



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRIA EN LOGISTICA Y CADENA DE SUMINISTROS

TEMA:

**ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTROS
EN LA INDUSTRIA 4.0 EN LA EMPRESA REMECO, UBICADA EN QUITO**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Ingeniería Industrial,
Mención En Logística y Cadena De Suministros

Autor

Ing. Jessica Gabriela Rendón Pallo

Tutor

M.Sc. Pozo Espín Israel Alejandro

AMBATO – ECUADOR

2026

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo Jessica Gabriela Rendon Pallo declaro ser la autora del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTROS EN LA INDUSTRIA 4.0”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 08 días del mes de Julio de 2024, firmo conforme:

Autor: Jessica Gabriela Rendon Pallo

Firma:

Número de Cédula: 1726715590

Dirección: Pichincha, Quito, Cochapamba, San Carlos

Correo Electrónico: jessy9305@yahoo.com

Teléfono: 0960024989

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTROS EN LA INDUSTRIA 4.0 REMECO, UBICADA EN QUITO” presentado por Jessica Gabriela Rendón Pallo para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 8 de enero del 2026

.....

M.Sc. Pozo Espín Israel Alejandro

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo a la obtención del título de Magister en Ingeniería Industrial, mención en Logística y Cadena De Suministros, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 8 de enero del 2026

.....

Jessica Gabriela Rendón Pallo

1726715590

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTROS EN LA INDUSTRIA 4.0 EN LA EMPRESA REMECO, UBICADA EN QUITO previo a la obtención del título de Magister en Ingeniería Industrial, mención en Logística y Cadena De Suministros reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 8 de enero del 2026

.....

Mg. Suarez del Villar Labastida Alexis
PRESIDENTE

.....

Mg. Topón Visarrea Blanca Liliana
EXAMINADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su amor incondicional, apoyo y confianza. Gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo, sacrificio y dedicación. Este logro es también el resultado de su incansable trabajo y sacrificio.

A mis hermanos, Maritza, Martha y Juan Daniel por su apoyo y por brindarme siempre una sonrisa en los momentos de dificultad. Cada uno de ustedes tiene un lugar especial en mi corazón, y su presencia ha sido una fuente de alegría y motivación.

A mis abuelitos; María y Miguel (+), por su sabiduría, cariño y ejemplo de vida. Gracias por enseñarme a valorar lo verdaderamente importante y por darme su amor incondicional.

A Diego, por ser mi compañero, por su apoyo constante, su paciencia y su amor. Gracias por estar siempre a mi lado, por darme fuerzas en los momentos difíciles y por compartir mis alegrías en los momentos felices. Este logro también es tuyo.

Jessica Gabriela Rendón Pallo

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar agradeciendo profundamente a Dios, por ser mi guía constante, dándome fuerza y sabiduría en cada paso de este camino. Su presencia en mi vida ha sido la fuente de mi esperanza y persistencia.

A la Universidad Indoamérica por abrirme sus puertas y hoy pueda ver cristalizado mi profesionalización.

A mi tutor del proyecto M.Sc. Pozo Espín Israel Alejandro, por su paciencia, guía, asistencia y comprensión. Gracias por brindarme los conocimientos necesarios que me permitieron avanzar con firmeza en la realización del presente trabajo.

A mis docentes, que me acompañaron a lo largo de la maestría, por el tiempo y el esfuerzo dedicados a mi formación.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Sin su apoyo y fe en mí, este sueño no habría sido posible.

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Justificación.....	6
Importancia.....	6
Utilidad.....	6
Impacto.....	6
Factibilidad.....	7
Beneficio.....	8
Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	8
CAPÍTULO II.....	9
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	9
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	9
Modelo Operativo.....	13

Desarrollo del Modelo Operativo	14
Área de Estudio	16
CAPÍTULO III	18
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	18
Presentación de la Propuesta	18
Análisis ABC	18
Análisis XYZ.....	22
Proyecciones de demanda.....	25
Cantidad óptima de pedido y punto de reorden.....	27
Stock de seguridad.....	32
Costos de la nueva política de inventarios	36
Resultados esperados.....	38
Cronograma de actividades	39
Análisis de costos	40
Componente ambiental.....	42
CAPÍTULO IV	44
EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS	44
Proceso de ejecución	44
Justificación de la ejecución.....	44
Desarrollo y seguimiento.....	44
Resultados obtenidos	46
Presentación de resultados obtenidos	46
Evaluación de la ejecución	50
Análisis comparativo de la situación inicial y la situación actual	50
Evaluación Económica	51
Análisis de la curva S	67
CAPÍTULO V	69

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
Conclusiones.....	69
Recomendaciones	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 :	7
Tabla 2 :	9
Tabla 3 :	10
Tabla 4 :	16
Tabla 5 :	18
Tabla 6 :	20
Tabla 7 :	23
Tabla 8 :	26
Tabla 9 :	29
Tabla 10 :	34
Tabla 11 :	37
Tabla 12 :	39
Tabla 13 :	39
Tabla 14 :	41
Tabla 15 :	45
Tabla 16 :	49
Tabla 17 :	50
Tabla 18 :	52
Tabla 19 :	52
Tabla 20 :	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 :	10
Figura 2 :	11
Figura 3 :	11
Figura 4 :	12
Figura 5 :	14
Figura 6 :	41
Figura 7 :	47
Figura 8 :	48
Figura 9 :	48
Figura 10 :	68

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA

FACULTAD DE INGENIERIAS

MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTROS

TEMA: ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTROS EN LA INDUSTRIA 4.0 EN LA EMPRESA REMECO, UBICADA EN QUITO.

AUTOR: Ing. Jessica Gabriela Rendón Pallo

TUTOR: M.Sc. Pozo Espín Israel Alejandro

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo analiza las estrategias de sostenibilidad en la cadena de suministros de la empresa REMECO, ubicada en Quito, en el contexto de la Industria 4.0. El objetivo general del trabajo fue desarrollar estrategias de sostenibilidad en la cadena de suministros de REMECO S.A, mediante la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 para mejorar la eficiencia operativa. Se realizó un diagnóstico integral que permitió identificar fortalezas y debilidades, utilizando herramientas como análisis ABC y XYZ, además de integrar tecnologías digitales para optimizar la gestión de inventarios. Los resultados indicaron una mejora en la precisión de la gestión de inventarios y la creación de indicadores de desempeño para el seguimiento continuo, buscando reducir costos y aumentar la sostenibilidad. La propuesta consistió en un modelo operativo que incluye automatización y análisis de datos en tiempo real, priorizando la reducción del desperdicio y el uso eficiente de recursos. En conclusión, la implementación de estas estrategias no solo incrementa la eficiencia operativa de REMECO, sino que también fortalece su competitividad en el mercado.

Palabras clave: Cadena de suministros, Eficiencia, Industria 4.0, Sostenibilidad, Tecnologías.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Master's Degree in Industrial Engineering with major in Logistics and Supply Chain

AUTHOR: RENDON PALLO JESSICA GABRIELA

TUTOR: MSc. POZO ESPIN ISRAEL ALEJANDRO

THEME

SUSTAINABILITY STRATEGIES IN THE SUPPLY CHAIN WITHIN INDUSTRY 4.0 AT REMECO, A COMPANY LOCATED IN QUITO

ABSTRACT

This research examines sustainability strategies within REMECO's supply chain, located in Quito, within the context of Industry 4.0. The research's objective was to develop sustainable strategies at REMECO S.A.'s supply chain through the application of Industry 4.0 technologies, aiming to enhance operational efficiency. A comprehensive diagnostic assessment was conducted to identify strengths and weaknesses, utilizing tools such as ABC and XYZ analysis, as well as integrating digital technologies to optimize inventory management. The results indicated an improvement in inventory management accuracy and the development of performance indicators for continuous monitoring, aiming to reduce costs and enhance sustainability. The proposal consisted of an operational model that includes automation and real-time data analysis, prioritizing waste reduction and the efficient use of resources. In conclusion, the implementation of these strategies not only increases REMECO's operational efficiency but also strengthens its competitiveness in the market.

KEYWORDS: Efficiency, industry 4.0, supply chain, sustainability, technologies



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción

A nivel global, la integración de estrategias de sostenibilidad en las cadenas de suministro, respaldadas por tecnologías de la Industria 4.0, se ha convertido en un imperativo para empresas líderes. Según Abarca et al. (2020), en la cuarta revolución industrial podemos utilizar varias herramientas —como IoT, blockchain e inteligencia artificial (IA)— para minimizar la huella ambiental, optimizar recursos y garantizar transparencia en las operaciones.

Actualmente, la integración de la Industria 4.0 en empresas líderes como Unilever, Patagonia, Siemens y Schneider Electric han demostrado que puede transformar radicalmente la gestión sostenible de sus operaciones logísticas (Andrango & Arroyo, 2023), también promueve prácticas sostenibles, como la reducción de emisiones mediante gemelos digitales (Koh, 2019). Estas compañías usan inteligencia artificial para optimizar las rutas de transporte (generando reducciones de emisiones de CO₂ de hasta un 25%), blockchain para garantizar el material reciclado, y sensores IoT para minimizar el desperdicio de recursos en tiempo real (Basco et al., 2018). Se utilizan estas tecnologías con la finalidad de reducir el consumo de recursos, reducir las emisiones de carbono y mejorar la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro. Por ejemplo, Siemens ha implementado soluciones digitales para crear “gemelos digitales” que pueden simular y optimizar operaciones en tiempo real, reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia energética. Además, empresas como IBM están integrando blockchain en sus cadenas de suministro, aumentando la transparencia y la trazabilidad de los productos y garantizando prácticas más sostenibles en toda la cadena de suministro (Mehrpuoya, 2019).

En Ecuador, la adopción de estrategias de sostenibilidad en las cadenas de suministro respaldadas por tecnologías de la Industria 4.0 aún está en sus inicios. Sin embargo, algunas empresas y sectores ya han comenzado a implementar prácticas sostenibles.

En Ecuador, donde el sector industrial representa el 28% de las emisiones nacionales (Ministerio del Ambiente, 2023), la adopción de estas prácticas avanza lentamente. Casos como el de Cervecería Nacional muestran avances promisorios, con

sistemas de automatización que redujeron un 15% su consumo hídrico (Pérez, 2021). Sin embargo, persisten barreras críticas: el 68% de las PYMES manufactureras carecen de herramientas digitales para medir su huella ambiental (Soledispa et al., 2023), y solo el 12% de los distribuidores cumplen con estándares internacionales de embalaje sostenible (Almanza & Cano, 2022).

REMECO es una empresa importadora y distribuidora de herramientas, materiales y acabados para la industria ferretera, de la construcción, industrial (proyectos de riego) y home center. Con más de 2000 clientes en todo el país, ofrece soporte técnico y productos con garantía. Han tenido problemas en su cadena de suministro, sin embargo, han sido problemas que esta tesis espera mejorar.

Remeco, es una empresa que enfrenta desafíos específicos en su cadena de suministro. Sus operaciones actuales se basan en sistemas más tradicionales, lo que limita su capacidad para responder eficazmente a las demandas del mercado.

REMECO: Un caso paradigmático

Como actor clave en la distribución de materiales ferreteros y de construcción, REMECO enfrenta desafíos que reflejan esta dualidad:

- Impacto ambiental crítico: Su cadena logística genera 320 toneladas anuales de residuos plásticos no reciclables y una flota de transporte con emisiones equivalentes a 1,200 toneladas de CO₂ (Datos internos, 2023).
- Oportunidades desaprovechadas: La ausencia de tecnologías 4.0 le impide implementar soluciones como:
 - ❖ Economía circular: Reutilización de pallets y embalajes mediante sistemas RFID (Castillo, 2023).
 - ❖ Logística verde: Optimización de rutas con algoritmos de IA para reducir kilometraje (Medina Cano et al., 2024)

"La verdadera revolución 4.0 no está en la tecnología, sino en cómo la usamos para regenerar ecosistemas" (Joyanes, 2017, p.112). Esta investigación busca materializar ese principio, transformando la cadena de suministro de REMECO en un referente regional de sostenibilidad inteligente.

ANTECEDENTES

Antecedentes

A nivel global, la sostenibilidad en cadenas de suministro ha evolucionado de ser una iniciativa opcional a un componente estratégico fundamental, impulsado por regulaciones ambientales más estrictas (COA, 2021) y la demanda creciente de transparencia por parte de consumidores y accionistas (Soledispa et al., 2023). Según el World Economic Forum (2023), el 78% de las empresas del Fortune 500 han integrado criterios ESG en sus operaciones logísticas, logrando reducciones promedio del 32% en emisiones de carbono. Este cambio responde a tres factores clave: regulaciones ambientales más estrictas, mayor conciencia del consumidor y presión de inversionistas que priorizan portafolios sostenibles (MIT Center for Transportation & Logistics, 2022). Empresas líderes como Unilever y Schneider Electric han demostrado que la logística sostenible puede generar ahorros del 25-30% mientras mejora el posicionamiento de marca.

En América Latina, países como Colombia y Chile han implementado exitosamente política de logística verde que ha logrado una mejora del 18% en eficiencia energética (CEPAL, 2023). Sin embargo, Ecuador muestra un retraso significativo: solo el 28% de las empresas miden su huella ambiental (INEC, 2023), el porcentaje en el sector distribuidor de materiales de construcción desciende al 15%. Esta situación es particularmente preocupante considerando que la industria de la construcción consume el 40% de los recursos no renovables del país (Ministerio del Ambiente, 2023), generando una necesidad urgente de modelos circulares adaptados al contexto local.

En el contexto ecuatoriano, sectores como el alimenticio y manufacturero han demostrado avances significativos, como la reducción del 18% en consumo hídrico mediante sistemas de monitoreo inteligente (Andrango & Arroyo, 2023), mientras que el sector distribuidor –particularmente en ferretería y construcción– presenta un rezago notable, con solo el 12% de empresas implementando programas estructurados de economía circular (Medina et al., 2024). Estudios recientes destacan que los obstáculos principales incluyen la fragmentación en la cadena de valor, la limitada adopción de tecnologías de trazabilidad y la ausencia de métricas estandarizadas para medir impacto ambiental (Vásquez et al., 2022), brechas que este proyecto busca abordar en el caso específico de REMECO.

Estos antecedentes establecen un marco de referencia claro para la intervención en REMECO, destacando tanto las oportunidades disponibles como los desafíos específicos que enfrenta el sector. La evidencia demuestra que la transición hacia una cadena de suministro sostenible no solo es viable, sino que representa una ventaja competitiva en el actual contexto de mercado. Recientes estudios enfatizan que los obstáculos considerados más importantes incluyen: Tres factores son los principales que obstaculizan la introducción de prácticas sostenibles en Ecuador: (1) Escasez de métricas estandarizadas para medir impacto ambiental, (2) acceso limitado a tecnologías limpias, y (3) desconocimiento de modelos de economía circular aplicables (Soledispa et al., 2023), determinados vacíos que este proyecto busca abordar en el caso específico de REMECO. Sin embargo, casos exitosos como Cemex Ecuador, indican que superar estos inconvenientes posibilita la incrementación de beneficios, principalmente ahorros del 25% en costos de logística, además de un mayor acceso a los mercados internacionales con demandas ambiental rigurosas (Andrango & Arroyo, 2023). El Programa Nacional de Economía Circular (2022) identifica cuatro ejes clave de oportunidad: mejora de embalajes, control de residuos, eficiencia energética y transporte sostenible.

Como actor principal en la distribución de materiales de construcción, REMECO enfrenta una oportunidad única para potenciar y mejorar la transición sostenible en el sector industrial. Los resultados obtenidos muestran que las empresas que integran estas prácticas generan un incremento de su participación en el mercado en un 15% (Cemex Ecuador, 2023), especialmente en segmentos corporativos y proyectos públicos con requisitos ambientales. Este antecedente indica la urgencia del desarrollo estratégico personalizado combinado que resulte en mejores prácticas internacionales con resultados adaptados en el campo operativo y regulatorio ecuatoriano.

La motivación inicial detrás del proyecto es la necesidad urgente de aumentar la sostenibilidad y competitividad de REMECO mediante la incorporación de tecnologías de Industria 4.0. El objetivo de instaurar sistemas automatizados y análisis de datos en tiempo real permitirá a REMECO mejorar y potenciar su cadena de suministro y aumentar el control de las operaciones. Al considerar esta problemática, no se pretende lidiar únicamente con los desafíos actuales sino también ubicar a REMECO como una empresa pionera en la industria, autosuficiente de adaptarse a tiempo a las exigencias del mercado y efectuar sus operaciones de manera más eficiente y sostenible. Enfocándose no solo con los objetivos de REMECO de intensificar la rentabilidad y la eficiencia, sino que, también

es pilar para garantizar el crecimiento y éxito a largo plazo en un ambiente cada vez más competitivo.

La Industria 4.0 se ha convertido de una visión futurista a una realidad tangible, cuantiosas empresas han apropiado estas tecnologías para desarrollar e impulsar la eficiencia y la destreza en sus cadenas de suministro. A través del IoT ha permitido monitorear en tiempo real los activos y productos a lo largo de toda la cadena, proporcionando la visibilidad sin precedentes (Abarca et al., 2020).

La información obtenida de la literatura académica e informes industriales destaca que resulta exitosa la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en la cadena de suministros. Muestra cómo la inteligencia artificial facilita tomar decisiones más informadas, la automatización mejora la eficiencia de producción y analizar los datos resulta en una planificación más precisa (Vásquez, et al., 2022). Además, observamos un cambio en la mentalidad empresarial, donde la interacción entre los diferentes actores, se vuelve más estrecha y basada en datos. La compatibilidad de sistemas y el intercambio de información son principales elementos en esta nueva dinámica de cooperación que promueve la Industria 4.0 (Sachon, 2018).

Estos antecedentes establecen un marco de referencia claro para la intervención en REMECO, destacando tanto las oportunidades disponibles como los desafíos específicos que enfrenta el sector industrial. Demostrando que la transición hacia una cadena de suministro sostenible no solo es viable, sino que representa una ventaja competitiva en el actual mercado.

JUSTIFICACIÓN

Justificación

Importancia

La adquisición de tecnologías de la Industria 4.0 en REMECO trasciende la mera eficiencia operativa y se considera una estrategia principal para lograr sostenibilidad ambiental y competitividad responsable. Implementando tecnologías avanzadas como la automatización, generación del análisis de datos en tiempo real y los sistemas de gestión inteligentes, la revolución de la Industria 4.0 se ha adaptado e integrado a los campos de fabricación y logística. Para las empresas es primordial la competitividad en el aspecto tecnológico a través del desarrollo tecnológico de las cadenas de suministros. Para REMECO, establece una oportunidad única para transformar la cadena de suministro multisectorial (con más de 200 proveedores y 2,000 clientes) en un modelo ejemplar bajo en carbono, tomando en consideración los ODS 9, 12 y 13. Siendo urgente adoptar, integrar y desarrollar en el sector ferretero ecuatoriano, debido a que genera el 22% de emisiones del comercio minorista (Ministerio del Ambiente, 2023).

Utilidad

La investigación de REMECO sobre la integración y utilización de la Industria 4.0 en la cadena de suministro tiene un amplio uso práctico. Permitirá a las empresas optimizar procesos clave como la gestión de inventario y el procesamiento de pedidos, aumentando así la eficiencia operativa. El uso tecnológico de vanguardia como la automatización y el Internet permitirá a REMECO responder de manera más efectiva a las demandas del mercado, reduce gastos operativos y mejora la calidad del servicio. Además, garantiza que se cumplirán mejores prácticas de la industria y permitirá a la empresa superar a sus competidores en un entorno altamente competitivo.

