

**Gestión de Inventarios para el Mantenimiento de Activos en los Procesos
Productivos de un Campo Petrolero**

Yessika Fernanda Moreno Guevara

Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle, Cali

Nota del autor

Yessika Fernanda Moreno Guevara; Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle, Cali.

Este documento cuenta con la dirección de proyecto de tesis del Doctor Luis Alberto Mora y el Magister Adolfo León Gómez.

Trabajo de tesis para optar por el título de Magister en Gestión de Activos y Mantenimiento.

Agradecimientos profundamente a mis seres queridos por su apoyo incondicional y por su confianza en mí, este logro es también suyo.

Agradecimientos al departamento de Mantenimiento Hocol S.A y OMIA Colombia S.A.S; Tolima, Colombia.

Cualquier mensaje con respecto a este trabajo debe ser enviado a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

E-mail: yessika.moreno@correounivalle.edu.co

Resumen

En la industria petrolera, una gestión eficiente de inventarios no solo es clave para mejorar la productividad, sino también para reducir los costos operativos. Un buen control de inventarios garantiza que los materiales esenciales para las operaciones estén siempre disponibles, evitando tiempos de inactividad no planificados que puedan interrumpir los procesos. Este estudio tiene como objetivo diseñar un modelo integral para la gestión de inventarios, enfocado en clasificar y priorizar los materiales según su impacto en las operaciones más críticas de la industria petrolera. El modelo propuesto incorpora metodologías como Push y Pull, que permiten optimizar tanto la retención como la reposición de materiales. El sistema Push, basado en la previsión de demanda, puede generar exceso de inventario si no se monitorea correctamente. Por otro lado, el modelo Pull responde directamente a la demanda real, garantizando que los materiales solo se adquieran cuando sean estrictamente necesarios, lo que contribuye a reducir los costos asociados al almacenamiento.

Además, se destaca el uso de tecnologías avanzadas, como SAP MM y Big Data, que son fundamentales para el control en tiempo real de los niveles de inventario. Estas tecnologías mejoran la precisión en la planificación de compras y ventas, ajustando las políticas de adquisición y almacenamiento conforme a las fluctuaciones en la demanda. La implementación de algoritmos avanzados en los modelos Push MTS, Pull MTO y Frozen MTF facilita la identificación de los niveles óptimos de inventario, ayudando a mitigar los problemas de exceso o escasez de materiales.

Este estudio también subraya la importancia de la capacitación continua del personal encargado de la gestión de inventarios, ya que permite una mayor flexibilidad ante los cambios en el entorno operativo. Esta formación no solo mejora la planificación con los proveedores,

sino que también fortalece la toma de decisiones estratégicas, reduciendo los riesgos de obsolescencia y redundancia de materiales.

Palabras clave: criticidad, inventarios, mantenimiento, confiabilidad, activos.

Abstract

In the oil industry, efficient inventory management is not only key to improving productivity but also to reducing operating costs. Good inventory control ensures that materials essential to operations are always available, avoiding unplanned downtime that could disrupt processes. This study aims to design a comprehensive inventory management model, focused on classifying and prioritizing materials according to their impact on the most critical operations in the oil industry. The proposed model incorporates methodologies such as Push and Pull, which optimize both material retention and replenishment. The Push system, based on demand forecasting, can generate excess inventory if not properly monitored. On the other hand, the Pull model responds directly to actual demand, ensuring that materials are purchased only when strictly necessary, thereby helping to reduce storage costs.

Furthermore, the study highlights the use of advanced technologies, such as SAP MM and Big Data, which are essential for real-time monitoring of inventory levels. These technologies improve the accuracy of purchasing and sales planning, adjusting procurement and storage policies according to fluctuations in demand. The implementation of advanced algorithms in the Push MTS, Pull MTO, and Frozen MTF models facilitates the identification of optimal inventory levels, helping to mitigate problems of excess or shortage of materials.

This study also underscores the importance of ongoing training for inventory management personnel, as it allows for greater flexibility in the face of changes in the operating environment. This training not only improves planning with suppliers but also strengthens strategic decision-making, reducing the risks of obsolescence and material redundancy.

Key words: criticality, inventories, maintenance, reliability, assets.

Contenido

Resumen	2
Abstract	4
Contenido	5
Lista de figuras.....	7
Lista de Tablas	7
Lista de ecuaciones.....	7
Introducción y Contexto Operacional	8
Planteamiento del problema u oportunidad	11
Límites del problema u oportunidad	13
Enfoque en la Gestión de Inventarios de Mantenimiento	14
Criterios para Seleccionar Materiales a Evaluar	14
Tecnologías y Herramientas Utilizadas	15
Período Temporal de Análisis	16
Restricciones en la Recolección de Datos	16
Alcance del Análisis de Criticidad	16
Restricciones Presupuestarias y Recursos Disponibles	17
Diseminación de Resultados y su Aplicabilidad	17
Justificación del Alcance y Ajustes.....	17
Justificación	19
Objetivos.....	22
Objetivo general	22
Objetivos específicos.....	22
UNO - Análisis de la gestión actual de inventarios.	22
DOS - Definición del enfoque de análisis de procesos.....	22
TRES - Diseño del modelo de clasificación de materiales.	22
CUATRO - Establecimiento de un sistema metodológico.	22
CINCO - Propuestas de recomendaciones para mejorar la gestión de inventarios.....	23
Desarrollo	24
Cambio en el Modelo de Gestión de Inventarios	24
Min-Max tiene algunas ventajas respecto al modelo ABC:	25
Marco teórico.....	27
Gestión de Inventarios	27
Modelos de Clasificación de Inventarios: ABC, XYZ y Criticidad	28
Gestión de Activos Físicos e ISO 55000	29
Mantenimiento Industrial y Disponibilidad de Repuestos	29
Diagnóstico	30
Fase de Análisis.....	30
Fase de Diseño	31
Estado del arte	32
Revisión de la Literatura	33
Tecnologías en la Gestión de Inventarios	34
Metodologías Empleadas en Investigaciones Previas.....	35
Vacíos y Limitaciones en la Investigación	35
Desarrollo y Evolución de la Gestión de Inventarios	36
Contribuciones de la Investigación Actual	36

Implementación del Modelo ABC con Enfoque Stock Cero.....	37
Marco metodológico o Elaboración metodológica	38
Enfoque Cualitativo	39
Recopilación de Datos	40
Análisis de Datos	40
Validación y Pruebas Piloto	41
Análisis de datos	42
Oportunidades de Mejora y Optimización.....	46
Transición del Modelo de Inventario Min-Max al ABC	46
Contexto y Formulación del Problema Actual	54
Análisis del Impacto de la Mejora en Objetivos Estratégicos.	60
Flujograma de la Gestión de Inventarios.....	60
Desarrollo de objetivos.....	63
Objetivo 1 - Análisis de la situación actual de la gestión de inventarios.	63
Transición al Modelo ABC.....	65
Implementación de Monitoreo en Tiempo Real	65
Optimización de la Planificación de Compras.....	66
Mejora en la Coordinación Interdepartamental.....	66
Solución Propuesta	66
Objetivo 2 - Definición del enfoque de análisis de procesos clave.	68
Diagnóstico de Problemas y Oportunidades de Mejora en OMIA.....	70
Modelo Matemático para el Enfoque de Análisis de Procesos	71
Propuesta de Solución y Acciones Prioritarias	72
Resultados Esperados.....	73
Objetivo 3 - Diseño del modelo de clasificación y priorización de materiales.	77
Clasificación y Priorización de Materiales: Criterios	77
Aplicación del Modelo ABC en la Gestión de Inventarios.....	79
Integración de Tecnologías para la Gestión Eficiente de Inventarios.....	79
Ventajas del Modelo ABC	80
Verificación e Implementación del Modelo	81
Objetivo 4 - Establecimiento de un sistema metodológico para la aplicación del modelo....	82
Aplicación de Técnicas Estadísticas para el Pronóstico de Demanda.....	82
Estrategias de Ajuste Dinámico de Inventarios	83
Integración con Herramientas Tecnológicas	84
Resultados Esperados y Mejoras en la Eficiencia Operativa	85
Objetivo 5 - Propuestas de recomendaciones para mejorar la gestión de inventarios.	87
Informes de la Gestión de Inventario	88
Implementación de un Sistema Avanzado de Análisis de Criticalidad	89
Políticas de Abastecimiento Predictivo y Proactivo	90
Mejora de la Estructura para la Integración de Avances Tecnológicos	90
Estrategias de Gestión de Inventarios Derivadas del Modelo Propuesto	91
Descripción de cómo se alcanza el logro de objetivos	92
UNO.....	92
DOS	93
TRES	94
CUATRO.....	94
CINCO	95
Resultados más relevantes	96
Conclusiones	100

Referencias	103
Glosario	104

Lista de figuras

Ilustración 1 <i>Comparación de Modelos</i>	25
Ilustración 2 <i>Fases de diseño.</i>	32
Ilustración 3 <i>As-is proceso de materiales.....</i>	45
Ilustración 4 <i>Integración de modelos. Min Max, ABC</i>	49
Ilustración 5 <i>Motogenerador OMIA.</i>	50
Ilustración 6 <i>Inventario OMIA 2024.....</i>	52
Ilustración 7 <i>Inventarios 2024.</i>	54
Ilustración 8 <i>Distribución de materiales por clase en el modelo ABC.</i>	58
Ilustración 9 <i>Comparación de costos Operativos: Min-Max Vs ABC</i>	59
Ilustración 10 <i>Flujograma proceso de abastecimiento</i>	61
Ilustración 11 <i>Impacto de la mejora basada en objetivos de consumos Tolima.</i>	62
Ilustración 12 <i>Principios fundamentales.</i>	67
Ilustración 13 <i>Materiales críticos.....</i>	74
Ilustración 14 <i>Distribución de Materiales por clases.....</i>	75
Ilustración 15 <i>Reducción de tiempo de inactividad.....</i>	75
Ilustración 16 <i>Modelo de Clasificación ABC.....</i>	81
Ilustración 17 <i>Pronóstico de demanda de materiales críticos y no críticos.</i>	86
Ilustración 18 <i>Comparación de pronósticos.</i>	87
Ilustración 19 <i>Impacto en la disponibilidad.....</i>	92
Ilustración 20 <i>Resultados esperados.</i>	100

Lista de Tablas

Ejemplo de Soporte de Inventario Extraído (Basado Consumos Primer trimestre de OMIA S.A.S 2025)	51
--	-----------

Lista de ecuaciones

Ecuación 1 <i>optimización de inventarios o pronóstico de demanda</i>	71
Ecuación 2 <i>Cantidad optima de pedido.</i>	83
Ecuación 3 <i>Cantidad optima de pedido básica ARIMA.</i>	88

Introducción y Contexto Operacional

La administración de inventarios y de suministros ocupa el centro de toda actividad industrial, y cobra particular relevancia en ramas de alto consumo de capital como la explotación petrolera. En sectores donde la tecnología avanza a pasos agigantados, un manejo correcto del stock se transforma en un mecanismo estratégico que controla costos y preserva márgenes. Cuando faltan insumos básicos, el mantenimiento de maquinaria se paraliza y el flujo de caja se estrangula, arrastrando a la planta a costosos parones. Tener una reserva planificada permite sortear esos baches y mantener la producción incluso en los momentos más apremiantes. Los parones no son solo un golpe contable; son ventanas abiertas a riesgos operacionales que, si no se gestionan a tiempo, pueden desbordar cualquier presupuesto.

Una de las tareas más complejas en la gestión moderna de inventarios es la correcta clasificación de los materiales, de acuerdo con su relevancia operativa. Este enfoque no solo facilita el mantenimiento de un balance adecuado en los inventarios, sino que también ayuda a eliminar excesos innecesarios, mejorando así la eficiencia operativa (Mora I. A., 2019).

En el caso de OMIA Colombia S.A.S. y su relación con HOCOL S.A., clasificar los materiales según su importancia es crucial para garantizar la continuidad de las operaciones y para aprovechar estratégicamente el ciclo productivo. En la industria petrolera, la gestión de inventarios enfrenta desafíos propios, debido a la importancia crítica de los materiales, la variabilidad en la demanda y la escasez de proveedores. Estos factores requieren un control riguroso para mitigar el riesgo de obsolescencia y asegurar la provisión continua de los recursos necesarios para las operaciones.

El presente estudio se propone examinar la disposición actual de la gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S. y, con base en ese diagnóstico, reemplazar el clásico sistema Min-Max por un enfoque ABC. Esta sustitución pretende liberar capital de trabajo,

achicar costos operativos y garantizar que los insumos críticos para mantenimiento lleguen a tiempo.

La valoración se realiza dentro del marco de colaboración entre OMIA y HOCOL S.A., donde primero se mapea el modelo vigente y luego, mediante una jerarquización rigurosa, se determinan cuáles materiales causan mayor o menor impacto en la operación. Al adoptar la lógica de clasificación ABC, la planificación de stocks se vuelve más ágil y precisa, se eliminan excesos y, sobre todo, se evita que los recursos se estiren en inventarios que rara vez se consumen.

Optimizar el stock sin sacrificar la fiabilidad cotidiana exige una planificación estratégica que se apoya en metodologías específicas para cada industria. Cuanto más ajustadas sean esas herramientas al terreno real, menor riesgo de quiebras en el servicio. Sistemas robustos- como, por caso, SAP MM-emparejados con plataformas analíticas Big Data o de Business Intelligence permiten calibrar el inventario de forma ágil y casi en tiempo real. Con esa visibilidad los operadores pueden anticiparse a las rupturas y acomodar los flujos a las oscilaciones del mercado, ganando eficiencia y, de paso, reduciendo costos. Además, el uso coherente de esas tecnologías refuerza la capacidad de respuesta frente a auditorías, ayuda a cumplir normativas ambientales y acerca a la empresa a escenarios de competencia sostenibles en el largo plazo. (Acosta García, L. M., 2012)

Un sistema avanzado de gestión de inventarios, que incluya herramientas como SAP MM y Big Data, mejora la gestión de los activos mediante indicadores clave de rendimiento (KPIs), lo que posibilita una evaluación en tiempo real. Este enfoque permite tomar decisiones más informadas en cuanto a adquisiciones, almacenamiento y reposición de materiales, evitando tanto los excesos como las carencias de inventario. La estandarización de los procedimientos en la cadena de suministro también fortalecerá el control y la transparencia de

la información, aspectos clave para promover la mejora continua en la industria petrolera. La solución propuesta no solo optimiza la economía del inventario, sino que también maximiza el valor de los procesos de mantenimiento de activos, fortaleciendo la competitividad del sector y convirtiendo a OMIA Colombia S.A.S. en una empresa más flexible ante los cambios del entorno.

Planteamiento del problema u oportunidad

La administración de inventarios en el sector petrolero constituye un desafío permanente, en particular en lo atinente al control de bienes en entidades que desarrollan actividades en dicha industria. El desempeño óptimo de activos estratégicos tales como motogeneradores, bombas e instalaciones de inyección de agua exige un seguimiento exhaustivo de las transacciones de entradas y salidas de componentes y materiales. No obstante, el control frente a dichas transacciones se complica por una dificultad central: la regulación de las comunidades de inventario. Es habitual que se produzcan acumulaciones de bienes que, transcurrido un ciclo, se vuelven obsoletos o, inversamente, que se observe un déficit de material en los picos de consumo.

El análisis de la base de datos histórica de OMIA Colombia S.A.S. indica que en el periodo 2023–2024, el 18 % de las paradas de motogeneradores y de bombas de inyección que fueron clasificadas como no programadas se relacionan con la disponibilidad no oportuna de repuestos clave. La situación ha provocado, en consecuencia, un alza en los costes de explotación y una extensión de los tiempos de inactividad no planificada, con efectos tangibles sobre la productividad y la rentabilidad.

En la ausencia de un marco sistemático para la gestión de inventarios, los centros de distribución se saturan de materias inadecuadas y el capital queda inmovilizado en existencias cuyo valor operativo se ha extinguido. Este exceso de stock no solo consume superficie crítica, sino que origina, en forma acumulativa, gastos de almacén y costos indirectos recurrentes vinculados al reaprovisionamiento y al almacenamiento de materiales. Paralelamente, la escasez de componentes estratégicos paraliza el proceso productivo, potencia la probabilidad de deterioros en los equipos y desencadena incrementos inesperados en los costos operacionales. La lenta reacción ante tales interrupciones expone la ineficacia del sistema para

administrar con diligencia los recursos, en especial cuando el artículo en cuestión es pertinente para la estabilidad de los ciclos productivos. La visibilidad y el control sobre el inventario son, por lo tanto, indicadores cruciales de la madurez de la gestión de la cadena de suministro.

Los procedimientos de planificación convencional, como el modelo Min-Max, tratan igual a cada artículo en los niveles de inventario, una premisa que omite valorar la diversidad de impacto operativo de los materiales en la planta. La supresión de diferenciación, que persuade en teoría por su simplicidad, horizontaliza las piezas en el stock hasta el extremo de acumular excesos en materiales de escaso valor crítico, mientras los componentes vitales ven comprometida su disponibilidad, deteniendo máquinas y paralizando procesos. La ausencia de una clasificación fundamentada en el efecto que el desabastecimiento producirá en la operación provee a la organización de un déficit de rumbo estratégico y redistribuye desperdiciadamente el capital en costes que no contribuyen a la meta de continuidad.

La propuesta que aquí se formula persigue construir un modelo de gestión de inventario que descansa sobre el enfoque ABC, apto para clasificar y ordenar los materiales conforme a su retribución en la operación de la industria petrolera, concentrando el análisis en los motogeneradores, que representan la fuente de energía primaria para los ciclos industriales. Si bien otros elementos, como las bombas hidráulicas, poseen un rango de peso significativo, la cuya ausencia de los motogeneradores, a diferencia de otros componentes, puede acarrear elógicas pérdidas en continuidad operativa. Por tal causa, la administración persuasiva de los repuestos vinculados a los sistemas de motogeneración se asume como decisiva para la preservación de un funcionamiento ininterrumpido y, por ende, la evacuación de riesgos.

La formulación presentada une los principios de gestión de activos con metodologías consolidadas de ingeniería de fiabilidad, buscando reducir la ocurrencia de paradas imprevistas

y controlar las cargas financieras operativas. A través de etapas sistemáticas, el modelo asigna prioridad al manejo de los elementos de repuesto más críticos, lo que al mismo tiempo alivia las presiones que sobre el presupuesto habitual ejercen las intervenciones correctivas. Su puesta en práctica asegurará, en consecuencia, la supervisión ordenada de los recursos, preservando en condiciones operativas a los activos esenciales—en particular, los motogeneradores y sus sistemas auxiliares—, lo que mitiga los riesgos ligados a las interrupciones no programadas y favorece un incremento definido de la eficiencia operativa en su conjunto. De esta manera, se logrará un equilibrio entre la disponibilidad de materiales y la eficiencia operativa, lo que tendrá un impacto positivo tanto en la sostenibilidad técnica como en la rentabilidad del negocio, especialmente en sectores de alta demanda como el petrolero (Waters, D. , 2019).

Límites del problema u oportunidad

El alcance del proyecto se define mediante un conjunto de fronteras analíticas que orientan la indagación hacia los elementos más críticos de la administración de inventarios vinculados al mantenimiento de activos en el sector petrolero. Estos márgenes son imprescindibles si se desea que el estudio conserve su atención en las facetas que verdaderamente mueven la aguja operativa. Así se evita perderse en cuestiones periféricas y, en última instancia, se garantiza que las conclusiones obtenidas sean pertinentes, ejecutables y relevantes para el entorno concreto de la industria del petróleo.

Límites Geográficos y Operativos

El estudio se centrará en los procedimientos de mantenimiento de activos dentro de la industria petrolera, sin circunscribirse a una plaza o yacimiento determinado. Una mirada tan generalista abre la puerta a que los resultados y el modelo que se genere sean útiles tanto en campos tradicionales como en instalaciones dotadas de maquinarias o arquitecturas mucho

más sofisticadas. De ese modo, la investigación aspira a ofrecer respuestas concretas que, con ajustes mínimos, puedan trasladarse de una región a otra y servir a los operadores de distintos segmentos del sector.

Enfoque en la Gestión de Inventarios de Mantenimiento

Este estudio se enfoca en la gestión de inventarios dentro del contexto del mantenimiento de activos críticos, con una atención especial a los materiales esenciales que garantizan la continuidad y eficiencia operativa. Se excluyen de este análisis los ciclos relacionados con la logística de distribución física de productos terminados, así como la gestión de inventarios de materiales supra-nivel utilizados en la distribución de hidrocarburos. Al centrarse en los materiales directamente involucrados en el mantenimiento de activos, se logra un análisis más detallado de aquellos que son vitales para la operación de los activos que sostienen la capacidad productiva de la industria.

Para asegurar un control eficiente de los inventarios y evitar tanto excesos como faltantes, se incorporan modelos de reabastecimiento como Push MTS, Pull MTO y Frozen MTF. Estos modelos son clave para garantizar la disponibilidad de materiales críticos, asegurando que los activos más importantes reciban el mantenimiento adecuado en el momento justo. La implementación de estos modelos contribuye significativamente a la sostenibilidad operativa y mejora la eficiencia dentro de la industria petrolera, garantizando que los materiales necesarios estén siempre disponibles cuando se requieren para mantener la operación sin interrupciones (Mora L. A., 2019)

Criterios para Seleccionar Materiales a Evaluar

El estudio examina exclusivamente los insumos de mantenimiento vinculados a los activos esenciales de generación. Esto incluye, sin excepciones, plantas de generadores,

grupos electrógenos diésel y motores industriales con sistemas de inyección; fuera de esa lista no hay análisis. Por otra parte, los repuestos que califican como no críticos, junto con cualquier material almacenado cuya escasez no detiene la operación, quedan deliberadamente excluidos. Aunque las bombas hidráulicas forman parte del engranaje auxiliar, su menor tamaño y menor efecto los mueven a un segundo plano de supervisión. Al delimitar de esta manera, se asegura que las energías y controles disponibles se concentran en aquellos suministros cuyo fracaso golpearía las funciones de operación y seguridad en el instante menos esperado.

Tecnologías y Herramientas Utilizadas

La propuesta se apoya en metodologías experimentadas que han demostrado su eficacia en la administración de inventarios del sector petrolero. Un componente central es SAP MM, una solución que muchos expertos consideran imprescindible para el seguimiento de materiales. Con este sistema se pueden monitorear los niveles de stock, agilizar los reabastecimientos y, en general, mantener una visibilidad clara sobre cada artículo. Junto a eso, se contempla la incorporación de análisis que clasifiquen los insumos de acuerdo con su valor operativo, de modo que las materias primas críticas lleguen a los campos justo a tiempo y sin interrupciones.

