



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN LOGÍSTICA Y
CADENA DE SUMINISTROS**

TEMA:

**OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN MEDIANTE INTEGRACIÓN LOGÍSTICA**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Ingeniería Industrial con mención Logística y Cadena de Suministros.

Autora:

Ing. Chiguano Gualotuña Doris Elizabeth

Tutora

Ing. Álvarez Sánchez Ana; Mg.

AMBATO – ECUADOR

2026

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Chiguano Gualotuña Doris Elizabeth, declaro ser autora del Trabajo de Titulación con el nombre “OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE INTEGRACIÓN LOGÍSTICA”, como requisito para optar al grado de Magister en Ingeniería Industrial con mención Logística y Cadena de Suministros y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad 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 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 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 Ambato a los 26 días del mes de marzo de 2026, firmo conforme:

Autor: Doris Elizabeth Chiguano Gualotuña

Firma:

Número de Cédula: 172229411-1

Dirección: Pichincha, Quito, Amaguaña, El Centro.

Correo Electrónico: eliz_8926@hotmail.com

Teléfono: 0985222525

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA

En mi calidad de Directora del Trabajo de Titulación “OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE INTEGRACIÓN LOGÍSTICA”, presentado por Chiguano Gualotuña Doris Elizabeth, para optar por el Título de Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Logística y Cadena de Suministros.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación 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 Examinadores que se designe.

Ambato, 26 de marzo del 2026

.....
Msc. Álvarez Sánchez Ana

DIRECTORA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

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

Ambato, 26 de marzo del 2026

.....
Chiguano Gualotuña Doris Elizabeth
172229411-1

APROBACIÓN DE EXAMINADORES

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE INTEGRACIÓN LOGÍSTICA”, previo a la obtención del Título de Magister en Ingeniería Industrial con Mención Logística y Cadena de Suministros, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 26 de marzo del 2026

.....

Ing. Reyes Vásquez John Paul; PhD.

EXAMINADOR

.....

Ing. Teneda Ramos Eduardo Santiago; Mgtr.

EXAMINADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su amor incondicional, su ejemplo de trabajo honesto y su fe constante en mis capacidades, a mis hermanos y amigos/as por el apoyo constante. Gracias a mis padres por enseñarme que el conocimiento es una herramienta poderosa cuando se cultiva con humildad y se comparte con generosidad.

A mi familia, por su paciencia, comprensión y apoyo en cada etapa de este camino.

A mis profesores y tutora, por guiarme con sabiduría y exigencia para cumplir un reto más.

Y a todas las personas que, desde el silencio o la cercanía, me brindaron palabras de aliento, compañía y confianza.

Elizabeth Chiguano

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa.

A mis padres Luis y Rosario, por su amor incondicional, su ejemplo de integridad y su constante apoyo en cada paso de mi formación. Gracias por enseñarme que el esfuerzo y la humildad son los pilares del verdadero crecimiento; a mis hermanos Luis, Dario y Andrés, a mí cuñada Mishell y a mi pequeña sobrina Sofía.

A mi familia, por su paciencia, comprensión y palabras de aliento en los momentos más exigentes.

A mis docentes y tutora, por compartir su conocimiento con generosidad y por guiarme con exigencia y respeto. A mis colegas y compañeros de camino, por las conversaciones, los aprendizajes compartidos y el compañerismo que hicieron de este proceso una experiencia enriquecedora.

A una amiga muy especial Diana Loachamín por su confianza, apoyo constante y consejos en todo momento.

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA AUTORA PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DE LA DIRECTORA	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN DE EXAMINADORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes.....	6
Justificación.....	7
Objetivo general	9
Objetivos específicos.....	9
CAPÍTULO II.....	10
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	10
Diagnóstico de la situación actual de la empresa	10
Diagnóstico de la Cadena de Valor.....	14

Mapa de procesos RM Ingenieros S.A.S.....	17
Diagnóstico del Proceso Gestión de Inventarios	18
Problemas Gestión de Inventario.....	18
Análisis de tiempos y capacidad del Proceso Gestión de Inventarios	23
Análisis del Inventario.....	32
Análisis de Gestión de Proveedores	35
Análisis de Tecnología.....	36
Análisis de Recurso Humano	37
Simulación de imprevistos.....	37
Análisis del Diagrama de Ishikawa	40
Análisis de ABC	44
Cálculo del Diagrama de Pareto en base a los materiales empleados	48
Área de estudio	50
Modelo operativo.....	50
Desarrollo del modelo operativo	53
CAPÍTULO III	55
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	55
Presentación de la Propuesta	55
Resultados Esperados	78
Cronograma de Actividades	78
Análisis de Costos	80
Componente Ambiental.....	80
CAPÍTULO IV	83
PROPUESTA.....	83
Justificación de la ejecución.....	83
Desarrollo y Seguimiento	84

