



**Propuesta de implementación de un modelo predictivo para la gestión de inventarios de la compañía IMECOL S.A.S.**

Jenny Katherin Ortiz Panqueva

Víctor Manuel Jaramillo Soto

Ximena Paola Serrano Rodríguez

Universidad EAN

Facultad de Ingenierías

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Inteligencia de negocios

Maestría en Administración de Empresas

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá, Colombia

20/octubre/2023

**Propuesta de implementación de un modelo predictivo para la gestión de inventarios de la compañía IMECOL S.A.S**

**Jenny Katherin Ortiz Panqueva**  
**Víctor Manuel Jaramillo Soto**  
**Ximena Paola Serrano Rodríguez**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**Magíster en Inteligencia de Negocios**  
**Magíster en Administración de Empresas**  
**Magíster en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos**

Director (a):

Haidy Johanna Moreno Ceballos

Modalidad:

**Trabajo Dirigido**  
***“Business case”***

Universidad EAN

Facultad de Ingenierías

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Maestría en Inteligencia de negocios

Maestría en Administración de Empresas

Maestría en Gerencia de Sistemas de Información y Proyectos Tecnológicos

Bogotá, Colombia

20/octubre/2023

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

## Resumen

El caso de negocio que se aborda en este documento se centra en el desarrollo de un modelo predictivo para la planificación de inventario en IMECOL, una empresa dedicada a la fabricación y distribución de equipos y repuestos para el sector agrícola, que enfrenta los desafíos relacionados a la consolidación de inventarios de lento movimiento, como son los altos costos de almacenamiento, el bloqueo de capital y recursos, el riesgo de obsolescencia de productos, el deterioro de la liquidez financiera, y la disminución en la eficiencia operativa general.

Para hacer frente a esta situación, se ha diseñado un modelo predictivo basado en Machine Learning que se integra a su proceso de Planificación de Ventas y Operaciones (S&OP, por sus siglas en inglés), para garantizar que los recursos estén alineados con la demanda del mercado de manera más precisa y oportuna. Este modelo facilitará a la empresa la optimización de la gestión de inventario, previniendo tanto excesos como faltantes, lo que a su vez resultará en una reducción de costos y una mejora en la toma de decisiones estratégicas.

**Palabras clave:** Gestión de inventarios, S&OP, Obsolescencia, Modelo predictivo, Previsión de la demanda, Aprendizaje automático.

### **Abstract**

The business case addressed in this document focuses on the development of a predictive model for inventory planning at IMECOL, a company dedicated to the manufacturing and distribution of equipment and spare parts for the agricultural sector, which faces the challenges related to the consolidation of slow-moving inventories, such as high storage costs, the blockage of capital and resources, the risk of product obsolescence, the deterioration of financial liquidity, and the decrease in general operational efficiency.

To address this situation, a predictive model based on Machine Learning has been designed that is integrated into your Sales and Operations Planning (S&OP) process, to ensure that resources are aligned with customer demand. market in a more accurate and timely manner. This model will make it easier for the company to optimize inventory management, preventing both excesses and shortages, which in turn will result in a reduction in costs and an improvement in strategic decision making.

**Keywords:** Inventory management, S&OP, Obsolescence, Predictive model, Demand forecasting, Machine learning.

## Contenido

	Pág.
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>11</b>
<b>Lista de Tablas</b> .....	<b>11</b>
<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>12</b>
<b>Objetivos y alineación estratégica</b> .....	<b>14</b>
<i>Objetivo general</i> .....	14
<i>Objetivos específicos</i> .....	14
<b>Justificación y antecedentes del proyecto</b> .....	<b>15</b>
<b>Viabilidad y beneficios esperados</b> .....	<b>19</b>
<b>Marco de referencia</b> .....	<b>25</b>
<b>Evaluación del mercado</b> .....	<b>30</b>
<b>Plan de Intervención</b> .....	<b>34</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>38</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>40</b>
<b>Anexo A. Inventario de lento movimiento por línea</b> .....	<b>42</b>
<b>Anexo B. Cálculos financieros</b> .....	<b>44</b>
<b>Anexo C. Cuestionario aplicado</b> .....	<b>52</b>

### Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Comportamiento de inventario mayor a 1 año en los últimos 21 meses.....	17
Figura 2. Etapas del Proceso S&OP .....	25
Figura 3. Proceso de los modelos predictivos .....	27
Figura 4. Modelo predictivo para la planificación de inventario integrado al modelo S&OP .....	28
Figura 5. Nivel de satisfacción respecto a la gestión de inventarios.....	30

Propuesta de implementación de un modelo predictivo para la gestión de inventarios de la compañía IMECOL S.A.S	11
--	----

### **Lista de Tablas**

	Pág.
Tabla 1. Tiempo y costo de repuestos de baja rotación en los últimos 3 años .....	17
Tabla 2. Flujo de caja libre descontable .....	20
Tabla 3. Indicadores financieros .....	20
Tabla 4. Matriz de riesgos.....	21
Tabla 5. Impacto directo e indirecto del proyecto sobre los objetivos estratégicos de la organización.....	23

## Resumen ejecutivo

La implementación de un modelo predictivo para apoyar la gestión de inventarios en IMECOL representa una oportunidad estratégica para reducir significativamente los costos asociados a faltantes, obsolescencia de repuestos y almacenamiento ineficiente con impacto en la rentabilidad y la competitividad de la empresa. Asimismo, la introducción de prácticas de analítica avanzada en el día a día impulsa la innovación, la creación de una cultura de datos y la adaptabilidad a un entorno empresarial en constante evolución (Domínguez, 2022).

Este planteamiento adquirió fuerza al identificar que el 21% del inventario total de repuestos de IMECOL es de lento movimiento y equivale a \$3.662 millones, con un promedio de 31 meses desde la última salida reportada de almacén, y una alta probabilidad de que al menos el 10% de este valor se consolide como pérdida por efecto de la chatarrización (scrap).

Se ha visto que la gestión de inventarios de repuestos tiene una mayor complejidad, por la cantidad de SKU (Stock Keeping Unit, por sus siglas en inglés) que se corresponden con un equipo para el que no se tiene previsto cuando necesitará mantenimiento (Chen, Gusikhin, Finkenstaedt, & Liu, 2019), en este caso el uso de técnicas estadísticas tradicionales puede ser inadecuado debido a que el pronóstico no sigue una relación lineal entre sus variables (Praveen, Farnaz, & Hatim, 2019). Son las tecnologías cognitivas como el machine learning, y en particular el algoritmo genético combinado con un modelo de red neuronal artificial (GA-ANN) las más eficaces para la previsión de la demanda.

De acuerdo con esto, se plantea un modelo con un enfoque híbrido que combine la capacidad de predicción de datos basada en machine learning e inteligencia artificial con

la planificación colaborativa del proceso S&OP, considerando su reciente implementación en la organización y que representa un marco de gobierno y gestión en el cual suscribir el modelo.

Respecto a la viabilidad financiera del proyecto, se obtuvo una TIR del 21%, mientras que la tasa de oportunidad es del 15%, lo cual indica que la inversión tiene el potencial de rendir más que la tasa de retorno de una inversión alternativa con un riesgo comparable. Por lo tanto, bajo esta circunstancia, sería viable considerar la inversión en el proyecto, debido a que se proyecta superar las alternativas disponibles. Por otra parte, el valor del WACC es del 15%, que está por debajo de la tasa interna de retorno, lo que indica que el proyecto está generando un retorno mayor que el costo total del capital utilizado para su financiación.

## **Objetivos y alineación estratégica**

### **Objetivo general**

Diseñar un modelo predictivo para el área de abastecimiento de IMECOL que contribuya a la optimización de costos asociados a la gestión de inventario.

### **Objetivos específicos**

- Investigar y seleccionar las mejores prácticas y herramientas para la configuración de un modelo predictivo para la gestión de inventarios en el contexto industrial.
- Evaluar el estado actual de la gestión de inventarios de la Compañía IMECOL S.A.S., identificando sus principales desafíos y oportunidades de mejora.
- Evaluar el impacto de la implementación del modelo predictivo en la reducción de costos de mantenimiento, pedido y adquisición de producto con las partes interesadas.
- Determinar el plan de implementación del modelo predictivo para la gestión de inventarios que se adapte a las necesidades específicas de la Compañía IMECOL S.A.S.

## **Justificación y antecedentes del proyecto**

En los últimos años, el avance de la tecnología Big Data, junto a la inteligencia artificial (IA) y el Machine Learning (ML) se han configurado como un aspecto fundacional del proceso de transformación digital para cualquier organización en todos los sectores, habilitando la capacidad de analizar y predecir fenómenos empresariales para mejorar la toma de decisiones e incluso reconfigurar la oferta de valor (Domínguez, 2022). Sin embargo, esto parece ser más una realidad de empresas nacidas digitales, enfocadas desde su origen en la gestión de datos, en contraste con empresas ya consolidadas en el mercado

Existen múltiples casos de aplicación de estas tecnologías, entre ellos uno de los más críticos, es la gestión eficiente de inventarios que tiene impacto directo sobre el equilibrio financiero, teniendo en cuenta los costos asociados a su adquisición, almacenamiento y pedido, además de la afectación a áreas como mantenimiento y operación, y su repercusión en los niveles de servicio al cliente. Deere & Company, más conocida por su marca comercial John Deere, una multinacional estadounidense fabricante de maquinaria agrícola fundada en 1837, es un ejemplo global de aplicación exitosa de analítica predictiva en la gestión de inventarios de repuestos y componentes para sus equipos agrícolas. Esta compañía utiliza datos históricos de mantenimiento, condiciones climáticas y ciclos de cultivo para prever la demanda con precisión (Marr, 2016).

Por lo general, la gestión de inventarios de piezas y componentes asociados a los procesos de mantenimiento, reparación y operación, tienen una mayor complejidad porque presentan varios SKU (Stock Keeping Unit, por sus siglas en inglés) con patrones de demanda irregulares y pronósticos difíciles que no siguen una relación lineal entre sus variables (Chen, Gusikhin, Finkenstaedt, & Liu, 2019), considerando esto el uso de

técnicas estadísticas tradicionales puede dar como resultado una gran variación entre la demanda prevista y la demanda real generando costos de inventario innecesariamente altos y sobrecostos asociados a la escasez causada por errores en el pronóstico (Praveen, Farnaz, & Hatim, 2019).

Un ejemplo de esta situación se evidencia en IMECOL S.A.S, una empresa colombiana con más de 36 años de experiencia en el diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de equipos, repuestos y productos para los sectores industrial, agrícola y de transporte de carga y pasajeros. La falta de precisión en sus pronósticos de repuestos ha resultado en la adquisición de cantidades excesivas en comparación con la demanda real, afectando su capacidad de almacenamiento e incurriendo en sobrecostos por repuestos que se solicitan de emergencia.

En consecuencia, se ha consolidado un stock de repuestos de lento movimiento (un año o más sin salida de almacén), el cual a septiembre de 2023 equivalía a \$3,662 millones de pesos, que representa un incremento del 46,5% respecto al valor reportado en diciembre de 2022. Este valor constituye para IMECOL un capital atrapado, sujeto a la depreciación y sin oportunidad de obtener los rendimientos de inversiones más productivas. La baja rotación del inventario en IMECOL S.A.S. representa un desafío significativo para la empresa, concretamente para septiembre de 2023 el 21% del inventario total de repuestos permanecía sin movimiento en promedio desde hace 31 meses como se puede observar en la Tabla 1. El detalle por línea de inventario se ha dispuesto en el Anexo A de este documento, como dato relevante se identificó que la mayor participación en el inventario de baja rotación corresponde a la línea de repuestos CASE con el 62% y un valor equivalente a \$2.284 millones.