La idea no exige construir plataformas nuevas ni reinventar la rueda tecnológica. Se trata de apretar el tornillo, por decirlo así, sobre SAP MM y sobre herramientas analíticas que la compañía ya emplea. Ese giro, por pragmático que parezca, permite a OMIA Colombia S.A.S. mejorar la gestión de inventarios sin salir de su presupuesto y sin sobrecargar su personal técnico. En un contexto de recursos limitados, esa simplicidad estratégica suele dar mejores resultados que cualquier sofisticada novedad. En este sentido, se espera que las soluciones propuestas sean plenamente adaptables a las condiciones operativas de la industria petrolera,

ofreciendo alternativas prácticas y viables dentro de las capacidades existentes. (Mora I. A., 2019).

Período Temporal de Análisis

La propuesta establece un cronograma que abarca un período tanto retrospectivo como prospectivo de entre uno y dos años. Este lapso de tiempo permite a los analistas revisar datos históricos recientes para identificar y comprender las tendencias y patrones en el consumo y mantenimiento. Además, ofrece la posibilidad de proyectar escenarios futuros con el fin de validar la efectividad del modelo propuesto. Se excluye cualquier análisis previo a este período, y no se planea extender el marco temporal más allá de dos años para evitar que el enfoque pierda relevancia, asegurando así que los datos analizados sean los más pertinentes y útiles para los objetivos del estudio.

Restricciones en la Recolección de Datos

La efectividad de la propuesta depende en gran medida de la disponibilidad de datos históricos precisos, como los registros de inventarios, fallas y mantenimiento de las empresas involucradas. La falta de información completa o detallada en algunas áreas del estudio puede limitar la profundidad y el alcance del análisis, lo que representa una restricción importante. Esta limitación será abordada mediante una justificación adecuada y un análisis crítico. La falta de datos suficientes puede afectar la solidez del modelo propuesto y poner en duda la validez de las conclusiones. Por ello, se adoptará un enfoque realista y transparente frente a estas limitaciones, asegurando que se reconozcan de manera clara.

Alcance del Análisis de Criticidad

El estudio se concentrará únicamente en los componentes, repuestos y materias primas que resultan indispensables para el mantenimiento de los activos que verdaderamente

sostienen los procesos productivos. Quedarán fuera de análisis los insumos vinculados a tareas auxiliares o a equipos considerados no críticos, además de cualquier material que no influya de manera directa en la operación funcional. De esta forma se asegura que sólo se controle aquello cuyo manejo responsable puede reforzar de inmediato la continuidad y la estabilidad del giro operativo, optimizando así la distribución de recursos y energías disponibles.

Restricciones Presupuestarias y Recursos Disponibles

El análisis se llevará a cabo dentro de los límites presupuestarios y los recursos disponibles para la investigación. Esto significa que no se realizarán intervenciones significativas que impliquen inversiones en nuevas tecnologías o modificaciones sustanciales en la estructura de los sistemas de gestión de inventarios. La viabilidad económica del proyecto se asegura al centrarse en mejorar y optimizar las herramientas y metodologías ya existentes, evitando la necesidad de implementar desarrollos tecnológicos costosos.

Diseminación de Resultados y su Aplicabilidad

El modelo de análisis de criticidad y la metodología propuesta están específicamente orientados a la industria del petróleo y gas. No obstante, se reconoce que los resultados podrían ser aplicables más allá del ámbito específico de este estudio. La capacidad de replicar el modelo dependerá de las condiciones particulares de cada empresa u operación, pero el diseño metodológico es lo suficientemente flexible como para adaptarse a distintos contextos, lo que aumenta el valor general de la investigación.

Justificación del Alcance y Ajustes

El enfoque general del modelo se ha ampliado para evitar limitaciones geográficas o restrictivas relacionadas con campos específicos de petróleo, con el objetivo de que el modelo

propuesto sea lo más adaptable posible a la industria petrolera en general. Además, se han clarificado los objetivos de evaluación al limitarse a los materiales que son esenciales para el mantenimiento de activos operativos. El período de análisis se ha ajustado para abarcar un rango temporal de uno a dos años, permitiendo evaluar tanto datos recientes como proyecciones futuras. Finalmente, el modelo propuesto se enfoca en una implementación práctica y estratégica, optimizando las herramientas existentes y asegurando que los objetivos sean alcanzables y efectivos, sin la necesidad de realizar grandes desarrollos tecnológicos.

Justificación

La feroz competencia dentro de la industria petrolera, sumada al incesante progreso de las tecnologías emergentes, convierte la administración de los activos inactivos acumulados en los inventarios de mantenimiento en una práctica indispensable para preservar la agilidad operativa de las compañías del sector. Esta exigencia se intensifica por la criticidad de los procesos operacionales: una interrupción no programada se traduce en costos económicos elevados que socavan, simultáneamente, la rentabilidad y la reputación de la marca a escala global. Bajo estas condiciones, la disponibilidad inmediata de repuestos y materiales esenciales se revela como la única estrategia eficaz para moderar el tiempo de inactividad no planificado, generando un efecto positivo acumulativo en la eficiencia operativa y garantizando la continuidad de las actividades productivas. Tal continuidad es, a su vez, un atributo decisivo para la sostenibilidad competitiva en un entorno caracterizado por la presión del mercado y el escrutinio internacional. (Mora I. A., 2019) (Waters, D. , 2019).

La incapacidad de mantener un seguimiento estricto del inventario sigue obstaculizando las operaciones logísticas de instituciones variadas. La situación se agrava cuando se recurre al clásico sistema de inventario Min-Max, que prescribe fijar un mismo umbral de pedido para todos los ítems, indiferentemente de la naturaleza que posean. Tal aproximación, que en teoría podría parecer fácil de aplicar, desatiende las particularidades de cada bien, en especial la criticidad que poseen. Como consecuencia, los materiales de menor significancia se aglomeran, mientras que los repuestos esenciales continúan situándose en niveles que amenazan la continuidad del servicio. La desarticulación que origina derivan en deterioro de niveles operativos y, simultáneamente, en un crecimiento de los costes de gestión, revelando la carencia de un enfoque sistemático y formular de optimización de inventarios. (Chica Mejía, G. H., 2015)

El impacto latente que las innovaciones tecnológicas ejercen sobre la productividad operativa se manifiesta de modo implícito en ausencia de un andamiaje analítico bien estructurado. Esta carencia de marco normativo condena al área de mantenimiento a una operativa reactiva, lo que a su vez incrementa los costos de ciclo debido a la ineficiencia en la utilización de los activos. Sin orientaciones bien definidas en torno a los principios de confiabilidad y al manejo de recursos de activos, los objetivos de equilibrio presupuestario a horizontes que abarcan varios períodos se convierten en metas inalcanzables. Priorizar, por tanto, la asignación de recursos en las intervenciones operativas se vuelve condición previa a cualquier expectativa de mejora sostenida de la fiabilidad, y esta priorización debe apoyarse en las evidencias derivadas de un análisis riguroso. (Waters, D. , 2019), señala que, en esta situación, la incorporación de algoritmos predictivos y de plataformas de Business Intelligence (BI) es condición necesaria para optimizar la provisión de inventarios, así como para aumentar la capacidad de respuesta ante variaciones intempestivas en los patrones de demanda.

Este estudio se enfoca en tres aspectos clave: fortalecer los sistemas de gestión de materiales mediante principios de confiabilidad; mejorar la confiabilidad y el control operativo a través de políticas proactivas y correctivas; y, finalmente, diseñar estructuras óptimas para gestionar los recursos necesarios en las operaciones. Los modelos predictivos y las herramientas de Business Intelligence (BI), como SAP MM, son fundamentales para optimizar la asignación de materiales y mejorar la capacidad de respuesta ante cambios inesperados en la demanda (Mora L. A., 2019)

La viabilidad de este estudio depende de la colaboración estrecha con las partes interesadas clave, lo cual garantiza que los resultados sean aplicables a diferentes contextos geográficos e industriales. El uso de datos históricos de las empresas permitirá realizar un análisis preciso, facilitando la implementación del modelo propuesto y su transferibilidad a otros

sectores dentro de la industria petrolera. Los avances en la optimización sostenible de la gestión de inventarios y el mantenimiento de activos son cruciales para mejorar la competitividad y la eficiencia operativa en el sector. Esto asegura que el modelo propuesto sea flexible y se adapte a las condiciones tecnológicas y económicas actuales (Mora L. A., 2019).

El enfoque metodológico empleado en este estudio cuenta con el respaldo de la investigación realizada por (Acosta García, L. M., 2012). cuyas evidencias ilustran la importancia de gestionar adecuadamente los inventarios de repuestos en contextos industriales, siendo el sector de la construcción uno de los más significativos. Acosta García (2012) sostiene que la aplicación sistemática de metodologías normalizadas, complementadas por la proyección de la demanda, resulta determinante para garantizar que los repuestos estén disponibles en el momento requerido, situación que, a su vez, mantiene la continuidad funcional de los activos físicos. El razonamiento expuesto se extiende a la industria petrolera, ámbito en el que el control y la administración eficaz de los inventarios contribuyen no solo a la minimización de costos, sino a la maximización de la fiabilidad operativa, corroborando, por ende, la validez del marco propuesto en contextos industriales y geográficos diversos.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la estructura actual de gestión de inventarios reconociendo los factores que afectan el capital humano, nivel de servicio y disponibilidad de los materiales.

Objetivos específicos

UNO - Análisis de la gestión actual de inventarios.

Describir la gestión de inventarios en SAP MM identificando las limitaciones del modelo Min-Max y áreas de mejora en la disponibilidad y costos de materiales.

DOS - Definición del enfoque de análisis de procesos.

Definir el enfoque del análisis en los procesos clave de gestión de inventarios para identificar oportunidades de mejora, priorizando la aplicación práctica en OMIA Colombia S.A.S. empresa Operadora y Mantenedora (O&M) de HOCOL S.A.

TRES - Diseño del modelo de clasificación de materiales.

Diseñar un modelo ABC para clasificar y priorizar materiales según su impacto operativo, optimizando el uso de recursos y la reposición.

CUATRO - Establecimiento de un sistema metodológico.

Desarrollar un sistema para aplicar el modelo ABC, con un plan de implementación, seguimiento y evaluación de resultados mediante KPIs.

CINCO - Propuestas de recomendaciones para mejorar la gestión de inventarios

Elaborar propuestas basadas en el modelo ABC para mejorar la gestión de inventarios, optimizando la disponibilidad de materiales y reduciendo costos operativos, con indicadores claros de desempeño.

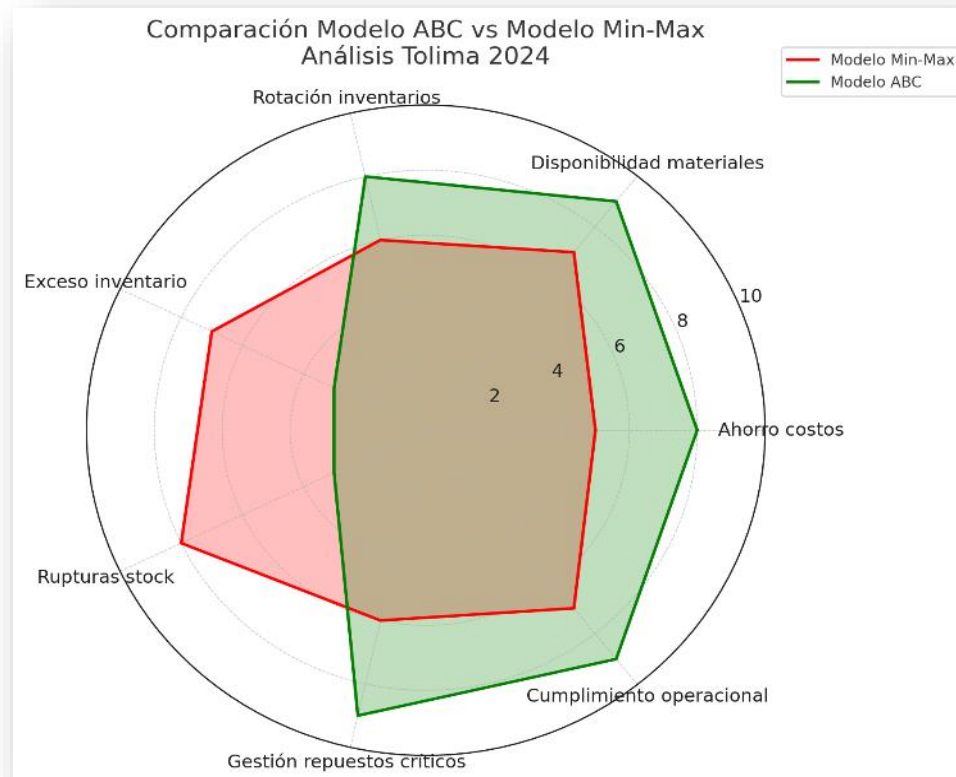
Desarrollo

Cambio en el Modelo de Gestión de Inventarios

En el ámbito de la gestión de inventarios, la empresa actualmente utiliza el modelo Min-Max, el cual establece niveles mínimos y máximos para mantener el inventario dentro de límites definidos. La idea es evitar tanto el exceso de inventario como la escasez de materiales críticos. Sin embargo, este modelo presenta varias limitaciones, ya que no es suficientemente flexible para ajustarse a las variaciones en la demanda de materiales. Además, no permite priorizar de manera efectiva los materiales esenciales para las operaciones, lo que puede poner en riesgo la continuidad operativa, especialmente cuando se requieren con urgencia materiales críticos para equipos como los motogeneradores u otros sistemas auxiliares.

Para superar esas limitaciones, numerosos especialistas en gestión de inventarios sugieren recurrir al clasificador ABC. Bajo este esquema, el stock se segmenta en tres universos bien definidos: la clasificación A reserva lugar a aquellos insumos cuyo agotamiento detendría de inmediato los motores eléctricos; la categoría B incluye piezas menores que, aunque relevantes, no provocan una interrupción automática; y la clase C agrupa productos de bajo impacto, cuyas faltas pueden resolverse sin mayor urgencia. Tal sistemática concentra los esfuerzos de supervisión y reabastecimiento en los elementos más críticos y, en consecuencia, mejora la circulación de capital y acorta los períodos de paradas inesperadas en el sistema energético.

Ilustración 1 Comparación de Modelos



Comparación e modelo actual vs Nuevo modelo. Fuente propia basado en Consumos Tolima 2024.

Nota: La ilustración 1, "Comparación de Modelos", muestra la transición entre el modelo actual (Max) y el nuevo modelo propuesto (ABC), destacando las mejoras en la priorización de materiales clave para la operación. Basada en los datos de Consumos Tolima 2024, respalda la efectividad del nuevo modelo en un contexto real y actualizado.

Min-Max tiene algunas ventajas respecto al modelo ABC:

Redirigir la atención a ciertos materiales centrales suele permitir que el presupuesto se emplee sin desperdicios. En lugar de consumir recursos en insumos de rango C, cuya utilidad

ya ha desaparecido, el capital sobrante se libera y puede invertirse donde realmente se requiere, lo cual alivia el costo de espacio y manejo.

Comprar por adelantado aquellas piezas cuyo fallo detendría cualquier tarea es un seguro contra la falta de stock. Si los componentes vitales están a la mano, la planta puede moverse sin interrupciones y su rendimiento total sube. La conversión al esquema de clasificación ABC promete además cortar gastos innecesarios porque los artículos menos críticos dejan de ocupar tiempo y dinero. Al mismo tiempo, SAP MM y un conjunto de analíticas predictivas ofrecerán visibilidad casi instantánea de cuántos repuestos hay y cuántos faltan. Como se mencionó en el Capítulo 1, Sección 1.3, diferentes algoritmos de control seguirán gobernando el flujo: Push MTS para lo que empujamos al almacén, Pull MTO según pide el taller y Frozen MTF para lo que dejamos quieto hasta nuevo aviso. Estos algoritmos ayudan a optimizar los niveles de inventario, asegurando que los artículos más críticos estén siempre disponibles para el mantenimiento, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los costos asociados con el almacenamiento y adquisición de materiales (Chica Mejía, G. H., 2015); (Mora L. A., 2019).

Marco teórico

En la industria petrolera, la supervisión de inventarios se erige como un componente vital para la eficiencia operativa y la provisión a tiempo de insumos esenciales requeridos para los trabajos de mantenimiento de los activos. La optimidad de los niveles de inventario no se limita a generar ahorros financieros; más bien, actúa como un garante de la continuidad operativa en un entorno en el que el tiempo de inactividad puede provocar consecuencias presupuestarias severas. La literatura especializada ha evidenciado que el control diligente de repuestos y de materiales críticos incide de manera decisiva en la fiabilidad y disponibilidad de los equipos, encontrando su mayor relevancia en sectores de alta intensidad de capital como lo es el petrolero (Waters 2019; Mora 2019).

Una gestión de inventario eficaz en el sector Oil & Gas exige la sinergia entre modelos analíticos convencionales y herramientas digitales avanzadas. La combinación del enfoque ABC y la matriz de criticidad proporciona parámetros ordinales y cuantitativos, que, al integrarse con soluciones como SAP MM y plataformas de Business Intelligence, permiten la visualización de tendencias, la anticipación de picos de demanda y la elaboración de informes interactivos. Las experiencias reportadas en la bibliografía y la industria coinciden en que el aprovechamiento de tecnologías de información robustas es un prerequisite para manejar la alta volatilidad y la complejidad normativa del sector, resultando en inventarios que operan con mayor agilidad, precisión y estrecha alineación a los objetivos de sostenibilidad y eficiencia operativa registrados en la literatura reciente (Budiman 2022; Lepenioti et al. 2020).

Gestión de Inventarios

La gestión de inventarios abarca un conjunto de actividades que buscan planificar, controlar y optimizar el flujo y almacenamiento de materiales. Su objetivo principal es garantizar

que los recursos estén disponibles cuando se necesiten, en las cantidades adecuadas y con el menor costo posible (Mora L. A., 2019). En la industria petrolera, esta función cobra especial relevancia debido a la criticidad de los activos y la complejidad de las operaciones. Una gestión adecuada evita tanto la escasez, que podría generar paradas no planificadas, como el exceso, que inmoviliza capital y genera costos adicionales de almacenamiento y obsolescencia (Chica Mejía, 2015). Además, la gestión eficiente debe permitir visibilidad en tiempo real y la capacidad de hacer ajustes rápidos de acuerdo con la demanda dinámica del sector.

Modelos de Clasificación de Inventarios: ABC, XYZ y Criticidad

Para manejar los inventarios de manera eficiente, se utilizan diversos modelos de clasificación. El análisis ABC clasifica los materiales según su valor económico y su impacto operativo:

Clase A: materiales de alto valor y alta prioridad, que representan una pequeña proporción del total de artículos, pero una gran parte del valor.

Clase B: materiales de importancia media, que requieren un control intermedio.

Clase C: materiales de bajo valor y menor impacto, que pueden gestionarse de manera más flexible (Mora L. A., 2019).

El modelo XYZ clasifica los materiales según la variabilidad de la demanda, diferenciando entre materiales con demanda constante (X), variable (Y) o esporádica (Z). Esto permite ajustar las políticas de inventario de acuerdo con el comportamiento de consumo (Lepenioti, K., Manthou, V., & Vlachos, D., 2020)

La clasificación por criticidad pondera, en términos concretos, lo que pasaría si un repuesto desapareciera del inventario. En la esfera petrolera esto deja claro cuáles piezas son puertas de enlace para los flujos de trabajo; su ausencia puede frenar al instante columnas de destilación o unidades de bombeo. Al ordenar los materiales de ese modo, la empresa puede

canalizar tiempo y presupuesto hacia los ítems que realmente sostienen la continuidad del negocio.

Gestión de Activos Físicos e ISO 55000

La gestión de activos físicos tiene como objetivo maximizar el valor y la vida útil de los activos, integrando aspectos técnicos, financieros y de riesgos a lo largo de su ciclo de vida. La norma ISO 55000 establece un marco para implementar políticas y procesos que aseguren una gestión sostenible y eficiente de los activos, alineada con los objetivos organizacionales (EN 16646, 2015). Dentro de este marco, la gestión eficiente de repuestos se vuelve esencial para mantener la operatividad y confiabilidad de los activos industriales, como los motogeneradores y bombas en la industria petrolera.

Mantenimiento Industrial y Disponibilidad de Repuestos

El mantenimiento industrial, ya sea preventivo, correctivo o predictivo, depende en primera instancia de contar con los repuestos y materiales adecuados en el momento preciso. Un retraso en la entrega de esos insumos puede desembocar en paradas inesperadas, socavar la fiabilidad de los equipos y, por supuesto, disparar gastos no contemplados. Por esa razón, alinear la gestión de inventarios con los planes de mantenimiento resulta crucial para mantener la planta funcionando con fluidez y a su nivel óptimo de eficiencia. (Artículo El Modelo de Repuestos Centrado en Confiabilidad, 2015).

5. Indicadores de Gestión de Inventarios

Para evaluar la eficiencia del sistema de gestión de inventarios, se utilizan varios indicadores clave:

Nivel de servicio (fill rate): porcentaje de demanda satisfecha sin retrasos.

Días de inventario (DIOH): tiempo promedio que el inventario permanece almacenado.

Rotación de inventario: frecuencia con la que se renueva el inventario.

Obsolescencia: cantidad de materiales que pierden utilidad.

Costo total de inventario: suma de los costos de adquisición, almacenamiento y pérdida por obsolescencia (Mora L. A., 2019); (EN 16646, 2015).

Estos indicadores permiten realizar ajustes para mantener el equilibrio entre la disponibilidad y el costo, lo cual es crucial en las operaciones petroleras.

Diagnóstico

En esta fase inicial, se lleva a cabo un análisis exhaustivo de los procesos de gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S., centrado en el uso actual del modelo Min-Max. Este modelo establece niveles mínimos y máximos para cada material, buscando evitar tanto la escasez como el exceso. Sin embargo, presenta limitaciones en su capacidad para adaptarse a las fluctuaciones de la demanda y a las condiciones operativas cambiantes, características típicas de la industria petrolera. La falta de flexibilidad del modelo dificulta priorizar de manera dinámica los materiales según su impacto en las operaciones, lo que podría afectar la continuidad de equipos críticos como motogeneradores y bombas de inyección (Mora L. A., 2019); Informe Gestión OMIA, 2024). Además, se evalúan los métodos de mantenimiento (preventivo, correctivo y predictivo) y el proceso de reabastecimiento utilizando datos confiables de SAP MM.