Impacto

El impacto en REMECO debido a la implementación de Industria 4.0 no solo genera una eficiencia operativa, sino que también se obtiene un efecto positivo debido a

su impacto sostenible, debido a que, se aplican y ejecutan diversas estrategias. Se obtendrá una considerable reducción al 15% de las emisiones de CO₂; porcentajes que se disminuyen con herramientas como la IA, reduciendo en un 10% por la gestión inteligente que minimiza el consumo de energía en los almacenes.

La implementación generará impactos medibles en tres dimensiones:

Tabla 1:

Impacto ambiental y social con estrategias de sostenibilidad en Industria 4.0

Dimensión	Indicador	Meta 3 años	Herramienta 4.0
Ambiental	Reducción huella carbono (alcance 1-3).	35%	IoT + optimización rutas IA.
Circularidad	Tasa de reciclaje de embalajes	60%	Blockchain para trazabilidad.
Social	Proveedores con certificación ética.	75%	Plataforma de evaluación ESG.

Nota: Adaptado de Carbón Trust (2023) y Global Reporting Initiative Fuente: Elaboración propia

Estas acciones evitarán la generación de 500 toneladas anuales de residuos plásticos y reducirán el consumo energético en almacenes en un 25% mediante sensores IoT, según proyecciones de Andrango & Arroyo (2023).

Factibilidad

La compañía ha iniciado su transformación digital, proporcionando una base sólida para empezar a utilizar tecnologías avanzadas. Además, existen soluciones tecnológicas y proveedores que son especialistas en proporcionar herramientas adecuadas a empresas de diferentes tamaños y capitales, facilitando una asimilación progresiva. La justificación de los costos de implementación depende de los beneficios de la eficiencia y reducciones de costos operativos. La disponibilidad en el apoyo técnico y financiero también respalda la viabilidad de la modernización de los procesos de REMECO, lo que hace que la Industria 4.0 sea factible y beneficiosa para la empresa.

Beneficio

Implementar la Industria 4.0 por parte de REMECO traerá múltiples beneficios. Los más destacados son la optimización de la eficiencia operativa, reduciendo costes y la mejorando la satisfacción del cliente. Estas ventajas permitirán a REMECO no sólo seguir siendo competitivo en el mercado, sino también liderar en innovación y excelencia operativa. La adopción de tecnología avanzada garantizará que la empresa pueda adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda y a los desafíos inesperados, asegurando su sostenibilidad a largo plazo y su capacidad para superar a sus competidores.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar estrategias de sostenibilidad en la cadena de suministros de REMECO S.A, mediante la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 para mejorar la eficiencia operativa.

Objetivos Específicos

- Definir el estado actual de la cadena de suministro de REMECO mediante un diagnóstico integral que identifique las fortalezas, debilidades, y las áreas críticas que requieren mejoras, con el propósito de orientar la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 y optimizar la eficiencia operativa de la empresa.
- Optimizar la Gestión de Inventarios mediante Tecnologías de la Industria 4.0 y el análisis de datos en tiempo real para mejorar la precisión en la gestión de inventarios.
- Establecer un sistema de indicadores de desempeño (KPI) para evaluar y monitorear continuamente la eficiencia operativa, la gestión de inventarios y el impacto sostenible en la cadena de suministro de REMECO.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La rentabilidad de REMECO se ve muy afectada por el problema crítico del almacenamiento de material ineficiente. Como empresa especializada en la importación y distribución de herramientas, materiales y acabados, REMECO enfrenta importantes dificultades de la empresa para satisfacer las exigentes demandas del mercado, afectando negativamente a la satisfacción del cliente.

Tabla 2:

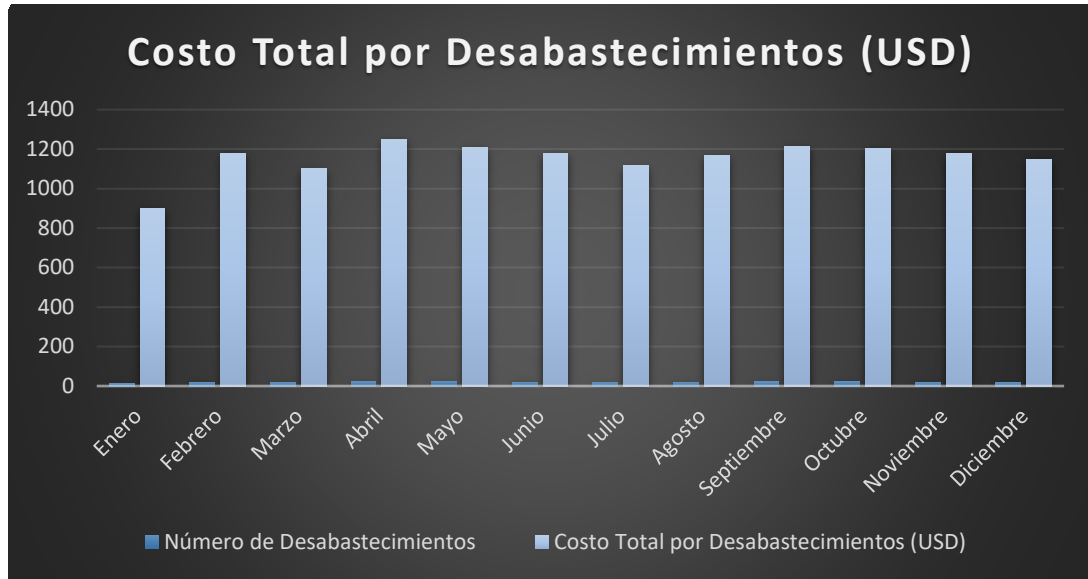
Costos por Desabastecimiento

Mes	Número de Desabastecimientos	Costo Promedio por Desabastecimiento (USD)	Costo Total por Desabastecimientos (USD)
Enero	15	\$ 66.67	\$ 900.00
Febrero	20	\$ 50.00	\$ 1,180.00
Marzo	18	\$ 55.56	\$ 1,100.00
Abril	22	\$ 45.45	\$ 1,250.00
Mayo	25	\$ 40.00	\$ 1,210.00
Junio	20	\$ 50.00	\$ 1,180.00
Julio	17	\$ 58.82	\$ 1,115.00
Agosto	19	\$ 52.63	\$ 1,170.00
Septiembre	21	\$ 47.62	\$ 1,215.00
Octubre	23	\$ 43.48	\$ 1,205.00
Noviembre	20	\$ 50.00	\$ 1,180.00
Diciembre	18	\$ 55.56	\$ 1,150.00
Total Anual	238	\$ 615.79	\$ 13,855.00

Nota: La tabla muestra la falta de productos en stock según el ítem de cada mes. Fuente: Elaboración propia.

Figura 1:

Desabastecimientos



Nota: La figura muestra los desabastecimientos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3:

Envíos Inesperados

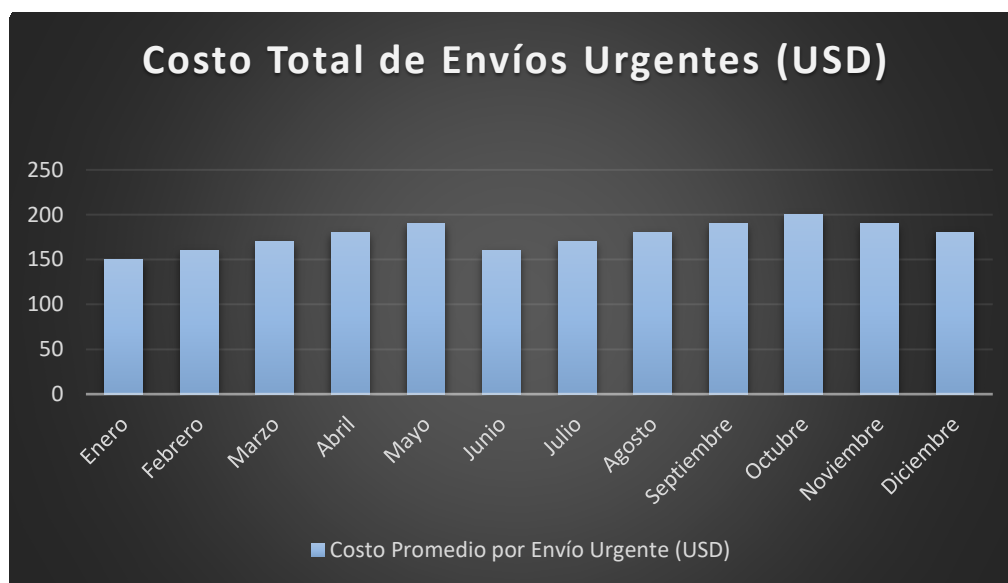
Mes	Número de Envíos Urgentes	Costo Promedio por Envío Urgente (USD)
Enero	1	\$ 150.00
Febrero	1	\$ 160.00
Marzo	2	\$ 170.00
Abril	1	\$ 180.00
Mayo	2	\$ 190.00
Junio	1	\$ 160.00
Julio	1	\$ 170.00
Agosto	3	\$ 180.00

Septiembre	2	\$ 190.00
Octubre	1	\$ 200.00
Noviembre	2	\$ 190.00
Diciembre	9	\$ 180.00
Total Anual	26	\$ 2,120.00

Nota: La tabla muestra los envíos inesperados. Fuente: Elaboración propia.

Figura 2:

Envíos Inesperados



Nota: La figura muestra los envíos inesperados. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3:

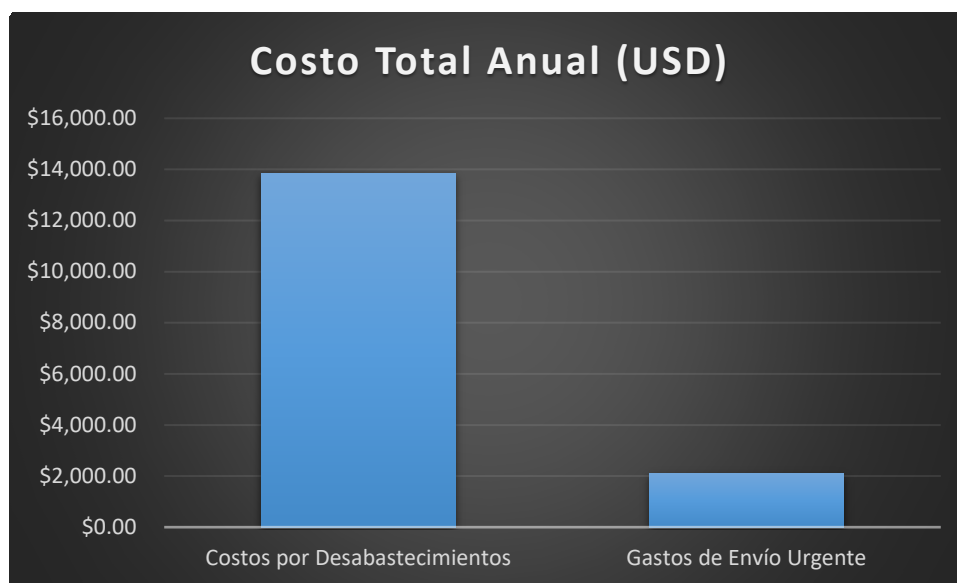
Resumen de Costos Anuales

Tipo de Costo	Costo Total Anual (USD)
Costos por Desabastecimientos	\$ 13,855.00
Gastos de Envío Urgente	\$2,120.00
Total Anual	\$15,975.00

Nota: La tabla muestra los costos desembolsados por la empresa. Fuente: Elaboración propia.

Figura 4:

Costos Anuales



Nota: La figura muestra los costos anuales desembolsados por la empresa. Fuente: Elaboración propia.

Los diagnósticos integrales de la cadena de suministro de REMECO revelaron una variedad de problemas críticos que estaban impactando negativamente la eficiencia operativa de la empresa. Primero, los costos asociados con los desabastecimientos eran altos, totalizando \$13,855.00 por año, lo que refleja una falta de sincronización entre los niveles de inventario y la demanda de los clientes. Este desajuste no sólo crea costos directos adicionales, sino que también afecta la reputación de REMECO a través de retrasos en la entrega de productos. La falta de tecnología avanzada de gestión de inventario provoca desabastecimientos porque las empresas no pueden predecir o responder eficazmente a las fluctuaciones de la demanda.

Además, los costos adicionales de envío emergentes suman \$2,120 por año. Estos costos adicionales son el resultado directo de los retrasos en las entregas, lo que obliga a las empresas a incurrir en mayores gastos para cumplir con los plazos de entrega y las expectativas de los clientes. La frecuencia de los envíos de emergencia, junto con el aumento de los costos promedio, pone de relieve las ineficiencias de las cadenas de suministro actuales.

La compensación anual para los clientes afectados es un gasto adicional significativo y una clara indicación de la insatisfacción del cliente debido a problemas de entrega y gestión de inventario. Estas compensaciones no sólo afectan la rentabilidad de

REMECO, sino que también reducen la lealtad de los clientes y su percepción de la empresa.

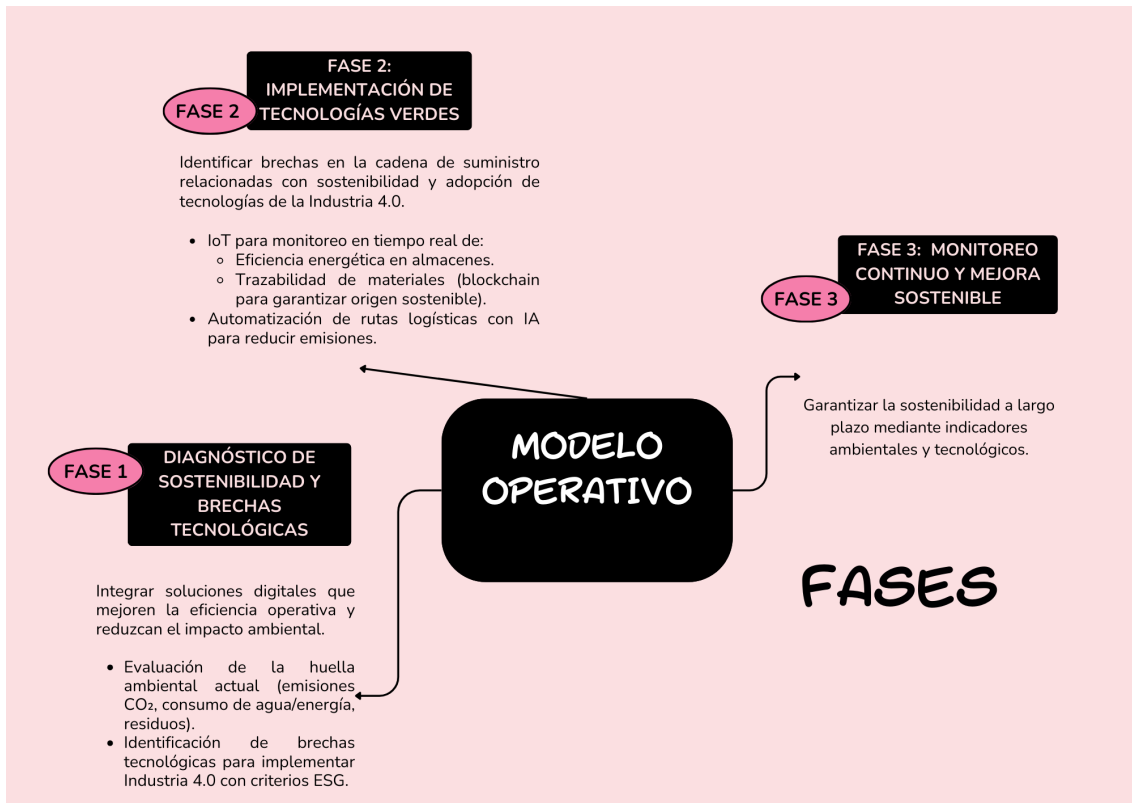
En resumen, el diagnóstico revela que REMECO enfrenta importantes debilidades en la gestión de inventarios y la sincronización con la demanda del mercado, lo que ha derivado en consecuencias económicas negativas debido al almacenamiento subóptimo de materiales. Las principales áreas de mejora incluyen la adopción de tecnologías avanzadas, como los sistemas automatizados y el análisis de datos en tiempo real, que forman parte de la Industria 4.0, con el objetivo de optimizar los procesos logísticos y aumentar la visibilidad y control de la cadena de suministro. Estas soluciones permitirán a REMECO no solo mejorar su eficiencia operativa, sino también reducir los costos de almacenamiento, incrementar la satisfacción del cliente y, en última instancia, aumentar su competitividad en el mercado.

Modelo Operativo

La mejora propuesta en la gestión de inventarios requiere el desarrollo de un modelo operativo.

Figura 5:

Diagrama del Modelo Operativo



Nota. La figura muestra el diagrama del modelo operativo para el desarrollo de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo del Modelo Operativo

➤ Fase 1: Diagnóstico de Sostenibilidad y Brechas Tecnológicas

Objetivo:

Identificar brechas en la cadena de suministro relacionadas con sostenibilidad y adopción de tecnologías de la Industria 4.0.

Actividades:

1. Análisis de Huella Ambiental

Descripción: Evaluar emisiones de CO₂, consumo energético y generación de residuos en los procesos logísticos.

2. Evaluación de Tecnologías 4.0

Descripción: Diagnóstico de la infraestructura actual (IoT, ERP, automatización) y su alineación con estándares de sostenibilidad.

3. Clasificación ABC-XYZ con Enfoque Circular

Descripción: Identificar productos críticos (A-X) para priorizar estrategias de reutilización y reducción de desperdicios.

➤ **Fase 2: Implementación de Tecnologías 4.0 para Sostenibilidad**

Objetivo:

Integrar soluciones digitales que mejoren la eficiencia operativa y reduzcan el impacto ambiental.

Actividades:

1. Sistema de Gestión Inteligente de Inventarios

Descripción: Uso de sensores IoT y blockchain para trazabilidad en tiempo real, reduciendo mermas y optimizando stock.

2. Plataforma de Economía Circular

Descripción: Desarrollo de un módulo ERP para gestionar devoluciones, reparaciones y reutilización de productos (categorías C-Z).

3. Capacitación en Sostenibilidad 4.0

Descripción: Talleres sobre herramientas digitales (ej: simulación de huella de carbono) para el personal.

➤ **Fase 3: Mejora Continua y Monitoreo**

Objetivo:

Garantizar la sostenibilidad a largo plazo mediante indicadores ambientales y tecnológicos.

Actividades

1. Dashboard de Sostenibilidad

Descripción: Reducción de emisores

- Integración de datos en tiempo real para visualizar KPIs ambientales y operativos.

Nombre: Precisión de Inventarios

Fórmula:

Emisiones evitadas= emisiones iniciales-Emisiones post-implementadas

- Tasa de circularidad: (1)

$$Circularidad = \left(\frac{Materiales reutilizados o reciclados}{Materiales totales utilizados} \right) \times 100$$

Meta: Alcanzar un 98% de precisión en los inventarios.

Frecuencia de medición: Mensual, con revisiones periódicas para ajustar estrategias en caso de desviaciones.

Área de Estudio

Tabla 4:

Área de estudio

Área de Estudio	Logística y Cadena de Suministros
Dominio	Industria de Materiales de Construcción
Línea de Investigación	Optimización de la Cadena de Suministros
Sub-Línea de Investigación	Implementación de Tecnologías de la Industria 4.0 en la Logística
Campo	Gestión de Inventarios y Almacenamiento
Aspectos	Eficiencia, Costos, y Satisfacción del Cliente

Objetivo de Estudio	Optimizar la Gestión de Inventarios y Almacenamiento en REMECO Utilizando Tecnologías de la Industria 4.0
Periodo de Análisis	Año 2023

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la Propuesta

El análisis de los niveles históricos de inventario es fundamental para gestionar cualquier negocio de manera eficiente. Los inventarios gestionados adecuadamente permiten a las empresas entregar los productos a tiempo y reducir los costos relacionados con el sobrante o escases de productos. El conocimiento de los patrones de ventas y del flujo de productos facilita el ajuste fino de los niveles de reposición para lograr una rotación óptima del inventario.