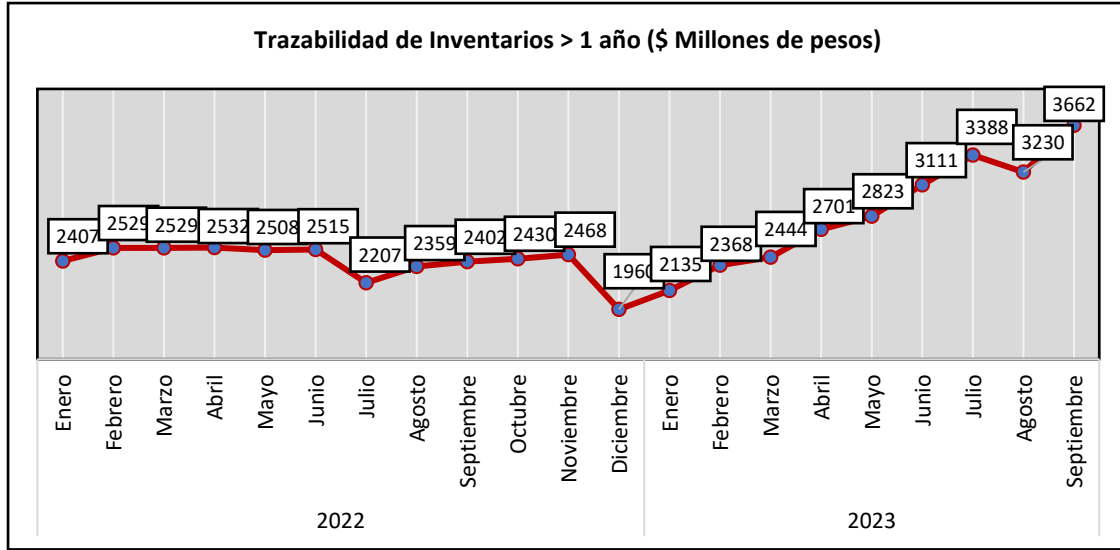


Figura 1. Comportamiento de inventario mayor a 1 año en los últimos 21 meses  
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos disponibles en sistema ERP SIESA de IMECOL S.A.S.

Tabla 1. Tiempo y costo de repuestos de baja rotación en los últimos 3 años

Año	Tiempo de inactividad de inventario de baja rotación (meses)	Costo de pérdidas de baja rotación	Costo de inventario de baja rotación	Porcentaje de inventario de baja rotación
2023	31	\$0.00	\$3,662,397,653.16	21%
2022	27	\$291,093,234.00	\$2,401,935,642.00	23%
2021	24	\$189,342,631.00	\$2,146,082,304.41	20%
2020	25	\$211,092,134.00	\$1,839,844,512.00	19%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos disponibles en sistema ERP SIESAN de IMECOL S.A.S.

El problema se agudiza, porque con el tiempo, los repuestos de baja rotación pueden volverse obsoletos resultando en mayores pérdidas financieras, se calcula que el costo de las pérdidas para el año 2022 fue de 291 millones que corresponden al inventario que paso a proceso de chatarrización o scrap. Por lo tanto, es importante encontrar un equilibrio entre mantener suficientes repuestos para evitar la interrupción de las operaciones y minimizar los costos y riesgos asociados a la configuración de inventario de baja rotación.

En este contexto, como resultado de la búsqueda de alternativas a través de la revisión bibliográfica, se destaca la investigación realizada por Durán (2012), que resalta la importancia de la adopción de modelos predictivos, debido a que permiten anticipar la demanda futura con mayor precisión ajustando los niveles de inventario y evitando situaciones de escasez o exceso de mercancía, lo que se traduce en una ventaja competitiva y una mejora en la rentabilidad de la empresa.

### **Viabilidad y beneficios esperados**

La implementación de un modelo predictivo para la gestión de inventarios en la compañía IMECOL S.A.S. puede proporcionar una serie de beneficios significativos adicionales a mantener los niveles más precisos y ajustados a la demanda real, como son la reducción del costo de mantenimiento, la disminución de pérdidas por obsolescencia, la liberación parcial o total de los recursos encargados de las tareas de pronóstico para enfocarse en actividades de mayor valor agregado, y la mejora en la planificación y programación de las compras y entregas, que tiene efecto en la optimización de la cadena de suministro y en el costo de adquisición de los repuestos y equipos. Esta reducción de costos y la mejora en la eficiencia operativa pueden contribuir directamente a una mayor rentabilidad.

Con el propósito de entender el costo financiero para la materialización de estos beneficios, se realizó un análisis financiero en el cual la inversión inicial para colocar en marcha el proyecto es de \$21,4 millones, de los cuales se financian el 91% con una entidad bancaria y el 9% restante será aporte de inversionistas, se trabaja con un valor de salvamento de activos del 30%, el 70% restante se calcula con una depreciación a 3 años.

En los resultados obtenidos en el flujo de caja libre se observa para el tercer año valores positivos, lo que indica que el proyecto es sostenible a lo largo del tiempo y sugiere una gestión eficiente, por lo tanto, el proyecto tiene la capacidad de generar ingresos suficientes para cubrir los gastos. El detalle de los costos, supuestos y cálculos se evidencia en el Anexo B de este documento.

Tabla 2. Flujo de caja libre descontable

<b>Flujo de caja libre descontable (inversionista = equity)</b>				
<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Utilidad neta</b>		<b>-\$23,727,411</b>	<b>-\$2,209,137</b>	<b>\$43,211,033</b>
+ Depreciaciones, amortizaciones, provisiones		\$4,504,500	\$4,504,500	\$6,006,000
<b>Generación Interna de Fondos</b>		<b>-\$19,222,911</b>	<b>\$2,295,363</b>	<b>\$49,217,033</b>
- Inversión en activos fijos (CAPEX)	-\$21,450,000	\$0	\$0	\$0
- / + Inversión en capital de trabajo net (KNT)	-\$2,000,000	\$0	\$0	\$2,000,000
+ valor salvamento neto	\$0	\$0	\$0	\$4,182,750
+ Nuevos préstamos	\$19,450,000	\$0	\$0	\$0
- Abono a capital	\$0	-\$5,235,131	-\$6,397,331	-\$7,817,538
<b>Flujo de caja libre</b>	<b>-\$4,000,000</b>	<b>-\$24,458,042</b>	<b>-\$4,101,968</b>	<b>\$47,582,245</b>

Por último, se coloca el resumen de los indicadores financieros claves utilizados para la evaluación de proyectos de inversión, entre ellos la TIR, la WACC y la tasa de oportunidad, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores financieros

<b>Cálculo de indicadores para evaluar el proyecto</b>	
<b>VPN</b>	\$2,916,559
<b>TIR</b>	21%
<b>WACC</b>	15%
<b>PAYBACK</b>	3 años y 4 meses
<b>Tasa de Oportunidad</b>	15%

Analizando los indicadores financieros del proyecto, podemos concluir que con una TIR por encima del WACC, se interpreta que el proyecto está generando un retorno superior al costo de capital, lo que lo hace atractivo de cara a los inversionistas, además, con una TIR por encima de la tasa de oportunidad, sugiere que el proyecto es una mejor inversión en comparación con otras oportunidades disponibles en el mercado. Se deduce posteriormente que el proyecto financieramente es viable. Se incluye en los anexos de este documento todos los cálculos y datos necesarios con los que se cuantificó el proyecto.

Por otra parte, los riesgos asociados a la implementación del modelo predictivo pueden abarcar desde aspectos internos como la precisión y fiabilidad de los datos, la carencia de recursos suficientes y la resistencia al cambio, hasta aspectos externos como cambios impredecibles en la demanda y complejidad en la cadena de suministro. En la Tabla 4 se presenta la matriz de riesgos donde se evalúa cada uno de los riesgos identificados considerando la probabilidad de ocurrencia y el impacto, obteniendo cuatro (4) riesgos categorizados como medios o tolerables y los otros seis (6), como riesgos altos. Esta herramienta busca fortalecer la capacidad de respuesta ante los desafíos y oportunidades del cambio tecnológico a través de las estrategias de mitigación propuestas que deben ser incorporadas en el modelo y en el plan de intervención.

Tabla 4. Matriz de riesgos

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación
<b>1. Falta de datos históricos de calidad</b>	Alto	Alto	Alto	Asegurarse de reunir datos históricos completos y precisos, Realizar una limpieza de datos para eliminar errores. Asegurarse de que todos los datos estén en un formato coherente y homogéneo.
<b>2. Recursos humanos, financieros o tecnológicos insuficientes que puede retrasar o impedir la implementación exitosa</b>	Moderado	Moderado	Medio	Realizar una planificación detallada que incluya cronograma y un presupuesto realista para la implementación del modelo. Evaluar las capacidades del equipo interno y determinar si es necesario contratar personal adicional o capacitar a los empleados. Asimismo, evaluar la adquisición de herramientas analíticas de código abierto.
<b>3. Errores en el diseño o la construcción del modelo pueden llevar a predicciones inexactas y decisiones erróneas</b>	Moderado	Alto	Alto	Utilizar datos de inventario histórico de alta calidad, libre de errores y valores atípicos. Realizar limpieza de datos. Identificar variables micro y macroeconómicas que expliquen el comportamiento de los datos. Realizar un análisis exploratorio de los datos para comprender mejor las características y las relaciones

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación
				entre las variables. Asimismo, priorizar y agrupar los SKU según la similitud del comportamiento de la demanda para obtener un mejor ajuste.
<b>4. Resistencia al cambio por parte del personal</b>	Alto	Moderado	Alto	Comunicación de manera clara y continua sobre los beneficios del modelo predictivo y como mejorara las operaciones de gestión de inventario. Involucrar al personal en el proceso de diseño y desarrollo del modelo.
<b>5. Cambios en la demanda impredecibles</b>	Moderado	Alto	Alto	Monitorear continuamente las tendencias y patrones de demanda. Utilizar análisis de datos en tiempo real para detectar y responder a cambios rápidos en la demanda.
<b>6. Interrupción en el suministro de datos</b>	Bajo	Moderado	Medio	No depender de una única fuente de datos. Asegurarse de que los datos históricos estén respaldados de forma segura en sistemas de almacenamiento confiables en la nube.
<b>7. Los costos de implementación superen los beneficios esperados</b>	Moderado	Alto	Alto	Antes de iniciar la implementación, realizar un análisis detallado de los costos y beneficios esperados y definir umbrales de costo aceptables. Considerar realizar una fase piloto en un entorno controlado o dividir la implementación en varias subfases para evaluar los resultados y costos a medida que se avanza, y ajustar o adaptar el modelo. Seleccionar tecnologías y recursos que sean eficientes en términos de costo.
<b>8. La manipulación de datos sensibles para la empresa puede plantear riesgos de seguridad y privacidad</b>	Moderado	Moderado	Medio	Establecer y cumplir con políticas claras de privacidad y seguridad de datos. Utilizar técnicas de anonimación y enmascaramiento para ocultar o proteger la identidad de individuos o empresas (proveedores o clientes).

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Nivel de Riesgo	Mitigación
<b>9. Complejidad de la cadena de suministro</b>	Alto	Alto	Alto	Asegurarse de que los datos de la cadena de suministro estén estandarizados y estructurados de manera coherente. Utilizar sistemas de automatización para recopilar y procesar datos de la cadena de suministros de manera eficiente, reduciendo la carga de trabajo manual y los errores.
<b>10. Dificultad de integración del modelo con sistemas de información existentes</b>	Bajo	Alto	Medio	Antes de comenzar el proyecto, realizar una evaluación detallada de los sistemas de información existentes para comprender su arquitectura, datos y capacidades de integración. Utilizar estándares de datos e interfaces de programación de aplicaciones para facilitar la comunicación y la integración entre el modelo predictivo y los modelos existentes.

Por último, se analiza el tipo de impacto, directo o indirecto, del proyecto respecto a los objetivos estratégicos de IMECOL identificando que hay alineación estratégica.