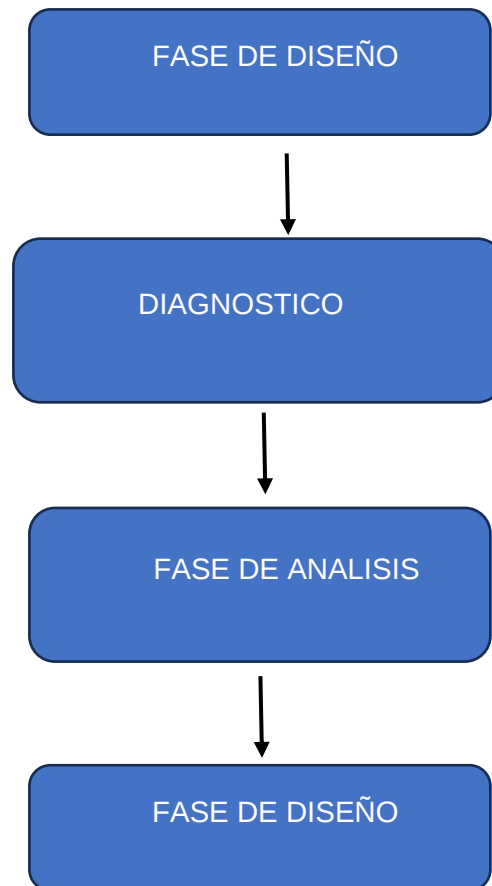
Fase de Análisis

En esta fase se profundiza en la información recopilada, utilizando modelos estadísticos avanzados como ARIMA para prever la demanda futura de materiales y analizar patrones de consumo. Se clasificarán los materiales según su criticidad en las clases A, B y C, priorizando así los recursos para los materiales esenciales. También se revisan los sistemas de

reabastecimiento actuales, incluyendo el modelo Min-Max y Just InTime, para evaluar su efectividad y adecuación en la industria petrolera (Lepenioti, K., Manthou, V., & Vlachos, D., 2020); (Mora L. A., 2019)

Fase de Diseño

La fase de diseño se centrará en proponer recomendaciones para optimizar los niveles de inventarios, garantizando la disponibilidad constante de materiales críticos. Se definirán indicadores clave (KPI) para monitorear la eficiencia operativa y los costos asociados. Además, se planificarán pruebas piloto y simulaciones en entornos reales para validar el modelo ABC y la veracidad de la eficiencia del modelo, evaluar la mejora en la disponibilidad de materiales y realizar análisis de costo-beneficio, demostrando los ahorros generados y la reducción de paradas no planificadas (Informe Gestión OMIA, 2024); (Mora L. A., 2019).

Ilustración 2 *Fases de diseño.*

Estado del arte

El manejo de inventarios en la industria del petróleo tiene un papel decisivo en mantener la rueda de las operaciones girando sin tropiezos. En ese mundo, cada tornillo y cada sellante cuenta, así que la custodia de esos insumos nunca es un asunto menor. OMIA Colombia S.A.S. se mueve justo en ese espacio, protegiendo activos críticos y asegurando que motogeneradores, bombas de inyección y otros aparatos vitales sigan funcionando. Si los repuestos se esfuman de pronto, el reloj se detiene y la empresa paga el precio. Un desliz en los registros puede sumar costos ocultos, comer utilidades y, en el peor de los casos, dejar a la firma mirando desde la banda de los rezagados.

Los modelos tradicionales de gestión de inventarios, como el Min-Max, han sido ampliamente utilizados, incluso en OMIA Colombia S.A.S., para garantizar que los materiales estén disponibles en los niveles adecuados. Sin embargo, este enfoque ha mostrado limitaciones, especialmente cuando se enfrenta a fluctuaciones en la demanda o cambios en las condiciones operativas. Esta rigidez ha hecho evidente la necesidad de un modelo más flexible y adaptativo, como el modelo ABC. Este modelo clasifica los materiales según su criticidad operativa, lo que permite gestionar los inventarios de manera más eficiente, priorizando los materiales más críticos para el funcionamiento de la empresa.

Revisión de la Literatura

Modelos de Gestión de Inventarios

La gestión de inventarios en la industria petrolera ha ido modernizándose de forma notable en la última década. Pese a la llegada de tecnologías sofisticadas, muchas instalaciones siguen confiando en el esquema clásico Min-Max, que fija umbrales de stock mínimos y máximos por cada insumo a fin de eludir desabastecimientos y acopios excesivos. El inconveniente de ese planteamiento radica en su rigidez intrínseca: se muestra renuente a ajustar los límites ante oscilaciones repentinas en la demanda o frente a la volatilidad habitual de los entornos operativos. Además, no prioriza de manera adecuada los materiales según su impacto (Mora L. A., 2019)

Por otro lado, el modelo ABC ha demostrado ser más eficaz en industrias complejas como la petrolera, donde la disponibilidad de materiales críticos es esencial para el mantenimiento continuo de los activos. Este modelo organiza los materiales en tres categorías:

Clase A: Materiales críticos cuya falta podría detener inmediatamente las operaciones.

Clase B: Materiales importantes cuya escasez no detiene las operaciones de manera inmediata.

Clase C: Materiales de bajo impacto, cuya gestión puede ser más flexible sin afectar gravemente las operaciones.

Adoptar este modelo en OMIA Colombia S.A.S. permitiría una gestión de inventarios más eficiente, optimizando el uso de los recursos y garantizando la disponibilidad de materiales clave para las operaciones. Esta priorización mejora la eficiencia operativa y reduce los costos de los materiales de menor impacto.

Tecnologías en la Gestión de Inventarios

El uso de tecnologías avanzadas ha transformado la gestión de inventarios en la industria petrolera. Herramientas como SAP MM facilitan la gestión en tiempo real de los inventarios, lo que permite un seguimiento y control más preciso de los materiales a lo largo de toda la cadena de suministro. Además, el uso de Business Intelligence (BI) y Big Data, junto con modelos predictivos, ha permitido a empresas como OMIA Colombia S.A.S. anticipar la demanda futura de piezas y otros materiales esenciales, ajustando los niveles de inventario de manera proactiva.

Las plataformas como SAP MM permiten la integración de datos operativos y analíticos, proporcionando una visión integral del estado de los inventarios y facilitando la toma de decisiones estratégicas y bien fundamentadas para la gestión de los materiales críticos (Mora L. A., 2019). Esto es crucial para OMIA Colombia S.A.S., donde los materiales necesarios para el mantenimiento de los activos deben estar siempre disponibles para evitar paradas operativas imprevistas.

Metodologías Empleadas en Investigaciones Previas

En investigaciones anteriores sobre gestión de inventarios en la industria petrolera, se han utilizado tanto métodos cuantitativos como cualitativos. Los métodos cuantitativos, como los análisis de regresión, los modelos de series de tiempo y las técnicas de optimización, han sido comúnmente utilizados para estudiar el consumo de materiales y la disponibilidad de repuestos, con el objetivo de optimizar el inventario y prever la demanda futura (Lepenioti, K., Manthou, V., & Vlachos, D., 2020)

El análisis ABC ha demostrado ser eficaz en diversas investigaciones al ordenar los insumos según su peso operativo real. Esta clasificación ayuda a las compañías a centrar su atención en lo que realmente importa y a recortar el despilfarro que generan los artículos menos relevantes. Mora (2019) argumenta que el esquema sigue siendo fundamental en la administración de inventarios del sector petrolero, gracias a su flexibilidad y a su adaptación a escenarios volátiles.

Vacíos y Limitaciones en la Investigación

Los avances en la gestión de inventarios han sido notables, pero la literatura sigue dejando huecos importantes. Por un lado, los esquemas clásicos como el modelo Min-Max carecen de flexibilidad; no reaccionan con la rapidez que exige una demanda errática o un imprevisto operativo. Por otro, muchos de los estudios existentes privilegian el número puro y duro sin introducir el matiz cualitativo que aportan las rutinas diarias de una refinería.

Otro punto ciego es el desaprovechamiento de las plataformas digitales que las empresas ya tienen a bordo. Sistemas como SAP MM, junto con Big Data y Business Intelligence, podrían afinar la rotación de stock, pero la investigación académica apenas ha

cartografiado ese terreno. Por todo eso, el trabajo en curso propone un modelo de clasificación ABC reforzado por esas herramientas avanzadas para controlar mejor los materiales que realmente marcan la diferencia.

Desarrollo y Evolución de la Gestión de Inventarios

La gestión de inventarios en la industria petrolera ha pasado de utilizar enfoques tradicionales como el modelo Min-Max a adoptar modelos más flexibles y adaptativos como el ABC. Esta transición ha sido impulsada por la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos asociados con la gestión de inventarios en un entorno cada vez más dinámico y competitivo.

El modelo ABC, junto con tecnologías avanzadas como SAP MM y Big Data, ha permitido a las empresas petroleras gestionar sus inventarios de manera más eficiente. Esto garantiza la disponibilidad de piezas críticas, reduce los costos operativos y mejora la precisión de la gestión, minimizando los errores humanos en los procesos (Mora L. A., 2019)

Contribuciones de la Investigación Actual

El objetivo principal de la investigación actual es proponer un modelo de optimización de inventarios para la industria petrolera, basado en el modelo ABC. Este modelo permitirá priorizar los materiales más críticos, optimizar los recursos y mejorar la eficiencia operativa en empresas como OMIA Colombia S.A.S. La integración con SAP MM y modelos predictivos contribuirá a una gestión más eficiente de los materiales, reduciendo los costos de almacenamiento, mejorando la disponibilidad de repuestos y asegurando que los materiales esenciales estén siempre disponibles cuando se necesiten.

Implementación del Modelo ABC con Enfoque Stock Cero

La clasificación ABC divide los suministros en grupos A, B y C en función de su peso práctico para la producción. Esta técnica se ha vuelto esencial en la administración de inventarios dentro del sector petrolero. En OMIA Colombia S.A.S. su incorporación permitirá distinguir rápidamente qué materiales deben tener prioridad. Al concentrar esfuerzos en esos elementos clave, la empresa asegura que nunca falten y, al mismo tiempo, evita acumular costos innecesarios por guardar partes secundarias.

El modelo Stock Cero, que complementa al modelo ABC, busca eliminar inventarios innecesarios, enfocándose exclusivamente en mantener disponibles los materiales esenciales. Los materiales de bajo impacto se gestionan con mayor flexibilidad, sin necesidad de mantener altos niveles de stock. Este enfoque no solo mejora la eficiencia en el uso de recursos, sino que también contribuye a un control más eficiente del inventario.

Por otro lado, la integración de SAP MM con el modelo ABC en OMIA Colombia S.A.S. permite gestionar los inventarios en tiempo real. Gracias a esta tecnología, la empresa puede hacer ajustes dinámicos en la disponibilidad de materiales, basándose en datos predictivos que estiman la demanda futura. Este sistema optimiza el uso del capital de trabajo, mejorando la eficiencia operativa y garantizando la disponibilidad continua de los repuestos críticos necesarios para el mantenimiento de los activos.

La implementación conjunta de los modelos ABC y Stock Cero, apoyada por SAP MM, no solo optimiza la gestión de inventarios, sino que también reduce significativamente los costos operativos, fortaleciendo así la competitividad de OMIA Colombia S.A.S. en la industria petrolera (Mora, A. G. , 2023).

Marco metodológico o Elaboración metodológica

Este trabajo adopta un diseño metodológico mixto que articula procedimientos cuantitativos y cualitativos con la finalidad de abordar de forma holística la optimización de la gestión de inventarios en el sector de hidrocarburos, centrando el análisis en la compañía OMIA Colombia S.A.S. La combinación de ambas aproximaciones propicia la obtención de conclusiones más robustas, al permitir primero la caracterización del fenómeno mediante información numérica y modelos estadísticos y, en segundo lugar, la interpretación de aquellos factores tácticos y culturales que codeterminan el comportamiento de los inventarios (Mora 2023; Waters 2019).

La investigación cuantitativa comienza con la obtención de series temporales que comprenden el stock de inventario, el patrón de consumo, los costes operativos y los plazos de reposición de los insumos críticos. A través de representaciones gráficas, análisis de correlaciones y otras técnicas estadísticas, se pueden extraer patrones que sustentan la optimización del control de inventarios. En este marco, se aplicará un modelo ARIMA para estimar la demanda futura de los materiales con mayor prioridad. Los pronósticos se revisarán de forma periódica, permitiendo la adaptación casi instantánea de los umbrales de seguridad y su correspondiente alineación con la clasificación ABC, que ordena los elementos en función de su repercusión operativa. Esta visión complementaria habilitará a OMIA Colombia S.A.S. a orientar los esfuerzos hacia los insumos cuyo faltante podría bloquear unidades críticas, en específico, los motogeneradores y las bombas de inyección de agua; así se limitan las tensiones sobre el presupuesto y se asegura la disponibilidad ininterrumpida de las piezas fundamentales. De acuerdo con Mora (2023), la adopción del presente enfoque genera un control de inventario más eficaz, al tiempo que propicia correcciones predictivas sustentadas en las expectativas de demanda y en el comportamiento histórico de los insumos.

La adopción de SAP MM (SAP Material Management) se considera un elemento clave, dado que proporcionará la capacidad de monitorear los inventarios en tiempo real. A través de esta herramienta, OMIA Colombia S.A.S. podrá ajustar de manera ágil los umbrales de inventario en función de la demanda proyectada, lo que no solo incrementará la eficiencia operativa, sino que también contribuirá a disminuir los costos de almacenamiento de los materiales que no son críticos (Budiman 2022; Lepenioti et al. 2020).

Enfoque Cualitativo

Este estudio adopta un enfoque cualitativo destinado a captar, desde el interior, el modo en que se estructuran las rutinas cotidianas de los responsables de inventarios y de los equipos de mantenimiento en OMIA Colombia S.A.S. Para ello, se recurrirá a entrevistas semiestructuradas, formularios de preguntas abiertas y a la observación participante directa, en el propio lugar de trabajo. Esta triangulación metodológica está diseñada para exponer las barreras que, de modo tácito, perturban el tránsito de los suministros, así como para señalar, desde la práctica, áreas precisas en las que es posible operar mejoras. Los relatos verbales y las anotaciones de campo se combinarán posteriormente con la información derivada del análisis cuantitativo, de forma que los desafíos cuantificados adquieran un sentido más matizado y humanizado (Moreno 2023; Waters 2019).

El estudio pondrá un énfasis particular en la convergencia de los departamentos de mantenimiento, logística y compras, toda vez que una colaboración coordinada en esta interfaz resulta crucial para incrementar la eficacia operativa y gestionar adecuadamente los materiales de mayor criticidad. La bibliografía especializada ha mostrado que la incorporación de sistemas de Business Intelligence (BI) y el análisis de Big Data facilitan la planeación proactiva y el ajuste en tiempo real de los inventarios, favoreciendo así una toma de decisiones más

informada y una agilidad superior ante los cambios en la demanda (Moreno 2023; Budiman 2022).

Recopilación de Datos

La recopilación de datos será esencial para el análisis y la validación de los modelos propuestos. Se utilizarán los siguientes métodos:

Análisis de documentos: Se revisarán los informes operativos, los registros de mantenimiento y los archivos de inventario de OMIA Colombia S.A.S. para obtener datos históricos sobre los niveles de inventario y las tendencias en el consumo de repuestos.

Datos históricos: Se recogerán datos relacionados con el consumo de repuestos, fallos de equipos y los costos asociados. Esta información será clave para desarrollar modelos predictivos y detectar tendencias en la gestión de inventarios.

Entrevistas y encuestas: Se realizarán entrevistas estructuradas y encuestas con los informantes clave dentro de la organización (gerentes de inventarios, técnicos de mantenimiento y personal operativo) para conocer sus percepciones sobre las prácticas actuales de gestión de inventarios y explorar posibles áreas de mejora.

Observación directa: Esta técnica permitirá observar los flujos de materiales y repuestos en las operaciones diarias, identificando posibles inefficiencias o áreas de mejora que no podrían ser detectadas a través del análisis cuantitativo.

Análisis de Datos

Los datos recolectados pasarán por una serie de pruebas estadísticas y de modelado predictivo de última generación. Esa fase inicial convierte simples cifras en pronósticos

revestidos de sentido práctico. Un primer enfoque será la familia ARIMA; este algoritmo clásico se encargará de trazar la trayectoria futura de repuestos y materias. Así, los niveles de inventario pueden sincronizarse con lo que el horizonte vislumbre, evitando los frecuentes cuellos de botella y sobrantes que ensucian la logística petrolera, junto a esa serie temporal, una clasificación ABC ofrecerá un retrato jerárquico de los insumos. Los ítems que mueven la aguja operativa aparecen en la cima y, en consecuencia, reciben la atención preferente, guía para una distribución de recursos más afinada.

También se añadirá un análisis DOFA para examinar el sistema de almacén en espejo. Fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas se alinean en esa matriz, y el ejercicio deja al descubierto qué es necesario ajustar y dónde. Finalmente, un conjunto de indicadores clave-KPI en la jerga- medirá el pulso de toda la operación. Con ellos se juzga la fluidez de los materiales, se cuantifica el ahorro generado por las nuevas rutinas y, en resumen, se decide si la propuesta tiene motivos para prosperar.

Validación y Pruebas Piloto

Cuando los modelos predictivos y el esquema de clasificación ABC hayan sido afinados, darán paso a una prueba piloto dentro de OMIA Colombia S.A.S. Dicha prueba permitirá calibrar la eficacia de los algoritmos en la pista real, brindando una primera mirada a cómo responden los inventarios bajo el nuevo diseño. Al mismo tiempo, se correrán simulaciones operativas que repliquen las dinámicas diarias de la empresa, con el fin de verificar si el esquema cumple con los objetivos de hacer los materiales siempre disponibles y de recortar costos sin sacrificar el servicio y poder dar la veracidad de la implantación del modelo. Los hallazgos de esta fase servirán, además, para ajustar en tiempo real las tácticas de manejo de existencias y garantizar que la transición sea fluida y útil.

Análisis de datos

En la actualidad, OMIA Colombia S.A.S. administra su inventario bajo un esquema estructurado basado en el modelo Min-Max, que establece dos umbrales —mínimo y máximo— para garantizar la disponibilidad de insumos esenciales sin comprometer el flujo de caja por exceso de stock. Este sistema se actualiza semanalmente, permitiendo al equipo de inventarios identificar faltantes urgentes y diferenciar entre insumos prioritarios y materiales secundarios. Esta dinámica semanal contribuye a evitar la acumulación de materiales innecesarios en bodega, optimizando tanto el uso del espacio físico como la gestión financiera de la empresa (Waters 2019).

A pesar de estos controles, el modelo Min-Max presenta limitaciones notables frente a la volatilidad de la demanda, la diversidad de materiales y la necesidad de priorización en función del impacto operacional. Al aplicar un criterio uniforme para todos los artículos, no se distingue la verdadera criticidad de los insumos, lo que lleva a situaciones de exceso de materiales poco relevantes y, simultáneamente, a escasez de repuestos estratégicos. Como señalan Mora (2019) y Budiman (2022), los modelos de inventario tradicionales suelen fallar cuando las variaciones en el consumo no siguen patrones regulares y cuando la flexibilidad operativa es una necesidad constante en industrias de alto riesgo como la petrolera.

El procedimiento actual en OMIA Colombia S.A.S. clasifica el stock en dos grandes grupos: materiales críticos —sin los cuales la operación se detendría— y materiales secundarios, que pueden gestionarse con mayor elasticidad. Una vez definidos estos grupos, se monitorean los niveles actuales de inventario en relación con los umbrales establecidos. Cuando algún insumo cae fuera del rango aceptable, el sistema emite alertas automáticas,

facilitando la detección oportuna de problemas como escasez de piezas vitales o acumulación de stock sin rotación. No obstante, este método no contempla las fluctuaciones estacionales ni los cambios de demanda a largo plazo, por lo que se siguen presentando periodos de desabastecimiento o de sobreinventario, afectando la eficiencia operativa y financiera (Lepenioti et al. 2020).

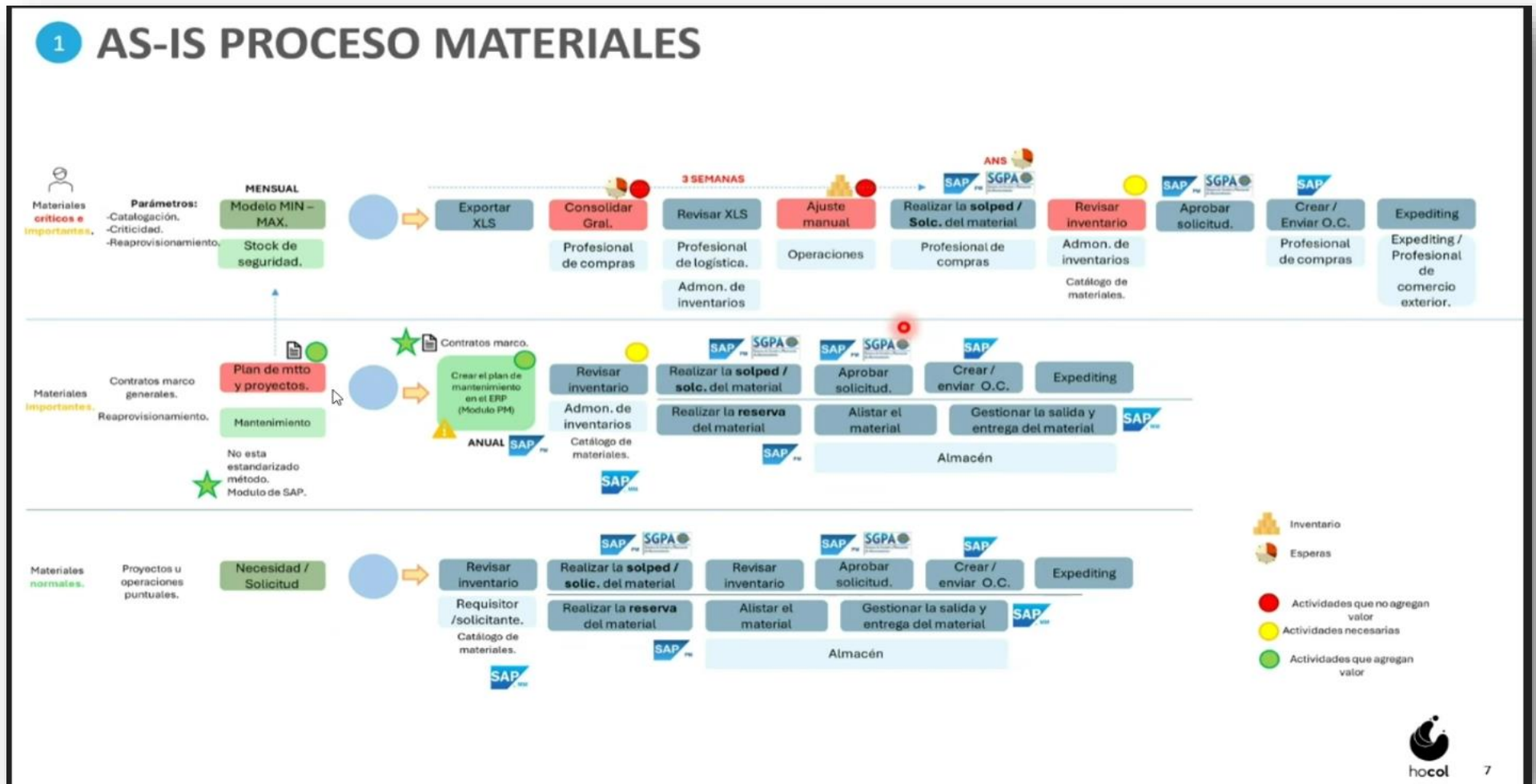
Las limitaciones del modelo Min-Max también se evidencian en la gestión administrativa. Los procesos actuales pueden verse entorpecidos por demoras en las órdenes de compra, requerimientos documentales estrictos y periodos estándar de reposición, lo que ha resultado en paradas operativas no programadas y pérdida de horas productivas. La literatura especializada coincide en que la falta de integración de la gestión de inventarios con herramientas analíticas y sistemas avanzados de monitoreo incrementa la vulnerabilidad de las organizaciones ante imprevistos logísticos (Waters 2019; (Budiman, I. , 2022)).