Este enfoque no solo ajusta las ganancias, sino que también las sitúa dentro de una sostenibilidad operativa a largo plazo, donde los recursos se manejan de forma eficaz y otros actores logran optimizar por completo las oportunidades de crecimiento dentro del espacio de mercado competitivo.

Análisis ABC

Se fundamenta en el principio de Pareto, en el cual, un pequeño porcentaje de elementos suele generar la mayor parte del valor o impacto. La categoría "A" representa los ítems más críticos, mientras que "B" y "C" abarcan aquellos de menor relevancia, permitiendo a la empresa enfocar sus recursos estratégicamente. Su implementación facilita la optimización de inventarios, mejora la resolución de problemas y contribuye a una administración eficiente de los recursos empresariales.

De esta manera, se inicia exponiendo las ventas de la empresa REMECO S.A., en la tabla 5 se integra los ingresos en dólares durante un lapso de seis meses:

Tabla 5:

Ventas de cada producto por mes

Productos	Meses					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Alicates	2860	4754	667	1041	2319	2770
Brocas	4825	3318	857	1004	2809	1627
Brocha	4914	1721	2815	4096	4934	4030
Cemento	1167	2846	3721	4003	4167	3820
Cerraduras	1241	4454	1656	3636	1247	1002
Cinta Adhesiva	4755	2901	4620	4864	2337	1469

Cinta Métrica	4514	2642	3536	2987	665	3556
Clavos	4028	4033	570	1618	3479	2595
Cortadora de Cerámica	689	2501	2346	3450	3204	4483
Desatornillador	2813	4580	2845	2770	3356	1254
Escalera	2214	3948	2449	900	2240	1718
Escuadra	2958	3278	645	4952	3774	2066
Generador Eléctrico	2231	842	3483	4041	1890	732
Guantes de Trabajo	3811	2524	3507	1961	4742	4162
Lijadora	3030	2524	1330	2214	1060	3747
Llave Inglesa	628	3695	3465	4820	3980	4041
Llaves de agua	4541	4305	3324	3273	2987	1193
Manguera de Riego	4342	2582	876	791	2737	3302
Martillo	2608	4833	1381	2847	3481	1297
Motor Eléctrico	812	4746	4022	4931	2517	3588
Paleta de Yeso	733	3722	1010	2270	1434	3846
Pernos	903	4915	4961	4799	582	3724
Pico	4112	4499	3432	1752	2260	1583
Pintura	4821	3623	2428	1627	3398	3933
Sierra Eléctrica	637	3176	1527	2753	4583	2004
Soldador Eléctrico	4141	2732	667	2731	4889	4213
Taladro	3828	1345	572	1188	3179	1005
Taladro Inalámbrico	3205	3318	3085	3752	2538	1390
Tornillos	689	788	1899	2289	3715	1731
Tubería PVC	4313	4158	689	2088	1847	2606

Nota: Elaboración propia.

Basándose en esta tabla, se desarrolla el cálculo de % acumulado y participación acumulada para determinar la clasificación ABC de cada producto. Estos cálculos se despliegan en la tabla 6:

Tabla 6:*Análisis ABC*

Producto	Costo unitario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total	% acumulado	Participación Acumulada	Clasificación
Brocha	\$ 5,00	1700,00	1395,00	1745,00	2750,00	3250,00	2250,00	13090	2,15	2,15	A
Cinta Adhesiva	\$ 1,50	291,00	471,00	372,00	624,00	570,00	513,00	2841	0,47	2,61	A
Guantes de Trabajo	\$ 4,50	1251,00	958,50	1413,00	1741,50	2025,00	1606,50	8995,5	1,48	4,09	A
Llave Inglesa	\$ 8,00	1552,00	1440,00	1704,00	1760,00	1680,00	1920,00	10056	1,65	5,74	A
Motor Eléctrico	\$ 50,00	1500,00	1250,00	1000,00	1750,00	2000,00	1500,00	9000	1,48	7,21	A
Pernos	\$ 0,50	353,00	375,00	325,00	303,50	275,00	325,50	1957	0,32	7,53	A
Pintura	\$ 10,00	5130,00	6170,00	4000,00	4500,00	5120,00	3140,00	28060	4,60	12,14	A
Cemento	\$ 45,00	27765,00	23085,00	24750,00	26100,00	27450,00	20250,00	149400	24,50	36,64	A
Llaves de agua	\$ 6,00	2088,00	1902,00	2508,00	2700,00	2088,00	1902,00	13188	2,16	38,80	A
Soldador Eléctrico	\$ 49,00	2450,00	2940,00	2695,00	3185,00	3430,00	2940,00	17640	2,89	41,69	A
Cinta Métrica	\$ 6,00	1902,00	1458,00	2088,00	2400,00	2280,00	2220,00	12348	2,02	43,72	A
Escuadra	\$ 5,00	1215,00	1850,00	1400,00	1740,00	1350,00	1200,00	8755	1,44	45,15	A
Pico	\$ 12,00	4800,00	4176,00	4440,00	4176,00	4440,00	3720,00	25752	4,22	49,38	A
Desatornillador	\$ 4,00	1204,00	1392,00	1280,00	1160,00	1392,00	1240,00	7668	1,26	50,63	A
Taladro Inalámbrico	\$ 34,00	6868,00	7480,00	6120,00	8262,00	7140,00	6460,00	42330	6,94	57,57	A
Cortadora de Cerámica	\$ 60,00	1800,00	1500,00	2400,00	2100,00	3000,00	3600,00	14400	2,36	59,94	A
Martillo	\$ 6,00	3078,00	2700,00	2628,00	2700,00	2520,00	2280,00	15906	2,61	62,54	A
Clavos	\$ 0,10	61,00	55,30	51,30	45,00	48,00	47,00	307,6	0,05	62,60	A
Tubería PVC	\$ 3,00	1218,00	942,00	903,00	960,00	1110,00	903,00	6036	0,99	63,59	A
Sierra Eléctrica	\$ 70,00	1400,00	1750,00	2100,00	2800,00	3500,00	4200,00	15750	2,58	66,17	A
Manguera de Riego	\$ 15,00	4710,00	4515,00	4050,00	3645,00	4800,00	4200,00	25920	4,25	70,42	A
Brocas	\$ 3,00	942,00	1215,00	1116,00	891,00	990,00	870,00	6024	0,99	71,41	A
Alicates	\$ 5,00	1065,00	1485,00	1570,00	1485,00	1400,00	1550,00	8555	1,40	72,81	A

Lijadora	\$	54,00	11340,00	8208,00	10098,00	11340,00	9180,00	10260,00	60426	9,91	82,72	B
Escalera	\$	25,00	3800,00	5250,00	4500,00	4250,00	5050,00	4600,00	27450	4,50	87,22	B
Cerraduras	\$	15,00	2595,00	2385,00	3030,00	3300,00	2760,00	2565,00	16635	2,73	89,95	B
Generador Eléctrico	\$	240,00	2400,00	3600,00	4080,00	6720,00	4800,00	5760,00	27360	4,49	94,44	B
Paleta de Yeso	\$	10,00	680,00	600,00	800,00	750,00	600,00	550,00	3980	0,65	95,09	C
Taladro	\$	38,00	6042,00	4560,00	3800,00	4560,00	5434,00	4940,00	29336	4,81	99,90	C
Tornillos	\$	0,20	123,40	110,20	102,60	96,60	92,20	90,40	615,4	0,10	100,00	C
									609781,5	100		

Fuente: Elaboración propia.

Para la clasificación de los productos, se ha considerado los siguiente:

- Si el acumulado es menor o igual al 80%, se selecciona A.
- Si está entre 80% y 95%, se selecciona B.
- Si es mayor al 95%, se selecciona C.

Tomando en cuenta la tabla, el análisis ABC basado en el principio de Pareto revelan lo siguiente:

- Categoría A: Comprende el 77% de las ventas acumuladas y contiene 24 productos. Estos productos son los más relevantes para los ingresos de la empresa, como la brocha, cinta adhesiva, y guantes de trabajo. Representan la prioridad para la gestión de inventarios y estrategias de venta.
- Categoría B: Incluye productos que suman un 13% adicional de las ventas acumuladas, con un total de 4 productos como lijadora y escalera. Estos requieren atención moderada y optimización en su inventario.
- Categoría C: Representa el 10% restante de las ventas acumuladas, con 3 productos como la paleta de yeso, taladro y tornillos. Estos tienen menor impacto en los ingresos, pero no deben descuidarse.

Análisis XYZ

El análisis XYZ en la empresa REMECO S.A. permitió clasificar los productos, según su variabilidad en la demanda. En primer lugar, se identificó los productos con demanda estable (X), seguido, la demandada de manera intermitente o impredecible (Y), por último, la altamente impredecible (Z).

Con este análisis se optimiza inventarios y mejora la planificación de recursos, ayudando a la empresa a tomar decisiones informadas sobre el control de stock y la gestión de operaciones. Además, facilita la priorización de recursos y esfuerzos según la importancia y estabilidad de la demanda de cada categoría (A, B y C).

De esta forma, el análisis XYZ se inicia identificando las cantidades mensuales de ventas para cada producto, ver tabla 7:

Tabla 7:*Unidades vendidas por mes*

Producto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total	Clasificación ABC	Prom. de ventas	Desv. Std.	CV	XYZ	ABC XYZ
Brocha	340	279	349	550	650	450	2618	A	436,33	141,72	32%	Y	AY
Cinta Adhesiva	194	314	248	416	380	342	1894	A	315,67	82,80	26%	X	AX
Guantes de Trabajo	278	213	314	387	450	357	1999	A	333,17	83,63	25%	X	AX
Llave Inglesa	194	180	213	220	210	240	1257	A	209,50	20,80	10%	X	AX
Motor Eléctrico	30	25	20	35	40	30	180	A	30,00	7,07	24%	X	AX
Pernos	706	750	650	607	550	651	3914	A	652,33	70,64	11%	X	AX
Pintura	513	617	400	450	512	314	2806	A	467,67	104,71	22%	X	AX
Cemento	617	513	550	580	610	450	3320	A	553,33	63,70	12%	X	AX
Llaves de agua	348	317	418	450	348	317	2198	A	366,33	55,15	15%	X	AX
Soldador Eléctrico	50	60	55	65	70	60	360	A	60,00	7,07	12%	X	AX
Cinta Métrica	317	243	348	400	380	370	2058	A	343,00	56,65	17%	X	AX
Escuadra	243	370	280	348	270	240	1751	A	291,83	54,69	19%	X	AX
Pico	400	348	370	348	370	310	2146	A	357,67	30,18	8%	X	AX
Desatornillador	301	348	320	290	348	310	1917	A	319,50	24,20	8%	X	AX
Taladro Inalámbrico	202	220	180	243	210	190	1245	A	207,50	22,43	11%	X	AX
Cortadora de Cerámica	30	25	40	35	50	60	240	A	40,00	13,04	33%	Y	AY
Martillo	513	450	438	450	420	380	2651	A	441,83	43,62	10%	X	AX
Clavos	610	553	513	450	480	470	3076	A	512,67	59,86	12%	X	AX
Tubería PVC	406	314	301	320	370	301	2012	A	335,33	43,00	13%	X	AX
Sierra Eléctrica	20	25	30	40	50	60	225	A	37,50	15,41	41%	Y	AY
Manguera de Riego	314	301	270	243	320	280	1728	A	288,00	29,26	10%	X	AX

Brocas	314	405	372	297	330	290	2008	A	334,67	45,17	13%	X	AX
Alicates	213	297	314	297	280	310	1711	A	285,17	37,32	13%	X	AX
Lijadora	210	152	187	210	170	190	1119	B	186,50	22,71	12%	X	BX
Escalera	152	210	180	170	202	184	1098	B	183,00	21,12	12%	X	BX
Cerraduras	173	159	202	220	184	171	1109	B	184,83	22,50	12%	X	BX
Generador Eléctrico	10	15	17	28	20	24	114	B	19,00	6,45	34%	Y	BY
Paleta de Yeso	68	60	80	75	60	55	398	C	66,33	9,73	15%	X	CX
Taladro	159	120	100	120	143	130	772	C	128,67	20,49	16%	X	CX
Tornillos	617	551	513	483	461	452	3077	C	512,83	62,59	12%	X	CX

Desv. Stad.: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación. Fórmula: $CV = (\text{Desviación estándar de ventas} / \text{promedio de ventas})$

Fuente: Elaboración propia.

Combinación ABC-XYZ:

- AX (Alta importancia - Demanda estable): Productos como cinta adhesiva, guantes de trabajo, llave inglesa, motor eléctrico, pernos, pintura, cemento, llaves de agua, soldador eléctrico, entre otros. Estos productos son de alta importancia y tienen una demanda estable, lo que permite planificar con seguridad su abastecimiento.
- AY (Alta importancia - Demanda moderadamente variable): brocha, cortadora de cerámica, sierra eléctrica. Aunque tienen una demanda más variable, siguen siendo de alta importancia, por lo que se debe planificar de manera flexible para evitar desabastecimientos.
- BX (Importancia media - Demanda estable): Productos como lijadora, escalera, cerraduras. Son importantes, pero tienen una variabilidad baja en la demanda.
- BY (Importancia media - Demanda moderadamente variable): Generador eléctrico. Tiene una importancia media y una demanda variable, por lo que se debe gestionar con una planificación más dinámica.
- CX (Importancia baja - Demanda estable): Paleta de Yeso, Taladro, tornillos. Aunque estos productos tienen una menor importancia, su demanda es estable, lo que facilita su gestión.

Bajo este contexto, el análisis es útil para priorizar la gestión de inventarios, fijar el nivel de control necesario para cada producto y optimizar la planificación en base a su importancia y variabilidad de demanda.

Proyecciones de demanda

Para realizar proyecciones de demanda para los próximos 6 meses, se ha usado el modelo de series temporales (enfoque simple), usando la información disponible en la Tabla 7. Inicialmente, se usa el promedio de ventas de los últimos 6 meses (enero-junio) para hacer una proyección simple para los siguientes 6 meses (julio-diciembre). Este método es efectivo cuando los datos no muestran tendencias significativas o estacionalidad. Por tanto, para los próximos 6 meses, la proyección por producto serían los siguientes:

Tabla 8:*Proyecciones de demanda*

Producto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total	Prom. de ventas
Brocha	340	279	349	550	650	450	2618	436,33
Cinta Adhesiva	194	314	248	416	380	342	1894	315,67
Guantes de Trabajo	278	213	314	387	450	357	1999	333,17
Llave Inglesa	194	180	213	220	210	240	1257	209,50
Motor Eléctrico	30	25	20	35	40	30	180	30,00
Pernos	706	750	650	607	550	651	3914	652,33
Pintura	513	617	400	450	512	314	2806	467,67
Cemento	617	513	550	580	610	450	3320	553,33
Llaves de agua	348	317	418	450	348	317	2198	366,33
Soldador Eléctrico	50	60	55	65	70	60	360	60,00
Cinta Métrica	317	243	348	400	380	370	2058	343,00
Escuadra	243	370	280	348	270	240	1751	291,83
Pico	400	348	370	348	370	310	2146	357,67
Desatornillador	301	348	320	290	348	310	1917	319,50
Taladro Inalámbrico	202	220	180	243	210	190	1245	207,50
Cortadora de Cerámica	30	25	40	35	50	60	240	40,00
Martillo	513	450	438	450	420	380	2651	441,83
Clavos	610	553	513	450	480	470	3076	512,67
Tubería PVC	406	314	301	320	370	301	2012	335,33
Sierra Eléctrica	20	25	30	40	50	60	225	37,50
Manguera de Riego	314	301	270	243	320	280	1728	288,00
Brocas	314	405	372	297	330	290	2008	334,67
Alicates	213	297	314	297	280	310	1711	285,17
Lijadora	210	152	187	210	170	190	1119	186,50
Escalera	152	210	180	170	202	184	1098	183,00
Cerraduras	173	159	202	220	184	171	1109	184,83
Generador Eléctrico	10	15	17	28	20	24	114	19,00
Paleta de Yeso	68	60	80	75	60	55	398	66,33
Taladro	159	120	100	120	143	130	772	128,67
Tornillos	617	551	513	483	461	452	3077	512,83

Fuente: Elaboración propia.

Cada producto tiene un promedio de ventas mensual, este promedio sirve de base para hacer proyecciones para los próximos meses.

Productos con mayor promedio de ventas:

- Pernos: 652,33 unidades por mes.
- Cemento: 553,33 unidades por mes.
- Clavos: 512,67 unidades por mes.

Estos productos tienen un alto volumen de ventas, lo que indica que son probablemente los más demandados, lo que podría ser relevante para el enfoque de inventarios y logística.

Productos con menor promedio de ventas:

- Generador Eléctrico: 19 unidades por mes.
- Cortadora de Cerámica: 40 unidades por mes.
- Motor Eléctrico: 30 unidades por mes.

Cada uno de estos tres productos poseen baja demanda mensual, lo que podría indicar que no son productos de alta rotación o que tienen una demanda muy estacional.

En efecto, las proyecciones para los próximos 6 meses se realizan tomando el promedio de ventas de cada producto, manteniendo esa cifra para los próximos meses, asumiendo que no hay cambios significativos en las condiciones del mercado. Es así que, este análisis básico de proyecciones de ventas a partir del promedio mensual puede ayudar a planificar mejor los inventarios, los recursos y las estrategias de ventas para los próximos 6 meses.

Cantidad óptima de pedido y punto de reorden

- Cantidad óptima de pedido (EOQ)

Para calcular la EOQ para cada producto, se necesita ciertos datos adicionales, como el costo óptimo de pedido y costo de mantenimiento del inventario. Por ende, con la información disponible, se proporciona una descripción general del proceso.

La fórmula del **EOQ** es:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2D * S}{H}} \quad (2)$$

Donde:

- **D** = Demanda anual del producto (en este caso, el total proyectado de ventas en 6 meses multiplicado por 2).
- **S** = Costo de realizar un pedido (puede obtenerse a partir de la información sobre el costo administrativo y logístico de hacer un pedido). Para la investigación, la tasa de interés es **4.5%** sobre el valor total del pedido, dato tomado de Zambrano et al. (2018).
- **H** = Costo de mantener una unidad en inventario durante un año (incluye costos de almacenamiento, deterioro, etc.) en este caso se considera el **8%** como referencia, dato tomado de Zambrano et al. (2018) quien considera conceptos de interés y costos de oportunidad.

Primero, se calcula la demanda anual (**D**) para cada producto. Dado que se tiene las ventas proyectadas para 6 meses, se multiplica el total por 2 para obtener la demanda anual. Seguido, para poder calcular el EOQ, se requiere los valores de **S** (costo por pedido) y **H** (costo de mantenimiento por unidad).

En el caso del Punto de reorden (ROP) se calcula con la siguiente fórmula:

$$ROP = D * L \quad (3)$$

Donde:

- **D** = Demanda diaria del producto (demanda anual dividida entre 365 días).
- **L** = Tiempo de entrega en días, es decir, tiempo que pasa a partir del pedido hasta que el producto llega al inventario. En este caso se ha considerado un aproximado de **5 días** para todos los productos.