Fases de la implementación de la propuesta.....	84
Simulación del ERP ODOO	88
Implementación piloto.....	91
Seguimiento y control del desempeño.....	93
Resultados obtenidos	94
Análisis Estadístico.....	94
Evaluación de la ejecución	97
Análisis comparativo	97
Evaluación económica.....	99
CAPÍTULO V.....	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
Conclusiones.....	101
Recomendaciones	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Participación de los países en el PIB mundial gasto en construcción.	1
Tabla No. 2: Indicadores operativos de abastecimiento e inventarios en RM Ingenieros S.A.S., periodo 2023–2024.....	6
Tabla No. 3: Etapas de construcción.	12
Tabla No. 4: Costos de adquisición y estimación del costo de mantenimiento del inventario de obra gris (2024).	13
Tabla No. 5: Indicadores base de la gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S., periodo 2023–2024.....	14
Tabla No. 6: Comparación entre inventario físico y registros administrativos (2024). ..	19
Tabla No. 7: Comparación de compras planificadas respecto a compras de emergencia (2024).....	19
Tabla No. 8: Materiales de baja rotación con permanencia superior a 90 días (2024)....	20
Tabla No. 9: Proveedores y tiempos de entrega proveedores 2023-2024.....	21
Tabla No. 10: Variación de precios del material 2023-2024.....	22
Tabla No. 11: Descripción de las entradas, salidas y responsables de las actividades del proceso de Gestión de Inventarios.....	25
Tabla No. 12: Inventario de materiales de construcción obra gris.	26
Tabla No. 13: Inventario de materiales de construcción obra gris.	32
Tabla No. 14: Retrasos operativos.....	35
Tabla No. 15: Lista de proveedores.....	36
Tabla No. 16: Transporte empleado.	36
Tabla No. 17: Simulación de imprevistos en RM Ingenieros S.A.S. (acero).....	38
Tabla No. 18: Simulación de imprevistos en RM Ingenieros S.A.S. (cemento).....	38
Tabla No. 19: Simulación de imprevistos en RM Ingenieros S.A.S. (hierro).....	39
Tabla No. 20: Impacto de los imprevistos logísticos en el presupuesto de obra.....	40

Tabla No. 21: Inventario categoría A.	45
Tabla No. 22: Inventario categoría B.	45
Tabla No. 23: Inventario categoría C.	46
Tabla No. 24: Área de estudio.....	50
Tabla No. 25: Roles y responsabilidades del modelo To-Be	52
Tabla No. 26: Relación causas raíz del diagnóstico y soluciones del modelo TO-BE....	52
Tabla No. 27: Planificación del modelo operativo.....	53
Tabla No. 28: Planificación del modelo operativo.....	54
Tabla No. 29: Clasificación ABC de los materiales.....	55
Tabla No. 30: Registros del costo unitario para materiales críticos.	57
Tabla No. 31: Cantidad Económica de Pedido (EOQ) para materiales críticos.....	58
Tabla No. 32: Políticas de reposición.....	61
Tabla No. 33: Plan de requerimientos de materiales (MRP).....	63
Tabla No. 34: Módulos utilizados en el sistema ODOO.	66
Tabla No. 35: Análisis FODA.	73
Tabla No. 36: Análisis FODA.	74
Tabla No. 37: Estrategias.....	75
Tabla No. 38: Cuadro de mando integral perspectiva financiera.	76
Tabla No. 39: Cuadro de mando integral perspectiva del cliente.....	76
Tabla No. 40: Perspectiva de procesos internos.....	77
Tabla No. 41: Perspectiva de crecimiento y aprendizaje.....	77
Tabla No. 42: Resultados esperados.....	78
Tabla No. 43: Cronograma de implementación de estrategias.....	79
Tabla No. 44: Costos de la propuesta.....	80
Tabla No. 45: Afectaciones ambientales.	81

Tabla No. 46: KPI esperados.....	82
Tabla No. 47: Etapas de la metodología propuesta.	86
Tabla No. 48: Descripción de campos del sistema ERP Odoo.....	88
Tabla No. 49: Datos obtenidos antes de la implementación.....	95
Tabla No. 50: Datos obtenidos después de la implementación	95
Tabla No. 51: Resultados promedio	96
Tabla No. 52: Calculo de la desviación estándar.....	96
Tabla No. 53: Análisis comparativo.....	97
Tabla No. 54: Evaluación económica.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Índice de precios de insumos para la construcción.	2
Figura No. 2: Evolución del PIB mundial de la construcción.	3
Figura No. 3: RM Ingenieros S.A.S	5
Figura No. 4: Imagen renderizada del proyecto.	10
Figura No. 5: Cadena de valor RM Ingenieros S.A.S.	15
Figura No. 6: Mapa de procesos RM Ingenieros S.A.S.	17
Figura No. 7: Organigrama RM Ingenieros S.A.S.	18
Figura No. 8: Símbolos del diagrama de flujo.....	23
Figura No. 9: Diagrama de flujo proceso de Gestión de Inventario situación actual.....	24
Figura No. 10: Análisis de la capacidad instalada situación actual.....	29
Figura No. 11: Diagrama de Gantt del impacto de retrasos en materiales críticos.	35
Figura No. 12: Diagrama de Ishikawa de las deficiencias en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.....	41
Figura No. 13: Diagrama de Pareto.....	49
Figura No. 14: Modelo operativo proceso To-Be.....	51
Figura No. 15: Pantalla de inicio del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.	64
Figura No. 16: Bandeja de entrada del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.	65
Figura No. 17: Pantalla de inicio del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.	66
Figura No. 18: Interfaz del Inventario del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.	68
Figura No. 19: Interfaz del Producto del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.	68

