maestría]. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- [9] Contreras, J. y Parra, C. (2020). *Priorización de repuestos por criticidad y valor económico. Método de análisis de criticidad de inventarios en mantenimiento*. ResearchGate. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/344057375>.
- [10] ATOX Noticias. (2 de octubre de 2017). *Análisis ABC/XYZ*. Recuperado de <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/analisis-abc-xyz>.
- [11] D'Alessio, F. (2008). *El proceso estratégico*. Lima: Centrum de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [12] Tosta, V. (27 de mayo de 2021). *Excelencia operativa (OEE)*. PMM Take a Break for your Brain. Recuperado de
- [13] Amendola, L. (2016). *Excelencia operacional, ¿qué significa?* Valencia: PMM Innovation Group.

ACERCA DEL AUTOR

Juan Carlos Latorre Boza

Magíster en Administración Estratégica de Empresas, ingeniero mecánico especialista en proyectos de inversión, Profesional Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad (CMRP) especialista en gestión de activos aplicada a maquinaria pesada, vehículos pesados y vehículos ligeros, especialista en logística en la planificación y la programación de la cadena de suministro. Miembro activo de la Red Confiabilidad de Reliabilityweb. Coordinador académico de la carrera profesional de Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Pesada y docente en el área de gestión del equipo pesado de Tecsup Lima.

 jlatorre@tecsup.edu.pe.

Recibido: 22-04-21
Revisado: 25-08-21
Aceptado: 08-09-21



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial 4.0 Internacional.