Ante estas problemáticas, la adopción del modelo ABC se presenta como una solución eficaz. Esta metodología permite clasificar los materiales según su impacto real en la operación, priorizando la gestión y reposición de los insumos de Clase A —los más críticos— y permitiendo una administración flexible de los materiales de Clase B y C. Esta transición no solo ayuda a liberar capital inmovilizado en inventario de baja rotación, sino que también optimiza la respuesta ante cambios en la demanda, asegurando que los materiales estratégicos estén siempre disponibles para evitar paradas en los procesos productivos (Mora 2019; Lepenioti et al. 2020).

La imagen "As-Is Proceso de Materiales" representa visualmente el flujo actual de gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S., desde la clasificación inicial de materiales hasta la revisión y ajuste semanal de los niveles de stock. En este diagrama, la etapa de

espera resalta como un punto crítico de ineficiencia, ya que los materiales pueden permanecer estancados por demoras en la documentación o en las solicitudes de reposición, afectando la continuidad operacional y la capacidad de respuesta ante eventualidades. La implementación del modelo ABC permitirá reducir estos tiempos de espera, optimizar la disponibilidad de los materiales críticos y mejorar la eficiencia integral del proceso logístico y de mantenimiento (Budiman 2022).

Ilustración 3 As-is proceso de materiales.



Nota: La ilustración 3 “As-Is Proceso de Materiales” muestra el flujo actual de la gestión de inventarios en la empresa, desde la clasificación de materiales en dos categorías: Importantes y Normales. Destaca las etapas de verificación y seguimiento, y muestra cómo los materiales se gestionan según su prioridad operativa.

Oportunidades de Mejora y Optimización.

La revisión reciente del sistema de gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S. señala que, a pesar de los logros que ha permitido el esquema Min-Max y el orden de artículos por clasificación ABC, aún coexisten cuellos de botella que frenan la operatividad. Específicamente, la reducción de tiempos de espera, la armonización entre áreas y la adopción de políticas de reposición más dinámicas aparecen como frentes inmediatos para contener costos y elevar el control sobre los stocks.

El dispositivo de límites mínimo-máximo, diseñado para mantener disponibles los suministros estratégicos sin encerrar capital en exceso, comienza a mostrar su rigidez. Se queda corto frente a oscilaciones bruscas de demanda y, lo que es más crítico, omite un corte ágil entre lo realmente vital para el mantenimiento y lo secundario. Esta falta de adaptabilidad puede traducirse, en una quincena escasa de materiales decisivos, o bien en estantes abarrotados de piezas que en ese momento no se requieren.

Transición del Modelo de Inventario Min-Max al ABC

La transición hacia el modelo ABC busca levantar las restricciones actuales de gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S. Al incorporar esta clasificación, la empresa puede operar con mayor agilidad y responder mejor a sus exigencias diarias, en lugar de seguir un calendario rígido.

La primera categoría, Clase A, alberga aquellos insumos cuyo absentismo podría detener el ritmo habitual del trabajo. Un control estricto protege esa disponibilidad, pues cualquier quiebre en su suministro se traduce, casi siempre, en horas-hombre perdidas y en costos directos.

La segunda, Clase B, incluye material importante pero no fatal. Su escasez no apaga inmediatamente la maquinaria, aunque sí podría mermar la productividad si la quietud se alarga.

La tercera categoría, finalmente, corresponde a los artículos del grupo C, donde la gestión se relaja casi por completo. Se compran y se usan según se presentan y, dado su carácter no crítico, su ausencia rara vez deja huella en la operación cotidiana.

La introducción del modelo ABC en OMIA Colombia S.A.S. permitirá que la empresa asigne sus recursos de una manera más ponderada. Los insumos estratégicos estarán siempre a mano, en tanto que aquellos de repercusión secundaria se pueden disponerse con mayor soltura. Tal reasignación no solo mitiga el peligro de quiebres en el suministro, sino que además frena la acumulación indebida de productos que rara vez se emplean.

Razonamientos para el Cambio

El esquema Min-Max cumple, por supuesto, con el deber de no dejar que bajar inventarios cruce cierto límite. Su rigidez, sin embargo, termina jugándole en contra a las operaciones del sector petrolero. Un paro imprevisto, un desperfecto mecánico o un giro repentino en las condiciones del pozo obligan a moverse rápidamente; el Min-Max, en esas

circunstancias, se queda corto y deja a la compañía o sin repuestos clave o, por el contrario, ahogada en mercancía de bajo impacto.

El sistema ABC, por su parte, segmenta el inventario en tres clases distintas y concede a los gestores una visibilidad más precisa sobre cada grupo de activos. En consecuencia, el modelo apoya una administración de los recursos que mantiene los insumos críticos al alcance y al mismo tiempo libera a los artículos menos relevantes de un control riguroso. Los materiales señalados como Clase A reciben atención preferencial, en tanto que los catalogados como Clase C pueden moverse con mayor soltura y adaptarse a la fluctuación de la demanda.

Beneficios de Implementar el Modelo ABC

La adopción del modelo ABC ofrece múltiples beneficios para OMIA Colombia S.A.S.:

Optimización de los niveles de inventario: El modelo ABC facilita la priorización de los materiales más críticos, asegurando que estén siempre disponibles sin generar excesos de inventario de materiales no esenciales.

Reducción de costos operativos: Al optimizar los niveles de inventario y reducir el almacenamiento de materiales no críticos, se disminuyen los costos asociados con el almacenaje y la gestión de inventarios.

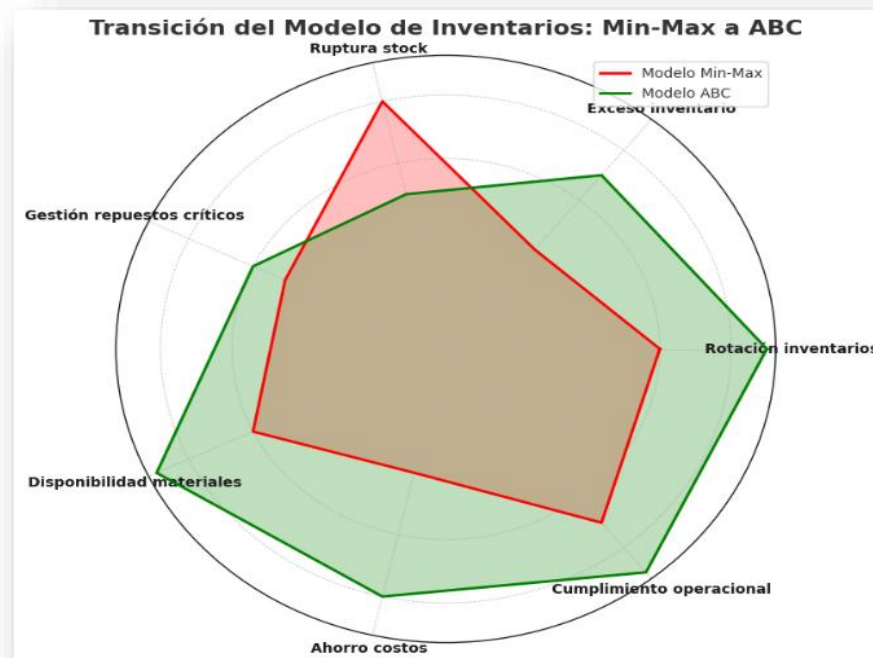
Mejora de la disponibilidad de materiales críticos: El modelo ABC garantiza que los materiales esenciales estén siempre disponibles, minimizando el riesgo de paradas operativas imprevistas y mejorando la continuidad de las operaciones de OMIA Colombia S.A.S.

Aumento de la eficiencia operativa: La flexibilidad que ofrece el modelo ABC para los materiales menos críticos permite una gestión más dinámica de los recursos, mejorando la eficiencia operativa sin comprometer la disponibilidad de materiales clave.

Implementación del Modelo ABC con SAP MM

La integración del modelo ABC con SAP MM es esencial para mejorar la precisión en la gestión de inventarios y garantizar la disponibilidad de materiales cuando se necesiten. SAP MM permitirá gestionar los inventarios en tiempo real, facilitando ajustes dinámicos basados en la demanda anticipada y en el análisis de tendencias históricas. Esta integración mejorará la planificación predictiva, reduciendo tanto el exceso de inventarios como el riesgo de escasez de materiales críticos, optimizando el uso de los recursos y contribuyendo a una mayor eficiencia operativa.

Ilustración 4 Integración de modelos. Min Max, ABC



Integración de modelos. Min Max, ABC Fuente propia basado en consumos Tolima 2024.

Nota: La gráfica de radar compara el planteamiento tradicional Min-Max con el enfoque ABC, a partir de parámetros centrales para el manejo de inventarios. Cada uno de los ejes mide una dimensión específica: rotación mensual, sobrantes en bodega, faltantes en línea, control de partes esenciales, cobertura listada, ahorro monetario y cumplimiento de plazos. La trayectoria del esquema Min-Max, marcada en rojo, revela dificultades en el abastecimiento de piezas críticas y en el asegurar material constante, lo que acrecienta el riesgo de acumular exceso sin contraprestación operativa equivalente. En contraste, la curva del modelo ABC, señalada en verde, sobresale en reducir costos, mantener producto en mano y custodiar refacciones clave, lo cual se traduce en una distribución más afinada de recursos y en un funcionamiento general más eficiente.

Ilustración 5 Motogenerador OMIA.



Nota: Motogenerador Fuente propia OMIA.

Tabla 1 Ejemplo de Soporte de Inventario Extraído (Basado Consumos Primer trimestre de OMIA S.A.S 2025)

Material	Código	Cantidad Actual	Nivel Mínimo	Nivel Máximo	Proveedor	Tiempo de Reposición	Costo Unitario
Rodamiento Generador Diésel	10012	20	10	40	Proveedor A	7 días	\$150
Rotor Generador Gas	10015	12	8	25	Proveedor B	10 días	\$450
Filtro Lubricante MOBIL PEGASUS 805	20034	30	15	50	Proveedor C	10 días	\$520
Bomba de Inyección Agua	30045	28	20	55	Proveedor D	5 días	\$200
Junta Tórica Generador	40011	50	30	70	Proveedor A	7 días	\$25
Aceite Lubricante Motor Waukesha	50020	40	20	60	Proveedor C	10 días	\$600

Análisis de Inventarios. Fuente propia basado en consumos Tolima 2024.

Ilustración 6 Inventario OMIA 2024.



Nota: inventario OMIA 2024.

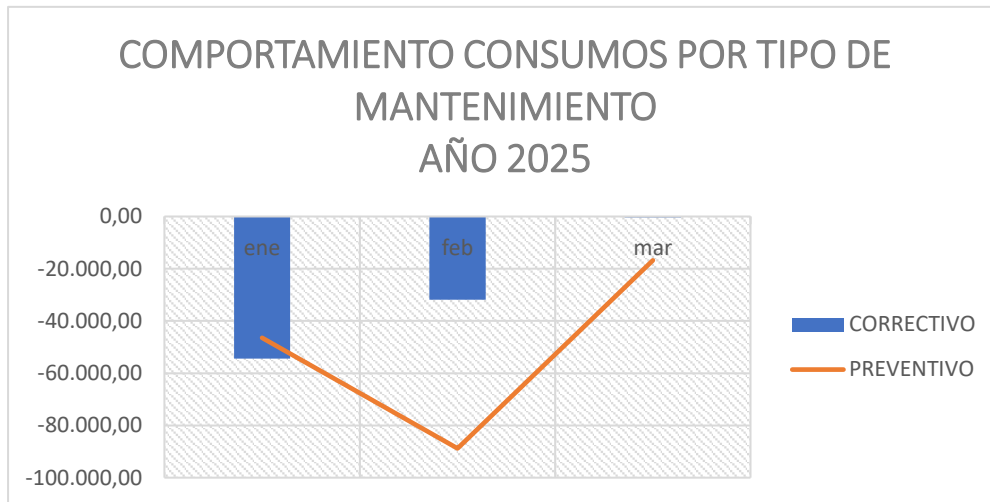
Ilustración 6 Inventarios Primer trimestre 2025 consumos Tolima.

Centro	(Todas)			
Suma de Vr. Total USD Tipop Mantenimiento				
Mes		CORRECTIVO	PREVENTIVO	Total general
ene		-54.378,67	-46.452,06	-100.830,73
feb		-31.883,71	-88.799,13	-120.682,84
mar		-377,97	-16.799,16	-17.177,13
Total general		-86.640,35	-152.050,35	-238.690,70

Inventarios Primer trimestre 2025 consumos Tolima. Fuente propia.

Nota La imagen 6 y 7, muestra dos tablas relacionadas con la gestión de inventarios y el análisis de costos en la empresa para primer trimestre 2025.

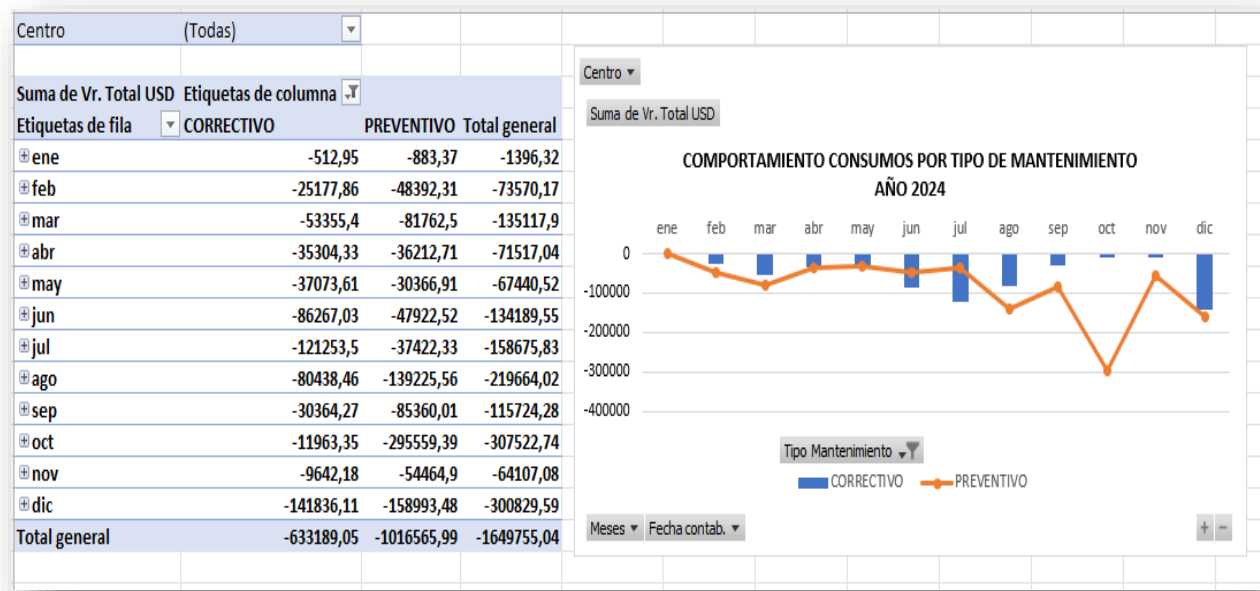
Ilustración 7 Comportamiento de consumos 2025.



Análisis de inventario primer trimestre 2025. Fuente propia.

Nota: la ilustración 6, muestra un gráfico de barras que compara los consumos de materiales para mantenimiento correctivo (barras azules) y preventivo (líneas naranjas) durante el primer trimestre de 2025. El consumo correctivo muestra un pico en febrero, mientras que el preventivo disminuye en enero y aumenta en marzo. Este gráfico ilustra las variaciones en los tipos de mantenimiento, ayudando a identificar los períodos de mayor reposición de materiales. La fuente de los datos es propia, basada en los consumos de Tolima para 2025.

Ilustración 7 Inventarios 2024.



Inventarios 2024. Fuente propia.

Nota:la ilustración 7, presenta una tabla y un gráfico que muestran los consumos mensuales de materiales para mantenimiento correctivo (barras azules) y preventivo (línea naranja) en 2024. La tabla detalla los valores en dólares, destacando picos en junio (correctivo) y noviembre (preventivo). El gráfico visualiza estas fluctuaciones, ayudando a identificar los períodos críticos y optimizar la gestión de inventarios.

Contexto y Formulación del Problema Actual

Al examinar el proceso actual de gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S., se ha identificado que, aunque el modelo Min-Max y la clasificación de materiales constituyen herramientas valiosas, existen aspectos fundamentales que podrían optimizarse para mejorar la eficiencia operativa. En particular, se destacan oportunidades significativas para reducir los tiempos de espera, fortalecer la coordinación entre los distintos departamentos y aplicar

políticas de reposición más ágiles y efectivas. Según (Acosta García, L. M., 2012), en industrias como la construcción, el avance en la gestión de inventarios está estrechamente relacionado con la precisión de los pronósticos de demanda y la adopción de tecnologías modernas. En ese sentido, la incorporación de herramientas tecnológicas como SAP MM y Business Intelligence (BI) facilitaría una gestión más exacta de los inventarios, al mismo tiempo que contribuiría a minimizar costos operativos innecesarios.

En la actualidad, OMIA Colombia S.A.S. aplica el modelo Min-Max para manejar su inventario. De forma sencilla, el método fija techos y pisos numéricos que impiden tanto el desabastecimiento como el bloqueo de capital en mercancía ociosa. Cada semana, el equipo operativo examina esos márgenes y detecta a qué insumos escasea la bodega. Esa práctica rutinaria ayuda a priorizar qué se compra primero y evita que los activos vitales se queden sin respaldo. El esquema, sin embargo, tropieza con su inflexibilidad; un fallo inesperado en una grúa o una parada no programada suelen desbordar los parámetros establecidos. Otra debilidad es la distribución uniforme de los pedidos: a veces se acaparan repuestos menores y, en cambio, las piezas críticas llegan tarde. (OMIA., 2024)

Transición del Modelo Min-Max al Modelo ABC

Para resolver estas limitaciones, se propone la transición hacia el modelo ABC, que ofrece un enfoque más flexible y adecuado a las necesidades operativas de OMIA Colombia S.A.S. El modelo ABC clasifica los materiales en tres categorías, priorizando aquellos que son más críticos para las operaciones:

Clase A: Materiales cruciales para la continuidad de las operaciones. Estos materiales deben estar siempre disponibles, y su gestión requiere un control estricto para evitar cualquier interrupción en la operación.

Clase B: Materiales importantes, cuya escasez no causaría una interrupción inmediata de las operaciones. Sin embargo, es necesario mantener un control adecuado para evitar que afecten la productividad.

Clase C: Materiales de bajo impacto, cuya disponibilidad puede gestionarse de manera más flexible, optimizando los recursos y evitando la inmovilización innecesaria de capital.

La implementación del modelo ABC permitirá que OMIA Colombia S.A.S. priorice los materiales más críticos, asegurando su disponibilidad continua sin generar excesos de inventario en los materiales no esenciales. Esta transición también ayudará a optimizar los costos operativos, reduciendo la gestión de materiales no críticos y liberando recursos para los materiales más importantes.

Beneficios del Modelo ABC

La adopción del modelo ABC trae consigo múltiples beneficios para OMIA Colombia S.A.S., los cuales están alineados con los objetivos del proyecto:

Reducción de costos operativos: Optimizar los niveles de inventario mediante el modelo ABC elimina los excesos de materiales no esenciales, lo que reduce significativamente los costos de almacenamiento y gestión.

Mejora en la disponibilidad de materiales críticos: Al asegurar que los materiales de Clase A estén siempre disponibles, el modelo ABC elimina el riesgo de paradas operativas no planificadas y garantiza la continuidad de las operaciones.

Planificación anticipada de compras: El modelo ABC facilita la planificación de compras de manera anticipada, evitando compras urgentes que pueden generar costos adicionales y desajustes en los flujos de materiales.

Uso eficiente de recursos: Priorizar los materiales más críticos (Clase A) permite un control más riguroso sobre los recursos esenciales para la operación, mientras que los materiales de Clase B y C pueden ser gestionados con mayor flexibilidad operativa, optimizando el capital y la asignación de recursos.

Integración con Herramientas Tecnológicas

Para maximizar los beneficios del modelo ABC, es fundamental integrarlo con herramientas tecnológicas avanzadas como SAP MM y Business Intelligence (BI), que permiten la gestión en tiempo real de los inventarios. Según Lepenioti et al. (2020), el uso de SAP MM combinado con BI mejora la precisión de la gestión de inventarios, permitiendo ajustes dinámicos según las fluctuaciones de la demanda y mejorando la planificación predictiva de las compras.

Estas herramientas permitirán a OMIA Colombia S.A.S. no solo monitorear los niveles de inventario en tiempo real, sino también realizar ajustes estratégicos en función de las variaciones operativas y de demanda. Esto garantizará una gestión eficiente de los materiales críticos, reduciendo los costos asociados al almacenamiento excesivo de materiales no esenciales y mejorando la competitividad de la empresa.