Tabla 5. Impacto directo e indirecto del proyecto sobre los objetivos estratégicos de la organización

Objetivos Estratégicos	Impacto	Justificación
Incrementar ingresos en otros sectores y servicios	Indirecto	Mejora la eficiencia operativa, al optimizar la gestión de inventarios, se puede reducir el capital inmovilizado en inventarios, lo que libera recursos para ser invertidos en otros sectores.
Aumentar ingresos por Manufactura a nivel nacional e internacional	Directo	Permite proveer la demanda de productos con mayor precisión, lo que ayuda a mantener niveles óptimos de inventario.
Desarrollar estrategias financieras con banca nacional e internacional	Indirecto	Ayuda a ser más eficiente con los proyectos, aumentando la confiabilidad de las entidades bancarias.
Penetrar mercado azucarero Nacional y Expansión Centroamérica, Ecuador y Perú	Indirecto	Con una buena imagen ante el cliente gracias a la predicción de repuestos, se abren puertas en otros mercados

<b>Objetivos Estratégicos</b>	<b>Impacto</b>	<b>Justificación</b>
Mejorar la satisfacción al cliente y postventa	Directo	Con la predicción en la demanda de repuestos, permite una respuesta oportuna ante el cliente.
Fortalecer el área comercial y mercadeo para la distribución nacional e internacional.	Directo	Con una buena predicción de repuestos, se pueden abrir las puertas para mercados nacionales e internacionales, ya que se puede genera confianza ante el cliente.
Fortalecer el área de investigación, innovación y desarrollo	Indirecto	El ahorro en repuesto de baja rotación permite invertir en actualizaciones y mejoras en la organización.
Incremento de la competitividad de la planta de Manufactura	Directo	Cuando se garantiza la disponibilidad de material para un área de la empresa, la vuelve más competitiva ante sus rivales.
Fortalecer la logística interna y externa	Directo	Implementar el modelo predictivo de repuestos, hace parte del fortalecimiento en la logística.
Fortalecer los sistemas de información	Indirecto	Con el ahorro del pasivo por repuestos de baja rotación, se pueden fortalecer otras áreas.
Desarrollo del Recurso Humano y cultura de experiencia del cliente	Indirecto	Permite invertir en otras áreas funcionales gracias a los ahorros generados en el modelo predictivo de inventario.

## Marco de referencia

Con el propósito de configurar una propuesta de modelo predictivo para la gestión de inventarios, se hizo una revisión de la literatura analizando experiencias similares para identificar aspectos relevantes. En principio, se consideró el proceso de planificación de ventas y operaciones (S&OP) teniendo en cuenta que IMECOL lo ha incorporado en el último año como una medida para mitigar la obsolescencia de repuestos. Este proceso se centra en analizar la demanda y el suministro, coordinando operaciones, ventas y finanzas para garantizar un equilibrio entre el plan de compras, producción y ventas siguiendo las etapas que se presentan la Figura 2. Su objetivo es evitar desviaciones que puedan resultar en una producción excesiva en comparación con las ventas o, por otro lado, una demanda mucho mayor que la producción (Peña, 2017).

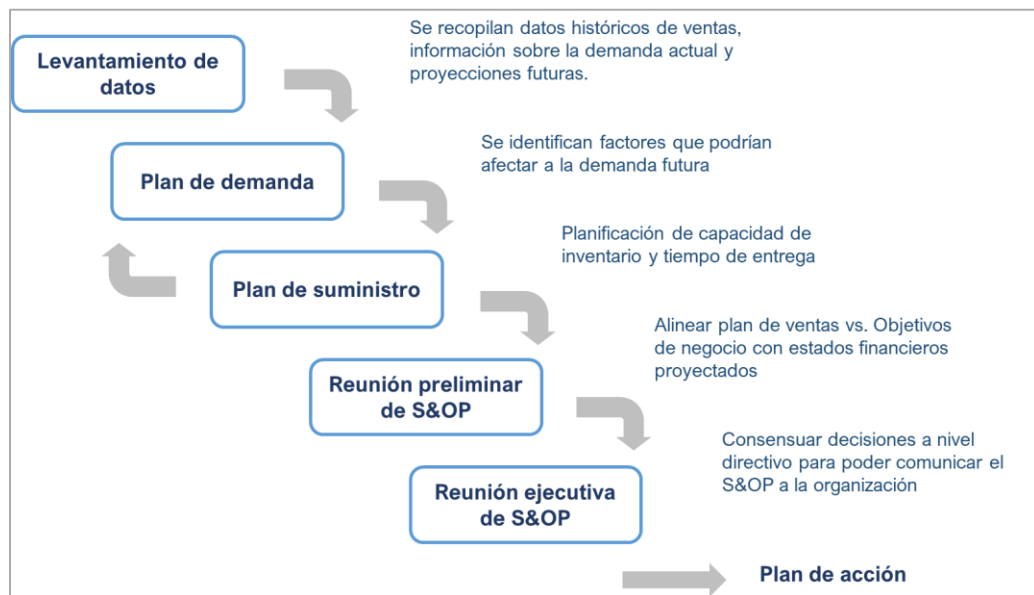


Figura 2. Etapas del Proceso S&OP

Fuente: Adaptado de Rojas y Hazin (2014). Estructura de Gestión basada en el proceso

S&OP: Estudio de caso en una industria cosmética Brasileña. Recuperado de

<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v5n1/1390-6542-enfoqueute-5-01-00001.pdf>

De acuerdo con Jacobs y Chase (2019), el proceso S&OP promueve la colaboración entre líderes de diferentes áreas, permitiendo la toma de decisiones conjuntas basadas en datos realistas y consensuados. Esto optimiza la eficiencia de la organización al brindar una visión clara de la carga de trabajo, facilitando el análisis de capacidad y la determinación de necesidades de recursos. Sin embargo, la alta volatilidad de la demanda puede dificultar que los gerentes y encargados de la cadena de suministro puedan pronosticar de manera más precisa los volúmenes de ventas, asimismo a menudo cuando las decisiones se vuelven difíciles por el número de variables que inciden en el pronóstico, ocurren sesgos y errores sistemáticos influenciados por el juicio personal (Tarallo, Akabane, Shimabukuro, Mello, & Amancio, 2019). Esto resalta la necesidad de apoyar esta tarea con herramientas automatizadas. Frente a este desafío, los modelos predictivos pueden ser automatizados para generar pronósticos objetivos de manera continua, reduciendo al mínimo la intervención humana. Esta automatización ahorra tiempo y recursos en comparación con el proceso manual asociado al S&OP.

Por su parte, el proceso de desarrollo de un modelo predictivo involucra varias etapas fundamentales como se observa en la Figura 3. Comienza con la recopilación y preparación de los datos, que involucra la extracción de los datos desde las diversas fuentes, y el preprocesamiento que se inicia con la limpieza de datos, seguida de la integración, transformación y reducción de datos. Una vez están preparados se continúa con la etapa de minería de datos, a partir de la cual los datos obtenidos se convierten en una fuente de información eficiente y de alta calidad lista para que se extraiga conocimiento a través de la aplicación de algoritmos especializados. Finalmente, se evalúa el rendimiento e se interpretan los resultados, se ajusta si es necesario y se lleva a una visualización analítica para la posterior toma de decisiones (Alarcón García, 2021).

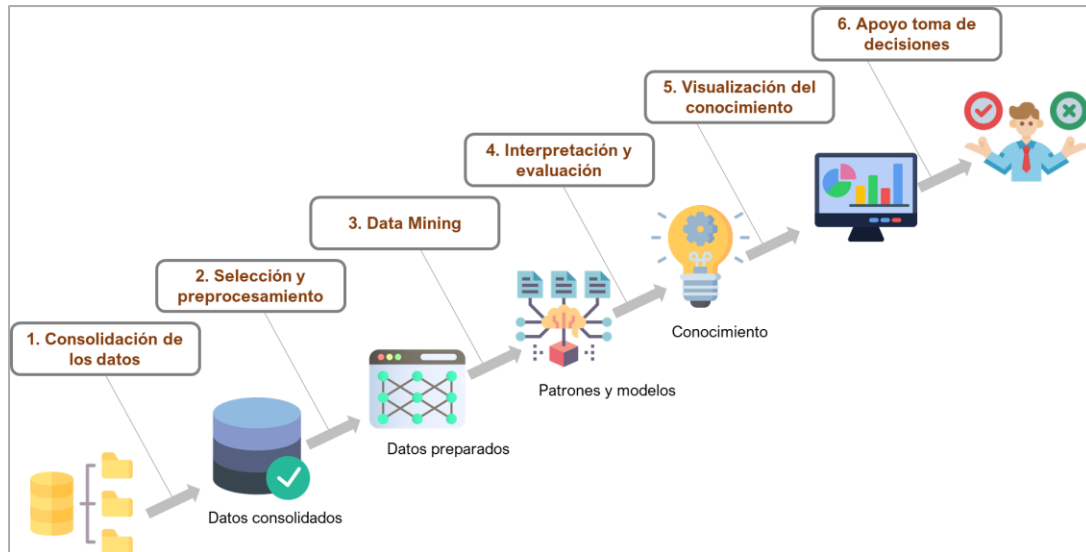


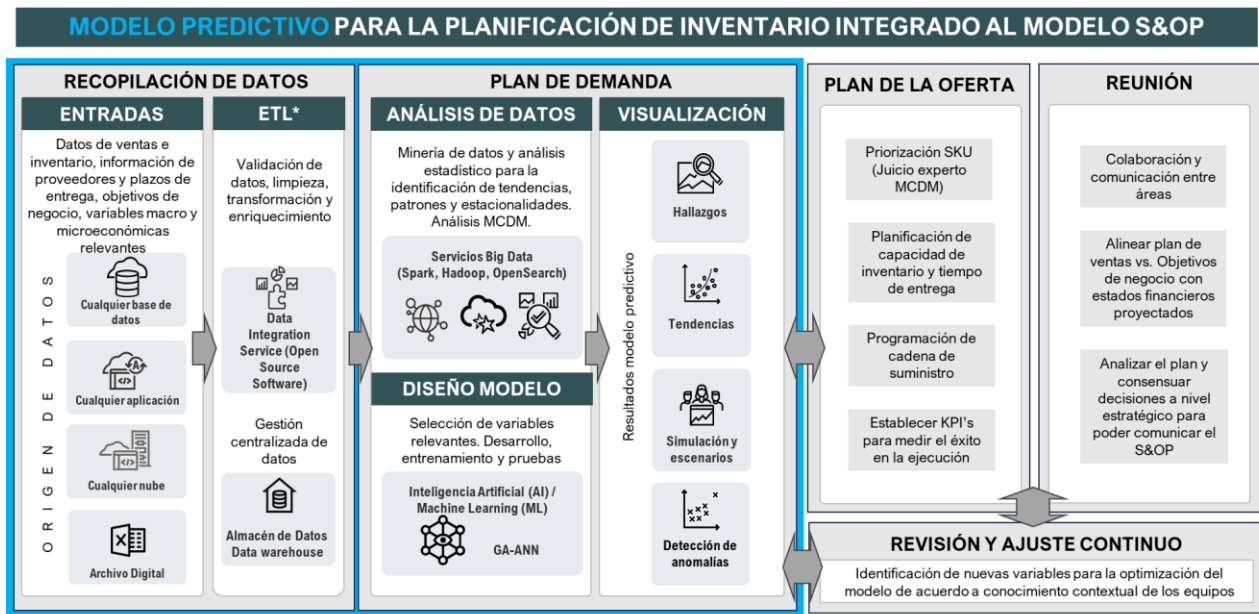
Figura 3. Proceso de los modelos predictivos

Fuente: Adaptado de Timarán-Pereira, S. R., Hernández-Arteaga, I., Caicedo-Zambrano, S. J., Hidalgo-Troya, A. y AlvaradoPérez, J. C. (2016). El proceso de descubrimiento de conocimiento en bases de datos.