El proceso de cálculo del EOQ y ROP se muestra en la tabla 9:

Tabla 9:*Cantidad óptima del producto y punto de reorden*

Producto	Precios	Total	Prom. de ventas	Demanda anual	S	H	EOQ	Demanda diaria	ROP
Brocha	5,00	2618	436,33	15708	117,81	\$ 0,40	3041,84	43,04	215,18
Cinta Adhesiva	1,50	1894	315,67	11364	85,23	\$ 0,12	4017,78	31,13	155,67
Guantes de Trabajo	4,50	1999	333,17	11994	89,955	\$ 0,36	2448,26	32,86	164,30
Llave Inglesa	8,00	1257	209,5	7542	56,565	\$ 0,64	1154,63	20,66	103,32
Motor Eléctrico	50,00	180	30	1080	8,1	\$ 4,00	66,14	2,96	14,79
Pernos	0,50	3914	652,33	23484	176,13	\$ 0,04	14380,95	64,34	321,70
Pintura	10,00	2806	467,67	16836	126,27	\$ 0,80	2305,36	46,13	230,63
Cemento	45,00	3320	553,33	19920	149,4	\$ 3,60	1285,83	54,58	272,88
Llaves de agua	6,00	2198	366,33	13188	98,91	\$ 0,48	2331,33	36,13	180,66
Soldador Eléctrico	49,00	360	60	2160	16,2	\$ 3,92	133,62	5,92	29,59
Cinta Métrica	6,00	2058	343	12348	92,61	\$ 0,48	2182,84	33,83	169,15
Escuadra	5,00	1751	291,83	10506	78,795	\$ 0,40	2034,48	28,78	143,92
Pico	12,00	2146	357,67	12876	96,57	\$ 0,96	1609,50	35,28	176,38
Destornillador	4,00	1917	319,5	11502	86,265	\$ 0,32	2490,26	31,51	157,56
Taladro Inalámbrico	34,00	1245	207,5	7470	56,025	\$ 2,72	554,73	20,47	102,33
Cortadora de Cerámica	60,00	240	40	1440	10,8	\$ 4,80	80,50	3,95	19,73
Martillo	6,00	2651	441,83	15906	119,295	\$ 0,48	2811,81	43,58	217,89
Clavos	0,10	3076	512,67	18456	138,42	\$ 0,01	25271,92	50,56	252,82
Tubería PVC	3,00	2012	335,33	12072	90,54	\$ 0,24	3018,00	33,07	165,37
Sierra Eléctrica	70,00	225	37,5	1350	10,125	\$ 5,60	69,87	3,70	18,49
Manguera de Riego	15,00	1728	288	10368	77,76	\$ 1,20	1159,18	28,41	142,03

Brocas	3,00	2008	334,67	12048	90,36	\$	0,24	3012,00	33,01	165,04
Alicates	5,00	1711	285,17	10266	76,995	\$	0,40	1988,00	28,13	140,63
Lijadora	54,00	1119	186,5	6714	50,355	\$	4,32	395,63	18,39	91,97
Escalera	25,00	1098	183	6588	49,41	\$	2,00	570,54	18,05	90,25
Cerraduras	15,00	1109	184,83	6654	49,905	\$	1,20	743,94	18,23	91,15
Generador Eléctrico	240,00	114	19	684	5,13	\$	19,20	19,12	1,87	9,37
Paleta de Yeso	10,00	398	66,33	2388	17,91	\$	0,80	326,99	6,54	32,71
Taladro	38,00	772	128,67	4632	34,74	\$	3,04	325,37	12,69	63,45
Tornillos	0,20	3077	512,83	18462	138,465	\$	0,02	17875,75	50,58	252,90

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra que el EOQ indica el número óptimo de unidades que debe pedir REMECO para minimizar los costos de pedido y de mantenimiento. Este valor depende de la demanda anual, el costo de realizar un pedido y mantener inventarios.

Productos con mayor EOQ:

- Pernos: 14,380.95 unidades.
- Tornillos: 17,875.75 unidades.
- Clavos: 25,271.92 unidades.

Estos productos tienen un alto valor de EOQ, lo que indica que la demanda anual es considerablemente alta, lo que hace que sea más eficiente pedir mayor cantidad para beneficiarse de las demandas.

Productos con menor EOQ:

- Generador Eléctrico: 19.12 unidades.
- Sierra Eléctrica: 69.87 unidades.
- Cortadora de Cerámica: 80.50 unidades.

Estos productos tienen una demanda más baja y la cantidad óptima de pedido es pequeña. Esto significa que no se justifica pedir grandes cantidades debido a su menor demanda, y los costos de mantener grandes inventarios serían mayores en comparación con las ventas.

En el caso del ROP muestra el nivel de inventario a donde debe llegar cada producto para efectuar un nuevo pedido, evitando quedarse sin stock. Este valor depende de la venta diaria y tiempo de entrega.

Productos con mayor ROP:

- Pernos: 321.70 unidades.
- Clavos: 252.82 unidades.
- Tornillos: 252.90 unidades.

Estos productos tienen un ROP relativamente alto, lo que significa que, debido a su alta demanda, se deben realizar pedidos cuando el inventario se acerque a 321 unidades (en el caso de los Pernos) o cerca de 250 unidades para los otros productos, para garantizar que no haya desabastecimiento antes de recibir el próximo pedido.

Productos con menor ROP:

- Generador Eléctrico: 9.37 unidades.
- Cortadora de Cerámica: 19.73 unidades.
- Sierra Eléctrica: 18.49 unidades.

Estos productos tienen un ROP bajo debido a su baja demanda. Esto significa que se pueden realizar pedidos con una cantidad relativamente pequeña de unidades en inventario, ya que no se corre el riesgo de quedarnos sin stock de manera inmediata. El análisis sugiere que los productos de alta demanda requieren un control de inventarios más estricto y frecuentes pedidos más grandes, mientras que los productos de baja demanda permiten pedidos más pequeños y menos frecuentes.

Stock de seguridad

Para calcular el stock de seguridad, es importante considerar el nivel de confianza (Z) y la desviación estándar (sigma) de la demanda. El nivel de confianza refleja la probabilidad de que la cantidad de inventario disponible sea suficiente para cubrir la demanda durante el tiempo de espera (o el tiempo de reabastecimiento). Para la investigación el Nivel de confianza es de 95% (por lo que $Z = 1.64$).

Para el cálculo de del Sigma (desviación estándar de la demanda), primero se requiere obtener datos sobre la demanda histórica del producto durante un período determinado, que en este caso de estudio son 6 meses. La fórmula usada es:

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - d)^2}{n - 1}} \quad (4)$$

Donde:

- n = número de períodos (por ejemplo, meses, días, etc.).
- d_i = demanda en el período i .
- d = media de la demanda.

Una vez que conseguido el valor de Z y sigma, se puede obtener el stock de seguridad (SS) utilizando la fórmula:

$$SS = Z\sigma_L \quad (5)$$

Donde:

- SS= stock de seguridad.
- Z= resultado del nivel de confianza deseado.
- σ = desviación estándar de la demanda.
- L= tiempo de espera (Lead Time) o tiempo de reabastecimiento en unidades de tiempo (días, semanas, meses). Como ya se ha mencionado anteriormente, se ha considerado un aproximado de **5 días** para todos los productos.

Cada uno de estos cálculos se los ha realizado en Excel y se muestran en la tabla

10:

Tabla 10:*Stock de seguridad*

Producto	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Media	SIGMA (Desv. Estd.)	L (Lead time)	Z (Nivel de confianza)	SS (Stock de seguridad)
Brocha	340	279	349	550	650	450	436,33	141,72	5	1,64	519,70
Cinta Adhesiva	194	314	248	416	380	342	315,67	82,80	5	1,64	303,66
Guantes de Trabajo	278	213	314	387	450	357	333,17	83,63	5	1,64	306,67
Llave Inglesa	194	180	213	220	210	240	209,50	20,80	5	1,64	76,28
Motor Eléctrico	30	25	20	35	40	30	30,00	7,07	5	1,64	25,93
Pernos	706	750	650	607	550	651	652,33	70,64	5	1,64	259,06
Pintura	513	617	400	450	512	314	467,67	104,71	5	1,64	384,00
Cemento	617	513	550	580	610	450	553,33	63,70	5	1,64	233,61
Llaves de agua	348	317	418	450	348	317	366,33	55,15	5	1,64	202,25
Soldador Eléctrico	50	60	55	65	70	60	60,00	7,07	5	1,64	25,93
Cinta Métrica	317	243	348	400	380	370	343,00	56,65	5	1,64	207,76
Escuadra	243	370	280	348	270	240	291,83	54,69	5	1,64	200,54
Pico	400	348	370	348	370	310	357,67	30,18	5	1,64	110,69
Desatornillador	301	348	320	290	348	310	319,50	24,20	5	1,64	88,73
Taladro Inalámbrico	202	220	180	243	210	190	207,50	22,43	5	1,64	82,25
Cortadora de Cerámica	30	25	40	35	50	60	40,00	13,04	5	1,64	47,81
Martillo	513	450	438	450	420	380	441,83	43,62	5	1,64	159,96
Clavos	610	553	513	450	480	470	512,67	59,86	5	1,64	219,51
Tubería PVC	406	314	301	320	370	301	335,33	43,00	5	1,64	157,67
Sierra Eléctrica	20	25	30	40	50	60	37,50	15,41	5	1,64	56,51
Manguera de Riego	314	301	270	243	320	280	288,00	29,26	5	1,64	107,32

Brocas	314	405	372	297	330	290	334,67	45,17	5	1,64	165,66
Alicates	213	297	314	297	280	310	285,17	37,32	5	1,64	136,85
Lijadora	210	152	187	210	170	190	186,50	22,71	5	1,64	83,29
Escalera	152	210	180	170	202	184	183,00	21,12	5	1,64	77,45
Cerraduras	173	159	202	220	184	171	184,83	22,50	5	1,64	82,50
Generador Eléctrico	10	15	17	28	20	24	19,00	6,45	5	1,64	23,65
Paleta de Yeso	68	60	80	75	60	55	66,33	9,73	5	1,64	35,68
Taladro	159	120	100	120	143	130	128,67	20,49	5	1,64	75,14
Tornillos	617	551	513	483	461	452	512,83	62,59	5	1,64	229,51

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del stock de seguridad (SS) muestra que los productos con alta variabilidad en la demanda mensual, como Brocha (141.72) y Pernos (70.64), requieren mayores inventarios de respaldo para mitigar el riesgo de desabastecimiento, mientras que productos con baja variabilidad, como el Generador Eléctrico (6.45), necesitan menores niveles de SS .

Estos resultados evidencian la importancia de ajustar el inventario según las características de la demanda de cada artículo, priorizando estrategias de reposición para los productos más volátiles o de mayor rotación. Además, la uniformidad en el tiempo de reposición (5 días) y el nivel de confianza ($Z= 1.64$) asegura un enfoque consistente, aunque podría optimizarse para reducir costos en productos de baja criticidad.

Costos de la nueva política de inventarios

Para el cálculo de la nueva política, se presentan los siguientes costos, que vienen siendo generales y usados para calcular el costo de una nueva política de inventario.

- Capacitación: 25 empleados, 10 horas cada uno, costo por hora de 20 USD = 5.000 USD
- Software: 2000 USD e instalación 500 USD = 2.500 USD
- Infraestructura: 3000 USD
- Seguimiento: Auditorías trimestrales, costo por auditoría 250 USD = 1.000 USD

De esta forma, para calcular el costo de implementación de una nueva política de inventario se usa la siguiente fórmula:

$$C_{\text{Implementación}} = C_{\text{Capacitación}} + C_{\text{Sistemas}} + C_{\text{Infraestructura}} + C_{\text{Logística}} + C_{\text{Seguimiento y Mejora}} \quad (6)$$

$$C_{\text{implementación}} = 5000 + 2500 + 3000 + 1000$$

$$C_{\text{implementación}} = 9.250 \text{ USD}$$

Bajo este cálculo se procede a realizar una tabla resumida de los productos que van a hacer cubiertos por la nueva política, que cantidades se debería adquirir, que cantidad pedir de nuevo y el stock de seguridad para cada uno:

Tabla 11:*Tabla de resumen para nueva política de inventario*

Producto	EOQ	ROP	SIGMA (Desv. Estd.)	SS (Stock de seguridad)
Brocha	3041,84	215,18	141,72	519,70
Cinta Adhesiva	4017,78	155,67	82,80	303,66
Guantes de Trabajo	2448,26	164,30	83,63	306,67
Llave Inglesa	1154,63	103,32	20,80	76,28
Motor Eléctrico	66,14	14,79	7,07	25,93
Pernos	14380,95	321,70	70,64	259,06
Pintura	2305,36	230,63	104,71	384,00
Cemento	1285,83	272,88	63,70	233,61
Llaves de agua	2331,33	180,66	55,15	202,25
Soldador Eléctrico	133,62	29,59	7,07	25,93
Cinta Métrica	2182,84	169,15	56,65	207,76
Escuadra	2034,48	143,92	54,69	200,54
Pico	1609,50	176,38	30,18	110,69
Destornillador	2490,26	157,56	24,20	88,73
Taladro Inalámbrico	554,73	102,33	22,43	82,25
Cortadora de Cerámica	80,50	19,73	13,04	47,81
Martillo	2811,81	217,89	43,62	159,96
Clavos	25271,92	252,82	59,86	219,51
Tubería PVC	3018,00	165,37	43,00	157,67
Sierra Eléctrica	69,87	18,49	15,41	56,51
Manguera de Riego	1159,18	142,03	29,26	107,32
Brocas	3012,00	165,04	45,17	165,66
Alicates	1988,00	140,63	37,32	136,85
Lijadora	395,63	91,97	22,71	83,29
Escalera	570,54	90,25	21,12	77,45
Cerraduras	743,94	91,15	22,50	82,50
Generador Eléctrico	19,12	9,37	6,45	23,65
Paleta de Yeso	326,99	32,71	9,73	35,68
Taladro	325,37	63,45	20,49	75,14
Tornillos	17875,75	252,90	62,59	229,51

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, los cambios propuestos buscan maximizar el inventario de la empresa REMECO S.A., por tanto, los productos de alta demanda están bien abastecidos, mientras que los de baja rotación solo se controlan para evitar los costos de un exceso de existencias innecesarias.

Asimismo, reducir los niveles de reabastecimiento de generador y soldador eléctricos es importante para no inmovilizar el capital en exceso de inventario. Por otro lado, se necesitan cambios en productos como brochas, cemento y clavos para evitar que se agoten las existencias en caso de que aumente la posibilidad de demanda.

Resultados esperados

Diagnóstico de la Cadena de Suministro de REMECO: Se espera la identificación clara de las fortalezas actuales en la cadena de suministro, tales como métodos eficientes, tecnologías ya implementadas o buenas prácticas en logística. Asimismo, se espera la detección de debilidades y áreas críticas, como fallos en la trazabilidad de productos, tiempos de respuesta ineficientes, altos costos operativos o deficiencias en la integración tecnológica. Por otro lado, se

Implementación de Estrategias para Optimizar la Gestión de Inventarios: Con la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 como IoT, Big Data y analítica predictiva se busca mejorar la visibilidad y trazabilidad de los inventarios en tiempo real. De la misma forma, se espera reducir los errores en la predicción de demanda y optimizando los niveles de stock para evitar sobrecostos o desabastecimiento. Asimismo, se busca mejorar en la precisión del control de inventarios, minimizando pérdidas y maximizando la disponibilidad de productos a través de herramientas digitales avanzadas.

Incremento en la Eficiencia Operativa y Reducción de Costos: Con la implementación de soluciones tecnológicas se busca optimizar la planificación y conexión en la cadena de suministro, además, reducir costos logísticos mediante el uso de sistemas automatizados y datos en tiempo real para tomar decisiones indispensables. Asimismo, se logrará disminuir desperdicios y optimización del flujo de materiales.

Mayor Sostenibilidad en la Cadena de Suministro: Con la unificación de prácticas sostenibles en la gestión de suministros, se podrá reducir el impacto ambiental mediante tecnologías limpias y eficientes. Así como la aplicación de modelos de economía circular, promoviendo la reutilización de materiales y la minimización de residuos.

Transformación Digital de REMECO: Con el enlace de tecnologías de la Industria 4.0 se logrará la capacitación del personal en nuevas herramientas digitales y metodologías innovadoras, así como la implementación de indicadores clave de desempeño (KPIs) para monitorear la efectividad de las estrategias adoptadas.

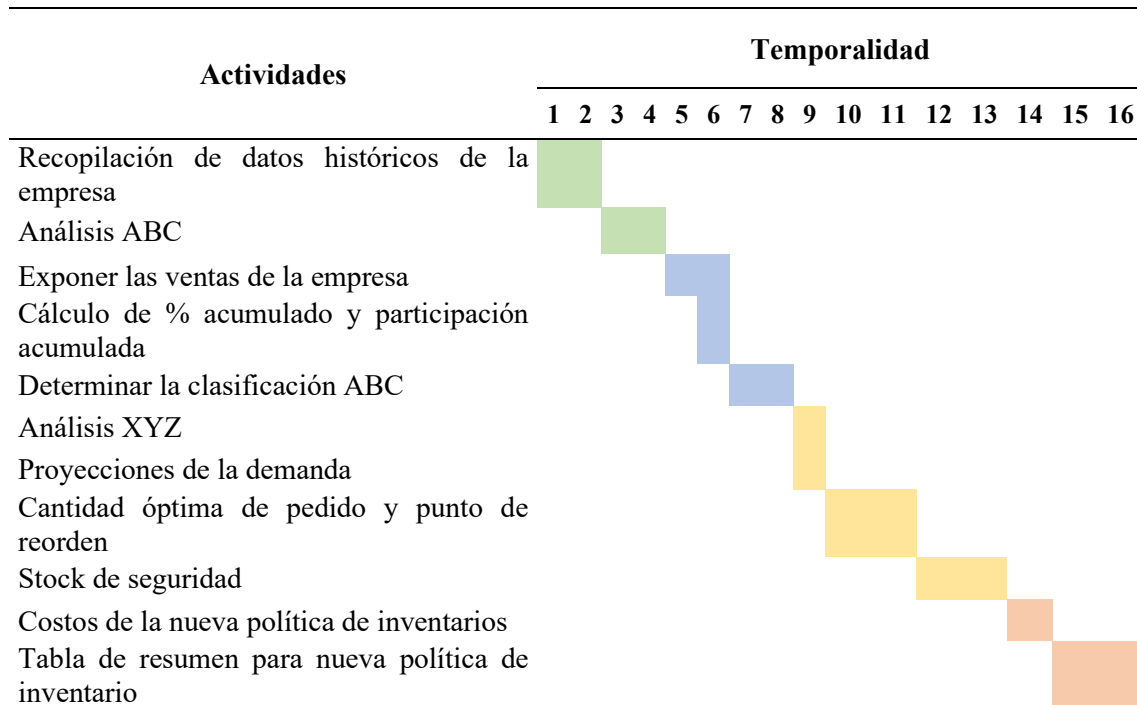
Bajo estas perspectivas, se espera que la investigación proporcione a REMECO un modelo optimizado de cadena de suministro basado en principios de sostenibilidad y digitalización, alineado con las exigencias de la Industria 4.0.

Cronograma de actividades

El cronograma integra las actividades, temporalidad (en semanas), los recursos para efectuar cada actividad y los indicadores para el cumplimiento de cada uno.

Tabla 12:

Cronograma de actividades



Fuente: Elaboración propia.

Este cronograma permitirá aplicar la propuesta de manera estructurada y eficiente, asegurando la gestión de inventarios en la empresa REMECO.