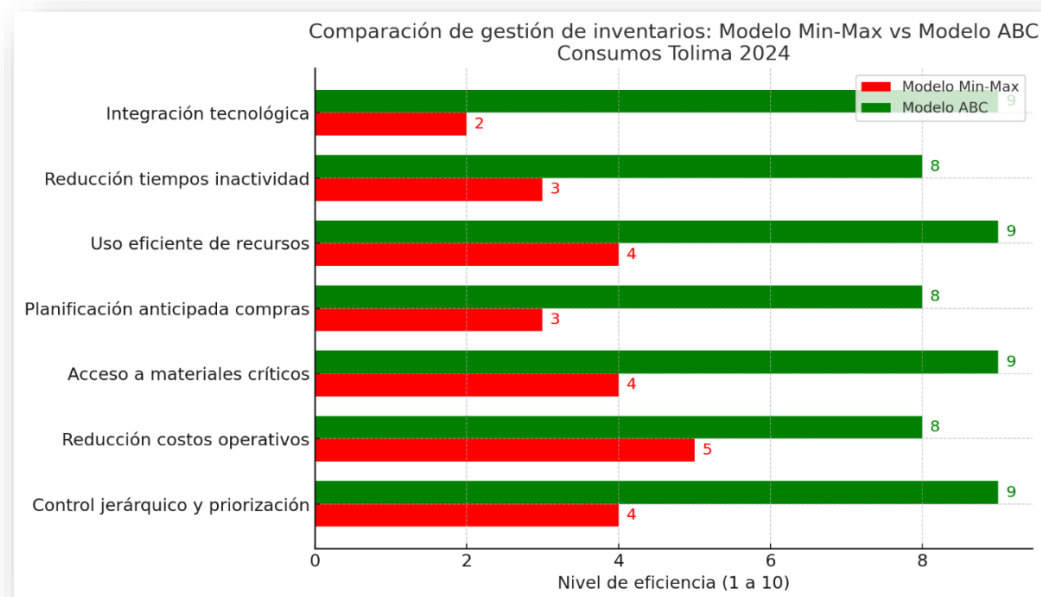
Reducción del Tiempo de Inactividad No Planificado

Uno de los beneficios más destacados de implementar el modelo ABC en OMIA Colombia S.A.S. es la significativa reducción del tiempo de inactividad no planificado. Al

garantizar que los materiales críticos de Clase A estén siempre disponibles, se minimizan las interrupciones operativas, lo cual es una fuente importante de pérdidas económicas en la industria petrolera. Además, este sistema contribuirá a mejorar la efectividad operativa, asegurando que las piezas esenciales estén disponibles cuando se necesiten.

Por otro lado, la integración de mantenimiento predictivo y el uso de modelos de Mantenimiento Basado en Confiabilidad (RCM), que pueden combinarse con el modelo ABC, permitirá a OMIA Colombia S.A.S. anticipar posibles fallos de equipos y realizar mantenimientos preventivos de manera eficiente. Esto reducirá la necesidad de reparaciones urgentes y, al mismo tiempo, mejorará la productividad general de la planta.

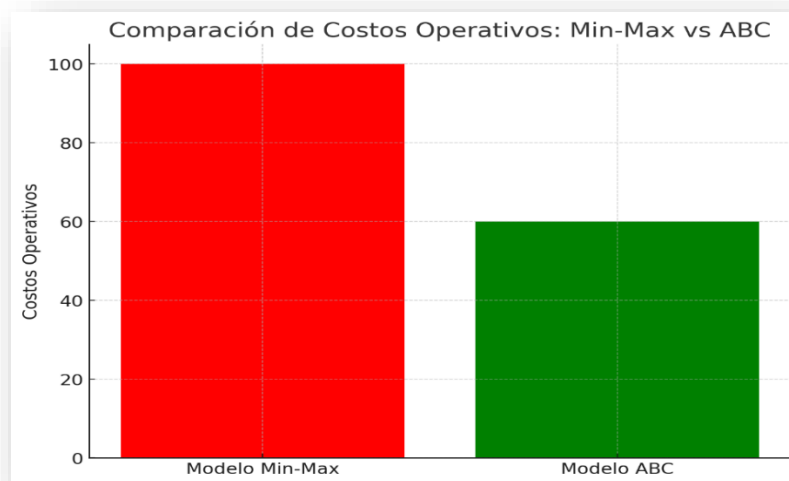
Ilustración 8 Distribución de materiales por clase en el modelo ABC.



Distribución de materiales. Fuente propia con base a consumos Tolima 2024.

Nota: La ilustración 8 presenta una comparativa del desempeño en la gestión de inventarios que Tolima podría emplear en 2024, probando los esquemas Min-Max y ABC contra seis factores que suelen marcar la agenda de los administradores. Cada aspecto se valora del uno al diez, y el cuadro habla claro: el ABC cosecha casi nueves en acceso a materiales vitales, planificación anticipada y contención de gastos. Por su parte el Min-Max, aunque sencillo, se queda rezagado en la integración de tecnología y el control que exige a la jerarquía. La lectura no deja lugar a dudas: el ABC robustece la eficiencia operativa.

Ilustración 9 Comparación de costos Operativos: Min-Max Vs ABC



Comparación de costos USD. Fuente propia con base a consumos Tolima 2024.

Nota: La ilustración 9, compara los costos operativos entre los modelos **Min-Max** (barra roja) y **ABC** (barra verde). El modelo **Min-Max** genera mayores costos, mientras que el **ABC** reduce significativamente estos costos, destacándose en la gestión eficiente de materiales críticos.

Análisis del Impacto de la Mejora en Objetivos Estratégicos.

La adopción del modelo ABC está pensada para revitalizar la eficiencia operativa de la empresa en un plazo relativamente corto. En principio, el esquema prioriza la clasificación de activos y de ese modo limita las horas muertas que hoy parecen inevitables.

Hocol (2024), en su propuesta reciente sobre gestión de abastecimientos, sostiene que al ordenar los recursos por importancia se gana en disponibilidad. Esa disponibilidad, por el simple efecto en la continuidad del trabajo, termina arrastrando a la productividad hacia arriba. En el camino, los gastos que absorben el almacenamiento y la compra de material tienden a disminuir, a veces de forma bastante notable.

Un impacto adicional, que no hay que subestimar, es la mejora en los procesos logísticos; eso alivia el uso del capital y acorta el ciclo de recursos. Para que todo esto funcione en movimientos cotidianos, herramientas de Business Intelligence y análisis masivo de datos ofrecerán un paneo dinámico sobre el inventario y permitirán ajustar las cantidades en tiempo real.

Esto facilitará una toma de decisiones más precisa, basada en la demanda, y permitirá una gestión más ágil de los niveles de stock y las compras en función de los cambios en el entorno operativo (Hocol., 2024).

Flujograma de la Gestión de Inventarios.

La imagen siguiente, flujograma de la gestión de inventarios, diagrama los procesos fundamentales sobre el flujo de los materiales, así como la recepción y el corte de los materiales y el ajuste de inventarios según la demanda.

Ilustración 10 *Flujograma proceso de abastecimiento*

Flujo Proceso de Abastecimiento

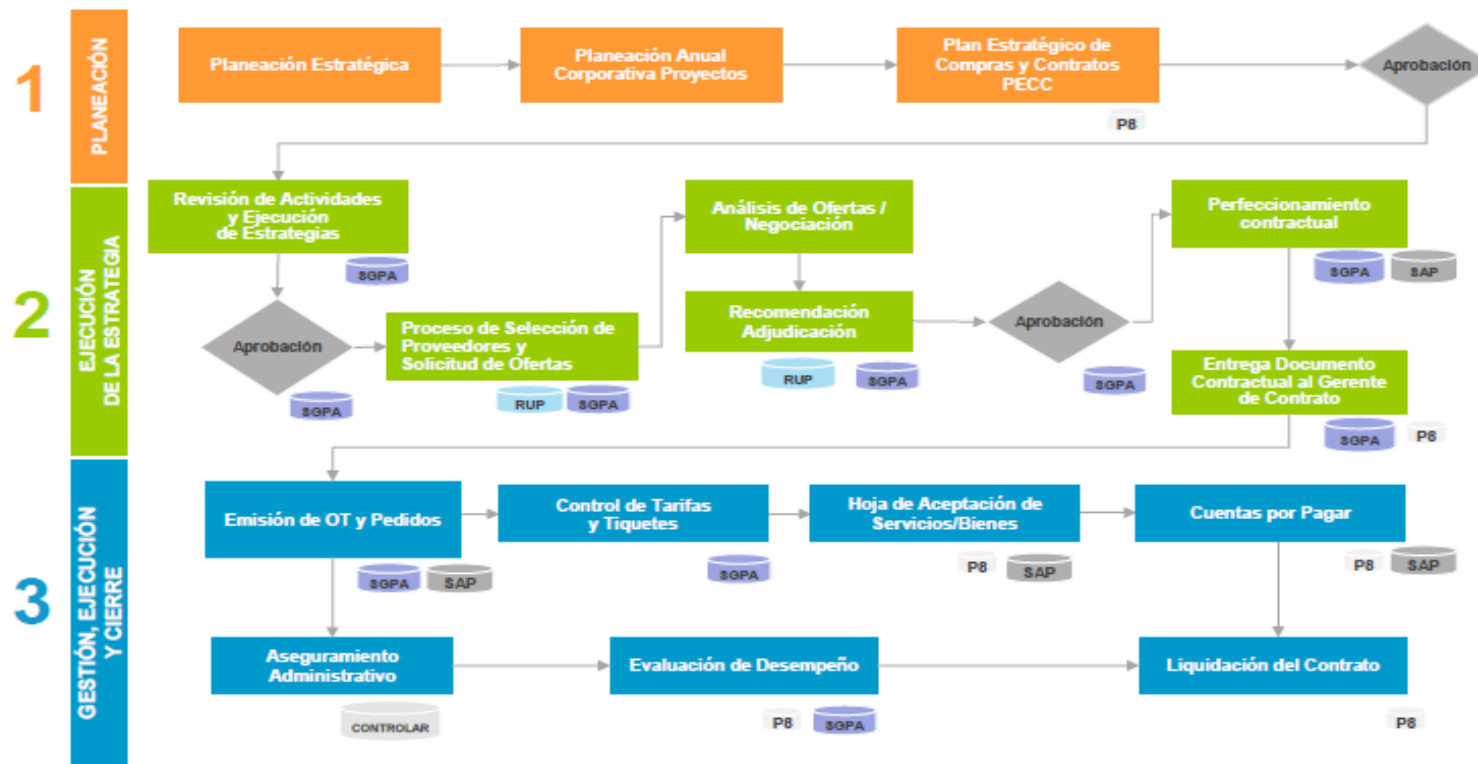
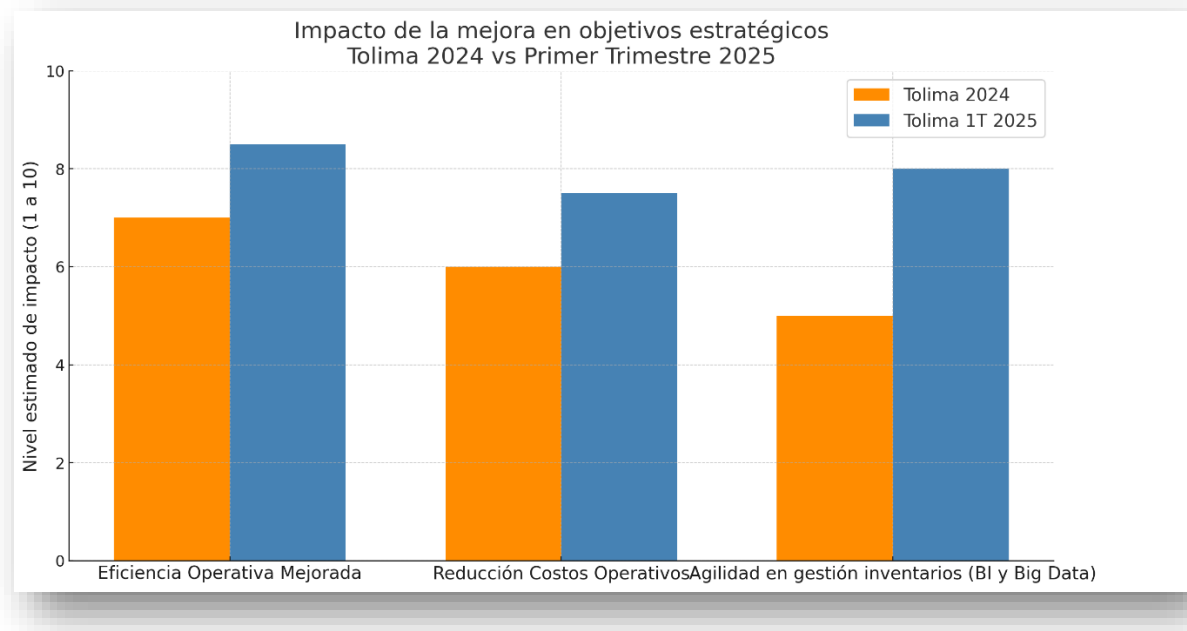


Diagrama de proceso de abastecimiento. Tomado de Abastecimiento y logística de bienes y servicios HOCOL.

Nota: La ilustración 10, muestra un flujograma del proceso de abastecimiento en la industria Oil & Gas, desde la planificación estratégica hasta la legalización de contratos. Resalta la importancia de la coordinación entre departamentos y los flujos de información para garantizar la eficiencia operativa y el abastecimiento adecuado de materiales esenciales.

Ilustración 11 Impacto de la mejora basada en objetivos de consumos Tolima.



Impacto de la mejora basada en objetivos de consumos Tolima.

Nota: La ilustración 11, compara los consumos de Tolima 2024 y el primer trimestre de 2025, destacando mejoras en tres objetivos clave: Eficiencia Operativa Mejorada, Reducción de Costos Operativos y Agilidad en la Gestión de Inventarios. El gráfico muestra una mejora significativa en eficiencia operativa en 2025, mientras que la reducción de costos muestra una ligera mejora en comparación con 2024.

Desarrollo de objetivos

Objetivo 1 - Análisis de la situación actual de la gestión de inventarios.

Describir la gestión de inventarios en SAP MM identificando las limitaciones del modelo Min-Max utilizado actualmente en la empresa

Reconocimiento de los Principios Fundamentales en la Gestión de un Sistema de Control de Inventarios

La gestión de inventarios en la industria petrolera es clave para garantizar la eficiencia operativa y la continuidad de las operaciones. En OMIA Colombia S.A.S., la disponibilidad de piezas de repuesto y materiales críticos tiene un impacto directo en la capacidad de realizar mantenimientos preventivos y correctivos a activos esenciales, como motogeneradores y bombas de inyección de agua. Para lograr una gestión eficiente, el sistema de control de inventarios debe asegurar que estos materiales estén disponibles cuando se necesiten, reduciendo el tiempo de inactividad de los equipos y optimizando los recursos.

Actualmente, OMIA Colombia S.A.S. utiliza el modelo Min-Max, que establece límites de inventario tanto mínimos como máximos para evitar tanto la escasez como el exceso de materiales. Este modelo se ajusta semanalmente, lo que ayuda a mantener un equilibrio entre la disponibilidad de materiales y los costos de almacenamiento. Aunque el modelo es útil para mantener niveles básicos de inventarios, presenta limitaciones importantes en el contexto operativo de OMIA Colombia S.A.S. debido a la variabilidad en la demanda de materiales y la falta de priorización según la criticidad operativa de los materiales. Como señala Chica Mejía (2015), el modelo Min-Max no toma en cuenta la variabilidad de la demanda ni la jerarquización de los materiales, lo que puede generar problemas en la asignación de recursos.

Diagnóstico y Limitaciones del Sistema Actual de Gestión de Inventarios

El modelo Min-Max ha operado bajo un sistema de verificación periódica semanal de inventarios, pero presenta dificultades evidentes en la práctica:

Exceso de Inventario: Al establecer límites fijos de stock, el modelo puede generar un exceso de materiales no críticos, como repuestos para equipos poco utilizados. Esto inmoviliza capital y ocupa espacio de almacenamiento innecesario, lo que incrementa los costos operativos y dificulta la gestión de materiales más importantes.

Escasez de Materiales Críticos: La falta de materiales críticos, como los repuestos para motogeneradores, es un problema recurrente debido a la falta de flexibilidad en la reposición de inventarios. En situaciones de fallos imprevistos o paradas no programadas, el modelo Min-Max no garantiza la disponibilidad inmediata de estos materiales, lo que puede generar costosas paradas operativas.

Falta de Visibilidad en Tiempo Real: El modelo Min-Max no permite monitorear dinámicamente los niveles de inventarios en tiempo real, lo que impide realizar ajustes estratégicos rápidos y adecuados. Esto contribuye a la ineficiencia operativa y a la falta de disponibilidad de materiales críticos cuando más se necesitan.

Retrasos en la Adquisición de Materiales Críticos: El enfoque reactivo del modelo Min-Max genera retrasos en la adquisición de materiales, ya que el sistema no anticipa necesidades operativas urgentes. Esto compromete la continuidad operativa y genera costos adicionales por compras urgentes.

El modelo Min-Max ha demostrado ser útil en la gestión básica de inventarios, pero no es suficiente para satisfacer las necesidades operativas de OMIA Colombia S.A.S.,

especialmente en lo que respecta a la flexibilidad y adaptación a cambios imprevistos. Como se indica en el informe de (Hocol. , 2022), los modelos de inventarios estáticos como el Min-Max tienden a ser ineficaces en escenarios de alta variabilidad en la demanda, lo que puede resultar en excesos de inventario o escasez de materiales críticos. Esta falta de flexibilidad genera ineficiencias, como el almacenamiento de materiales no esenciales y la falta de repuestos en situaciones críticas. La implementación de un sistema más dinámico, basado en análisis predictivos y en tiempo real, sería esencial para mejorar la capacidad de respuesta ante cualquier contingencia operativa (OMIA, 2023 , 2024)

Áreas Para Abordar en la Gestión de Inventarios

Para mejorar la gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S., es crucial superar las limitaciones del modelo actual y explorar áreas de mejora que ofrezcan mayor flexibilidad y eficiencia operativa:

Transición al Modelo ABC

El modelo ABC clasifica los materiales según su importancia operativa y valor estratégico para las operaciones. Los materiales más críticos (Clase A) reciben una alta prioridad en la gestión de inventarios, mientras que los de menor importancia (Clases B y C) se gestionan de manera más flexible. Esta transición, como sugieren Mora (2019) y Lepenioti et al. (2020), optimiza la asignación de recursos, permitiendo una gestión más eficiente de los materiales esenciales y reduciendo los excesos de inventario.

Implementación de Monitoreo en Tiempo Real

La adopción de SAP MM y Business Intelligence (BI), junto con el modelo ABC, permitirá a OMIA Colombia S.A.S. gestionar los inventarios de manera más dinámica y predictiva. Estos sistemas permitirán ajustar los niveles de inventario de forma proactiva según

la demanda real y las predicciones de necesidades. La integración de Big Data ayudará a prever la demanda futura de materiales, reduciendo la dependencia de reposiciones urgentes y mejorando la planificación de compras.

Optimización de la Planificación de Compras

Con el modelo ABC y el análisis predictivo, OMIA Colombia S.A.S. podrá anticipar la demanda de materiales críticos y realizar compras planificadas con anticipación. Esto evitará compras urgentes e ineficientes, y reducirá el riesgo de escasez de materiales esenciales durante paradas imprevistas.

Mejora en la Coordinación Interdepartamental

Una mayor colaboración entre los departamentos de mantenimiento, logística y compras es clave para garantizar una gestión eficiente de inventarios. Mejorando la coordinación, OMIA Colombia S.A.S. podrá lograr un flujo de materiales más ágil y reducir los tiempos de espera de materiales críticos, optimizando los recursos y asegurando la disponibilidad continua de los materiales esenciales.

Solución Propuesta

La propuesta de transición al modelo ABC, junto con la integración de herramientas avanzadas de gestión de inventarios como SAP MM y Business Intelligence, proporcionará a OMIA Colombia S.A.S. una solución flexible y proactiva para optimizar la gestión de inventarios. Este modelo mejorará la disponibilidad de materiales críticos, reducirá el exceso de inventarios y optimizará el manejo de los activos operativos, lo que contribuirá a la eficiencia operativa y sostenibilidad de la empresa a largo plazo.

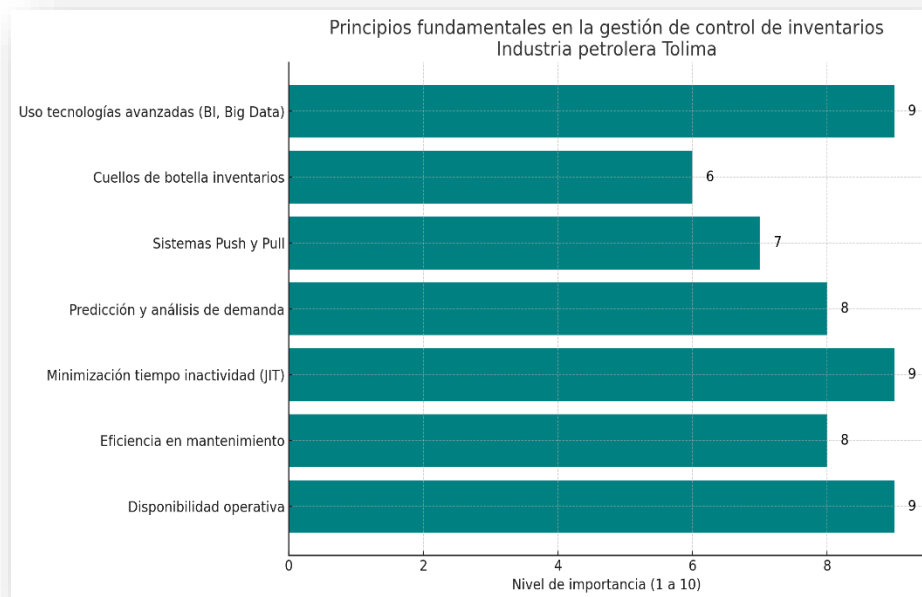


Ilustración 12 Principios fundamentales.

Principios fundamentales. Fuente propia basada en consumos Tolima.

Nota: La ilustración 12, presenta los principios fundamentales de la gestión de inventarios en la industria petrolera. Destaca tres principios clave: Clasificación de Materiales (A: críticos, B: moderados, C: no críticos) para priorizar su disponibilidad, Previsión de Demanda mediante un enfoque predictivo para evitar excesos, y Monitoreo en Tiempo Real con tecnologías como SAP MM y Big Data para optimizar la toma de decisiones y los procesos operativos.

Objetivo 2 - Definición del enfoque de análisis de procesos clave.

Definir Enfoque del Análisis en los Procesos Clave de Gestión de Inventarios para
Identificar Oportunidades de Mejora en OMIA Colombia S.A.S.

El Objetivo 2 se centra en analizar y definir los procesos clave dentro de la gestión de inventarios en OMIA Colombia S.A.S., con el propósito de identificar oportunidades de mejora que permitan optimizar la disponibilidad de materiales críticos y mejorar la eficiencia operativa en el mantenimiento de los activos, particularmente en los campos petroleros de HOCOL S.A. Este objetivo busca proponer intervenciones correctivas que hagan el sistema de gestión más dinámico y flexible, adaptándose mejor a las demandas cambiantes del entorno operativo.