Asimismo, se ha verificado que las tecnologías cognitivas que se aplican a estos modelos, como el Machine Learning (ML), son más efectivas y flexibles que las técnicas estadísticas tradicionales para predecir series temporales. Esto se debe a su mayor capacidad y velocidad de procesamiento, y a la habilidad para gestionar múltiples variables internas y externas que afectan las ventas de un producto, lo que incrementa el volumen de datos y la complejidad del análisis. Estas tecnologías intentan emular el pensamiento humano, por lo que pueden aprender patrones a partir de los datos y modelar relaciones no lineales entre variables, lo que les permite realizar análisis objetivos de la demanda (Tarallo, Akabane, Shimabukuro, Mello, & Amancio, 2019). Uno de los modelos de ML más populares y eficaces para la previsión de la demanda es la Red Neuronal Artificial (ANN), combinada con métodos de cálculo evolutivo y metaheurísticas como GA, para formar el algoritmo genético combinado con un modelo

de red neuronal artificial (GA-ANN) (de Paula Vidal, Gusmão Caiado, Scavarda, Ivson, & Garza-Reyes, 2022).

A partir de lo anterior, se plantea un enfoque híbrido que combine la capacidad de predicción de datos de los modelos predictivos con la planificación colaborativa del proceso S&OP, donde el modelo aprenda de las correcciones y ajustes realizados por los equipos, mejorando así su capacidad de pronóstico en el tiempo, y el pronóstico obtenido se conecte con una arquitectura de proceso ya establecida para la toma de decisiones. Este esquema mejoraría la capacidad de la empresa para adaptarse a cambios en la demanda y optimizar sus niveles de inventario de manera continua.



\*Extracción, transformación y carga

Figura 4. Modelo predictivo para la planificación de inventario integrado al modelo S&OP

La primera etapa del modelo propuesto corresponde a la recopilación de datos, en la cual pueden intervenir diferentes fuentes disponibles como por ejemplo hojas de cálculo, archivos de texto, almacenes de datos, entre otros. A su vez se considera la inclusión de variables que pueden ayudar a comprender mejor los factores que influyen en la demanda, entre estas a nivel de empresa o producto se puede incluir el precio, las

promociones y descuentos, el ciclo de vida, y las características del producto como la marca, asimismo variables macroeconómicas como el PIB, la tasa de desempleo, el tipo de cambio, el crecimiento del sector agrícola, entre otras. La complejidad del modelo puede aumentar al incluir más variables, por lo que es importante equilibrar la precisión con la simplicidad y la capacidad de interpretación del modelo.

De otro lado, debido a que la cantidad de SKU del inventario de repuestos de IMECOL asciende a 10.688, se incorpora en el modelo una tarea de clasificación según su criticidad e importancia basada en el método de toma de decisiones multicriterio (MCDM) que agrupa dos fuentes de conocimiento, juicio de expertos y estadística, para valorar aspectos como el costo unitario, el tiempo de entrega, la sustituibilidad, la escasez y la durabilidad, lo que facilita los esfuerzos hacia una mayor confiabilidad del pronóstico de los ítems de mayor importancia para la organización. Luego de definirlos, el siguiente paso es preparar un modelo de pronóstico de demanda utilizando GA-ANN para los SKU más críticos. Finalmente, los resultados se consolidan en un panel de visualización para respaldar el proceso de toma de decisiones en la gestión de inventario (de Paula Vidal, Gusmão Caiado, Scavarda, Ivson, & Garza-Reyes, 2022) de acuerdo con las etapas siguientes del proceso S&OP.

### Evaluación del mercado

Con el propósito de evaluar los beneficios de implementar el modelo de analítica predictiva propuesto para la planificación de inventarios, y su impacto en la reducción de costos asociados al mantenimiento, pedido y adquisición, se diseñó un instrumento tipo cuestionario (Ver Anexo C) que fue aplicado a trece (13) colaboradores de distintos niveles de las áreas funcionales de IMECOL, entre ellas manufactura, servicios, talento humano, retail, operaciones, sistemas y abastecimientos, quienes fueron agrupados en jefes de área, gerentes, comercial y analistas.

Respecto a las preguntas de diagnóstico que se realizaron, los resultados revelan que el nivel de satisfacción frente al actual modelo de gestión de inventarios de IMECOL es bajo. Los grupos de interés más insatisfechos son los gerentes y equipo comercial, los primeros consideran que el principal reto está asociado a la precisión en la demanda y pronósticos considerando la amplia gama de piezas y equipos diferentes, mientras que el segundo señala la indisponibilidad de productos en inventario cuando se necesitan. Un aspecto por resaltar es que, para todos en conjunto, el segundo reto más importante es la caducidad y obsolescencia de partes y equipos.

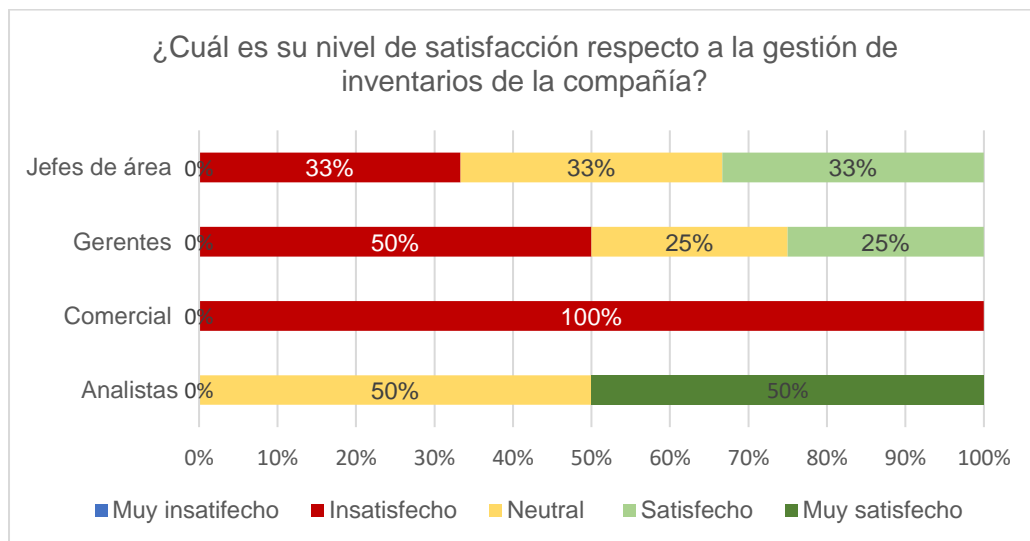


Figura 5. Nivel de satisfacción respecto a la gestión de inventarios

Además, se identificó que las situaciones problemáticas que han enfrentado con mayor frecuencia en relación con la gestión de inventarios, en su orden son: faltantes de piezas o equipos clave cuando se requieren, retrasos en la entrega, y errores en la previsión de demanda que llevaron a faltantes de productos o exceso de inventario. Lo cual hace evidente que el proceso requiere mejoras sumado a que el 92% considera que tiene un bajo o medio nivel de confianza en la precisión de la previsión de demanda, siendo esta la fuente predilecta de información y consulta para la planificación del inventario del área del 70% de los encuestados, de los cuales el 62,5% realiza pedidos al área de abastecimiento con una frecuencia semanal.

Frente a la validación del modelo propuesto, el 100% considera que es una mejora al proceso actual y el 77% que tendrá un impacto altamente positivo en la rentabilidad de IMECOL. Los resultados del cuestionario sugieren que los jefes de área, comercial y analistas están optimistas sobre el potencial impacto de la implementación del modelo, mientras que el grupo de gerentes percibe la mejora, pero duda de que tan sustancial pueda ser.

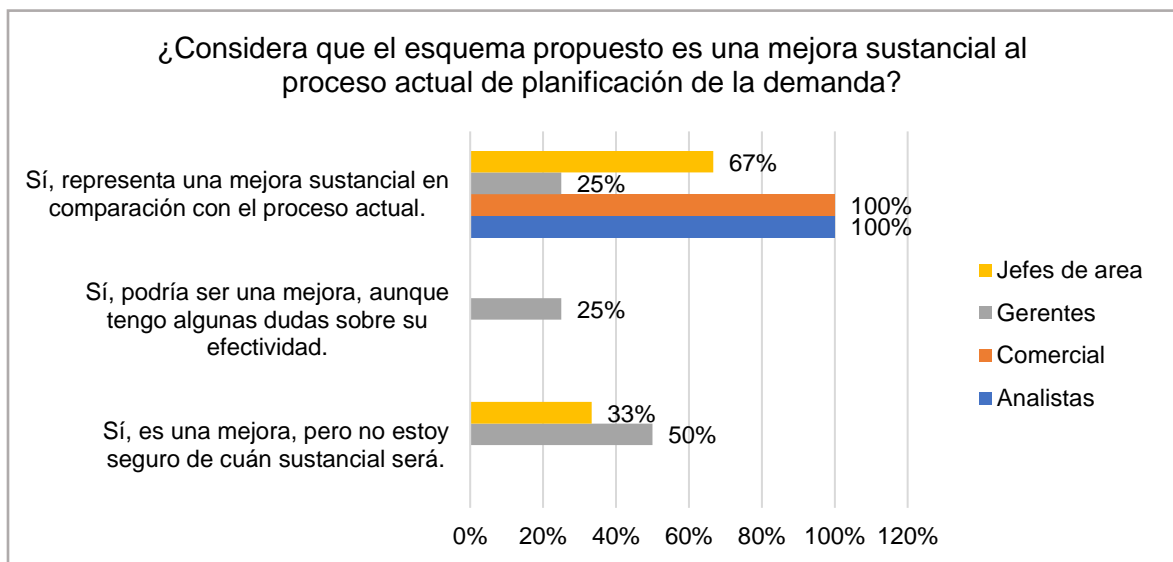


Figura 6. Valoración de la mejora

Respecto a la integración del modelo predictivo al proceso S&OP, el 46% opina que son complementarios y compatibles, sin embargo, el 31% no está seguro y un 23% restante considera que requerirá de algunas modificaciones menores. De acuerdo con esto, será relevante en la ruta de intervención proporcionar la información suficiente a los equipos para la adecuada ejecución, y realizar un despliegue paulatino, incluso a nivel de piloto, para alcanzar victorias tempranas que promuevan su adopción.

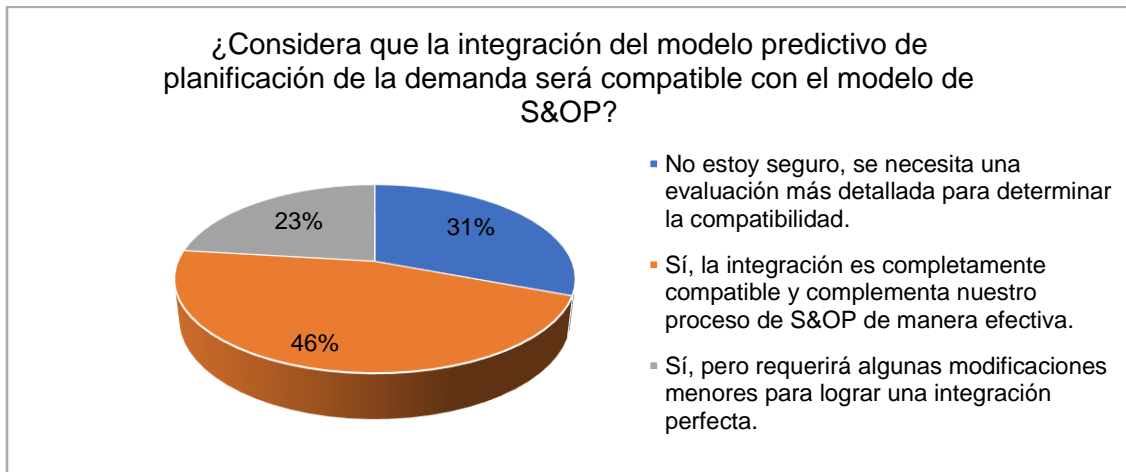


Figura 7. Compatibilidad del modelo predictivo con proceso S&OP

Ahora bien, en cuanto a los beneficios el 92% calificó que está de acuerdo en que el modelo va a incidir en la optimización del inventario y a permitir un ahorro en costos al evitar compras innecesarias y minimizar pérdidas por productos obsoletos, y el 84% está de acuerdo en que se va a obtener una mayor satisfacción del cliente al responder a la demanda de manera oportuna. Finalmente, a la pregunta respecto a los retos de la implementación, es la complejidad de la cadena de suministro y variabilidad de la demanda la principal preocupación. Frente a esto, se han planteado medidas de mitigación como la inclusión y valoración de correlación de variables micro y macroeconómicas con la demanda, la priorización y clusterización de SKU con comportamiento parecido para evitar el sobreajuste, y robustecer el aprendizaje del modelo con la retroalimentación de los equipos entorno al proceso S&OP.