Tabla 13:

Recursos e indicadores por actividad

Actividades	Recursos	Indicadores
-------------	----------	-------------

Recopilación de datos históricos de la empresa	Reportes de ventas, registros de inventarios.	Base de datos consolidada con información de ventas y existencias de inventario.
Análisis ABC	Software de análisis de datos (Excel, Power BI), registros de ventas.	Listado de productos clasificados según su importancia en la rotación del inventario.
Exponer las ventas de la empresa	Informes de ventas, gráficos comparativos.	Resumen visual y estadístico de las ventas mensuales.
Cálculo de % acumulado y participación acumulada	Hojas de cálculo, software estadístico.	Matriz con la participación acumulada de cada producto.
Determinar la clasificación ABC	Resultados del análisis ABC.	Tabla de productos categorizados como A, B o C.
Análisis XYZ	Datos históricos de demanda.	Productos clasificados en X, Y o Z.
Proyecciones de la demanda	Modelos de pronóstico de demanda, software estadístico.	Proyección de demanda a 6 meses con base en datos históricos.
Cantidad óptima de pedido y punto de reorden	Cálculo de EOQ y punto de reorden.	Valores óptimos para minimizar costos.
Stock de seguridad	Modelos de cálculo de stock de seguridad basados en la variabilidad de la demanda y tiempos de entrega.	Niveles óptimos de stock de seguridad por producto.
Costos de la nueva política de inventarios	Análisis de costos de almacenamiento, costos de pedidos.	Comparación de costos antes y después de la implementación de la nueva política.
Tabla de resumen para nueva política de inventario	Síntesis de todos los análisis previos.	Documento consolidado con recomendaciones y ajustes en la gestión de inventarios.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de costos

Se ha desarrollado considerando los principales rubros agrupados a cada actividad de la propuesta, seguido, se presenta la curva *S* para visualizar la acumulación de costos a lo largo del tiempo.

Tabla 14:

Análisis de costos de la propuesta

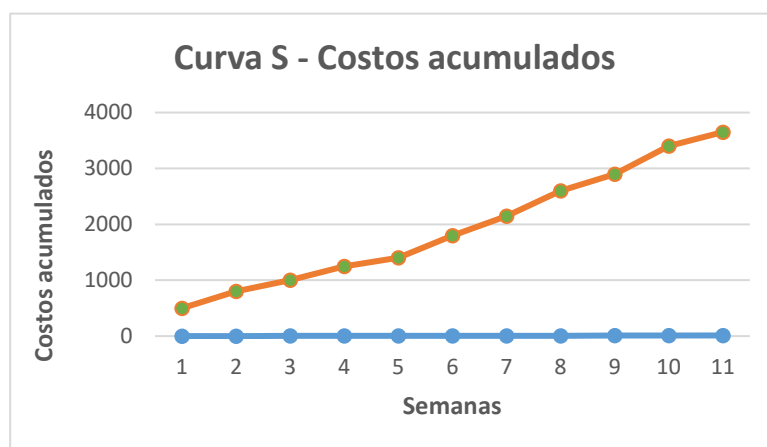
Actividades	Costo Unitario (USD)	Cantidad	Costo Total (USD)
Recopilación de datos históricos de la empresa	500	1	500
Análisis ABC	300	1	300
Exponer las ventas de la empresa	200	1	200
Cálculo de % acumulado y participación acumulada	250	1	250
Determinar la clasificación ABC	150	1	150
Análisis XYZ	400	1	400
Proyecciones de la demanda	350	1	350
Cantidad óptima de pedido y punto de reorden	450	1	450
Stock de seguridad	300	1	300
Costos de la nueva política de inventarios	500	1	500
Tabla de resumen para nueva política de inventario	250	1	250
Total estimado	-	-	3.650

Fuente: Elaboración propia.

Ahora, se genera la curva *S* para visualizar la acumulación de costos a lo largo de las semanas. Es decir, la curva muestra la acumulación de costos a lo largo de las semanas.

Figura 6:

Curva S



Nota. La figura muestra la curva *S* de acuerdo al desarrollo de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.

En la curva, Los costos aumentan progresivamente a medida que avanzan las actividades de implementación de la propuesta. Esta visualización permite planificar mejor el flujo de inversión y la asignación de recursos en cada etapa del proyecto.

En efecto, el crecimiento lento al inicio, se observa en las primeras semanas, cuando las actividades de recopilación y análisis generan costos más bajos. El crecimiento acelerado en la mitad, ocurre cuando se implementan los cálculos clave y las proyecciones de demanda. La estabilización al final, se da a medida que se implementan los costos finales de la política de inventarios y se consolidan los resultados.

Componente ambiental

La propuesta de la investigación, dentro del marco de la Industria 4.0, incorpora un enfoque ambiental que busca reducir el impacto ecológico de las operaciones logísticas y de inventario. Uno de los aspectos clave es la optimización del uso de recursos mediante tecnologías avanzadas, lo que permite minimizar desperdicios, reducir emisiones de carbono y perfeccionar la eficacia en la gestión de materiales. Por ende, la implementación de análisis de datos en tiempo real contribuirá a una mejor planificación de pedidos, evitando el exceso de stock y, por ende, la generación innecesaria de residuos.

Por otro lado, dentro de la identificación de los aspectos ambientales, se han considerado factores como el gasto de energía, generación de desechos por inventarios obsoletos y la huella de carbono derivada del transporte de insumos y productos terminados. La unificación del Internet de las Cosas (IoT) permitirá monitorear estos impactos, proveyendo decisiones para implementar medidas correctivas o de mitigación. Adicionalmente, la automatización de procesos reducirá la dependencia de papel y otros materiales, promoviendo una operación más sustentable.

De hecho, la propuesta plantea estrategias para fomentar una gestión más responsable de los materiales manejados en la cadena de suministro, alineándose con principios de economía circular y normativas ambientales vigentes. La adopción de modelos predictivos en la administración de inventarios permitirá reducir el desperdicio de materiales y optimizar el uso de embalajes reciclables o biodegradables. Además, se incentivará la selección de proveedores que implementen prácticas sostenibles, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental global de la empresa REMECO y fortaleciendo su compromiso con la sostenibilidad empresarial.

CAPÍTULO IV

EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Proceso de ejecución

Justificación de la ejecución

La ejecución de la propuesta es fundamental para regenerar el proceso operativo de la empresa REMECO mediante la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en la gestión de inventarios. La optimización de los procesos mediante el análisis de información permitirá una mayor precisión en la organización y el control de inventarios, reduciendo costos por sobre almacenamiento o desabastecimiento.

Además, el establecimiento de indicadores de desempeño garantizará un monitoreo continuo de productos, contribuyendo a tomar decisiones concernientes en datos y promoviendo una gestión más ágil y eficiente. Es así que, con esta propuesta, REMECO podrá mejorar su competitividad y sostenibilidad, alineando sus operaciones con las tendencias actuales de la transformación digital en la industria.

Desarrollo y seguimiento

La implementación de indicadores de seguimiento de desempeño mediante tecnologías de la Industria 4.0 en la empresa REMECO permite evaluar y monitorear de manera continua la eficiencia operativa y la administración de inventarios en su cadena de suministro. Para ello, se diseña un sistema de medición basado en datos en tiempo real, automatización y análisis predictivo, lo que proporciona tomar decisiones importantes y la optimización de recursos.

Para garantizar un monitoreo eficaz, se define indicadores clave de desempeño (KPIs) que permitan valorar la eficacia de la cadena de suministro. Estos indicadores están basados en datos obtenidos a través de sensores IoT, software de gestión de inventarios y análisis de datos en la nube. Los principales KPIs a considerar son:

- **Precisión en el Nivel de Inventario (%):** Mide la diferencia entre los registros del sistema y el inventario físico real. Se calcula como:

$$\text{Precisión de inventario} = \left(1 - \frac{\text{Inventario teórico} - \text{Inventario real}}{\text{Inventario real}}\right) * 100 \quad (7)$$

Este indicador es clave para detectar discrepancias y mejorar la fiabilidad del sistema de inventarios de la empresa REMECO.

- **Tasa de Rotación del Inventario:** Evalúa la frecuencia con la que el inventario se renueva en un período determinado. Se calcula como:

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Costo de Bienes Vendidos}}{\text{Promedio de inventario}} \quad (8)$$

Una alta rotación de inventario indica una gestión eficiente, y una baja señala acumulación excesiva de stock.

- **Tiempo de Reabastecimiento (Lead Time):** Mide el tiempo que transcurre desde que se realiza un pedido de reposición hasta que el inventario está disponible. Su reducción es esencial para minimizar el riesgo de desabastecimiento.
- **Nivel de Stock de Seguridad (%):** Evalúa el porcentaje de inventario reservado para imprevistos, evitando interrupciones en la producción o ventas.
- **Costo Total de Inventario:** Analiza los costos asociados al almacenamiento, reposición y obsolescencia del inventario, con el objetivo de minimizar gastos innecesarios.

Para garantizar una recopilación de datos precisa para la gestión de inventario de la cadena de suministro de REMECO, se integra las siguientes tecnologías:

Tabla 15:

Tecnologías de la Industria 4.0

Actividades	Detalle
Internet de las Cosas (IoT)	Sensores en los almacenes para monitorear niveles de inventario, temperatura y condiciones de almacenamiento.
Big Data y Analítica Predictiva	Algoritmos de aprendizaje automático para prever la demanda y optimizar las compras.
Automatización con RFID y Códigos QR	Reducción de errores en el control de inventario mediante identificación automática de productos.
Sistemas ERP y Cloud Computing	Plataforma centralizada para el seguimiento de KPIs y generación de reportes en tiempo real.

Fuente: Elaboración propia.

El monitoreo continuo se realizará a través de un cuadro de mando digital, facilitando la identificación de tendencias y áreas críticas. Se establecerán reuniones periódicas para el análisis de desempeño y ajuste de estrategias según los resultados obtenidos.

Con la integración de estos indicadores y tecnologías, REMECO podrá perfeccionar su cadena de suministro, comprimir costos operativos y optimizar la validez en la gestión de inventarios, asegurando un modelo de negocio más competitivo y sostenible en la era de la Industria 4.0.

Resultados obtenidos

Presentación de resultados obtenidos

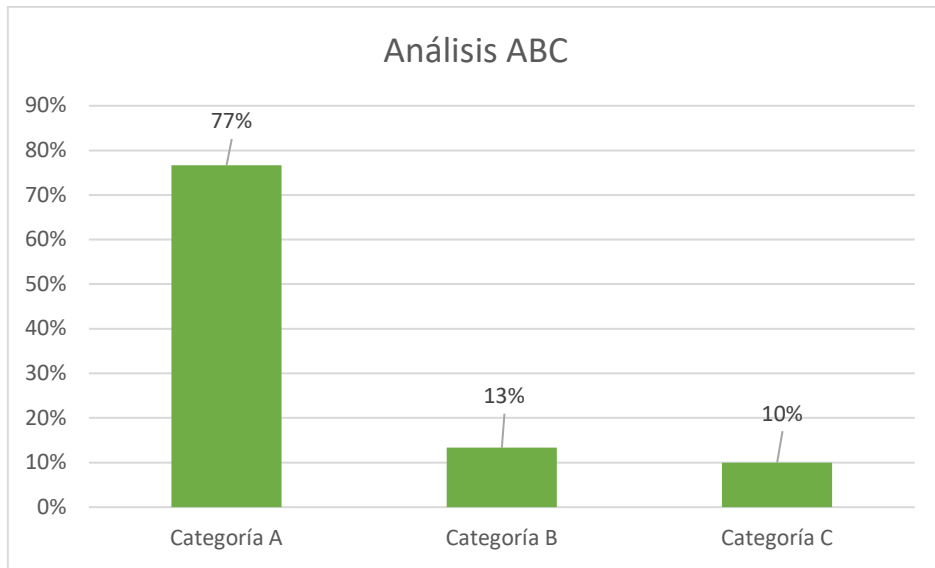
Con base a los resultados desplegados en el capítulo III, se pueden resumir de la siguiente manera:

- **Análisis ABC**

La categoría A contiene 24 productos, seguido de la categoría B con 4 productos, y la categoría C con 3 productos. Y cada grupo tiene el siguiente porcentaje de participación, ver figura 7:

Figura 7:

Resumen del análisis ABC



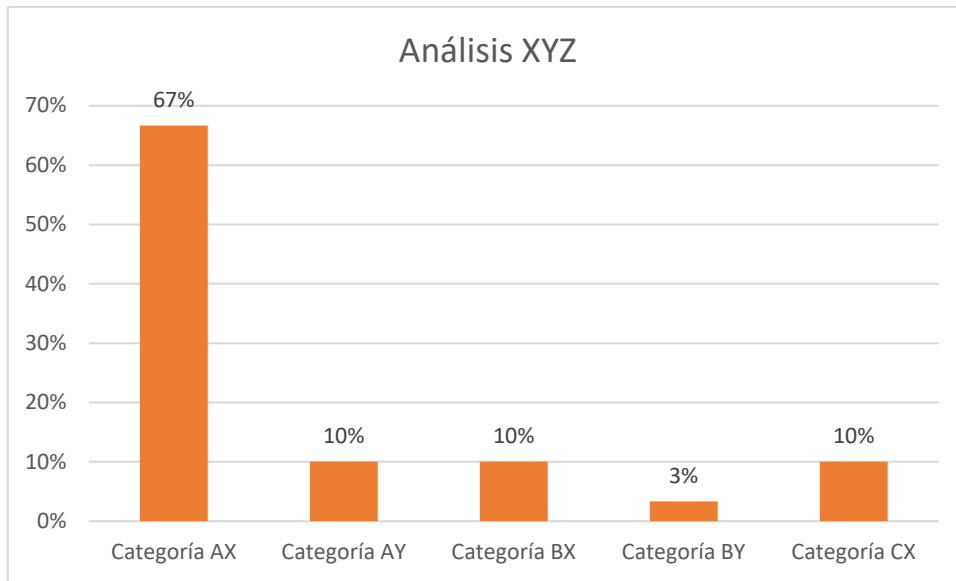
Nota. La figura indica la distribución de los productos de REMECO para las categorías para el análisis ABC. Fuente: Elaboración propia.

- **Análisis XYZ**

En cuanto al análisis XYZ, se ha determinado que productos como cinta adhesiva, guantes de trabajo, llave inglesa, motor eléctrico, pernos, pintura, cemento, llaves de agua, soldador eléctrico, entre otros forman parte de la categoría AX, siendo de alta importancia y tienen una demanda estable, lo que permite planificar con seguridad su abastecimiento. Sin embargo, los grupos como el AY, BX, BY y CX, también tienen participación, ver figura 8:

Figura 8:

Resumen del análisis XYZ



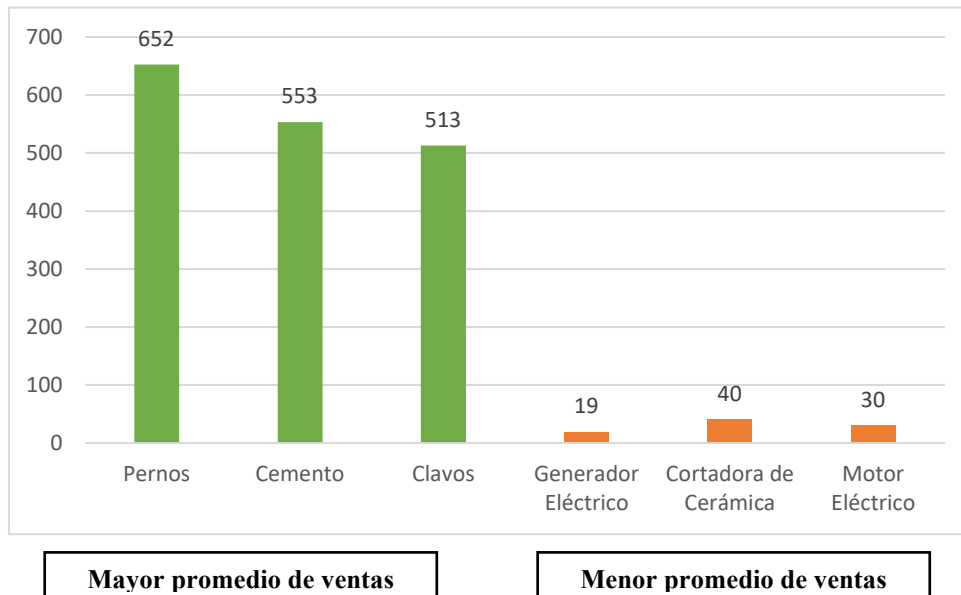
Nota. La figura muestra la distribución de las categorías para el análisis XYZ para los productos que vende REMECO. Fuente: Elaboración propia.

- **Proyección de la demanda**

Con respecto a la proyección de la demanda, se ha determinado que, existen productos con alto y bajo promedio de ventas, mismos que se presentan en la figura 8:

Figura 9:

Productos con alto y bajo promedio de ventas



Nota. La figura muestra el promedio de ventas de los productos de REMECO. Fuente: Elaboración propia.

Los productos con alto volumen de ventas, son probablemente los más demandados, lo que podría ser relevante para el enfoque de inventarios y logística. En el caso de los productos con baja demanda mensual, que no tienen alta rotación o que tienen una demanda muy estacional.

- **Cantidad Óptima de Pedido (EOQ)**

En esta parte, se indica el número óptimo de unidades que debe pedir la empresa REMECO para minimizar los costos y de mantenimiento del inventario. Las unidades se detallan en la tabla 16:

Tabla 16:

EOQ y ROP de REMECO

Productos con mayor demanda			Productos con menor demanda		
Productos	Unidades en EOQ	Unidades en ROP	Productos	Unidades en EOQ	Unidades en OP
Pernos	14,380.95	321.70	Generador Eléctrico	19.12	9.37
Tornillos	17,875.75	252.82	Sierra Eléctrica	69.87	19.73
Clavos	25,271.92	252.90	Cortadora de Cerámica	80.50	18.49

Fuente: Elaboración propia.

Los productos con alto valor de EOQ, indica que la demanda anual es considerablemente alta, lo que hace que sea más eficiente pedir grandes cantidades para aprovechar las demandas. En el caso de productos con menor EOQ indican que tienen demanda muy baja, para lo cual, no se adquiere grandes cantidades.

En el caso del ROP, los productos relativamente alto, tienen alta demanda, por lo cual, se deben realizar pedidos cuando el inventario se acerque a 321 unidades como es el caso de los pernos, para garantizar que no haya desabastecimiento antes de recibir el

próximo pedido. Por su parte, los productos con un ROP bajo debido a su baja demanda, deben realizar pedidos cuando el inventario se acerque a 9 unidades como es el caso del generador eléctrico.

Evaluación de la ejecución

Análisis comparativo de la situación inicial y la situación actual

La implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en la gestión de inventarios de REMECO permite superar los desafíos actuales y mejorar significativamente la eficiencia operativa y la rentabilidad de EMECO. Por ende, se muestra el análisis comparativo basado en los principales indicadores de gestión de inventarios y los cálculos desarrollados en el capítulo III:

Tabla 17:

Análisis comparativo de la situación de REMECO

Indicador	Situación Actual	Situación con la Propuesta
Precisión en el Nivel de Inventario (%)	Baja precisión en registros de inventario debido a la falta de integración de tecnologías avanzadas. Diferencias significativas entre inventario físico y teórico.	Implementación de sensores IoT y software ERP mejora la precisión en tiempo real, reduciendo errores y discrepancias.
Tasa de Rotación del Inventario	Baja rotación debido a un almacenamiento ineficiente y a una planificación de compras poco optimizada.	Optimización con análisis ABC-XYZ y proyección de demanda mejora la rotación, evitando acumulación excesiva de stock.
Tiempo de Reabastecimiento (Lead Time)	Plazos de entrega prolongados debido a una gestión deficiente de inventarios y falta de visibilidad en la cadena de suministro.	Reducción del lead time gracias a la automatización y la integración de datos en tiempo real.