El ingeniero de mantenimiento en OMIA Colombia S.A.S. tiene un papel fundamental en el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos cruciales como motogeneradores y bombas de inyección de agua. La eficiencia de estas tareas depende en gran medida de la disponibilidad oportuna de repuestos y materiales. Una gestión ineficiente de los inventarios puede derivar en altos costos operativos y generar paradas inesperadas, lo que afecta tanto la productividad como la seguridad operativa de la empresa.

1. Procesos de Gestión de Inventarios en OMIA: Desglose Detallado

Para llevar a cabo un análisis detallado, se desglosarán los procesos clave que OMIA Colombia S.A.S. implementa en su gestión de inventarios:

Inspección y Verificación de Recepción de Materiales: En este proceso, se identifican brechas en la automatización de la validación de inventarios, lo que provoca errores y retrasos en la recepción de repuestos. La implementación de tecnologías móviles, como escáneres para verificación instantánea, podría mejorar significativamente la precisión en la recepción de materiales y reducir los errores manuales.

Almacenamiento y Clasificación por Prioridad: Los materiales deben ser almacenados de acuerdo con su importancia operativa. El modelo ABC optimiza el uso del espacio de almacenamiento y garantiza que los materiales críticos (Clase A) sean fácilmente accesibles. Los materiales de menor prioridad (Clases B y C) se gestionan de manera más flexible, ajustando su disponibilidad según las necesidades operativas.

Ingreso y Modificación de Datos en SAP MM: El sistema SAP MM es fundamental para mantener registros actualizados de inventarios. Actualmente, existen inconsistencias entre los registros físicos y los datos digitalizados en SAP, lo que afecta la precisión en la planificación de compras y reposición de materiales. La implementación de auditorías continuas y un flujo de datos en tiempo real podría mejorar la confianza en los sistemas de gestión de inventarios.

Compras y Reaprovisionamiento: El sistema Min-Max actual presenta limitaciones, ya que es reactivo y no se ajusta bien a la demanda dinámica. La transición a un sistema basado en pedidos bajo demanda, apoyado por pronósticos de demanda impulsados por Big Data y Business Intelligence (BI), permitiría una planificación de compras más eficiente, reduciendo los costos de reabastecimiento urgente y optimizando el flujo de materiales.

Diagnóstico de Problemas y Oportunidades de Mejora en OMIA

Luego de analizar detalladamente los procesos clave de gestión de inventarios, se identifican varios problemas y oportunidades para mejorar:

Problemas Identificados:

Exceso de Inventario de Piezas de Repuesto No Críticas: La inmovilización de capital en materiales no esenciales genera costos adicionales por almacenamiento.

Retraso en la Recepción de Piezas de Repuesto: La falta de automatización en la validación de inventarios retrasa la recepción, lo que provoca errores de registro y reduce la eficiencia operativa.

Gaps en la Coordinación Interdepartamental: La falta de comunicación fluida entre los departamentos de mantenimiento, compras y logística provoca retrasos en la reposición de materiales, afectando la eficiencia operativa.

Discrepancias en los Registros de Inventario: Los errores de registro entre los inventarios físicos y los digitales generan imprecisiones en la planificación de compras, afectando las predicciones de necesidades.

Oportunidades de Mejora:

Automatización de Recepción: Implementar tecnología móvil para validar y registrar los materiales recibidos reduciría errores manuales y aceleraría el proceso de recepción de repuestos.

Almacenamiento Eficiente: Aplicar el modelo ABC para reorganizar el almacén, garantizando que los materiales críticos (Clase A) estén siempre accesibles, mientras que los materiales de menor prioridad (Clases B y C) se gestionen con mayor flexibilidad.

Integración de Herramientas Predictivas: La incorporación de BI y Big Data permitirá prever la demanda de piezas de repuesto, ajustando los inventarios de manera dinámica y en tiempo real.

Mejora de la Coordinación Interdepartamental: Mejorar la comunicación entre los departamentos de mantenimiento, logística y compras mediante sistemas de gestión de inventarios más avanzados y una comunicación interna más fluida.

Modelo Matemático para el Enfoque de Análisis de Procesos

Para optimizar los procesos de gestión de inventarios y establecer un control eficiente, se puede utilizar un modelo matemático de optimización basado en la Cantidad Económica de Pedido (EOQ), con ajustes específicos para los materiales clasificados bajo el modelo ABC.

La fórmula EOQ optimiza el costo total de los inventarios, considerando los costos de pedido, almacenamiento y escasez:

Ecuación 1 optimización de inventarios o pronóstico de demanda

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{C_h}}$$

donde:

D = Demanda anual de materiales.

C = Costo por pedido.

Ch = Costo de almacenamiento por unidad.

Este modelo se adapta a cada clase de material bajo el modelo ABC:

Clase A: Los materiales críticos se gestionan con una optimización estricta de inventarios para evitar la escasez y reducir los costos asociados al exceso de inventario.

Clases B y C: Los materiales de menor prioridad se gestionan con más flexibilidad operativa, ajustando los niveles de inventario a la demanda proyectada.

Propuesta de Solución y Acciones Prioritarias

A partir de los problemas identificados y las oportunidades de mejora, las siguientes acciones deben implementarse de manera prioritaria en OMIA Colombia S.A.S.:

Creación de un sistema predictivo de control de inventarios basado en Big Data, Business Intelligence y SAP MM, para mejorar la gestión en tiempo real y permitir decisiones más rápidas y eficientes.

Automatización de la recepción de repuestos mediante el uso de dispositivos móviles para validar y registrar los materiales recibidos.

Reorganización del almacenamiento conforme al modelo ABC, garantizando que los materiales críticos estén fácilmente accesibles y los materiales menos prioritarios se gestionen con flexibilidad.

Capacitación en herramientas tecnológicas para asegurar que el personal utilice eficazmente los sistemas de gestión de inventarios, optimizando los flujos de trabajo.

Resultados Esperados

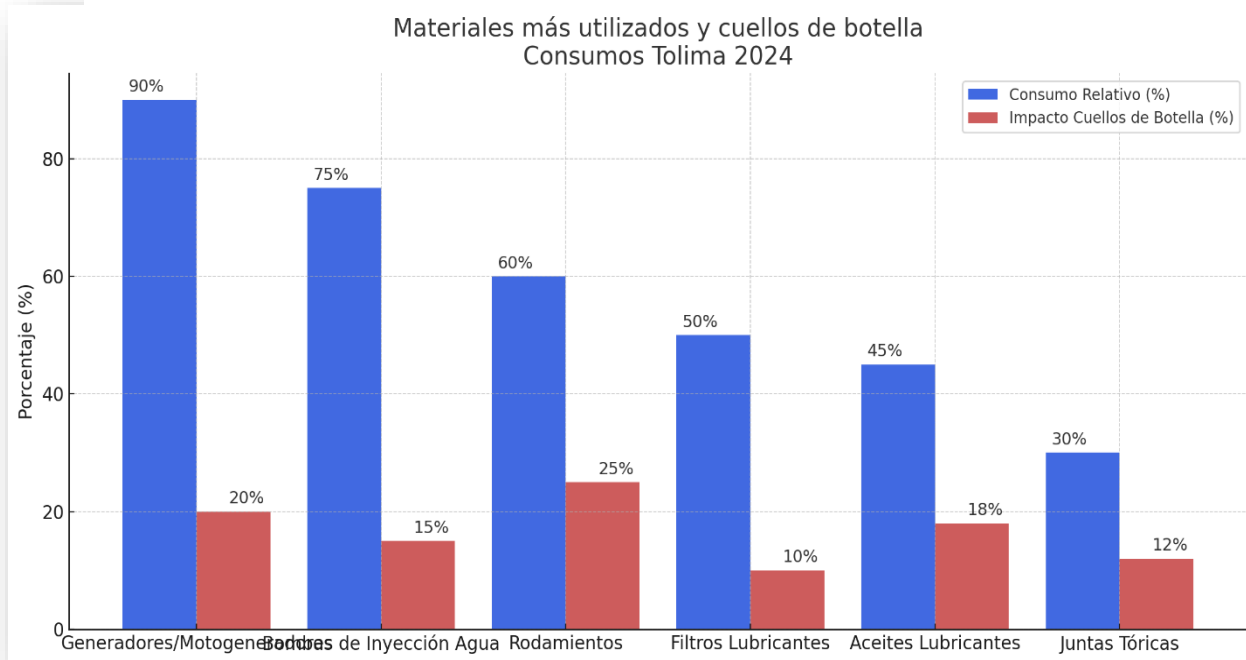
La implementación de estas soluciones traerá los siguientes beneficios:

Reducción significativa del tiempo de inactividad debido a la falta de piezas de repuesto.

Mejora en los costos operativos al reducir el almacenaje de materiales no críticos y optimizar el manejo de repuestos.

Aumento de la eficiencia operativa mediante un control más ágil y efectivo de los materiales.

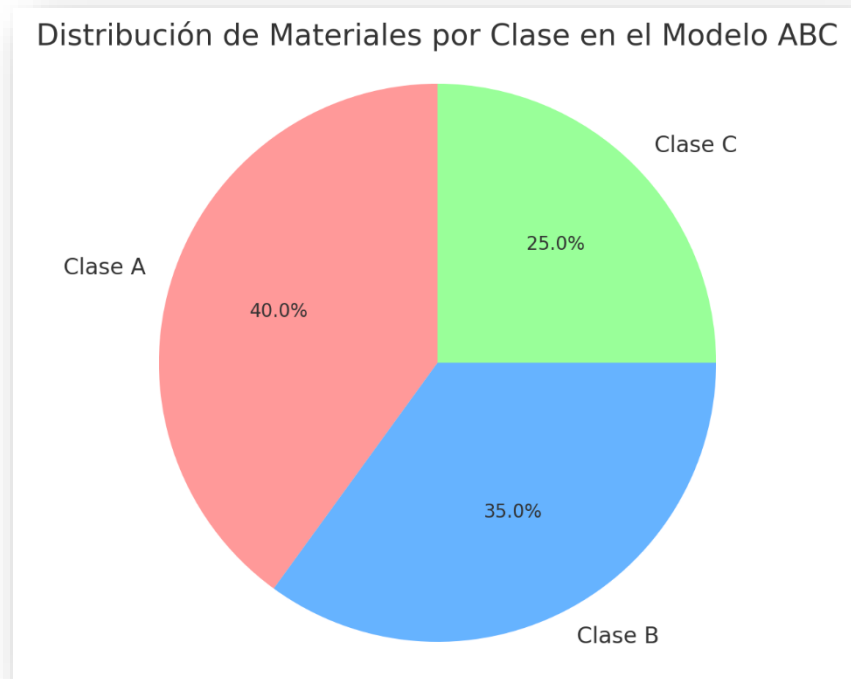
Mejora en la disponibilidad de materiales críticos, asegurando la continuidad operativa en los campos petroleros.

Ilustración 13 Materiales críticos

materiales críticos. Fuente propia.

Nota: La imagen 13, presenta un gráfico de barras que compara dos variables clave relacionadas con los materiales críticos y sus cuellos de botella en el sector petrolero, basado en los consumos de Tolima en 2024. El gráfico muestra barras azules (Consumo Relativo %) que indican el porcentaje de consumo de materiales esenciales, destacando los generadores y las bombas de inyección de agua como los más utilizados (90% y 75%, respectivamente). Las barras rojas (Impacto Cuellos de Botella %) representan el impacto de las restricciones en el suministro, siendo los generadores y las bombas de inyección de agua los que tienen el menor impacto (20% y 15%), lo que refleja una gestión más eficiente de estos materiales. El gráfico facilita la visualización de la relación entre el consumo de materiales críticos y las restricciones operativas en la industria petrolera.

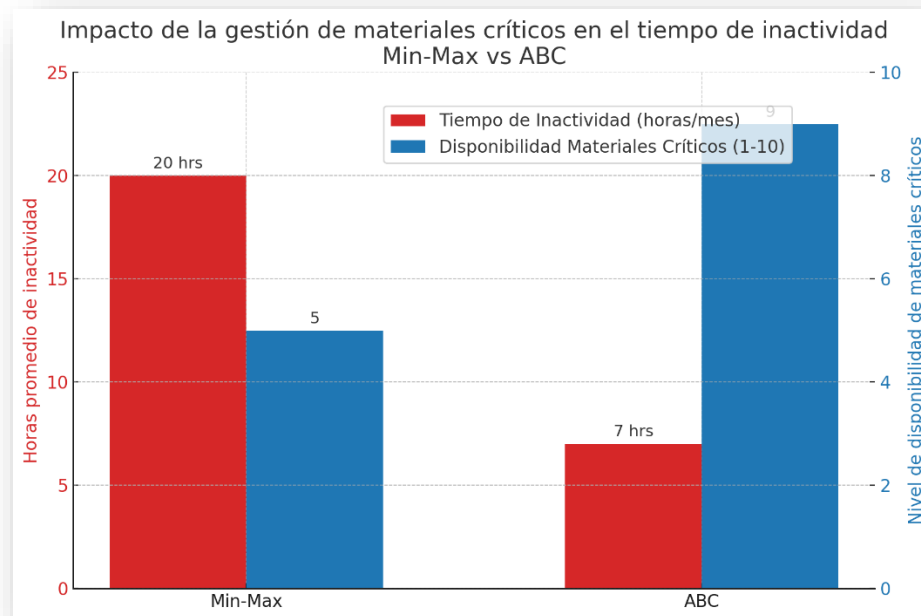
Ilustración 14 Distribución de Materiales por clases.



Distribución de materiales. Fuente Propia.

Nota: La imagen 14, muestra un gráfico circular que ilustra la distribución de los materiales según el **modelo ABC**. Los materiales se dividen en tres categorías: **Clase A (40%)**: materiales críticos que requieren atención prioritaria; **Clase B (35%)**: materiales de prioridad media; y **Clase C (25%)**: materiales de menor prioridad, con una gestión más flexible. El gráfico visualiza cómo se distribuyen los materiales, facilitando la priorización y gestión en el sistema de inventarios.

Ilustración 15 Reducción de tiempo de inactividad.



Reducción del tiempo de inactividad con el modelo. Fuente propia

Nota: La imagen 15, compara los modelos Min-Max (barra roja) y ABC (barra azul) en relación con la gestión de materiales críticos y su impacto en el tiempo de inactividad. El modelo Min-Max genera 20 horas de inactividad debido a la baja disponibilidad de materiales críticos (5/10), mientras que el modelo ABC reduce el tiempo de inactividad a 7 horas, gracias a una mejor disponibilidad (7/10), mejorando así la eficiencia operativa.

Objetivo 3 - Diseño del modelo de clasificación y priorización de materiales.

Diseñar un modelo de distribución para clasificar y priorizar los materiales de inventario según su importancia operativa, tomando en cuenta factores como impacto en la producción, frecuencia de uso, costo y tiempo de reposición.

El diseño de un modelo de clasificación y priorización de materiales en la gestión de inventarios es esencial para mejorar la eficiencia operativa en la industria petrolera, particularmente en OMIA Colombia S.A.S., un socio estratégico de HOCOL S.A. En la industria petrolera, es crucial que los repuestos y materiales estén disponibles de manera oportuna para garantizar la continuidad de las operaciones sin interrupciones. Por esta razón, una clasificación eficiente de los materiales es clave para maximizar los recursos y reducir los costos operativos. Este modelo debe categorizar los materiales según su impacto en la producción, frecuencia de uso, costo y tiempo de reposición. La implementación de un sistema adecuado garantizará que los materiales más críticos estén siempre disponibles y accesibles, mientras que los de menor prioridad se gestionen con mayor flexibilidad.

Clasificación y Priorización de Materiales: Criterios

El objetivo de esta fase es aplicar un modelo de clasificación que permita priorizar los materiales según su relevancia operativa. Los principales criterios para esta clasificación son los siguientes:

a. Impacto en las Operaciones de Producción

El impacto que tiene un material en la producción es uno de los criterios más importantes para su priorización. Los materiales esenciales para la operación continua de equipos como generadores, bombas de inyección de agua y otras piezas críticas deben ser clasificados como Clase A. La falta de estos materiales podría generar paradas operativas y

pérdidas significativas en la producción. Los materiales de Clase B, aunque importantes, pueden tolerar ciertos retrasos sin afectar las operaciones de manera inmediata, mientras que los materiales de Clase C tienen un impacto mínimo y pueden ser gestionados con mayor flexibilidad.

b. Frecuencia de Uso

Los materiales que se utilizan frecuentemente, como filtros lubricantes o válvulas de control operativo, son esenciales en los procesos operativos y deben estar disponibles constantemente. Estos materiales se clasifican como Clase A. Por otro lado, los materiales que se usan con menos frecuencia, y que no son cruciales para las operaciones diarias, se clasifican como Clase C, lo que permite un control más flexible de los niveles de inventario.

c. Costos de Materiales

El costo de los materiales también juega un papel fundamental en su clasificación. Los repuestos de alto costo, como los componentes para generadores de energía, son esenciales para la operación y deben clasificarse como Clase A. Los materiales de bajo costo y poco uso, como piezas para equipos menos utilizados, se clasifican como Clase C, lo que ayuda a optimizar el capital invertido en inventarios y reduce los costos operativos.

d. Tiempo de Reposición

Los materiales con tiempos de reposición largos o difíciles de conseguir deben ser considerados Clase A, ya que su falta puede interrumpir severamente las operaciones. Por otro lado, los materiales de reposición rápida, que se pueden obtener fácilmente, se consideran Clase B o Clase C, dependiendo de su importancia para las operaciones.

Aplicación del Modelo ABC en la Gestión de Inventarios

El modelo ABC clasifica los materiales de inventario en tres categorías según su importancia operativa:

Clase A: Materiales críticos que requieren una gestión rigurosa y reposición frecuente. Estos materiales son esenciales para la operación continua y deben estar siempre accesibles. La falta de estos materiales podría causar paradas operativas no planificadas.

Clase B: Materiales de prioridad media. Su ausencia no detiene las operaciones de inmediato, aunque podría causar retrasos o dificultades operativas. Estos materiales requieren menos control y rotación en comparación con los de Clase A.

Clase C: Materiales de baja prioridad que no afectan significativamente las operaciones. Estos materiales pueden ser gestionados con mayor flexibilidad, manteniendo niveles de inventario más bajos.

Este modelo no solo optimiza la distribución de los materiales, sino que también ayuda a minimizar los costos asociados con el exceso de inventario de materiales no críticos, garantizando que los materiales más importantes estén disponibles cuando se necesiten.

Integración de Tecnologías para la Gestión Eficiente de Inventarios

La integración de tecnologías avanzadas es esencial para optimizar la gestión de inventarios bajo el modelo ABC. El uso de sistemas como SAP MM, junto con Big Data y Business Intelligence (BI), permite gestionar los inventarios en tiempo real. Estas herramientas permiten a OMIA Colombia S.A.S. monitorear continuamente los niveles de inventario, ajustar las cantidades según la demanda en tiempo real y realizar previsiones de consumo utilizando

modelos predictivos como ARIMA. Esto mejora la precisión en la planificación de compras y el reabastecimiento, asegurando que los materiales críticos estén siempre disponibles y que los materiales no esenciales se gestionen de manera más eficiente (Mora, 2019).

Ventajas del Modelo ABC

La implementación del modelo de clasificación y priorización de materiales, junto con el uso de tecnologías avanzadas, ofrece una serie de beneficios operacionales clave:

Incremento en la Disponibilidad de Materiales Críticos: La constante monitorización de los materiales de Clase A asegura que estos materiales estén siempre disponibles, reduciendo el riesgo de interrupciones imprevistas en las operaciones.

Reducción de Costos Operativos: El modelo ABC ayuda a eliminar los excesos de inventario, especialmente en materiales de Clase B y C, lo que reduce significativamente los costos de almacenamiento.

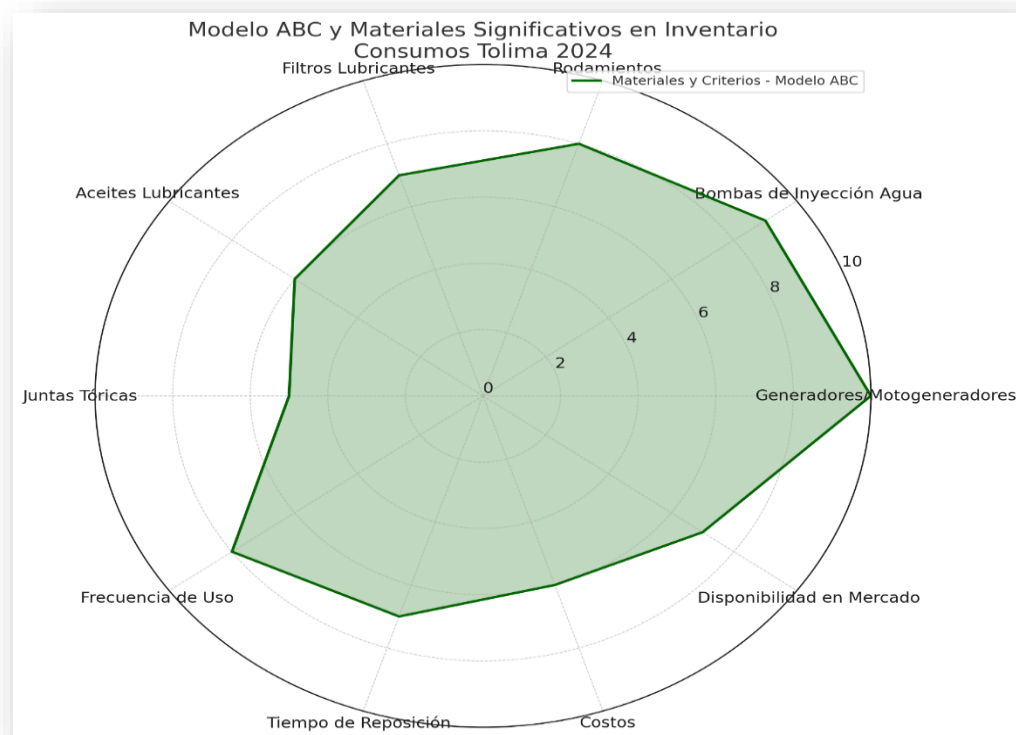
Mejora en la Eficiencia Operativa: La clasificación de los materiales según su importancia operativa mejora la rapidez de los procesos, optimizando los tiempos de reposición y reduciendo los tiempos de inactividad.

Optimización en la Planificación de Compras: El uso de tecnologías predictivas y herramientas de planificación como SAP MM permite que la empresa planifique las compras con anticipación, evitando compras urgentes que pueden generar costos adicionales.

Verificación e Implementación del Modelo

La implementación del modelo ABC en OMIA Colombia S.A.S. se llevará a cabo a través de pruebas piloto y simulaciones en un entorno operativo real. Se establecerán Indicadores Clave de Desempeño (KPI) para medir la efectividad del modelo en cuanto a la disponibilidad de materiales, los tiempos de reposición y los costos operativos. El proceso de implementación también incluirá la capacitación del personal y la mejora continua de los sistemas, asegurando que el modelo ABC se mantenga adaptable a los cambios en la industria petrolera y sus operaciones (Chica Mejía, G. H., 2015).