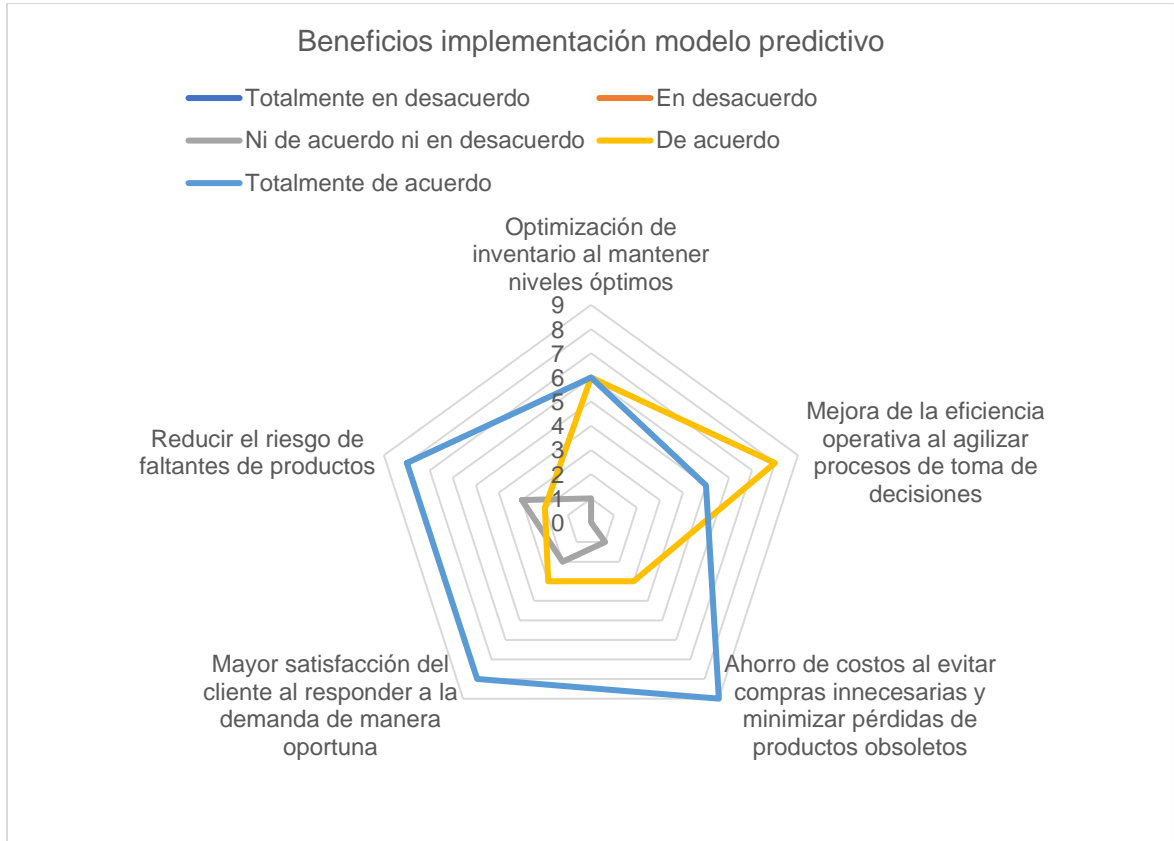


Figura 8. Valoración beneficios implementación modelo predictivo

Tabla 6. Mapa de calor retos de implementación

¿Cuál considera que es principal reto para la implementación del modelo predictivo propuesto?	% Expectativa de retos
La complejidad de la cadena de suministro y la variabilidad de la demanda	46%
La resistencia al cambio y la falta de adopción de nuevas tecnologías y procesos	23%
La falta de experiencia y conocimientos en análisis de datos	15%
La calidad y disponibilidad de los datos de inventario	8%
El nivel de madurez tecnológica de los sistemas de gestión	8%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Con las respuestas obtenidas a la pregunta abierta “¿Tiene sugerencias o comentarios para mejorar la interacción con el modelo o su utilidad en la reducción de



Para orientar la ejecución y garantizar la captura de los beneficios proyectados, se ha configurado un cuadro de mando integral que proporciona una estructura de medición y evaluación que ayuda a gestionar el proyecto de manera efectiva, asegurando que esté en línea con los objetivos propuestos y facilitando la toma de decisiones informada.

Figura 10. Cuadro de mando integral del proyecto

La herramienta seleccionada es adecuada debido a las implicaciones que tiene este proyecto respecto a la formación de capacidades y absorción de nuevo conocimiento, la

CUADRO DE MANDO INTEGRAL		
FINANCIERA	<p><b>Reducción de Costos</b></p> <p>Costo de repuestos de baja rotación</p> <p>Total repuestos de baja rotación &lt; \$3000 millones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auditar costos de inventario de baja rotación</li> <li>Priorización y clusterización SKU</li> <li>Revisión de contratos y servicios</li> </ul>	<p><b>Reducir las pérdidas por obsolescencia</b></p> <p>Costo de repuestos obsoletos</p> <p>Valores repuestos obsoletos &lt; \$100 millones/año</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Chequeo periódico del inventario</li> <li>Acuerdos con proveedores para devolver repuestos</li> <li>Implementar alertas en el sistema</li> </ul>
	<p><b>Aumentar la Satisfacción de los Clientes</b></p> <p>Nivel de precisión previsión de demanda (70%)</p> <p>% cumplimiento de pedidos (90%)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar el modelo predictivo</li> <li>Monitorear y ajustar regularmente el modelo</li> <li>Establecer un sistema de retroalimentación interno</li> </ul>	
PROCESOS INTERNOS	<p><b>Optimizar los procesos de planificación de inventario</b></p> <p>Precisión del pronóstico</p> <p>% stock agotado &lt; 15%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión análisis de datos histórico</li> <li>Planificación de pedido</li> <li>Establecer política de revisión periódica</li> </ul>	<p><b>Incrementar la Rotación de Inventario</b></p> <p>Promedio meses que está la mercancía en inventario (máx. 10 meses promedio)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auditar el inventario</li> <li>Optimizar el pronóstico de demanda</li> <li>Analizar regularmente el pronóstico de ventas</li> </ul>
APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO	<p><b>Desarrollar capacidades para mejorar la planificación de la demanda</b></p> <p>N° horas capacitación (20 horas x persona)</p> <p>Grado dominio dashboard pronóstico (medio)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar las necesidades de capacitación</li> <li>Desarrollar plan de formación</li> <li>Facilitar recursos de aprendizaje</li> </ul>	<p><b>Adquirir capacidades de analítica avanzada</b></p> <p>N° de científicos de datos vinculados (1)</p> <p>N° de analista de datos vinculados (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Configurar descriptivos de cargo</li> <li>Diseñar proceso de selección</li> <li>Establecer estrategias de retención</li> </ul>

eficiencia de procesos internos, el impacto en la satisfacción del cliente y la reducción de costos y pérdidas. Asimismo, se plantea un cronograma de implementación de acuerdo con lo planteado en el modelo propuesto, es importante tener en cuenta que para hacer

frente a la complejidad de obtener pronósticos de repuestos de forma eficiente y generalizada, se han tomado algunas decisiones respaldadas por experiencias exitosas en la literatura como el uso de algoritmos específicos, la priorización y clusterización de SKU de acuerdo a criticidad y el desarrollo del modelo predictivo de forma escalonada en línea con esta priorización. Este enfoque garantiza obtener resultados en un menor tiempo, y ampliar la etapa de testeo y ajuste para cada caso.

Tabla 7. Cronograma de implementación proyecto

Actividad	Responsable	Mes													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Búsqueda, selección y contratación de: científico de datos y analista de datos	Talento humano	█													
Adquisición y alistamiento de unidad de trabajo equipo de datos	Gerencia cadena de abastecimiento/Jefe de sistemas	█													
Habilitar un plan de formación de principios básicos de analítica de datos para el personal	Talento humano		█	█	█										
Adquisición de base de datos autónoma (nube)	Jefe de sistemas	█													
Pago de Oracle Analytics Cloud - Enterprise	Jefe de sistemas	█													
Instalación herramientas open source (Python, Apache Hadoop, Apache Spark, entre otras)	Jefe de sistemas	█													
Integración fuentes de datos a Datawarehouse	Jefe de sistemas/Fábrica de desarrollo	█													
Aplicación de método de toma de decisiones multicriterio (MCDM) para priorizar SKU	Equipo ciencia de datos		█	█											
Agrupar SKU de acuerdo con comportamiento de demanda similar	Equipo ciencia de datos		█	█											
Recopilación de datos de acuerdo con SKU priorizados	Equipo ciencia de datos				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Extracción, transformación y limpieza de datos	Equipo ciencia de datos				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Diseño de variables a partir de los datos existentes	Equipo ciencia de datos				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Aplicación de algoritmos de machine learning (GA-ANN) y desarrollo del modelo.	Equipo ciencia de datos				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Entrenamiento del modelo con datos históricos	Equipo ciencia de datos				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Validación del modelo utilizando datos de prueba y validación	Equipo ciencia de datos					█	█	█	█	█	█	█	█	█	
Aprobación del modelo por parte de los stakeholders y revisiones finales	Áreas responsables proceso S&OP						█	█	█	█	█	█	█	█	
Integración del modelo predictivo en el proceso S&OP de IMECOL	Gerencia cadena de abastecimiento/Equipo ciencia de datos						█	█							

Actividad	Responsable	Mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Capacitación del personal en la utilización del modelo	Equipo ciencia de datos													
Monitorización continua a los indicadores de cuadro de mando integral	Equipo ciencia de datos													
Identificación de oportunidades de mejora y ajustes en el modelo	Áreas responsables proceso S&OP/Equipo ciencia de datos													

Finalmente, este proyecto abre la puerta a la configuración de una cultura de datos en IMECOL, toda vez que el equipo de ciencia de datos que se ha instalado está en capacidad de explorar otros retos y desafíos que pueden ser abordados desde la explotación de los datos. Por lo tanto, se podrían esperar beneficios adicionales a los calculados.

## Conclusiones y Recomendaciones

A continuación, se presentan las conclusiones de la intervención desarrollada en la empresa, así como las recomendaciones para la implementación del plan de intervención propuesto.

Cada uno de los elementos que constituyen el modelo predictivo propuesto está soportado en la revisión de experiencias similares a la de IMECOL y conocimientos validados en el contexto científico. De esta manera se dio tratamiento a riesgos mapeados como la complejidad de la cadena de suministro, los cambios impredecibles de la demanda de repuestos y errores en el pronóstico. Asimismo, se identificó la oportunidad de plantear un enfoque híbrido que combina la experiencia del cliente interno y los hallazgos de la data bajo la dinámica del proceso S&OP que ya está incorporado en IMECOL, esto último facilita la adopción del modelo predictivo y favorece su ajuste por la retroalimentación constante.