Indicador	Situación Actual	Situación con la Propuesta
Stock de Seguridad (%)	Falta de cálculo preciso, lo que genera desabastecimiento en productos críticos o excesos innecesarios.	Determinación precisa del stock de seguridad basado en análisis EOQ y proyecciones de demanda, reduciendo costos de almacenamiento.
Costo Total de Inventario	Elevado debido a compras ineficientes, almacenamiento innecesario y desabastecimientos.	Reducción de costos al optimizar la cantidad de pedido (EOQ) y establecer políticas de inventario basadas en datos.
Nivel de Servicio al Cliente	Insatisfacción por demoras en entrega y falta de stock de productos en momentos críticos.	Mayor satisfacción del cliente gracias a una cadena de suministro más eficiente y ágil.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los cálculos generados anteriormente, se han determinado las siguientes ventajas:

- **Análisis ABC:** Permite clasificar los productos según su impacto en el inventario, optimizando el enfoque en los productos de mayor importancia.
- **Análisis XYZ:** Mejora la previsibilidad del inventario al diferenciar los productos según su demanda, permitiendo estrategias de almacenamiento más precisas.
- **Proyecciones de Demanda y EOQ:** Facilita la planificación y reduce los costos de almacenamiento, asegurando una disponibilidad óptima sin excesos.

De esta forma, la transformación digital mediante tecnologías de la Industria 4.0 optimizará la gestión de inventarios de REMECO, reduciendo costos, mejorando la eficacia operativa y aumentando la complacencia del cliente.

Evaluación Económica

Para determinar el impacto financiero de los desabastecimientos en REMECO y compararlo con los costos y beneficios de la propuesta basada en tecnologías de la Industria 4.0. se ha recurrido a considerar la tabla 1 que corresponde a los Costos por desabastecimientos. Por tanto, el costo total anual de desabastecimiento se calcula multiplicando el número total de desabastecimientos por el costo promedio por desabastecimiento:

Tabla 18:

Costo anual de desabastecimiento

$Costo\ Total\ Anual = Número\ de\ desabastecimiento * Costo\ promedio\ por\ desabastecimiento$	(9)
$Costo\ Total\ Anual = 238 * 51.32$	(10)
$Costo\ Total\ Anual = 12.211,96\ USD$	(11)

Fuente: Elaboración propia.

Este valor representa la pérdida estimada por desabastecimiento en la empresa REMECO en el año.

Entonces, se espera que con la implementación de tecnologías avanzadas como análisis ABC-XYZ, EOQ y monitoreo en tiempo real, la cantidad de desabastecimientos se reduzca en al menos un **40%**. Por lo que, el número estimado de desabastecimientos después de la implementación es:

Tabla 19:

Nuevos desabastecimientos

$Nuevos\ desabastecimientos = Número\ de\ desabastecimiento * (1 - 40\%)$	(12)
$Nuevos\ desabastecimientos = 238 * (1 - 40\%)$	(13)
$Nuevos\ desabastecimientos = 142.8 = 143$	(14)

Fuente: Elaboración propia.

El nuevo costo total anual de desabastecimiento sería:

Tabla 20:

Nuevo costo de desabastecimiento

<i>Nuevo Costo Total Anual de Desabastecimientos = 143 * 51.32</i>	(15)
<i>Nuevo Costo Total Anual de Desabastecimientos = 7.338,16 USD</i>	(16)

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, el ahorro estimado es de:

$$12,211.96 - 7,338.16 = \mathbf{4,873.80 \text{ USD}} \text{ anuales}$$

Por tanto, la implementación de la propuesta permite un ahorro significativo de aproximadamente **4,873.80 USD anuales** solo en costos de desabastecimiento, sin contar otros beneficios operativos como disminución de costos de almacenamiento, compras adecuadas y mejora en la satisfacción del cliente. Este análisis económico justifica la inversión en la optimización del sistema de gestión de inventarios mediante tecnologías de la Industria 4.0.

Figura 10

Dashboard de acuerdo a la meta de ingresos de acuerdo al mes de enero

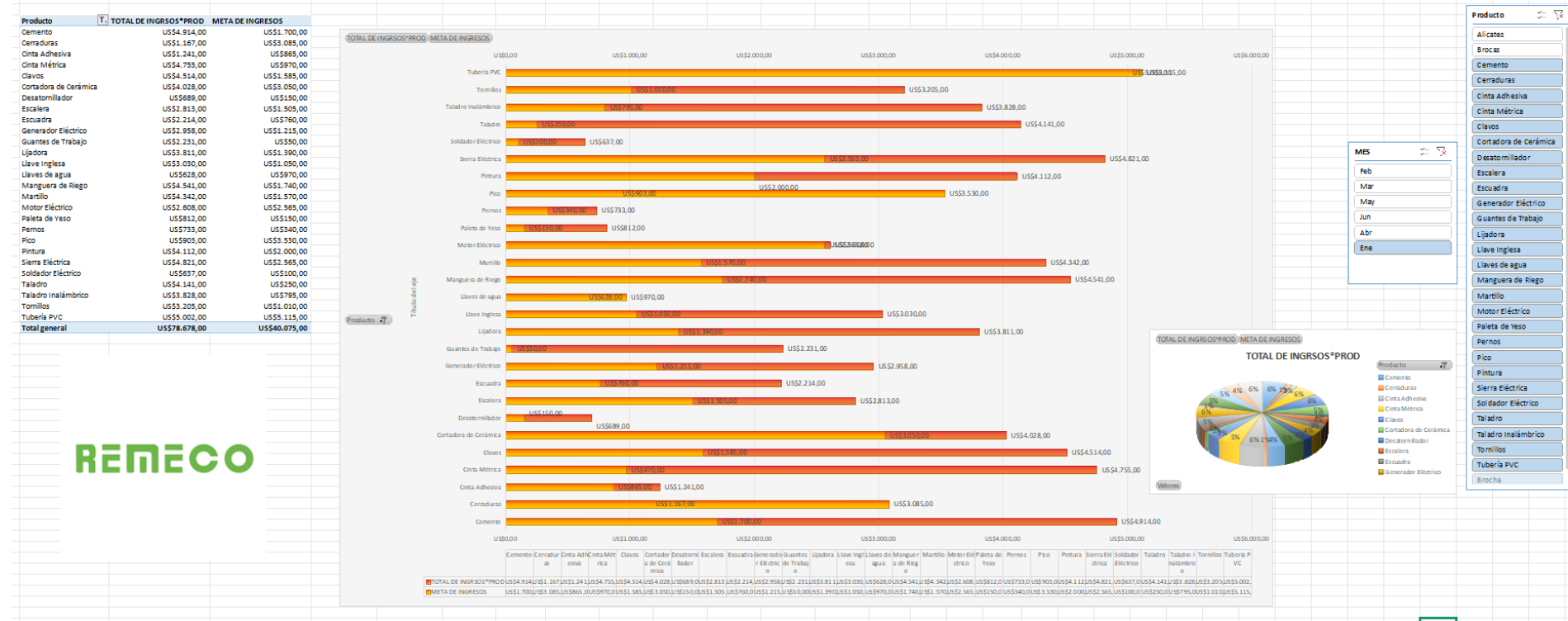
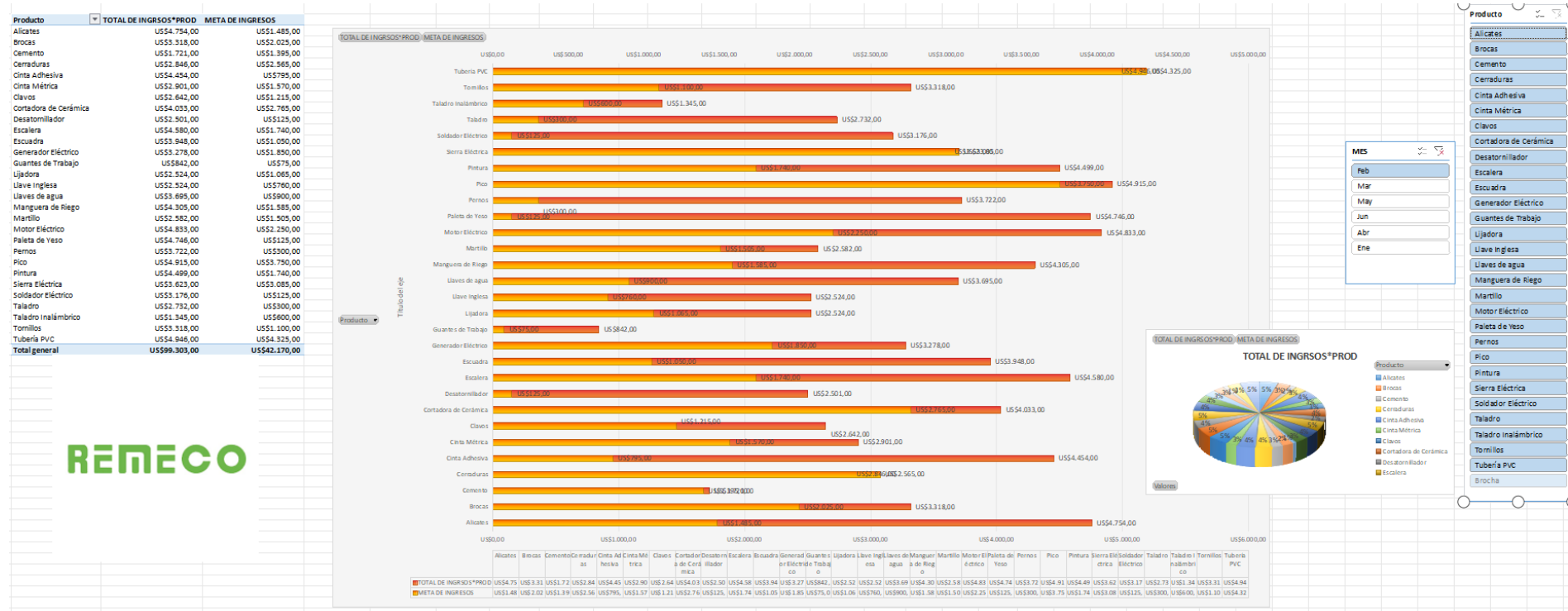


Figura 11

Dashboard de acuerdo a la meta de ingresos de acuerdo al mes de febrero



REMECO

Figura 12

Dashboard de acuerdo a la meta de ingresos de acuerdo al mes de marzo

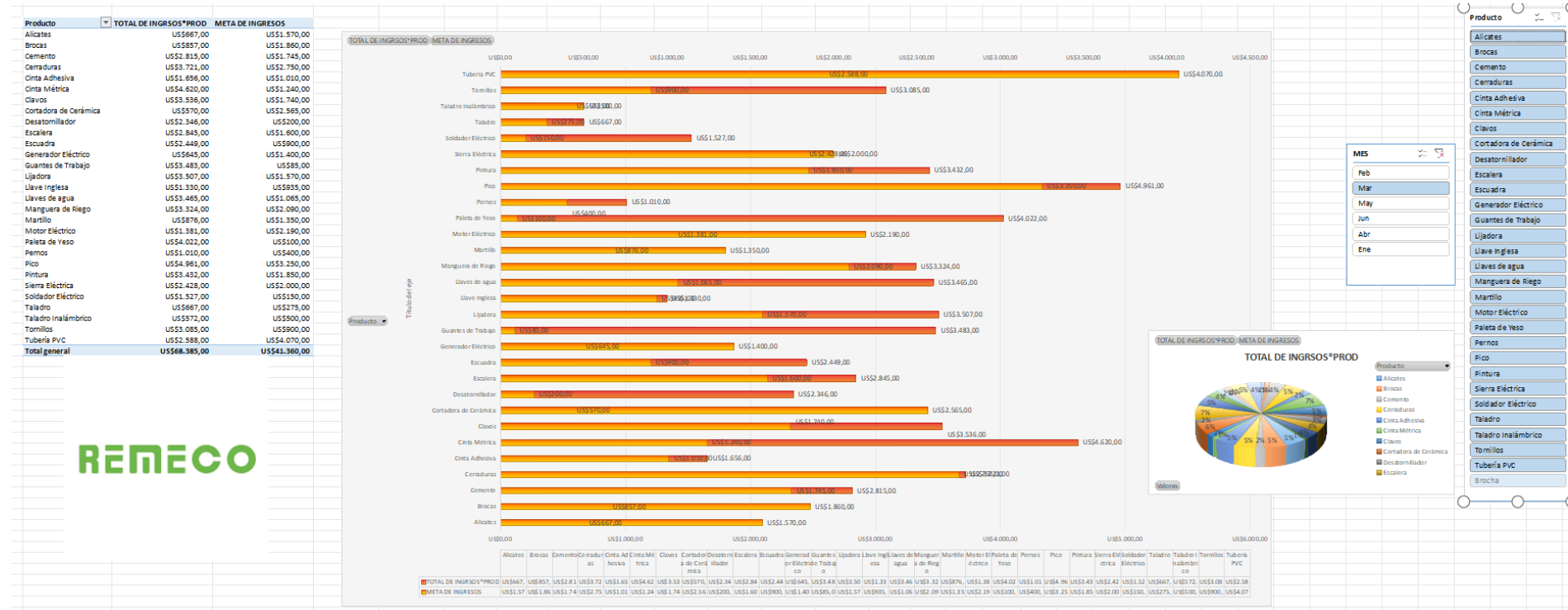
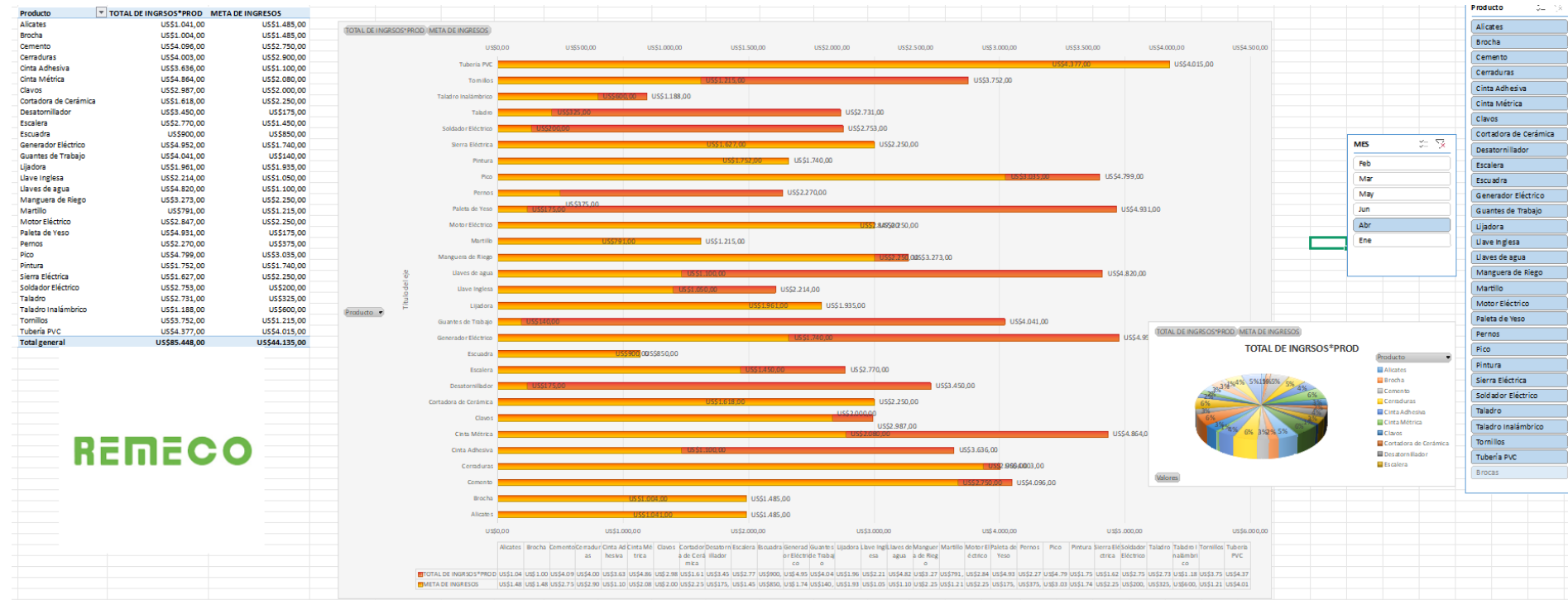