Ilustración 16 Modelo de Clasificación ABC



Clasificación e materiales por impacto. Fuente propia.

Nota: La imagen ilustra el modelo ABC para clasificar materiales en la industria petrolera en tres categorías: Clase A (materiales críticos con alto impacto y siempre disponibles), Clase B (materiales de importancia media) y Clase C (materiales menos críticos, gestionados de manera flexible). La clasificación ayuda a priorizar los materiales más importantes, optimizando la gestión de inventarios.

Objetivo 4 - Establecimiento de un sistema metodológico para la aplicación del modelo.

Establecer un sistema metodológico coherente para la aplicación del modelo propuesto en la gestión de inventarios dentro del proyecto, asegurando su viabilidad operativa.

El **Objetivo 4** tiene como propósito el diseño de un sistema metodológico para implementar el modelo **ABC** en la gestión de inventarios en **OMIA Colombia S.A.S.**, con el fin de optimizar la disponibilidad de materiales críticos y reducir los costos operativos. Este sistema debe integrar técnicas estadísticas avanzadas y herramientas tecnológicas de vanguardia, lo que permitirá una gestión proactiva y eficiente de los materiales esenciales para el mantenimiento de los activos, cruciales para la continuidad operativa dentro de la industria petrolera.

Aplicación de Técnicas Estadísticas para el Pronóstico de Demanda

La base de este sistema metodológico está en el uso de modelos estadísticos avanzados como el **modelo ARIMA** y los **Modelos de Suavizado Exponencial (ESM)**, que se utilizan para predecir la demanda de materiales críticos. Estas técnicas permiten ajustar los niveles de inventario según las necesidades operativas, optimizando tanto la disponibilidad de materiales como la planificación de compras.

Modelo ARIMA

El **modelo ARIMA** es ampliamente utilizado para prever la demanda futura de materiales esenciales, como repuestos de generadores o bombas. Este modelo ajusta los niveles de inventario según las variaciones estacionales y los ciclos operativos. De esta forma, se minimiza el riesgo de tener un exceso o escasez de materiales, y se posibilita una gestión predictiva de los inventarios.

La fórmula de la **Cantidad Óptima de Pedido (EOQ)**, que es un componente importante del modelo ARIMA, puede ajustarse de la siguiente manera:

Ecuación 2 Cantidad optima de pedido.

$$Q_i^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D_i \cdot C_p}{C_h}}$$

Donde:

Q_i^* = Cantidad óptima de pedido.

D_i = Demanda proyectada de materiales.

C_p = Costo por pedido.

C_h = Costo de almacenamiento por unidad.

Este modelo es clave para gestionar los materiales de Clase A (materiales críticos), asegurando que se repongan en los momentos adecuados y en las cantidades necesarias, evitando tanto el exceso de inventario como la escasez.

Estrategias de Ajuste Dinámico de Inventarios

El modelo ABC facilita la priorización de los materiales según su impacto en las operaciones. Para optimizar aún más el proceso, se utilizarán simulaciones de Monte Carlo, que permiten analizar distintos escenarios de demanda y ajustar dinámicamente los niveles de inventario en función de las variaciones en la demanda para poder garantizar la efectividad del modelo de simulación.

Simulaciones de Monte Carlo

Las simulaciones de Monte Carlo son una herramienta muy útil para ajustar los niveles de inventario en tiempo real para los modelos de ABC. Este enfoque prescriptivo modela diferentes escenarios operativos y permite prever los cambios en las condiciones de operación, garantizando que los materiales más críticos estén siempre disponibles, sin generar un exceso de inventario según el caso. Este tipo de simulación también ayuda a tomar decisiones informadas sobre los niveles de reposición de materiales y cómo manejar las fluctuaciones en la demanda (Mora, 2019).

Integración con Herramientas Tecnológicas

Para asegurar la eficiencia operativa y garantizar la disponibilidad continua de materiales, es necesario integrar SAP MM, Business Intelligence (BI) y Big Data en el sistema de gestión de inventarios. Estas herramientas permitirán monitorear los niveles de inventario en tiempo real, optimizar la planificación de compras y ajustar los niveles de materiales en función de las proyecciones de demanda.

En este contexto, el modelo ARIMA y las técnicas de suavizado exponencial se destacan como herramientas clave para la mejora de la previsión de demanda dentro del sistema metodológico propuesto. Según (Mora Gutiérrez, A. , 2019), los modelos ARIMA ofrecen una ventaja significativa al permitir la predicción de demanda basada en patrones históricos, ajustándose de manera eficiente a las fluctuaciones estacionales y cíclicas de la industria petrolera. Al integrar estos modelos futuros con simulaciones avanzadas como las de Monte Carlo, OMIA Colombia S.A.S. podrá realizar ajustes precisos en tiempo real, minimizando tanto el riesgo de exceso como de escasez de materiales, lo que permitirá optimizar la eficiencia operativa y los costos asociados a la gestión de inventarios.

De acuerdo con Mora (2019), la integración de estas tecnologías facilita la gestión dinámica de inventarios, mejorando la precisión en los ajustes de stock y permitiendo una planificación más precisa de las compras y reposición de materiales.

Resultados Esperados y Mejoras en la Eficiencia Operativa

La implementación de este sistema metodológico basado en el modelo ABC y el uso de herramientas tecnológicas avanzadas traerá varios beneficios clave:

Reducción de costos operativos: Al optimizar los niveles de inventario y evitar el exceso de materiales no esenciales, se reducirán significativamente los costos de almacenamiento y gestión.

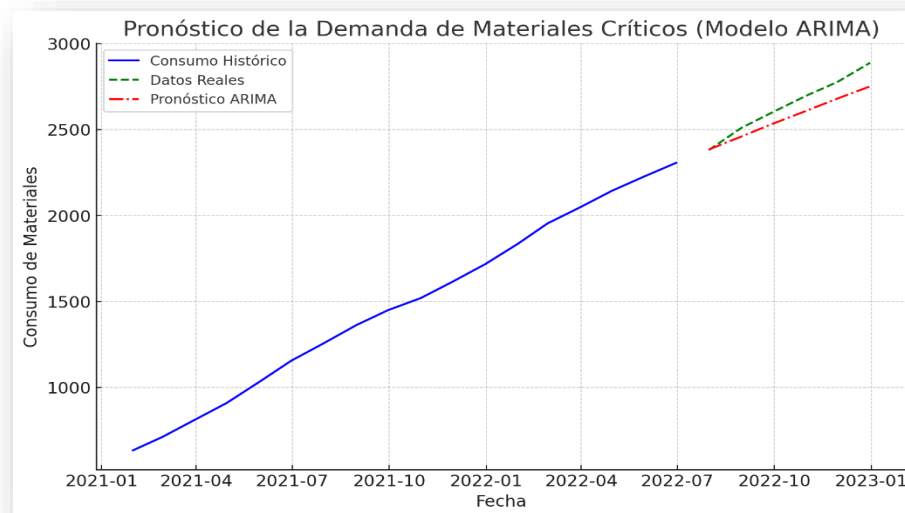
Mejora en la disponibilidad de materiales críticos: Con la priorización de los materiales más importantes, se minimizará el riesgo de paradas operativas no planificadas, asegurando la continuidad operativa de la empresa.

Aumento de la eficiencia operativa: La capacidad de ajustar dinámicamente los inventarios y realizar previsiones precisas mejorará la eficiencia operativa, permitiendo un control más ágil de los materiales.

Optimización de los procesos de compra: Gracias a la integración de SAP MM y herramientas predictivas como Big Data y BI, OMIA Colombia S.A.S. podrá planificar las compras con mayor antelación, evitando las compras urgentes y los costos asociados a la reposición de materiales de manera reactiva.

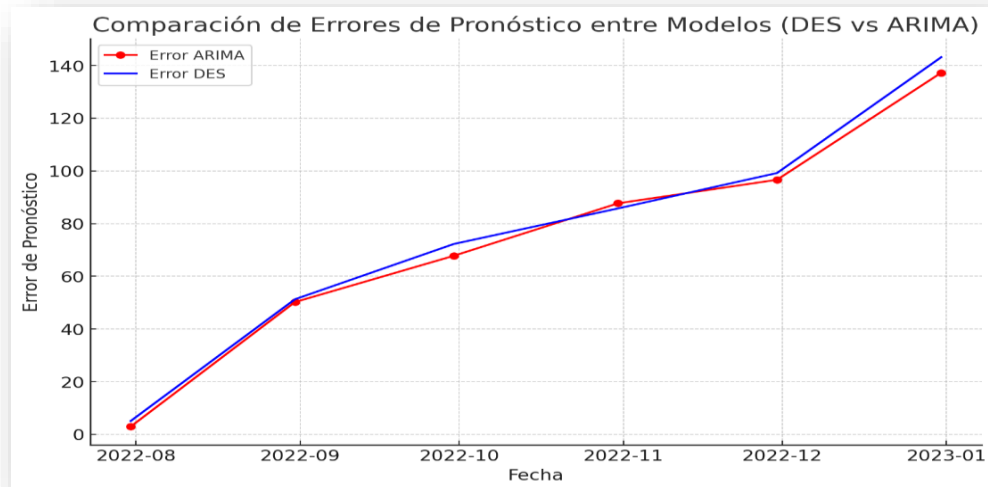
Este enfoque metodológico no solo optimiza la gestión de inventarios, sino que también alinea la disponibilidad de materiales con la demanda operativa real, mejorando así la continuidad operativa en OMIA Colombia S.A.S. y contribuyendo a una mayor competitividad dentro de la industria petrolera.

Ilustración 17 Pronóstico de demanda de materiales críticos y no críticos.



Pronóstico de demanda. Fuente propio.

Nota: ilustración 17, muestra el pronóstico de demanda para los próximos meses, basado en análisis históricos y técnicas de forecasting. El pronóstico es clave para ajustar los niveles de inventario y evitar tanto los excesos como los faltantes de material.

Ilustración 18 Comparación de pronósticos.

Pronostico 2, de demanda. Fuente propio.

Nota: La imagen 18, presenta un pronóstico adicional de demanda, considerando diferentes escenarios de consumo y factores externos que puedan afectar la disponibilidad de materiales. Esta segunda proyección permite ajustar aún más las estrategias de inventario.

Objetivo 5 - Propuestas de recomendaciones para mejorar la gestión de inventarios.

Proponer recomendaciones que acompañen la adopción del modelo desarrollado, orientadas a mejorar la gestión de inventarios y garantizar la disponibilidad de materiales críticos para los procesos de mantenimiento, optimizando recursos y reduciendo costos operativos.

El Objetivo 5 tiene como fin proponer recomendaciones prácticas para apoyar la implementación del modelo ABC en OMIA Colombia S.A.S., con el propósito de mejorar la gestión de inventarios, garantizar la disponibilidad de materiales críticos y optimizar los

recursos de la empresa. Este objetivo busca establecer una estrategia que reduzca los costos operativos mediante una gestión eficiente de los materiales, permitiendo un mejor control de inventarios y un reabastecimiento más ágil de repuestos y componentes necesarios para el mantenimiento de activos en la industria petrolera.

Informes de la Gestión de Inventario

La implementación de modelos de pronóstico avanzados, como ARIMA y el suavizado exponencial, es fundamental para mejorar la precisión en la planificación de la demanda y la gestión de inventarios. Según un estudio de (Budiman, 2022), la combinación de estos métodos permite capturar patrones estacionales y tendencias en los datos de demanda, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la optimización de los niveles de inventario .

a. Modelos de Pronóstico de Control de Nivel de Stock (ARIMA y Suavizado Exponencial).

El modelo ARIMA se utiliza para predecir la demanda de materiales a partir de datos históricos, lo que permite ajustar los niveles de inventario de manera más precisa. Al integrarlo con SAP MM, se facilita una planificación más eficiente de las compras y se evitan tanto la escasez de materiales críticos como la sobreproducción de componentes.

La fórmula básica para determinar la cantidad óptima de pedido en el modelo ARIMA es:

Ecuación 3 Cantidad optima de pedido básica ARIMA.

$$QI^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D_i \cdot C_p}{C_h}}$$

Donde:

Q_i^* = Cantidad óptima de pedido.

D_i = Demanda proyectada de materiales.

C_p = Costo por pedido.

C_h = Costo de almacenamiento por unidad.

Estos modelos permiten un ajuste preciso de los niveles de inventarios en tiempo real, optimizando los recursos y reduciendo los costos operativos.

b. Optimización de Niveles de Stock

Un sistema optimizado de gestión de inventarios debe garantizar que los materiales estén alineados con la demanda operativa real. Para ello, el modelo Push-Pull es fundamental:

Sistema Pull: Se utiliza principalmente para los materiales críticos (Clase A), que solo se reponen cuando se han agotado, evitando la inmovilización de capital y el exceso de stock.

Sistema Push: Para materiales de Clase C, que no presentan fluctuaciones significativas de stock, un sistema basado en pronósticos de demanda es más adecuado, permitiendo una provisión planificada.

Implementación de un Sistema Avanzado de Análisis de Criticalidad

Para lograr una eficiencia operativa aún mayor, el modelo ABC debe complementarse con un análisis avanzado de criticalidad de los materiales. Este análisis se basa en la frecuencia de uso, el tiempo de reposición y el costo de adquisición, lo que permitirá priorizar los materiales según su impacto en las operaciones.

a. Adopción de un Sistema Fluido y Dinámico

El sistema debe ser adaptable a los cambios operativos y ajustarse automáticamente a la demanda real. Herramientas como SAP MM y Big Data permitirán hacer estos ajustes en tiempo real, optimizando tanto el almacenamiento como los costos operativos.

Políticas de Abastecimiento Predictivo y Proactivo

El uso de herramientas como ARIMA, Big Data y Business Intelligence (BI) permite anticipar la demanda futura de materiales, asegurando que los materiales críticos estén disponibles sin la necesidad de compras urgentes. Estas herramientas permiten realizar ajustes proactivos a los inventarios, evitando tanto el exceso de stock como la escasez de materiales.

a. Reducción de Costos de Almacenamiento y Optimización de la Logística

Mediante pronósticos predictivos, se pueden controlar los niveles de inventario de forma eficiente, reduciendo los costos de almacenamiento y evitando la inmovilización de capital en materiales no críticos. Esto permite a OMIA Colombia S.A.S. operar con un sistema de gestión de inventarios más ágil y eficiente, minimizando el riesgo de desabastecimiento y evitando la inversión innecesaria en materiales no esenciales.

Mejora de la Estructura para la Integración de Avances Tecnológicos

La gestión de inventarios en tiempo real requiere la implementación de tecnologías avanzadas como SAP MM, Big Data y Business Intelligence (BI), que permiten realizar ajustes automáticos en función de la demanda operativa real. La visualización de datos en tiempo real, utilizando herramientas como Power BI y Tableau, mejora la toma de decisiones, permitiendo ajustes rápidos en los niveles de inventario y asegurando la disponibilidad de materiales críticos sin la necesidad de intervención manual.

a. Visualización de Datos y Toma de Decisiones Ágil

La visualización dinámica de datos de inventario, utilizando herramientas de análisis como Power BI y Tableau, permite monitorear los niveles de stock en tiempo real, lo que mejora la capacidad de respuesta ante las condiciones cambiantes de la demanda operativa y optimiza los procesos de reposición.

Estrategias de Gestión de Inventarios Derivadas del Modelo Propuesto

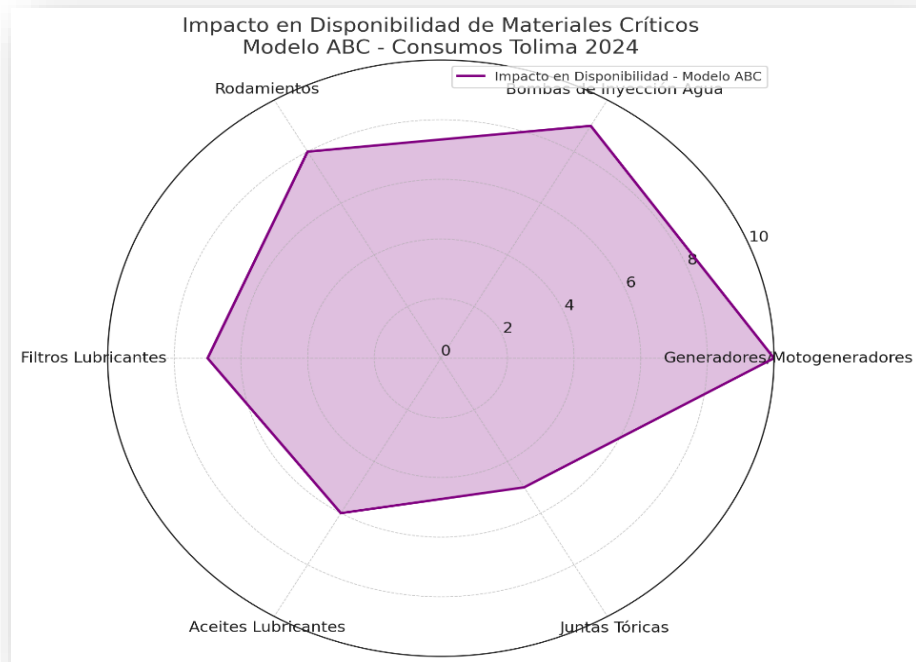
Las estrategias para gestionar los inventarios de manera eficiente, derivadas del modelo ABC, incluyen:

Ajuste de Inventario Estacional: Alinear los niveles de inventario con la demanda estacional cambiante.

Pronóstico de Compras: Prever la demanda de materiales críticos y evitar compras urgentes mediante el uso de modelos predictivos.

Priorización de Materiales Críticos: Asegurar que los materiales Clase A tengan alta disponibilidad, ajustando el inventario a la demanda reactiva.

Ilustración 19 Impacto en la disponibilidad.



Impacto en la disponibilidad de materiales. Fuente propia.

Nota: La ilustración 19, muestra la importancia y el nivel de impacto que cada material tiene en la disponibilidad operativa cuando se implementa el modelo ABC, facilitando la priorización de los recursos y asegurando la continuidad operativa.

Descripción de cómo se alcanza el logro de objetivos

UNO

Objetivo 1 - Diagnóstico del estado actual de la gestión de inventarios.

El análisis realizado muestra que el modelo Min-Max ya no es adecuado para la industria petrolera. Este modelo ha generado excesos de inventario que inmovilizan capital innecesariamente y, al mismo tiempo, ha causado escasez de materiales críticos,

fundamentales para las operaciones. La falta de flexibilidad en la reposición de materiales ha derivado en costos ocultos debido a compras urgentes y almacenamiento de materiales no esenciales.

Acción clave: Implementar el modelo ABC, que clasifica los materiales según su impacto operativo, y combinarlo con SAP MM, Business Intelligence (BI) y Big Data. Esta integración permitirá ajustar de manera más dinámica los niveles de inventario y predecir con mayor precisión la demanda de materiales críticos.

Resultado esperado: Asegurar la disponibilidad continua de materiales críticos, reducir el exceso de inventarios y optimizar los recursos logísticos, lo que disminuirá las interrupciones operativas y mejorará la productividad.

DOS

Objetivo 2 - Análisis de procesos clave.

Al analizar la cadena logística, se identificaron varios cuellos de botella, especialmente en la recepción de materiales y la entrada manual de datos. Estos problemas ocasionan errores en la trazabilidad y demoras en la reconciliación de inventarios.

Acción clave: Adoptar un sistema Pull para los materiales críticos, de forma que solo se reabastezcan cuando estén cerca de agotarse. Integrar el uso de escáneres portátiles y tableros de control en tiempo real, conectados con SAP MM y alimentados por Big Data.

Resultado esperado: Reducción de cuellos de botella en la recepción de materiales, actualización de los niveles de inventarios en tiempo real, y mejora de la precisión de los registros de inventario en SAP MM, lo que garantizará una mejor planificación.

TRES

Objetivo 3 - Clasificar y dar jerarquía a los insumos.

El modelo ABC se utilizará para clasificar los materiales según su impacto operativo, lo que permitirá priorizar los materiales más importantes y gestionar los de menor prioridad de forma más flexible.

Acción clave: Establecer criterios como frecuencia de uso, costo, tiempo de reposición e impacto en la producción para clasificar los materiales en Clases A, B y C. Los materiales de Clase A serán gestionados de forma estricta con un control dinámico de inventarios, mientras que los de Clase B y C se gestionarán de forma más flexible, utilizando algoritmos predictivos.

Resultado esperado: Optimización de los niveles de inventario, menor necesidad de compras urgentes, mejor planificación logística y mayor disponibilidad de los materiales más críticos.

CUATRO

Objetivo 4 - Asentar todo el enfoque en una metodología sólida.

Este objetivo tiene como fin optimizar la previsión de la demanda mediante el uso de modelos estadísticos como ARIMA y simulaciones de Monte Carlo de manera futura para garantizar la veracidad del modelo. Estos mismos modelos permitirán ajustar de manera anticipada los niveles de inventario para garantizar la disponibilidad de materiales cuando se necesiten.

Acción clave: Implementar modelos de predicción como ARIMA para prever la demanda futura y ajustarla de acuerdo con los cambios operativos. Utilizar simulaciones de Monte Carlo

a modelo futuro para modelar distintos escenarios de demanda y ajustar los niveles de inventarios según sea necesario.

Resultado esperado: Despachos más fluidos, reducción de costos de flete y mayor precisión en la planificación de inventarios, minimizando tanto los excesos como los faltantes de materiales.

CINCO

Objetivo 5 - Propuestas de recomendaciones para mejorar la gestión de inventarios

El objetivo final es garantizar que OMIA Colombia S.A.S. cuente con un sistema dinámico y predictivo para la gestión eficiente de inventarios. Este sistema debe facilitar la toma de decisiones en tiempo real y eliminar los excesos de inventario, reduciendo los costos operativos.

Acción clave: Adoptar modelos predictivos como ARIMA y Big Data para ajustar los inventarios de manera dinámica. Implementar tableros de control con información en tiempo real, que permitan hacer ajustes rápidos en los niveles de inventario basados en la demanda real.

Resultado esperado: Disponibilidad continua de materiales críticos, optimización del espacio de almacenamiento y reducción de costos operativos, al eliminar los excesos de inventarios y las compras urgentes.

Resultados más relevantes

La adopción del modelo ABC para la administración de inventarios en la petrolera, en particular en OMIA Colombia S.A.S., ha confirmado su capacidad para maximizar el rendimiento de los recursos, asegurar el suministro ininterrumpido de componentes clave y aminorar los costos de operación. La combinación de algoritmos de pronóstico de última generación, plataformas de seguimiento continuo y un enfoque estratégico integral permite sostener un desempeño operativo elevado, en consonancia tanto con la mecánica interna de la firma como con los constantes vaivenes del entorno comercial (Mora 2019; Waters 2019).