El análisis de los datos de IMECOL confirmó la criticidad de su proceso de planificación de inventario debido al costo y volumen de su stock de lento movimiento, con repuestos que tienen desde un año hasta diez años sin rotación, y pérdidas por obsolescencia que alcanzan los \$692 millones aproximadamente para el período comprendido entre los años 2020 y 2022. Estos datos dejan en evidencia la ineficiencia de los métodos estadísticos tradicionales para pronosticar la demanda y la complejidad para la toma de decisiones para este tipo de artículos.

El 100% de los colaboradores que participaron en el ejercicio de validación del modelo propuesto, consideraron que es una mejora al proceso actual, y el 77% que tendrá un impacto altamente positivo en la rentabilidad de IMECOL debido a la optimización del inventario y los ahorros que se obtienen al evitar compras innecesarias y minimizar pérdidas por productos obsoletos.

La selección y configuración de un cuadro de mando integral que oriente la ejecución es esencial para asegurar que la innovación se lleve a cabo de manera efectiva y se traduzca en resultados concretos que beneficien a la organización. En línea con esto es necesario tener en cuenta que, al tratarse de un proyecto de innovación, el cronograma propuesto puede y debe sufrir modificaciones en tanto se avance en su ejecución, sin embargo, los cambios que se planteen deben estar supeditados a los objetivos e indicadores definidos.

En cuanto a las recomendaciones se sugiere:

La automatización y digitalización de procesos asociados a la ordenación y recepción de repuestos, así como digitalizar la información relacionada con el inventario para facilitar el acceso y análisis de datos. Asimismo, se propone mantener una comunicación fluida entre los departamentos de compras, mantenimiento y operaciones enmarcada en el proceso S&OP para asegurar una gestión de repuestos alineada con las necesidades operativas.

El monitoreo permanente y evaluación de los indicadores de desempeño (KPIs) para comprobar la efectividad del modelo predictivo en la planificación de inventarios, así como su ajuste conforme a las tendencias observadas y la retroalimentación recibida.

La extensión de uso de los modelos predictivos para apoyar la toma de decisiones estratégicas en torno a la gestión de inventario, como la selección de proveedores, la determinación de puntos de reorden, y predicción de requerimientos de mantenimiento de la maquinaria en el tiempo para configurar ofertas customizadas, lograr un servicio postventa más robusto o aplicar estrategias de precios para dinamizar los períodos de baja operación.

La democratización del conocimiento en analítica de datos para reducir la dependencia a consultores externos o especialistas en datos para abordar problemas internos. Esto puede generar ahorros y aumentar la autonomía de la organización.

## Referencias

- Alarcón García, R. (2021). *Sistema analítico basado en un modelo predictivo de procesamiento de datos en la Big Data en la Educación Superior*. Obtenido de <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/228973?page=17>
- Andiyappillai, N. (2020). Data Analytics in Warehouse Management Systems. *International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)*, 20.
- Chen, J., Gusikhin, O., Finkenstaedt, W., & Liu, Y.-N. (2019). Maintenance, Repair, and Operations Parts Inventory Management in the Era of Industry 4.0. *IFAC PapersOnLine*, 52(13), 171-176. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.171>
- Data-Driven, P. (03 de Diciembre de 2021). Obtenido de Predik Data-Driven: <https://predikdata.com/es/modelos-predictivos-para-mejorar-cadenas-de-suministro/>
- de Paula Vidal, G. H., Gusmão Caiado, R. G., Scavarda, L. F., Ivson, P., & Garza-Reyes, J. A. (2022). Decision support framework for inventory management combining fuzzy multicriteria methods, genetic algorithm, and artificial neural network. *Computers & Industrial Engineering*, 174(108777). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108777>
- DIGITAL, N. A. (19 de enero de 2020). *America Digital News* . Obtenido de Big Data y Analítica predictiva: 3 Casos de éxito que transformaron los modelos de negocios: <https://news.america-digital.com/big-data-casos-exito-analitica-predictiva/>
- Domínguez, M. (2022). Big Data en organizaciones: ¿qué es y qué no es un reto actualmente? *Harvard Deusto Business Review*(322), 28-37. Obtenido de

Harvard-deusto.com: <https://www.harvard-deusto.com/big-data-en-organizaciones-que-es-y-que-no-es-un-reto-actualmente>

Durán, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión Gerencial*(1), 55-78. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545892008>

Jacobs, F., & Chase, R. (2019). *Operations and Supply Chain Management The Core*.

Marr, B. (2016). *Big Data in Practice: How 45 Successful Companies Used Big Data Analytics to Deliver Extraordinary Results*. Wiley.

Morcillo, F. M. (19 de Marzo de 2021). <https://www.linkedin.com/>. Obtenido de John

Deere: la transformación digital de operaciones y servicios:

<https://www.linkedin.com/pulse/john-deere-la-transformaci%C3%B3n-digital-de-operaciones-y-francisco/?originalSubdomain=es>

Peña, C. A. (2017). *Planificación de ventas y operaciones S&OP en 14 claves*. Madrid: MARGE BOOKS.

Praveen, U., Farnaz, G., & Hatim, G. (2019). Inventory management and cost reduction of supply chain processes using AI based time-series forecasting and ANN modeling. *Procedia Manufacturing*, 38, 256-263.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.034>

Rojas, X., & Hazin, L. (2014). Estructura de Gestión basada en el proceso S&OP: Estudio de caso en una industria cosmética Brasileña. *Enfoque UTE*, 5(1), 1-15. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v5n1/1390-6542-enfoqueute-5-01-00001.pdf>

Tarallo, E., Akabane, G. K., Shimabukuro, C. I., Mello, J., & Amancio, D. (2019). Machine Learning in Predicting Demand for Fast-Moving Consumer Goods: An Exploratory Research. *IFAC-PapersOnLine*, 737-742.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.203>

**Anexo A. Inventario de lento movimiento por línea**

Tabla 8. Lista de repuestos de baja rotación

<b>LINEA DE INVENTARIO</b>	<b>Costo adquisición total Repuestos lento movimiento</b>	<b>Porcentaje de participación</b>	<b>Promedio de meses transcurridos última salida</b>
051 - REPUESTOS CASE	\$ 2,283,695,619	62%	27.6
039 - REPUESTOS CAMECO	\$ 284,871,203	8%	24.3
079 - REPUESTOS IMPLEMENTOS AGRICOLAS	\$ 107,398,966	3%	17.7
008 - REPUESTOS YANMAR	\$ 82,398,526	2%	27.6
068 - AGROMATAO	\$ 66,293,249	2%	20.9
201 - AGROQUIMICOS	\$ 60,933,405	2%	21.4
401 - MANGUERAS Y ACOPLS	\$ 58,225,746	2%	31.7
048 - FILTROS	\$ 54,501,909	1%	20.9
038 - REPUESTOS CAMIONETAS Y CAMIONES	\$ 51,247,077	1%	23.9
017 - HERRAMIENTAS Y CONSUMIBLES	\$ 47,943,036	1%	37.2
102 - REPUESTOS ITM	\$ 38,200,507	1%	20.6
100 - COMPONENTES REMOLQUES	\$ 36,780,890	1%	24.7
078 - COMPONENTES AGRICOLAS CONST. IMECOL	\$ 36,486,867	1%	25.8
08A - LLANTAS Y NEUMATICOS	\$ 35,619,625	1%	26.8
005 - TUBOS Y PERFILES	\$ 34,101,196	1%	36.5
400 - HIDRAULICOS	\$ 29,786,022	1%	38.3
080 - AGRICULTURA DE PRECISION	\$ 28,251,749	1%	33.9
089 - REPUESTOS BUFALO	\$ 27,622,812	1%	65.6
092 - REPUESTOS MACDON	\$ 27,396,567	1%	54.5
052 - REPUESTOS JHON DEERE S.C.	\$ 26,708,682	1%	33.5
003 - RODAMIENTOS Y CHUMACERAS	\$ 24,373,719	1%	31.0
086 - HERRAMIENTAS CASE	\$ 20,494,645	1%	41.4
050 - ELECTRICOS	\$ 19,967,357	1%	36.2
043 - REPUESTOS KENWORTH	\$ 18,728,880	1%	23.3
004 - DOTACION Y SUMINISTROS A TRABAJADORES	\$ 17,166,988	0%	30.5
002 - EJES DE ACERO	\$ 16,053,154	0%	30.3
015 - OTROS, CABLES, CADENAS, MUELLES	\$ 14,960,908	0%	28.8
024 - VARIAS LINEAS DE REPUESTOS	\$ 14,713,377	0%	33.7
018 - CONSUMIBLES	\$ 13,672,582	0%	26.6
013 - LUBRICANTES	\$ 11,127,489	0%	21.0
001 - LAMINAS	\$ 10,827,378	0%	41.4
014 - TORNILLERIA	\$ 9,621,706	0%	28.9
020 - PARTES DE ALUMINIO	\$ 9,495,000	0%	37.1

LINEA DE INVENTARIO	Costo adquisición total Repuestos lento movimiento	Porcentaje de participación	Promedio de meses transcurridos última salida
083 - JUGUETERIA	\$ 6,554,742	0%	29.0
200 - FERTILIZANTE	\$ 5,286,600	0%	15.5
091 - REPUESTOS EATON	\$ 4,900,729	0%	50.7
094 - REPUESTOS BERCO	\$ 3,921,111	0%	32.7
016 - REPUESTOS MACK	\$ 3,893,281	0%	24.0
010 - BRONCES Y ALUMINIOS	\$ 3,158,000	0%	21.9
053 - REPUESTOS ALZADORAS CAMECO S.C.	\$ 3,119,028	0%	25.9
055 - RASTRA METALAGRO	\$ 2,831,000	0%	17.8
059 - MOTOBOMBAS S.C.	\$ 2,483,317	0%	64.0
082 - FERTILIZADORAS	\$ 1,804,140	0%	17.1
026 - REPUESTOS HOLLAND	\$ 1,680,000	0%	25.4
006 - MATERIALES PARA PINTURA	\$ 1,194,253	0%	37.8
103 - POLUZZI	\$ 949,678	0%	37.8
012 - MATERIALES PARA CONSTRUCCION	\$ 642,050	0%	26.0
074 - CUCHILLAS CSCH	\$ 158,788	0%	29.8
029 - REPUESTOS ALZADORA LA CANE	\$ 74,340	0%	71.3
036 - REPUESTOS CATERPILLAR	\$ 40,000	0%	20.5
009 - ACCESORIOS GALVANIZADOS	\$ 39,759	0%	14.7
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>\$ 3,662,397,653</b>	<b>100%</b>	<b>31.1</b>
			PROMEDIO