Figura 13

Dashboard de acuerdo a la meta de ingresos de acuerdo al mes de abril



REMECO

Figura 14

Dashboard de acuerdo a la meta de ingresos de acuerdo al mes de mayo

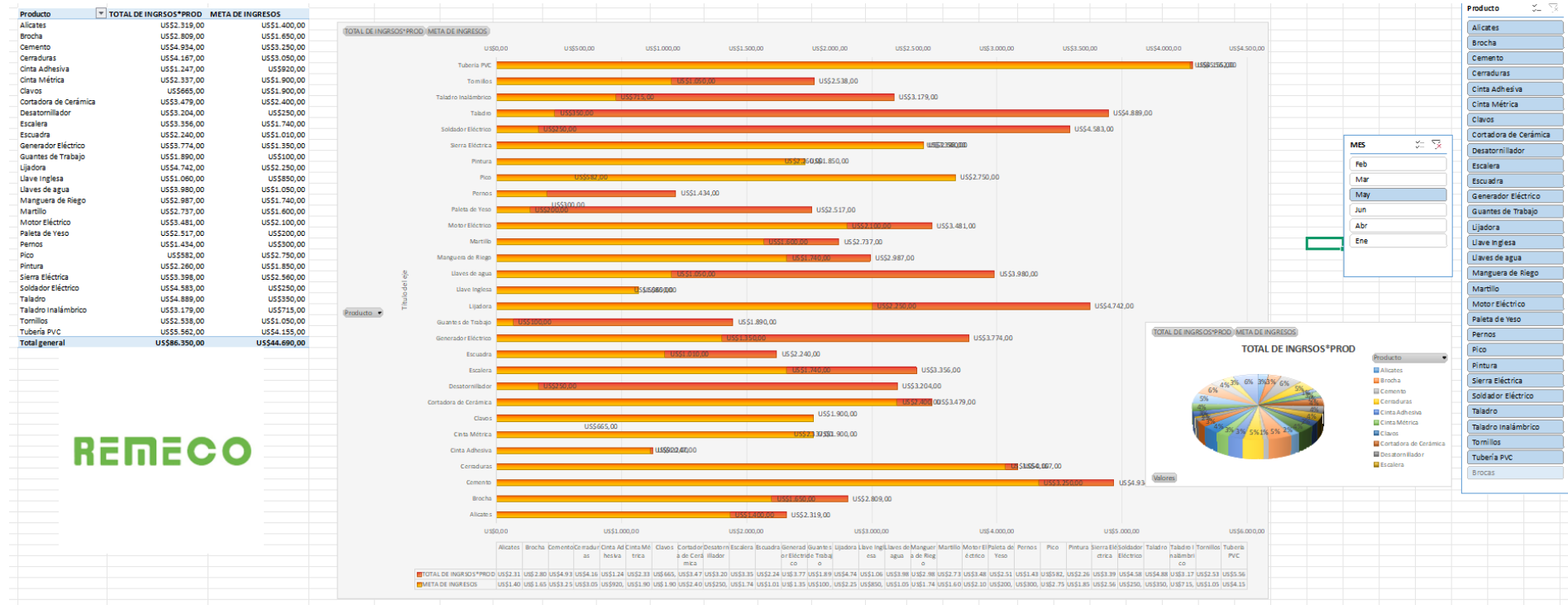


Figura 15

Dashboard de acuerdo a la meta de ingresos de acuerdo al mes de junio

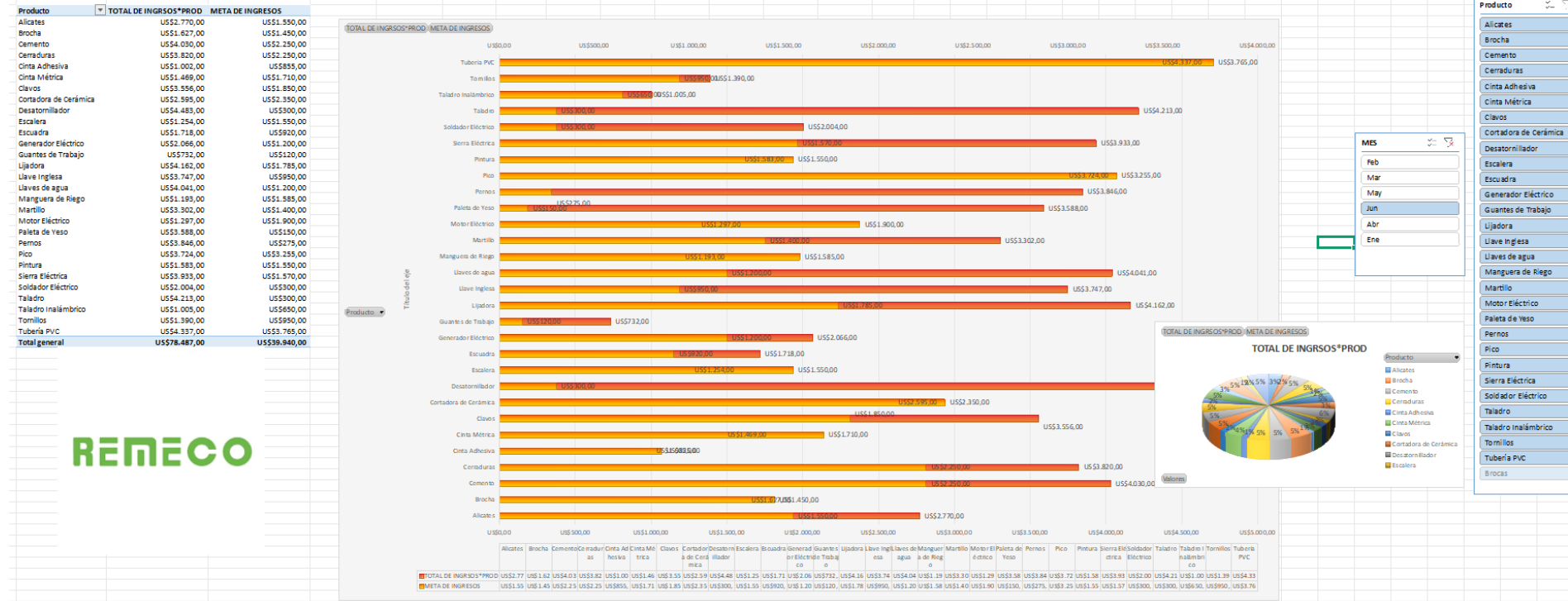


Figura 16

Dashboard de alerta positiva y negativa en elmes de enero



Figura 17

Dashboard de alerta positiva y negativa en el mes de febrero



Figura 18

Dashboard de alerta positiva y negativa en el mes de marzo



Figura 19

Dashboard de alerta positiva y negativa en el mes de abril



Figura 20

Dashboard de alerta positiva y negativa en el mes de mayo

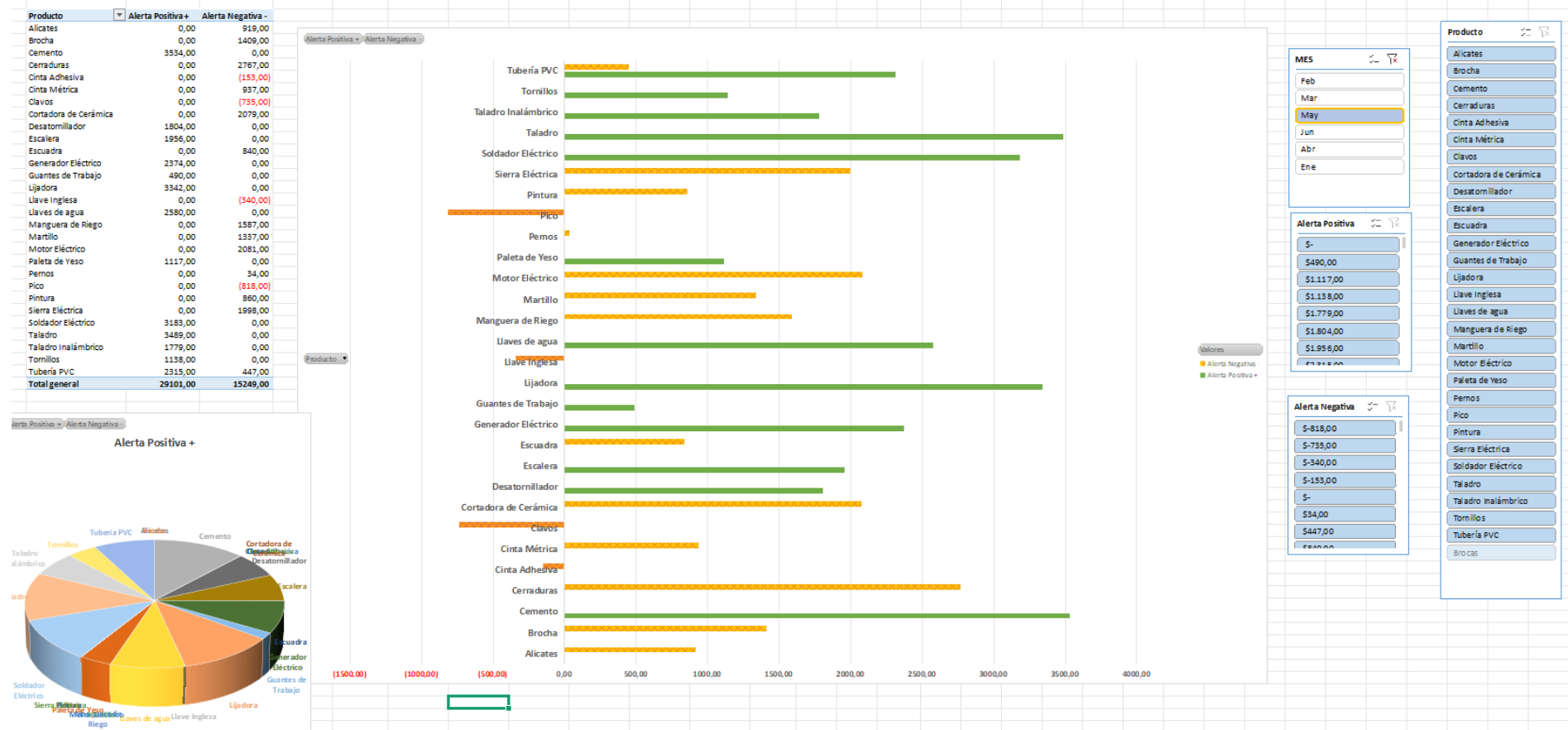


Figura 21

Dashboard de alerta positiva y negativa en el mes de junio

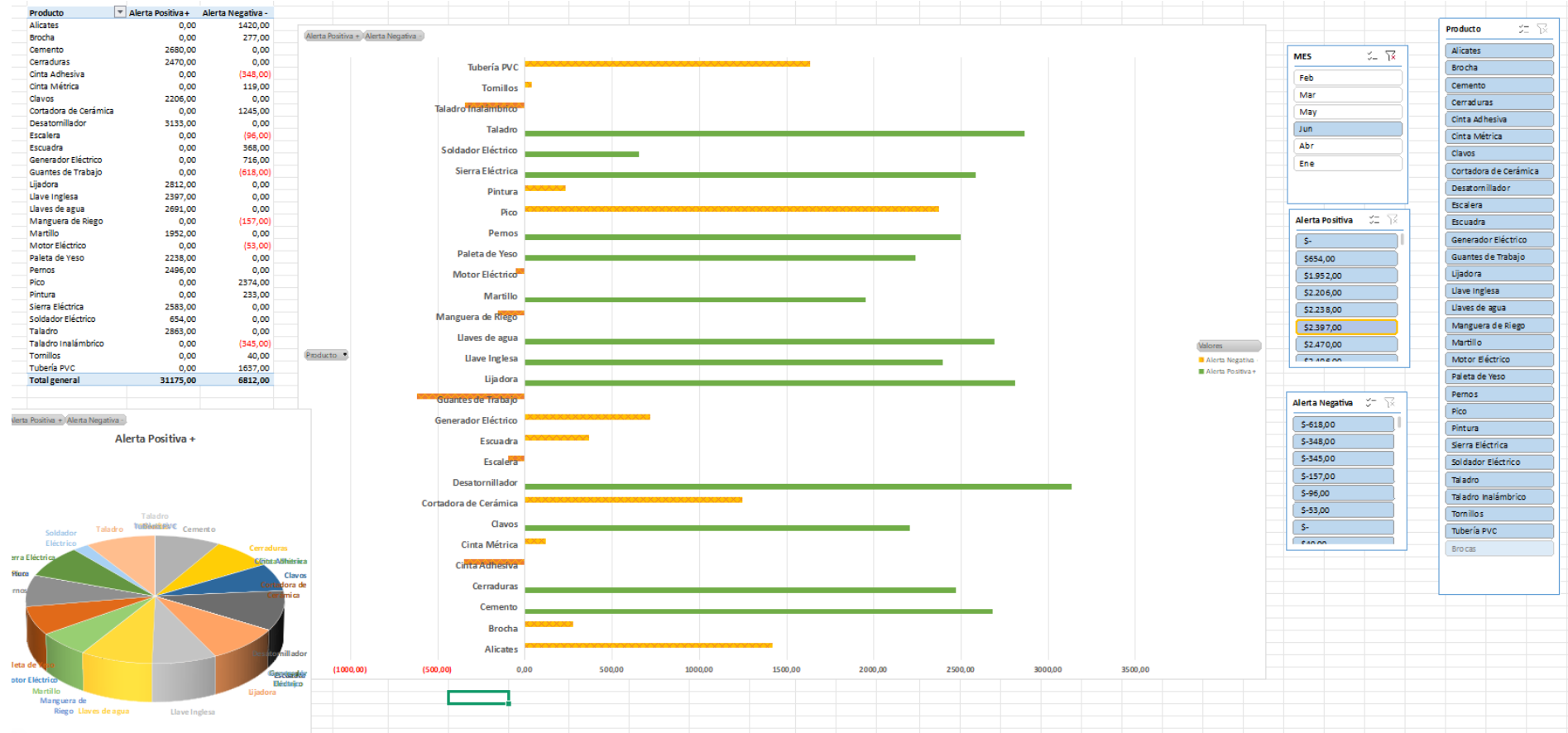
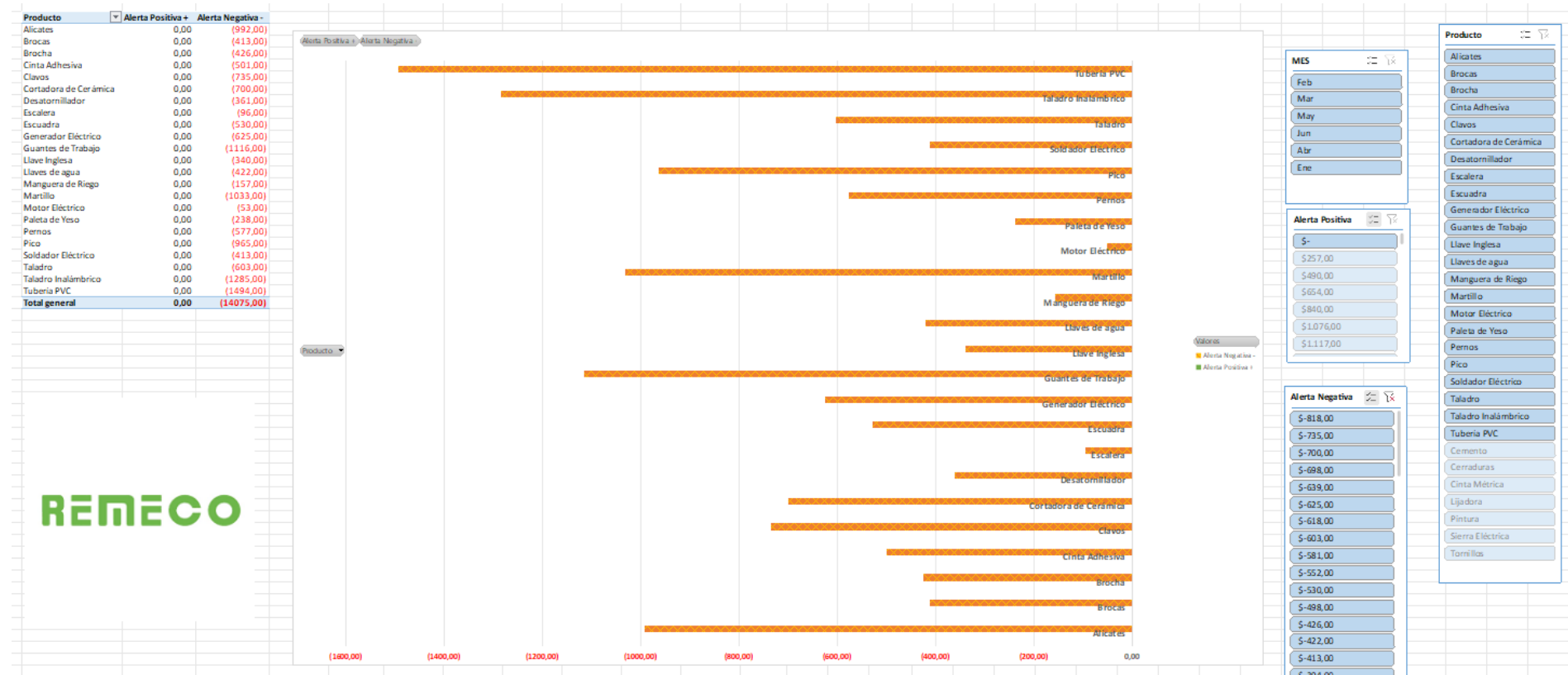


Figura 22

Dashboard de acuerdo a la meta de ingresos de acuerdo al producto que presenta una alerta por no cumplir con la meta establecida mensualmente



Análisis de la curva S

Para realizar el análisis se debe considerar lo siguiente:

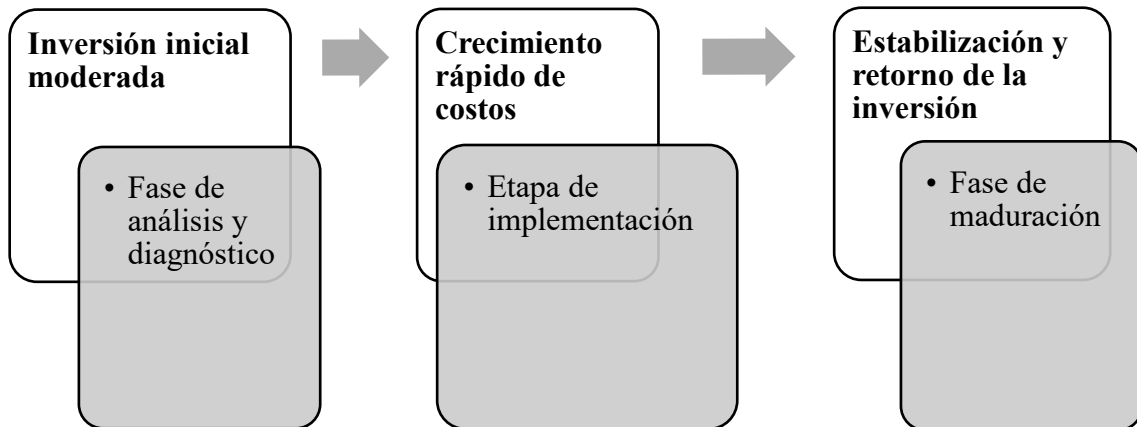
- **Fase Inicial (Crecimiento Lento):** En las primeras semanas del proyecto, el crecimiento de costos es paulatino, ya que las actividades iniciales incluyen recopilación de datos históricos, análisis ABC y XYZ, y proyecciones de demanda. Estas tareas requieren más tiempo de análisis que inversiones significativas en tecnología.
- **Fase de Crecimiento Acelerado:** A medida que avanza la implementación, se observa un incremento pronunciado en los costos, que coincide con actividades como la adopción de herramientas tecnológicas para monitoreo en tiempo real, la capacitación del personal y nuevos procesos de gestión. Aquí, el gasto en software, automatización y capacitación empieza a ser más evidente.
- **Fase de Maduración (Crecimiento Lento Final):** Una vez implementadas las estrategias y optimizada la gestión de inventarios, los costos se estabilizan y crecen a un ritmo menor. En este punto, se alcanzan los beneficios de la propuesta y se reduce la cantidad de desabastecimientos y costos operativos.

De esta manera, antes de la implementación de la propuesta, se identificaron problemas como falta de integración tecnológica, costos elevados por desabastecimiento y baja eficiencia en la cadena de suministro. Ahora, después de la implementación, se espera una reducción significativa de costos operativos, mejora en los tiempos de entrega y mejora en la rentabilidad de REMECO.

Por tanto, el análisis de la Curva *S* confirma que la implementación de la propuesta sigue un patrón típico de inversión en tecnología:

Figura 23:

Análisis de la Curva S



Nota. La figura muestra el análisis de la curva S para la propuesta generada para REMECO. Fuente: Elaboración propia.

Este análisis respalda la viabilidad del proyecto y demuestra que la inversión en optimización de inventarios traerá beneficios económicos y operativos sostenibles en el tiempo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis ABC permitió clasificar los productos de REMECO S.A. según su impacto en los ingresos, identificando que el 77% de las ventas provienen de solo 24 productos (Categoría A), lo que confirma el principio de Pareto. Esto permite priorizar recursos en los artículos más críticos. El análisis XYZ complementó esta clasificación al evaluar la variabilidad de la demanda, destacando que productos como la cinta adhesiva, cemento y llave inglesa (categoría AX) tienen alta importancia y demanda estable, mientras que otros, como la brocha y sierra eléctrica (AY), requieren estrategias flexibles debido a su variabilidad.

La implementación del modelo EOQ (Cantidad Óptima de Pedido) y el cálculo del Punto de Reorden (ROP) demostraron que productos de alta rotación (ej. Pernos, Clavos) requieren pedidos más frecuentes y voluminosos (EOQ >14,000 unidades), mientras que aquellos con baja demanda (ej. Generador Eléctrico) necesitan menores cantidades (EOQ <100 unidades). El stock de seguridad, calculado con un nivel de confianza del 95%, mitigará riesgos de desabastecimiento, especialmente para productos con alta variabilidad (ej. Brocha, con un SS de 519 unidades). Se proyecta una reducción del 40% en costos por desabastecimiento, equivalente a \$4,873.80 anuales.

La adopción de tecnologías de la Industria 4.0 (IoT, Big Data, ERP) mejorará la precisión del inventario en tiempo real, reducirá errores humanos y optimizará la planificación de compras. La automatización de procesos con RFID y códigos QR disminuirá la dependencia de registros manuales, mientras que la analítica predictiva permitirá ajustar las proyecciones de demanda con base en patrones históricos.

La política propuesta fomenta una gestión eficiente de recursos, evitando sobre stock (y obsolescencia) y minimizando residuos mediante pedidos ajustados a la demanda real. La integración de prácticas ambientales, como el uso de embalajes reciclables y la selección de proveedores sostenibles, alinea la operación de REMECO con principios de economía circular.

La implementación de la nueva política generará un ahorro anual significativo (ejm: reducción de costos logísticos y de almacenamiento) y mejorará el nivel de servicio al cliente al garantizar disponibilidad de productos clave. La curva S de costos confirmó que la inversión inicial en capacitación y tecnología (\$9,250 USD) se compensará con los beneficios operativos a mediano plazo, asegurando un retorno sostenible.

Recomendaciones

Para optimizar el control del inventario y mejorar la precisión en la planificación del abastecimiento de REMECO, se recomienda el manejo de un sistema de gestión de inventarios en tiempo real. Esto permitirá tener mayor visibilidad de la cadena de suministro, disminuir los costos asociados al desabastecimiento y optimizar los niveles de stock.