Reducción de la rotación de materiales secundarios

La evaluación del sistema ABC revela su peso determinante en la desaceleración de la rotación de insumos secundarios. Mediante la agrupación de los materiales de acuerdo con la magnitud de su incidencia en las operaciones, los elementos de la Clase A obtienen atención preferente y acceden a reaprovisionamientos casi instantáneos, a diferencia de los B y C, cuya administración se ajusta a criterios de flexibilidad y de óptima oportunidad. Esta estrategia libera, de modo sostenible, fondos que antes permanecían en inventarios de menor incidencia, favorece la racionalización del espacio físico y la eficiencia de los flujos logísticos. Como consecuencia inmediata, los materiales críticos se hallan permanentemente a disposición del funcionamiento, mientras se evita la congestión que supondría mantener elevados volúmenes de productos de baja relevancia (Budiman, I. , 2022) (Lepenioti, K., Manthou, V., & Vlachos, D., 2020)).

Uso de modelos predictivos avanzados

La adopción de modelos ARIMA ha amplificado la capacidad anticipativa de OMIA Colombia S.A.S. frente a la escasez o exceso de insumos críticos. Al calibrar los inventarios de acuerdo con proyecciones que combinan series históricas y consumo actual, la firma logra convocar a los proveedores con suficiente antelación, suprimiendo prácticamente las órdenes de carácter urgente y, por ende, los costos adicionales y las rupturas de la cadena suministradora. Este desplazamiento de la reacción a la previsión genera entornos operativos más estables y eficientes (Mora L. A., 2019)

Integración de tecnologías avanzadas para la gestión en tiempo real

La introducción de disciplinas como SAP MM, Business Intelligence y análisis de Big Data ha conferido a la gestión de inventarios una visibilidad en tiempo real casi inalcanzable. La confluencia de estos entornos tecnológicos capacita la formulación de decisiones precisas y expeditas en campos como compras, saldos de inventarios y reposición de materiales. La disponibilidad de datos fidedignos y actualizados minimiza el riesgo de rupturas de stock o excedentes, a la vez que alimenta la mejora continua de los indicadores logísticos (Budiman, I., 2022).

Ajustes dinámicos de los niveles de inventario

La integración del modelo ABC con algoritmos de pronóstico disruptivos proporciona una herramienta operativa efectiva para adaptar los inventarios de modo proactivo a la volatilidad de la demanda. Las actualizaciones de stock se ejecutan a intervalos frecuentemente menores a los de la medida operativa estándar; de este modo, los materiales clasificados como “A” permanecen garantizados, mientras que los excedentes se despliegan antes de que colapsen los umbrales de almacenamiento. Esta sinergia ampara la reducción de paradas operativas imprevistas y minimiza las distorsiones en los cierres periódicos, de tal

forma que los desenlaces logísticos gravitan de forma directa en la consecución de la visión estratégica de la firma (Lepenioti, K., Manthou, V., & Vlachos, D., 2020).

Fortalecimiento de relaciones estratégicas con proveedores

Sobre la armazón del enfoque ABC resulta natural la formalización de plataformas logísticas de cooperación, que incluyen desde consignaciones hasta flujos just-in-time. En OMIA Colombia S.A.S. tal trayectoria ha permitido la liberación y replanteo del footprint logístico, al tiempo que la exposición hacia decision points se ha acotado mediante disponibilidades episódicas de insumos clasificados como crítico. El modelo jamás se ha proyectado desde la unilateralidad; esa condición ha permitido evolucionar los vínculos proveeduría-customer hacia verdaderas alianzas estratégicas que, en última instancia, elevan la resiliencia de la plug-in supply chain (Waters, D. , 2019).

Actualización continua del colaborador logístico

La creciente automatización y sofisticación de la gestión de inventarios hacen imprescindible la capacitación permanente de los colaboradores responsables de esta área. La enseñanza en tecnologías de vanguardia, análisis de datos e interpretación de indicadores no solo afianza la correcta ejecución de la implementación inicial, sino que, además, favorece la incorporación de nuevas herramientas y potencia los beneficios previstos a largo plazo (Mora I. A., 2019)

Seguimiento a indicadores clave de gestión (KPI)

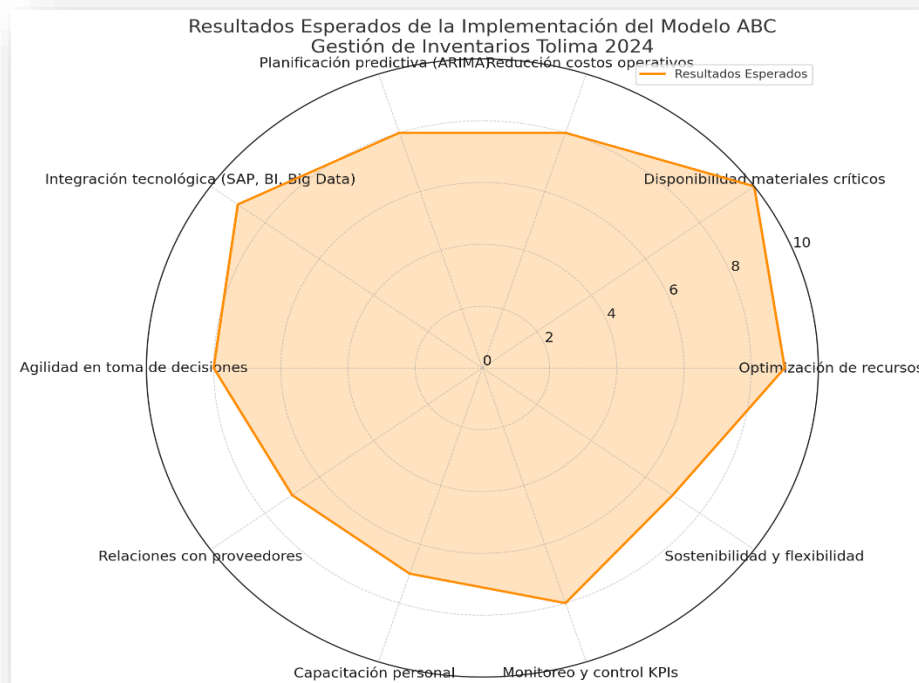
La vigilancia constante de magnitudes como rotación de inventarios, nivel de servicio, plazo de reposición y tasa de obsolescencia ha otorgado a OMIA Colombia S.A.S. la capacidad

de ajustar con precisión y oportunidad su política de almacenamiento. Este seguimiento promueve una mejora continua, adelantando la detección de desviaciones e impulsando la coherencia con los objetivos estratégicos de la compañía (Budiman, 2022).

Flexibilidad y adaptabilidad del modelo

La eficacia duradera y la viabilidad del control de inventarios ratificado por el esquema ABC están condicionadas a la habilidad de la estructura para ajustarse a variaciones de mercado, a nuevas normativas y a mutaciones de la operativa. Un dispositivo de dicha naturaleza, suficientemente territorial, ampara la anticipación de necesidades de aprovisionamiento, la armonización con la orientación del escenario global de la organización y la conservación de la superioridad competitiva en horizontes temporales extensos, particularmente bajo escenarios de alta incertidumbre (Waters, D. , 2019), (Lepeniotti, K., Manthou, V., & Vlachos, D., 2020).

Ilustración 20 Resultados esperados.



Pronóstico de resultados. fuente propia

Nota: La ilustración 20, muestra los resultados esperados del modelo de gestión de inventarios propuesto: reducción de exceso de inventario, mejoras en la programación de compras mediante planificación anticipada y modelos predictivos, y mayor eficiencia operativa, optimizando la disponibilidad de materiales críticos, reduciendo tiempos de inactividad y mejorando la toma de decisiones.

Conclusiones

Durante el desarrollo de este trabajo, ha quedado claro que la gestión eficiente de inventarios es fundamental para garantizar la disponibilidad continua de materiales críticos en

la industria petrolera, un sector donde la eficiencia operativa es esencial para mantener la productividad y la seguridad operativa. Se ha evidenciado que el modelo ABC ofrece una solución más flexible y eficiente para gestionar los inventarios de manera proactiva, asegurando que los materiales esenciales estén siempre disponibles, mientras que los materiales no críticos se gestionan con mayor flexibilidad, lo que optimiza el uso de los recursos y reduce costos operativos.

Uno de los principales beneficios del modelo ABC es la disminución de la rotación de materiales no críticos. Con la adopción de este modelo, los materiales de clase A, que son cruciales para las operaciones, serán priorizados, lo que garantiza su disponibilidad continua. Por otro lado, los materiales de clase B y C se gestionarán de manera más flexible, lo que permitirá liberar capital y espacio de almacenamiento que antes estaba inmovilizado en inventarios de bajo impacto operativo. Este enfoque optimiza el uso de los recursos y asegura que los materiales críticos estén siempre accesibles, sin necesidad de almacenar grandes cantidades de materiales no esenciales.

Modelos predictivos avanzados, como ARIMA, combinados con el análisis de Big Data, permiten planificar compras con una precisión casi quirúrgica. En lugar de reaccionar a altibajos de mercado, la empresa puede ajustar su inventario de forma proactiva, lo que elimina, por un lado, el exceso que inmoviliza capital y, por el otro, las temidas quiebras de stock que paralizan la operación diaria. Estas previsiones también reducen drásticamente las adquisiciones de urgencia y sus costos asociados, porque la demanda futura ya no se deja al azar.

La integración de plataformas como SAP MM con herramientas de Business Intelligence y análisis masivo de datos ofrece una panorámica en tiempo real del almacén. Esa visibilidad permite modificar los niveles de inventario al instante y garantiza que los materiales críticos

estén a mano justo cuando se requieren. Además, decidir en base a información confiable acorta los tiempos de respuesta y atenúa el desfase habitual entre lo que hay y lo que se necesita.

El enfoque ABC para la gestión de inventarios puede actuar como un catalizador para estrechar los lazos con los proveedores. En lugar de acumular toneladas de materia prima, algunas empresas optan por acuerdos de consignación o logística conjunta que permiten desatascar el almacén y liberar capital de trabajo. La mejora en la disponibilidad de insumos es casi instantánea, pues el proveedor mantiene los productos en su propio espacio y los factura sólo cuando salen de la planta del cliente. Resiliencia de operaciones y ahorro en costo de bodega suelen ser las primeras métricas que los gerentes celebran. En situaciones críticas, el mismo vínculo puede traducirse en un canje ágil de repuestos y evitar horas o hasta días de parón.

Por su parte, el software avanzado -con SAP MM, Big Data y BI como protagonistas- nunca sustituye el talento humano. De ahí que una capacitación permanente se convierta en el músculo que da vida al algoritmo. Cuando el operario aprende a leer el dato fresco en pantalla, la toma de decisiones pasa de empírica a quirúrgica casi de inmediato. La curva de ajuste se acorta y, con ella, la empresa entera tiende a moverse con más sincronía. Pequeñas disrupciones que antes se alargaban durante semanas hoy se corrigen en turnos gracias a esa mezcla de disciplina técnica y actualización constante.

Observar con regularidad tasas como la rotación de inventarios, nivel de servicio y tiempo de reposición permite a los gestores realizar ajustes inmediatos en su estrategia de almacenamiento. Dicha práctica no solo eleva la disponibilidad de bienes, sino que también

acorta la extensión de costos operativos. Un monitoreo persistente mantiene las políticas de inventario en sintonía con los objetivos estratégicos de la organización.

Finalmente, el modelo ABC propuesto debe ser flexible y capaz de adaptarse a las fluctuaciones del mercado, cambios regulatorios y condiciones operacionales. Este modelo debe permitir que OMIA Colombia S.A.S. mantenga la competitividad a largo plazo, garantizando la disponibilidad continua de materiales críticos sin inmovilizar capital innecesario. A través de la planificación estratégica y el uso de herramientas predictivas, el modelo proporciona una solución sostenible y eficiente para la gestión de inventarios, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los costos operativos a largo plazo.

Referencias

- Acosta García, L. M. (2012). *Inventarios y repuestos en maquinaria para construcción (Tesis de maestría)*. Universidad EAFIT, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica, Medellín.
- Budiman, A. &. (2022). *Comparative analysis of ARIMA model and exponential smoothing in forecasting seasonal demand*. *BIRCI: Business Intelligence Research*, 5(1), 1056–1065.

- Budiman, I. . (2022). *“The Role of SAP ERP in Supporting Inventory Management: A Case Study in the Oil and Gas Industry.” Journal of Supply Chain Management and Logistics .*
- Chica Mejía, G. H. (2015). *Excesos y agotados de inventarios: Análisis de las causas de retrasos en tareas de mantenimiento (Tesis de maestría). Universidad EAFIT.*
- EN 16646. (2015). *Mantenimiento en la gestión de activos físicos. ISO.*
- Hocol. . (2022). *Stock Cero 2022 de impresión. Hocol S.A.*
- Hocol. (2024). *Abastecimiento y logística de bienes y servicios (Informe interno). Hocol S.A.*
- Lepeniotti, K., Manthou, V., & Vlachos, D. (2020). *The impact of inventory management on operational performance: A systematic review and future research agenda. International Journal of Production Research.*
- Mora Gutiérrez, A. . (2019). *Cómo lograr pronósticos de demanda más precisos y exactos. Zonalógica, 42, 68-72.*
- Mora, A. G. . (2023). *Stock Cero: Optimización de inventarios para la gestión en mantenimiento. Editorial CIMPRO S.A.S.*
- Mora, I. A. (2019). *Gestión de inventarios para el mantenimiento crítico de activos: Optimización de procesos operacionales en la industria petrolera. Universidad del Valle.*
- Mora, L. A. (2019). *Gestión de inventarios para el mantenimiento crítico de activos: Optimización de procesos operacionales en la industria petrolera. Universidad del Valle.*
- OMIA. (2023 , 2024). *Informe de gestión OMIA . OMIA Colombia S.A.S.*
- OMIA. (2024). *Informe de gestión mensual OMIA Producción Septiembre 2024. OMIA Colombia S.A.S.*
- Waters, D. . (2019). *Inventory control and management (3rd ed.). Wiley.*

Glosario

Análisis ABC de Inventarios:

El análisis ABC segmenta el inventario en tres grupos homogéneos: A, B y C. La clasificación se basa en condiciones como el costo por unidad, el impacto directo sobre la producción y la frecuencia de consumo. Los artículos A absorben el máximo de atención operativa, los B tienen peso secundario y los C representan el conjunto de bajo impacto. Al concentrarse en la categoría A se libera tiempo y capital que pueden destinarse a otras áreas críticas del negocio.

Análisis de Clasificación ABC:

El análisis de clasificación ABC es un enfoque que organiza los artículos en inventario en tres categorías que varían en sentido económico: los ítems Clase A son los que consumen o generan más valor, los de Clase B están en un punto intermedio y los de Clase C suelen ser loncheras por su bajo impacto. Al observar de esta forma los materiales, el gerente puede dedicar su tiempo y sus controles más estrictos a los escasos productos que de verdad sostienen la línea de producción. La técnica, aunque sencilla en su estructura, se traduce en una asignación más hábil de energía y capital.

Big Data:

El concepto de Big Data alude a conjuntos de información tan voluminosos y variados que escapan a la capacidad de las bases de datos convencionales. En el marco del presente proyecto, esa amplísima corriente de datos se examina para reconstruir el pulso de los inventarios y las oscilaciones en la demanda de insumos. Gracias a ese escrutinio masivo, el sistema salta patrones ocultos, estima con antelación qué materiales harán falta y afina la hoja de ruta de compras, todo esto mientras atenúa los peligros de escasez repentina o de stock sobrante.

Data lakes:

Repositorios masivos donde se dejan reposar y mezclar conjuntos de datos en su forma original, sin la rigidez de un esquema predefinido. En el ámbito de la gestión de inventarios, esos estanques permiten cruzar cifras históricas con lecturas en tiempo real, habilitando análisis avanzados que orientan decisiones estratégicas. Gracias a ellos, el control de recursos se vuelve menos reactivo y más proactivo.

Fiabilidad:

En el idioma de la ingeniería de activos, la fiabilidad es simplemente la rara capacidad de un engranaje o un sensor de cumplir su tarea sin hacer ruido de más, y de hacerlo durante un lapso que hemos pactado por adelantado. En el día a día, insistir en esa confiabilidad es la única receta que tenemos para que las máquinas no se escapen de la línea y para que los encargados no se rasquen la cabeza en medio de una parada sorpresiva. De ahí que, en la administración de inventarios, la promesa de tener materiales y herramientas a mano cuando el reloj se acelera se vuelva una cuestión de dinero puro y duro: un segundo detenido puede costar más que un motor nuevo.

Inteligencia de Negocio:

La inteligencia de negocio (BI) reúne un elenco de software y métodos cuya misión es tomar pilas de números desordenadas y convertirlas en señales útiles. Cuando el foco está en almacenes, las plataformas BI limpian, relacionan y filtran los datos para aventurarse en qué materias faltarán mañana y en cuál estante se acumula el polvo. Los tableros visuales y los informes ad hoc que suelen acompañar a estas herramientas permiten a la gerencia mirar el sistema en tiempo real y, con un poco de suerte, reaccionar antes de que las estanterías hablen solas.

Just in Time (JIT):

Just-in-Time es una táctica que procura sincronizar el flujo de materiales con las necesidades instantáneas del proceso productivo. En el contexto de la industria petrolera, puede frenar el crecimiento de los stocks, pero su eficacia decae si los plazos de entrega son erráticos. Costos de almacenaje más livianos son una ventaja tangible, aunque la estrategia exige proveedores estables y un seguimiento detallado de la cadena logística.

KPI (Key Performance Indicators):

Los indicadores clave de desempeño son métricas concretas que permiten investigar cuán bien o cuán mal funcionan los procesos operativos en la vida diaria de una planta o un taller. Este proyecto los aplica para examinar, de una sola mirada, si la custodia de inventarios es ágil, si los suministros críticos llegan a tiempo y, en última instancia, si las decisiones que tomamos resultan baratas o caras para la cuenta final. Entre esas métricas comunes se cuentan la velocidad con que los estantes giran, el calendario que dicta cuándo hay que reponer, y el trozo del stock que sigue de pie cuando más lo urgimos.

Mantenimiento Preventivo:

En términos simples, mantenimiento preventivo consiste en afinar el equipo antes de que se queje. Se traza un calendario, se realizan tareas programadas y, con un poco de suerte, la planta nunca se detiene de improviso. Esta rutina baja los costos de emergencia y, en la mayoría de los casos, estira la vida útil de los activos más de lo que los libros prometen.

Mantenimiento Predictivo:

La práctica contemporánea de mantenimiento predictivo se fundamenta en el procesamiento continuo de señales operativas con el fin de anticipar defectos inminentes. En lugar de mantener un activo a intervalos fijos, reparaciones e inspecciones se programan cuando el estado real de los componentes sugiere que el fallo es inminente. El despliegue de

sensores distribuidos, acompañado por algoritmos de análisis en tiempo real, permite minimizar sorpresas operativas y al mismo tiempo disminuir el gasto asociado con intervenciones excesivas. Varias empresas reportan ahorros cercanos al 30 por ciento en gastos de mantenimiento una vez que la disciplina se arraiga en sus rutinas diarias.

Modelo Min-Max:

Táctica clásica de control de existencias que determina un umbral mínimo y otro máximo para cada artículo almacenado. Una vez que el saldo cae por debajo del mínimo, se genera de inmediato una orden de compra; si supera el máximo, la adquisición se frena automáticamente. A pesar de su sencillez, esta metodología carece de un criterio de prioridad, por lo que artículos vitales para la producción pueden agotarse mientras que materiales de menor importancia permanecen en exceso.

Optimización de Inventarios:

La estrategia de optimización de inventarios persigue un equilibrio entre la disponibilidad de piezas críticas y la contención de costos de almacenamiento. Cada artículo en el almacén es clasificado según su impacto en la producción y ajustado en términos de orden, evitando así sobreacumulaciones costosas que inmovilizan capital. Algoritmos de previsión basados en series temporales y aprendizaje automático se utilizan para la coordinación compra y consumo, de modo que los lineales permanezcan abastecidos sin excederse. Con esta dinámica, compañías han observado una reducción de hasta 20 puntos básicos en el costo logístico total.

RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad):

El RCM clasifica las labores de mantenimiento según el peso que cada activo tiene en la cadena de producción y el daño que podría causar su falla. Este enfoque metódico mezcla tareas preventivas con monitoreos predictivos, de modo que los equipos permanezcan

operativos al menor costo posible. Su relevancia resulta particularmente aguda en la industria petrolera, donde un solo paro inesperado puede traducirse en millonarias pérdidas y en la interrupción del bombeo.

Riesgos Operacionales:

Los riesgos operacionales no son más que los problemas que todavía no han sonado la alarma. En el mundo del petróleo pueden ser la falta de una válvula tardía, un repuesto que ya estuvo en el catálogo del abuelo o, lo peor, un compresor que decide descansar cuando todos lo necesitan. Detectarlos a tiempo es la mitad de la batalla; el resto suele ser papel y más papel, desde matrices de riesgo hasta planes de contingencia que, con suerte, nadie tendrá que usar.

SAP MM (Gestión de Materiales del ERP SAP):

Módulo central dentro del entorno ERP de SAP que facilita la administración física y documental del inventario. Su arquitectura permite controlar el ciclo completo de adquisición, desde la solicitud inicial hasta el ingreso definitivo en stock, todo bajo una única interfaz. Mediante configuraciones de reabastecimiento automático y análisis en tiempo real, la aplicación promete al usuario una reducción tangible de costos logísticos y una mejora en los tiempos de respuesta operacional.

Tiempo de reabastecimiento:

El intervalo que media entre la colocación de un pedido y la recepción efectiva del material en el punto de uso. En sectores como el petróleo, un lapso prolongado puede traducirse en faltas de insumos críticos y paradas costosas. Por esa razón, acortar ese lapso se convierte en un imperativo para mantener la fluidez de las operaciones.

Proveedores críticos:

Aquellos suministradores sin los cuales el engranaje operativo simplemente se detiene. La estabilidad y puntualidad de esos aliados resultan decisivas para garantizar que piezas de repuesto y otros insumos nunca falten en el inventario. Fortalecer el vínculo comercial con ellos es, por lo tanto, un ejercicio de anticipación que protege contra las interrupciones no deseadas.

Los costes de almacenamiento:

Abarcan todos los desembolsos vinculados al resguardo físico de la materia prima o producto acabado. Esto incluye el precio del espacio ocupado, el traslado interno y el riesgo de que el inventario se vuelva inadecuado o anticuado. Una administración rigurosa puede disminuir estas cargas y, en consecuencia, aumentar el margen global de la actividad comercial.