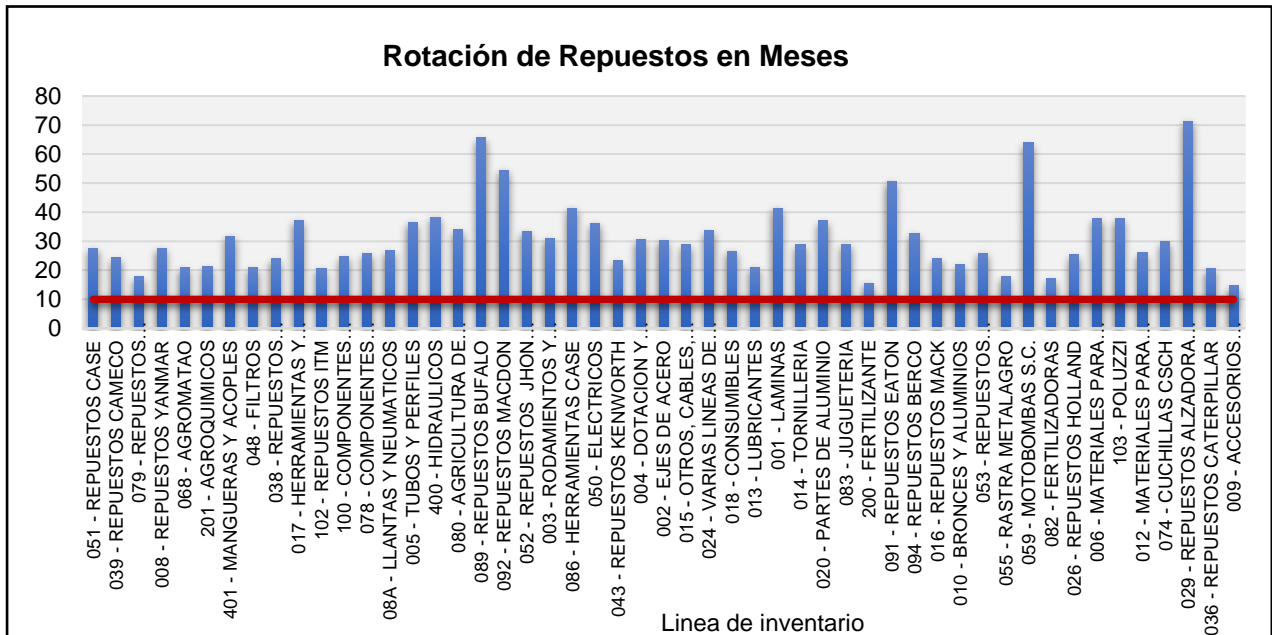


Figura 11. Rotación de inventario en meses

### Anexo B. Cálculos financieros

La evaluación financiera es un pilar fundamental en la gestión de cualquier proyecto, y es por esto que a continuación se detallan todos los cálculos correspondientes a los resultados obtenidos para la implementación del modelo predictivo de planificación de inventario de IMECOL.

Este análisis financiero permitió evaluar y entender la viabilidad, estabilidad y rentabilidad del proyecto desde una perspectiva financiera. Dentro de los diferentes aspectos y beneficios claves en este análisis está la viabilidad financiera, análisis de costos, proyecciones de ingresos, evaluación de riesgos, rentabilidad, análisis de flujo de efectivo, toma de decisiones, comparaciones de alternativas, entre otras.

Para los cálculos del proyecto, se inició con los costos asociados a la inversión para la puesta en marcha como acondicionamiento de oficina y compra de licencia en la nube para el almacenamiento y preparación de datos.

Tabla 9. Costos fijos

Part	Descripción	Part Qty	Instance Qty	Usage Qty	Unit Price	Monthly Cost	Total Cost (12 months)
	<b>Oracle Analytics Cloud - Enterprise</b>						
<b>B92683</b>	Oracle Analytics Cloud - Enterprise - Users (Usuarios por mes)	10	1	1	\$332,000	\$3,320,000	\$39,840,000
	<b>Base de datos autónoma</b>						
<b>B95754</b>	Oracle Autonomous Database Storage (Capacidad mensual)	1024	1	1	\$101	\$103,690	\$1,244,282
<b>B95701</b>	Oracle Autonomous Data Warehouse - ECPU (ECPUs por hora)	2	1	744	\$1,394	\$2,074,867	\$24,429,888
	<b>Estimated Total Cost - 1 año</b>						<b>\$65,514,170</b>

Igualmente se considera un gasto de mano de obra técnica para la implementación inicial e integración del Data Warehouse a las fuentes de datos, considerando un tiempo promedio de 60 horas.

Tabla 10. Costos de implementación

Descripción	Día	\$/Hora	Total
Integración Data Warehouse (M.O. técnica)	60	\$ 150,000	\$ 9,000,000

Tabla 11. Costos activos fijos

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Anual
Equipos de computo	2	\$3,500,000	\$7,000,000
Logos y cuadros de oficina	1	\$2,200,000	\$2,200,000
Muebles y enseres	1	\$3,000,000	\$3,000,000
Botiquín primeros Aux.	1	\$170,000	\$170,000
Extintor	1	\$80,000	\$80,000
<b>TOTAL</b>			<b>\$12,450,000</b>

Con la información de la Tabla 10 y Tabla 11 se identifica los costos de inversión de activos fijos y costos de instalación, para el cual se define una depreciación de salvamento del 30%, en un período de 3 años (1er año: 30%, 2do año: 30% y 3er año: 40%). Y se considera un aporte de capital de los inversores de \$2 millones de pesos.

Tabla 12. Inversión inicial

Inversión	
Inversión en activos fijos (CAPEX capital expenditure)	\$12,450,000
Costos de instalación y montaje	\$9,000,000
Valor de salvamento	30% al final de la vida útil
Vida útil del activo	3 años
Sistema de depreciación acelerado	1 año 30%
	2 año 30%
	3 año 40%
Inversión en capital de trabajo (Se recuperan al final de la vida útil del proyecto)	\$2,000,000 KTN ( act. Corrientes - pas. Corriente)
Vida útil del proyecto	5 años

Como se considera un aporte de \$2millones de pesos para el proyecto por parte de los inversores, lo que se termina financiando son \$19,4millones a 3 años, con una tasa de interés anual del 22,2%, lo que equivale a el pago de una cuota fija anual de \$9,5millones por un periodo de 3 años.

Tabla 13. Financiación del proyecto

<b>Financiación del proyecto</b>			
Financiamiento			\$19,450,000
Condiciones: Plazo		3 años	
Modalidad	Tipo de cuota		
Tasa de interés		<b>22.2%</b> anual	
	<b>Cuota</b>		<b>\$9,553,031</b>

En la Tabla 14, no se consideran ventas si no ahorros al disminuir los inventarios de baja rotación, los cuales, para septiembre de 2023 equivalen a \$3,662 millones en un periodo de 31 meses, lo anterior, llevado a simulación de un préstamo de libre inversión con una tasa del 22,2% es equivalente a pagar solo en intereses \$1,183 millones, a esto se le debe sumar la perdida de oportunidad de haber marginado si se hubiese invertido en un buen negocio, por este último se considera una pérdida de \$549millones, para una total de \$1,732 millones.

Con la implementación del modelo predictivo de inventario, se considera la disminución en estas pérdidas de \$1,732 millones, ahorrando en los primeros 3 años el 12%, 25% y 35%, como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Impacto sobre la rotación de inventario

<b>Año</b>	<b>Ahorro</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	12%	\$ 208,737,125
<b>2</b>	25%	\$ 260,921,406
<b>3</b>	35%	\$ 352,243,898

Se considera para el proyecto un total de M.O.D. de dos administrativos para el control, operación, verificación y seguimiento implementación del modelo, los cuales tendrán un incremento anual del 9%.

Tabla 15. Costo M.O.D.

Concepto	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Meses	Valor Anual
Administrativo	Analista de datos	1	\$4,960,000	12	\$59,520,000
Administrativo	Científico de datos	1	\$7,750,000	12	\$93,000,000
<b>TOTAL</b>					<b>\$152,520,000</b>

En la Tabla 16 se cuantifican los costos indirectos anuales del proyecto.

Tabla 16. Costos indirectos

Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Valor Anual
Servicios públicos	Mes	\$200,000	12	\$2,400,000
Internet y telefonía	Mes	\$160,000	12	\$1,920,000
Telefonía celular	Mes	\$85,000	12	\$1,020,000
<b>TOTAL</b>				<b>\$5,340,000</b>

Para los cálculos de las variables operacionales, se consideró una tasa impositiva del 30% y una tasa de oportunidad del 15%, como se observa en la Tabla 17.

Tabla 17. Costos variables de operación

<b>Variables Operacionales</b>		
Ventas (Ahorros)		\$208,737,125
Incremento anual	<b>Año 1</b>	12%
	<b>Año 2</b>	25%
	<b>Año 3</b>	35%
Costos de producción		\$5,340,000
Incremento anual		7%
Gastos en ventas		0%
Gastos administrativos		\$218,034,170
Incremento anual		9%
Tasa impositiva		30%
Tasa de oportunidad		15%

Para los activos fijos, se considera un valor de salvamento del 30%, y el 70% restante que equivale a \$15millones, se deprecian a 3 años así: Año 1: 30%, Año 2: 30% y Año 3: 40%.

Tabla 18. Costos para depreciar

<b>Base a Depreciar</b>		
Valor activo fijo		\$12,450,000
+ Gasto instalación		\$9,000,000
<b>Costo activo (CAPEX)</b>		<b>\$21,450,000</b>
- Valor salvamento	30%	\$6,435,000
<b>Base a depreciar</b>		<b>\$15,015,000</b>

Tabla 19. Gastos depreciación

<b>Gasto Depreciación</b>		
1 año	2 año	3 año
30%	30%	40%
<b>\$4,504,500</b>	<b>\$4,504,500</b>	<b>\$6,006,000</b>

Tabla 20. Valor de salvamento neto

<b>Valor de Salvamento Neto</b>		
Costo activo		\$21,450,000
Valor salvamento	30%	<b>\$6,435,000</b>
- Impuesto	35%	\$2,252,250
<b>Valor salvamento neto</b>		<b>\$4,182,750</b>

Tabla 21. Capital aportado por los inversionistas

<b>Capital de Trabajo Neto</b>		
Activo corriente	(Inventarios + MO)	
- Pasivo corriente	( C x P )	
<b>KTN</b>		<b>\$2,000,000</b>

En la Tabla 22, se presenta la tabla de amortización para el crédito bancario para la inversión inicial del proyecto, equivalente a \$19.5millones, con una tasa de interés anual del 22,2%.

Tabla 22. Amortización del crédito

Periodo	Plan de pagos			
	Cuota	Interés	Abono k	Saldo
0	\$0	\$0	\$0	\$19,450,000
1	\$9,553,031	\$4,317,900	\$5,235,131	\$14,214,869
2	\$9,553,031	\$3,155,701	\$6,397,331	\$7,817,538
3	\$9,553,031	\$1,735,493	\$7,817,538	\$0

En la Tabla 23 se observa como resultado una utilidad neta positiva a partir del tercer año. También se observan los beneficios del modelo predictivo, entre estos los ahorros que se generan con la implementación del modelo predictivo y cómo se comporta la utilidad neta en los primeros 3 años.

Tabla 23. Proyección estado de resultados

Proyección Estado de Resultados				
Años	0	1	2	3
<b>Ventas (Ahorros)</b>		<b>\$208,737,125</b>	<b>\$260,921,406</b>	<b>\$352,243,898</b>
- Costo de ventas		\$5,340,000	\$5,713,800	\$6,113,766
<b>Utilidad Bruta en ventas</b>		<b>\$203,397,125</b>	<b>\$255,207,606</b>	<b>\$346,130,132</b>
- Gastos admitivos	OPEX	\$218,034,170	\$237,657,245	\$259,046,397
- Gastos en ventas		\$10,436,856	\$13,046,070	\$17,612,195
- Gasto Depreciación		\$4,504,500	\$4,504,500	\$6,006,000
<b>Utilidad operacional</b>		<b>-\$29,578,401</b>	<b>-\$209</b>	<b>\$63,465,540</b>
- Gasto financieros		\$4,317,900	\$3,155,701	\$1,735,493
+ Otros ingresos		\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		<b>-\$33,896,301</b>	<b>-\$3,155,910</b>	<b>\$61,730,047</b>
- Impuestos		-\$10,168,890	-\$946,773	\$18,519,014
<b>Utilidad neta</b>		<b>-\$23,727,411</b>	<b>-\$2,209,137</b>	<b>\$43,211,033</b>

En el flujo de caja libre se observa como es el comportamiento financiero de la IMECOL después de haber cubierto todos los gastos. En la Tabla 24 se tiene que el flujo de caja libre para el tercer año es positivo, lo que indica que la empresa está generando más dinero que el que está gastando, lo cual es una señal atractiva para los inversores.