La adopción de nuevas tecnologías requiere la capacitación del equipo responsable de la gestión de inventarios, por ello, se recomienda establecer un programa de formación continua en herramientas de análisis de datos, automatización y toma de decisiones basadas en TIC's, garantizando así una adecuada integración de los procesos tecnológicos de la empresa.

Basado en los resultados del análisis ABC y XYZ, se sugiere reestructurar la organización de la bodega y asignar recursos según la importancia y variabilidad de la demanda de los productos, esto contribuirá a reducir costos logísticos y perfeccionar la vigencia en la reposición de inventarios.

Se recomienda el uso de modelos de proyección de demanda que integren análisis de tendencias y estacionalidad basados en Big Data y Machine Learning, estas herramientas ayudarán a reducir la incertidumbre en la planificación del inventario y regenerar la capacidad de refutación ante cambios inesperados en la demanda.

Para garantizar una mejora continua, se recomienda establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) que consientan valorar la eficacia de la gestión de inventarios, entre los recomendados están la Tasa de rotación de inventario, Costo total de almacenamiento, Tiempo promedio de reposición, Nivel de desabastecimiento y Exactitud en la previsión de la demanda.

Para mantener una mejora continua, se recomienda realizar auditorías y revisiones periódicas del sistema de inventarios y la cadena de suministro, lo que permitirá ajustar las estrategias según la evolución del mercado y garantizar la sostenibilidad de la propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, J. D., Bahena, B. M., & Urbano, J. E. (2020). *Industria 4.0. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*. 16((39), 4).
- Almanza, A. R., & Cano, J. J. (2022). Cadenas de suministro. *Revista Sistemas*, (164), 24-41.
- Almanza, A. R., & Cano, J. J. (2022). Cadenas de suministro. *Revista Sistemas*, (164), 24-41.
- Alseikh, A. (2023, julio 14). *La Industria 4.0: Transformando la cadena de suministro hacia la eficiencia y la innovación*. Retrieved 2024, from <https://conalog.org.mx/noticias/la-industria-4-0-transformando-la-cadena-de-suministro-hacia-la-eficiencia-y-la-innovacion/#:~:text=El%20impacto%20de%20la%20Industria,permitir%20m%C3%A1s%20personalizaci%C3%B3n%20de%20productos>
- Andrango, M., & Arroyo, F. (2023). *Industria 4.0 y economía circular: revisión de la literatura y recomendaciones para una industria sustentable en Ecuador*. *Ciencia Latina*, 7(2), 1422-1967. Retrieved julio 16, 2024, from <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/1422/1967>. Doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.1422
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garneró, P. (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro*. (Vol. 647). . *Inter-American Development Bank*.
- Bonacci Chinelli, L. V., & Giovanelli Barrio, J. I. (2020). *Análisis del impacto de la industria 4.0 en Uruguay y el mundo*.
- Botello, J. Á., & Sartí, M. J. (2024). *La industria 4.0 implementada en la optimización de los procesos administrativos y empresariales*. *Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento, y Educación*.
- Castellanos, J. D., Hernández, V. L., & Gonzales, T. C. (2021). *Tópicos de investigación de internet de las cosas en la cadena de suministro*. *Publicaciones e Investigación*, 15(4).
- Castillo, S. (2023). *LOGÍSTICA 4.0: INNOVACIÓN Y EFICIENCIA EN LA CADENA DE SUMINISTRO*. Retrieved JULIO 16, 2024, from <https://itq.edu.ec/wp->

content/uploads/2023/10/2023-09-
29_logistica_4.0_innovacion_y_eficiencia_en_la_cadena_de_suminstro.pdf

- Del Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*.
- Fernández, J. D. (2017). *La industria 4.0: Una revisión de la literatura*. 369.
- Giraldo, J. D., Castaño, T., González, J., López, V., & Velásquez, P. (2024). *Utilidad de las tecnologías de las industria 4.0 en los smart ports*. *Ingeniería y Competitividad*, 26(1).
- Joyanes, L. (2017). *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial*. Alpha Editorial.
- Medina Cano, A. G., Pulido Sánchez, D. X., & Quiñones Niño, B. D. (2024). *Análisis en la implementación de logística 4.0 aplicada en la cadena de suministro sostenible en Colombia*. *Revista de Ingenierías*, 23(1), 45-62.
- Mehrpouya, H. (2019). *Blockchain for supply chain sustainability*. *Sustainability*, 11(15), 4152.
- Motta Montealegre, A. S. (2022). *Diseño de un modelo de negocio basado en soluciones digitales para la cadena de suministro*.
- Pérez, M. (2021). *Tecnologías 4.0 en la industria ecuatoriana: Casos de éxito*. *Cámara de Industrias de Quito*.
- Sachon, M. (2018). *Los pilares de la industria 4.0*.
- Soledispa, G. B., Cañarte, B. J., Soledispa, V. A., & González, O. R. (2023). *Análisis de la Cadena de Suministros en las empresas industriales de Guayaquil, Ecuador*. *Revista Científica Empresarial Debe-Haber*, 1(2), 3-24.
- Tundidor, A., Hernández, E., Peña, C., Martínez, J., Campos, J., & Hernández, C. (2018). *Cadena de suministro 4.0*. Marge Books.
- Vásquez, J. A., Chávez, E., Cholan, S., Diaz, H., Figueroa, L., & Marín, A. (2022). *Cadena De Suministro En El Contexto De La Industria 4.0*. *Gestión de Operaciones Industriales*, 1(1), 7-22.
- Xu Wang, B. (2020). *La Industria 4.0: impacto social y económico (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya)*.

- Yépez, C. A., Kuffó, E. G., Velásquez, M. V., & Medranda, Y. F. (2020). Beneficios y desafíos del uso de las TIC en la cadena de suministro. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 8(15), 128-142.
- World Economic Forum. (2023). *The Future of Global Supply Chains: Digital and Sustainable*. WEF White Paper.
- Xu Wang, B. (2020). *La Industria 4.0: impacto social y económico (Tesis de grado, Universitat Politècnica de Catalunya)*.

ANEXOS

ANEXO A: GLOSARIO

1. La cuarta revolución industrial

- Iniciada en 2020, representa una evolución continua de transformaciones históricas.
- Se destaca por la automatización completa de la manufactura mediante sistemas ciber físicos y la aplicación de la inteligencia artificial (IA).

2. Logística 4.0: Logística en la era digital

- Definición: Evolución de la logística tradicional que integra tecnologías avanzadas para optimizar la gestión de la cadena de suministro.
- Utiliza sistemas ciber físicos, Internet de las cosas (IoT), inteligencia artificial (IA), big data y análisis predictivo.
- Objetivo: Crear una cadena de suministro más ágil y adaptable.

3. Beneficios de la Logística 4.0

- Mayor eficiencia y productividad mediante la adopción de tecnologías como Blockchain, IoT e IA.
- Reducción de costos operativos y mejora en la toma de decisiones.
- Mayor satisfacción del cliente al proporcionar visibilidad en la cadena de suministro.

4. Internet de las Cosas (IoT)

- Definición: Red de dispositivos físicos interconectados con sensores y tecnología de conectividad.
- Permite la automatización y optimización de procesos.
- Beneficios: Mayor eficiencia, reducción de costos, mejora en la gestión de inventario, mayor seguridad y satisfacción del cliente.

5. Inteligencia Artificial (IA)

- Definición: Desarrollo de sistemas con capacidades cognitivas e intelectuales similares a las humanas.
- Funcionamiento: Optimiza rutas, planificación de horarios y predicción de la demanda.
- Beneficios: Optimización de la cadena de suministro, eficiencia operativa, predicción de la demanda y gestión de riesgos.

6. Blockchain

- Definición: Tecnología de registro distribuido que permite una base de datos compartida y segura sin intermediarios.
- Funcionamiento: Permite compartir información de manera segura y descentralizada. • Beneficios: Ahorro de tiempo y costos, eliminación de errores, optimización de procesos y mayor seguridad.

7. Big Data

- Definición: Grandes conjuntos de datos complejos para procesar con herramientas tradicionales.
- Funcionamiento: Analiza grandes volúmenes de datos para obtener información valiosa.
- Beneficios: Optimización de la ruta de entrega, pronóstico de la demanda y monitoreo del rendimiento del proveedor.
- Herramientas: Sistemas de gestión de bases de datos, herramientas de análisis de datos, sistemas de captura y procesamiento en tiempo real, machine learning y algoritmos de optimización, e IoT.

ANEXO B: DATOS RECOPIRADOS

ECONOMÍA CIRCULAR EN EL ECUADOR

El Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), comprometido con el sector productivo del país y su desarrollo sostenible, pone en su conocimiento el conjunto de normas técnicas de Economía Circular, las cuales permiten el cumplimiento de los requisitos para establecer un sistema de gestión para proyectos de economía circular en las organizaciones.

Estas normas están dirigidas a organizaciones de todo tamaño y tipo del sector público o privado, que requieran reconsiderar la gestión de sus recursos, mediante un sistema de gestión de proyectos de economía circular, esto les permitirá adoptar prácticas que optimicen los procesos de producción, hábitos de consumo y gestión de residuos, creando beneficios sostenibles para la organización y el país en general.

NTE INEN – AFNOR XP X30-901 Economía Circular – Sistemas de Gestión de Proyectos de Economía Circular – Requisitos y directrices (AFNOR XP X30-901:2018, IDT)

Este documento especifica los requisitos para un sistema de gestión de un proyecto, llevado a cabo por una organización, para mejorar su desempeño ambiental, económico y social desde el punto de vista de su contribución al desarrollo de una economía circular.

Además, a través de este documento normativo una organización puede cuestionar, definir y alcanzar los objetivos que se ha fijado en el marco de su proyecto, que constituyen un valor añadido para la propia organización y sus partes interesadas.

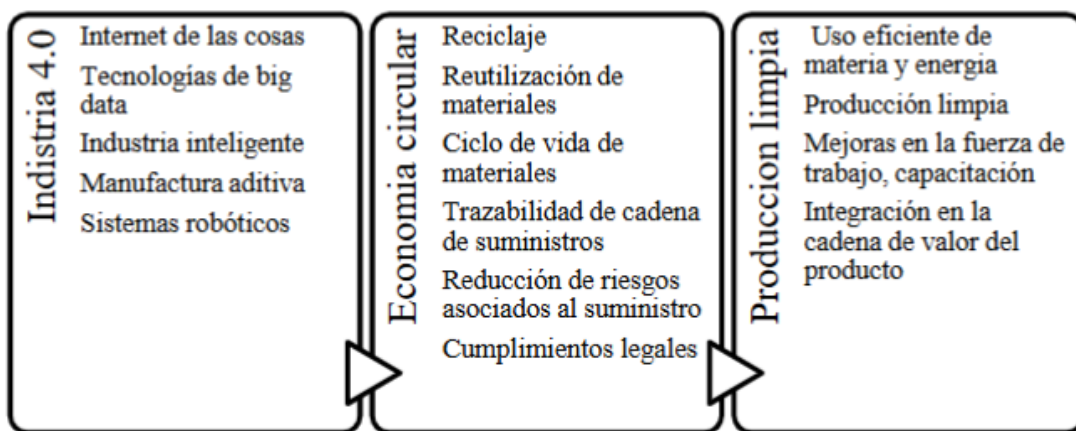
NTE INEN-ISO 19011 Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión (ISO 19011:2018, IDT)

Esta Norma Internacional proporciona orientación sobre la auditoría de los sistemas de gestión, incluyendo los principios de la auditoría, la gestión de un programa de auditoría y la realización de auditorías de sistemas de gestión, así como, orientación sobre la evaluación de la competencia de las personas que participan en el proceso de auditoría. Es aplicable a todas las organizaciones que necesitan planificar y realizar auditorías internas o externas de sistemas de gestión, o gestionar un programa de auditoría.

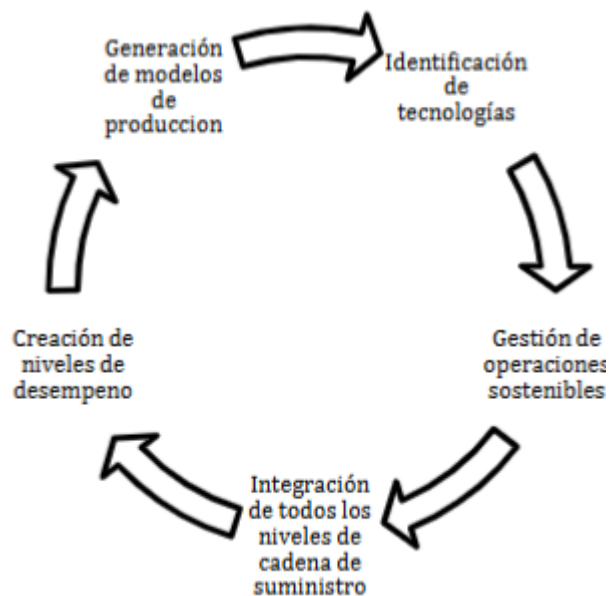
Sin duda alguna, las normas de Economía Circular dan a conocer a las organizaciones, los requisitos para establecer un sistema de gestión de un proyecto de economía circular.

La normativa relacionada contiene elementos que permiten alcanzar impactos positivos en relación con el desarrollo sustentable de las instituciones y empresas en favor de la ciudadanía.

Así mismo, proporciona una guía a las organizaciones para facilitar la transición hacia un sistema de economía circular más eficiente en cuanto a la utilización de recursos, que atenúe el impacto ambiental en bienestar de los seres humanos y demás especies, entre otros beneficios.



Nota: Ejes de desarrollo de la industria sustentable



Nota: Hoja de rutas de aplicación de la industria sustentable

ANEXO C: CUESTIONARIO DE ENCUESTAS

ANEXO C1: CUESTIONARIO DE ENCUESTA

Sección I: Datos generales (uso estadístico)

- **Edad:**
 - **Área en la que labora:**
 - **Antigüedad en la empresa:**
 - Menos de _____
 - **Carga:**
 - Operativo Técnico
-

Sección II: Industria

- **¿Conoce el concepto de Industria 4.0?**
 - Sí No

**¿Qué tecnologías ha identificado en REMECO como parte de la Industria 4.0?
(puede marcar más de una)**

- Inteligencia Artificial
- Grandes datos
- Automatización
- Sensores
- No

Otra: _____

- **¿En qué medida considera que estas tecnologías han mejorado la eficiencia en su área de trabajo?**
 - _____
-

Sección III:

- **¿La empresa fomenta prácticas sostenibles en la cadena de suministro?**

- **¿Qué tipo de prácticas sostenibles reconoce en REMECO? (marque las que apliquen)**
 - Reciclaje
 - Óptimo
 - Gestión
 - Transporte eficiente
 - Compra responsable
- **En una escala del 1 al 5, ¿qué tan comprometido considera que está la empresa con la sostenibilidad ambiental?**
 1
 1 = Nada comprometido 5=Muy comprometido
- **¿Se le ha capacitado en temas de sostenibilidad o medio ambiente en el último año?**
 Sí

Sección IV:

- **¿Cree que la aplicación de tecnologías de Industria 4.0 ha contribuido a una mejora en el desempeño ambiental de la empresa?**
- **¿Considera que hay oportunidades de mejora en la sostenibilidad de la cadena de suministro?**
 Sí
 Si su

ANEXO C2: GUÍA DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Guía de preguntas

1. Industria 4.0 en REMECO

- ¿Qué tecnologías asociadas a la Industria 4.0 se han implementado en la empresa en los últimos años?
- ¿Cómo ha influido esta transformación digital en los procesos logísticos o de la cadena de suministro?
- Existen proyectos actuales o futuros para ampliar el uso de tecnologías 4.0?

2. Estrategias de sostenibilidad

- ¿Qué políticas o iniciativas de sostenibilidad ambiental se están aplicando actualmente en la cadena de suministro de REMECO?
- ¿Cómo se gestionan aspectos como el uso de energía, residuos o proveedores responsables?
- ¿Hay indicadores de desempeño ambiental o social que se monitorean regularmente?

3. Integración sostenibilidad - Industria 4.0

- ¿Considera que las tecnologías de Industria 4.0 han contribuido a mejorar la sostenibilidad en REMECO? ¿Cómo?
- ¿Qué beneficios y desafíos ha percibido en esta integración?

4. Evaluación y mejora continua

- ¿Cómo evalúan el impacto ambiental de los procesos logísticos actualmente?
- ¿Se realizan auditorías o revisiones periódicas para identificar mejoras sostenibles?

- ¿Qué oportunidades cree que existen para fortalecer la sostenibilidad de la cadena de suministro?

5. Recomendaciones

- ¿Qué estrategias recomendaría implementar para avanzar hacia una cadena de suministro más sostenible e inteligente?
- ¿Desea agregar alguna observación adicional?

ANEXO E: INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD APLICADOS A LA CADENA DE SUMINISTRO

Categoría	Indicador	Definición	Fórmula o unidad de medida	Frecuencia de medición	Fuente de datos
Ambiental	Consumo energético por unidad producida	Mide la eficiencia energética del proceso	kWh / unidad producida	Mensual	Sensores IoT / ERP
Ambiental	Porcentaje de residuos reciclados	Proporción del total de residuos que se reciclan	$(\text{Kg reciclados} / \text{Kg totales}) \times 100$	Trimestral	Reporte ambiental interno
Ambiental	Huella de carbono en logística	Emisiones de CO ₂ relacionadas al transporte de productos	Toneladas de CO ₂	Semestral	Software de trazabilidad / GPS
Social	Horas de capacitación en sostenibilidad	Formación impartida al personal en temas ambientales y sociales	Total de horas por empleado/año	Anual	RRHH / Departamento de Sostenibilidad
Social	Porcentaje de proveedores evaluados en criterios éticos y ambientales	Evalúa el compromiso de los proveedores con prácticas responsables	$(\text{Proveedores evaluados} / \text{Total proveedores}) \times 100$	Anual	Área de Compras
Económico	Costo logístico sostenible	Costos asociados a procesos optimizados y sostenibles	USD mensuales	Mensual	Departamento de Logística

Categoría	Indicador	Definición	Fórmula o unidad de medida	Frecuencia de medición	Fuente de datos
Económico	Reducción de consumo de recursos gracias a tecnologías 4.0	Ahorro generado por sensores, automatización u optimización digital	% de reducción anual	Anual	Departamento Técnico / IT

**ANEXO F: RESULTADOS DE LA ENCUESTA SOBRE SOSTENIBILIDAD EN
LA CADENA DE SUMINISTRO**

Pregunta	Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)
¿Conoce las tecnologías de la Industria 4.0?	Sí	45	75%
	No	15	25%
¿Implementa prácticas sostenibles?	Sí	30	50%
	No	30	50%
Total		60	100%

- Esta tabla muestra las respuestas de una encuesta realizada a empleados de REMECO sobre sostenibilidad y tecnologías 4.0.
- Las frecuencias indican el número de personas que seleccionaron cada opción, y los porcentajes representan su proporción respecto al total.

ANEXO G: DOCUMENTACIÓN LEGAL Y CERTIFICACIONES

1. Norma ISO 14001:2015

- Descripción: Certificación internacional que avala el sistema de gestión ambiental de REMECO.
- Vigencia: 2023-2026.
- Relevancia: Demuestra el compromiso de la empresa con la reducción de residuos y emisiones.

2. Permiso Ambiental No. 2024-EC-045

- Emisor: Ministerio del Ambiente, Ecuador.
- Fecha: 15 de marzo de 2024.
- Alcance: Autoriza las operaciones logísticas de REMECO bajo estándares de sostenibilidad.

3. Certificado de Manejo de Residuos

- Proveedor: GreenCycle Ecuador.
- Detalle: Avala la disposición adecuada del 85% de los residuos plásticos generados.