Tabla 24. Flujo de caja libre

<b>Flujo de caja libre descontable ( inversionista = equity)</b>				
<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Utilidad neta</b>		<b>-\$23,727,411</b>	<b>-\$2,209,137</b>	<b>\$43,211,033</b>
+ Depreciaciones, amortizaciones, provisiones		\$4,504,500	\$4,504,500	\$6,006,000
<b>Generación Interna de Fondos</b>		<b>-\$19,222,911</b>	<b>\$2,295,363</b>	<b>\$49,217,033</b>
- Inversión en activos fijos (CAPEX)	-\$21,450,000	\$0	\$0	\$0
- / + Inversión en capital de trabajo net (KNT)	-\$2,000,000	\$0	\$0	\$2,000,000
+ valor salvamento neto	\$0	\$0	\$0	\$4,182,750
+ Nuevos préstamos	\$19,450,000	\$0	\$0	\$0
- Abono a capital	\$0	-\$5,235,131	-\$6,397,331	-\$7,817,538
<b>Flujo de caja libre</b>	<b>-\$4,000,000</b>	<b>-\$24,458,042</b>	<b>-\$4,101,968</b>	<b>\$47,582,245</b>

Se calcula la WAA para el proyecto, dando como resultado 15,2%

### Calculo WAA

<b>Inversión total =</b>	\$21,450,000	100%
<b>Financiamiento =</b>	\$19,450,000	91%
<b>Interes =</b>	22.2%	
<b>Equidad o Inversión Capital =</b>	\$2,000,000	9%
<b>Interes</b>	12%	

**Paso 1 =** Calcular el costo de la deuda después de impuestos (Kd)

$$Kd = i * ( 1 - T )$$

Donde:

i = Tasa interés de la deuda

T = Tasa impositiva

$$Kd = 15.5\%$$

$$Ke = 12\%$$

$$Wd = 91\%$$

$$We = 9\%$$

$$WACC = ( Wd * Kd ) + ( We * Ke )$$

$$WACC = 15.2\%$$

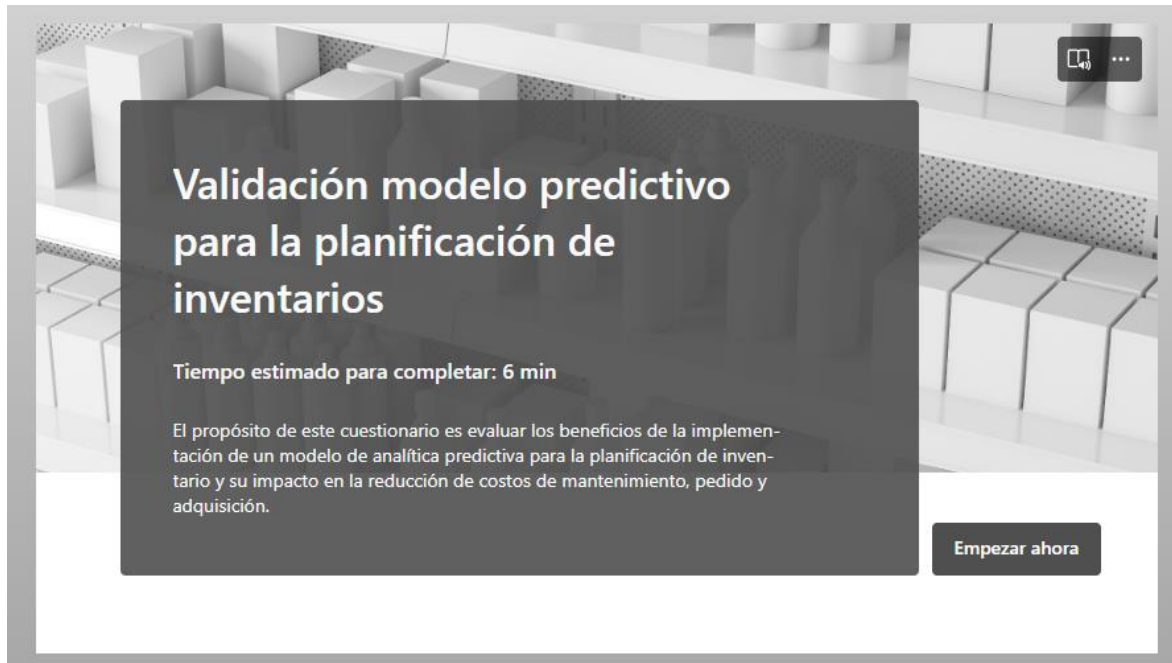
Finalmente se tiene la Tabla 23 de indicadores, con un resumen del panorama del proyecto, con una tasa de oportunidad del 15% mientras que la TIR da como resultado 21%, lo cual indica que el proyecto supera la tasa de oportunidad, esto sugiere que el proyecto es financieramente atractivo y que tiene el potencial de ofrecer rendimientos superiores a los de otras inversiones.

Tabla 25. Indicadores para evaluar viabilidad del proyecto

<b>Cálculo de Indicadores para Evaluar el Proyecto</b>	
<b>VPN</b>	\$2,916,559
<b>TIR</b>	21%
<b>WACC</b>	15%
<b>PAYBACK</b>	3 años y 4 meses
<b>Tasa de Oportunidad</b>	15%

Igualmente se tiene que la TIR es mayor que el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC), el cual está en 15% frente a una TIR del 21%, indicando que el proyecto está generando una rentabilidad superior al costo total de financiamiento de la empresa. En otras palabras, el proyecto está generando un rendimiento que excede el costo de los fondos utilizados para financiarlo.

## Anexo C. Cuestionario aplicado



### Identificación

Estas preguntas nos permiten identificar datos contextuales que facilitan el análisis posterior de los resultados. Su información será codificada y permanecerá confidencial, por lo cual los datos de este instrumento se informarán sólo en conjunto.

1. ¿Cuál es el cargo en el que se encuentra?
  - a. Gerente Manufactura
  - b. Gerente Servicios
  - c. Gerente Operaciones
  - d. Gerente TI
  - e. Jefe Manufactura
  - f. Jefe Servicios
  - g. Jefe Operaciones
  - h. Jefe Taller

- i. Jefe TI
  - j. Comercial Retail
  - k. Analista Operaciones
  - l. Analista Manufactura
  - n. Jefe Sede Puerto López
2. ¿Hace cuánto se encuentra en el cargo?
- a. Menos de 1 año
  - b. Entre 1 y 3 años
  - c. Entre 3 y 5 años
  - d. Entre 5 y 10 años
  - e. Más de 10 años
3. ¿Cuál es su nivel de escolaridad?
- a. Secundaria
  - b. Técnica
  - c. Tecnológica
  - d. Profesional
  - e. Especialización
  - f. Maestría

### **Contexto general**

Las preguntas siguientes tienen como objetivo establecer una línea base para comprender el estado actual de las variables que se están midiendo, contéstelas desde su experiencia personal.

4. ¿Cuál es su nivel de satisfacción respecto a la gestión de inventarios de la compañía?
  - a. Muy insatisfecho
  - b. Insatisfecho
  - c. Neutral
  - d. Satisfecho
  - e. Muy satisfecho
  
5. ¿Cuál cree que es el principal reto de la gestión de inventarios en Imecol S.A.S.?
  - a. Precisión en la demanda y pronósticos considerando la amplia gama de piezas y equipos diferentes
  - b. Caducidad y obsolescencia de partes y equipos
  - c. Disponibilidad de productos en inventario cuando se necesitan
  - d. Complejidad de la cadena de suministro
  - e. Optimización de costos de inventario
  
6. ¿Cuál de las siguientes situaciones problemáticas ha enfrentado con mayor frecuencia en relación con la gestión de inventarios? Seleccione como máximo 3 opciones.
  - a. Retrasos en la entrega de partes y equipos necesarios
  - b. Ineficiencias en el proceso de solicitud y aprobación de productos en inventario
  - c. Dificultad para obtener información actualizada sobre el inventario disponible
  - d. Faltantes de piezas o equipos clave cuando se requerían
  - e. Errores en la previsión de demanda que llevaron a faltantes de productos o exceso de inventario

7. ¿Cómo describe el proceso de planificación de inventario que utiliza Imecol?
- a. Eficiente y bien coordinado
  - b. Aceptable pero con oportunidades de mejora
  - c. Complicado y necesita simplificación
  - d. Ineficiente y propenso a errores
8. ¿Cuál es su nivel de confianza en la precisión de las previsiones de demanda actuales?
- a. Muy alto
  - b. Moderado
  - c. Bajo

### **Hábitos y nivel de usuario**

9. ¿Cuál es la principal fuente de información que consulta regularmente para planificar inventarios en su área de responsabilidad?
- a. Historial de ventas y demanda pasada.
  - b. Información de proveedores y plazos de entrega.
  - c. Datos de inventario actual en almacén.
  - d. Pronósticos de ventas y proyecciones internas.
  - e. Pedidos y requisiciones de clientes
10. ¿Con qué frecuencia realiza pedidos al área de abastecimientos?
- a. Diariamente
  - b. Semanalmente
  - c. Mensualmente

d. Ocasionalmente

### **Valoración**

11. Por favor, califique su nivel de acuerdo o desacuerdo con cada uno de los beneficios que se podrían obtener con la implementación del modelo predictivo propuesto. Donde '1' significa 'Totalmente en desacuerdo' y '5' significa 'Totalmente de acuerdo'.

- a. Optimización de inventario al mantener niveles óptimos
- b. Mejora de la eficiencia operativa al agilizar procesos de toma de decisiones
- c. Ahorro de costos al evitar compras innecesarias y minimizar pérdidas de productos obsoletos
- d. Mayor satisfacción del cliente al responder a la demanda de manera oportuna
- e. Reducir el riesgo de faltantes de productos

12. ¿La implementación del modelo predictivo para la planificación de inventario puede tener un impacto significativo en la rentabilidad de IMECOL?

- a. Sí, creo que tendrá un impacto altamente positivo en la rentabilidad de la compañía.
- b. Sí, creo que tendrá un impacto positivo, aunque quizás no sea significativo.
- c. Sí, podría tener un impacto, pero tengo dudas sobre su magnitud.
- d. No estoy seguro, necesito más información para evaluarlo adecuadamente.
- e. No, no creo que tenga un impacto significativo en la rentabilidad de la compañía.

13. ¿Considera que el esquema propuesto es una mejora sustancial al proceso actual de planificación de la demanda?

- a. Sí, representa una mejora sustancial en comparación con el proceso actual.

- b. Sí, es una mejora, pero no estoy seguro de cuán sustancial será.
- c. Sí, podría ser una mejora, aunque tengo algunas dudas sobre su efectividad.
- d. No estoy convencido de que sea una mejora sustancial en comparación con el proceso actual

14. ¿Cuál considera que es principal reto para la implementación del modelo predictivo propuesto?

- a. La complejidad de la cadena de suministro y la variabilidad de la demanda
- b. La calidad y disponibilidad de los datos de inventario
- c. La falta de experiencia y conocimientos en análisis de datos
- d. El nivel de madurez tecnológica de los sistemas de gestión
- e. La resistencia al cambio y la falta de adopción de nuevas tecnologías y procesos

15. ¿Considera que la integración del modelo predictivo de planificación de la demanda será compatible con el modelo de S&OP?

- a. Sí, la integración es completamente compatible y complementa nuestro proceso de S&OP de manera efectiva.
- b. Sí, pero requerirá algunas modificaciones menores para lograr una integración perfecta.
- c. No estoy seguro, se necesita una evaluación más detallada para determinar la compatibilidad.
- d. No, la integración del modelo predictivo podría ser problemática y podría entrar en conflicto con nuestro proceso de S&OP.

16. ¿Tiene sugerencias o comentarios para mejorar la interacción con el modelo o su utilidad en la reducción de pérdidas de inventario?