Figura No. 20: Interfaz de las Existencia del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.	69
Figura No. 21: Módulo de lector de códigos de barras del sistema ODOO para el control de inventarios en RM Ingenieros S.A.S.	70
Figura No. 22: Proceso mejorado Gestión de Inventarios.....	72
Figura No. 23: Diagrama de Gantt Fases de implementación y seguimiento	87
Figura No. 24: Carga de inventario simulador ODOO.....	89
Figura No. 25: Movimientos inventario simulador ODOO.....	90
Figura No. 26:Análisis de la capacidad instalada situación mejorada.	92
Figura No. 27: Indicadores monitoreados	94
Figura No. 28: Análisis estadístico.....	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación No. 1: Costo de mantenimiento	13
Ecuación No. 2: Variación de inventario.....	19
Ecuación No. 3: Rotación de inventario	20
Ecuación No. 4: Tiempo promedio.....	27
Ecuación No. 5: Desviación estándar	28
Ecuación No. 6: Desviación estándar	28
Ecuación No. 7: Tiempo total.....	30
Ecuación No. 8: Eficiencia	30
Ecuación No. 9: Ineficiencia	30
Ecuación No. 9: Capacidad del proceso actual.....	31
Ecuación No. 10: Valor de consumo.....	44
Ecuación No. 11: Porcentaje de participación.....	44
Ecuación No. 12: Modelo EOQ.....	56
Ecuación No. 13: Costo anual de mantenimiento.....	56
Ecuación No. 14: Número de pedidos por año	57
Ecuación No. 15: Tiempo entre pedidos	57
Ecuación No. 16: Stock de seguridad.....	59
Ecuación No. 17: Punto de reorden.....	60
Ecuación No. 18: Demanda MRP.....	61
Ecuación No. 19: Cálculo de requerimiento neto.....	62
Ecuación No. 20: Cálculo de punto de pedido	62
Ecuación No. 9: Capacidad del proceso actual.....	93
Ecuación No. 21 Desviación Estándar	96
Ecuación No. 22: Beneficio neto.....	99

Ecuación No. 23: Relación Costo beneficio.....	100
Ecuación No. 24: Costo de mantenimiento	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1: Evidencia Orden compra.....	108
Anexo No. 2: Evidencia Registro sistema Excel Orden compra de materiales utilizado en la empresa.....	109
Anexo No. 3: Evidencia Registro manual de materiales utilizado en la empresa	110
Anexo No. 4: Entrevista al responsable de bodega sobre el control de inventarios.....	111
Anexo No. 5: Resultados de revisión del sistema de control de inventarios.....	112

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN LOGÍSTICA Y
CADENA DE SUMINISTRO

TEMA: “OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE INTEGRACIÓN LOGÍSTICA”

AUTORA: Ing. Chiguano Gualotuña Doris Elizabeth

TUTORA: MSc. Álvarez Sánchez Ana

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación se desarrolla en la industria de la construcción en donde aborda como problemática a la gestión ineficiente de inventarios de la construcción, debido a inconvenientes como el desperdicio de materiales, demoras en las obras y sobrecostos, que afectan a la rentabilidad de la industria. Por lo tanto, se planteó como objetivo principal diseñar un modelo de optimización de inventarios basado en la integración logística de la gestión de procesos claves, se utiliza la clasificación ABC y la simulación en un sistema ERP de tal manera que se lo haga más eficiente. La metodología es de tipo cuantitativa, de alcance descriptivo y explicativo, donde se realiza el levantamiento del proceso actual para la identificación de cuellos de botella y actividades que no generan valor. El diagnóstico inicial permitió identificar que el cemento y el hierro comprenden el 45.27% consolidándose como uno de los insumos críticos en obra gris. Se evidenciaron puntos críticos en la cadena de suministro, como la falta de coordinación entre las áreas de compra, bodega y obras, a esto se suma la ausencia de registros actualizados y la verificación manual del stock generan compras urgentes y retrasos. Con lo cual, se pudo detectar mejoras que contemplan la incorporación de un sistema ERP para integrar los procesos y definir políticas con proveedores que eviten las interrupciones en el suministro. Los resultados con la integración logística del sistema Odoo permitieron mejorar la eficiencia en el tiempo en un 92%, con la reducción de tiempos muertos en obra y una planificación más precisa del abastecimiento. Se concluye que la mejora en el proceso de Gestión de Inventarios es una estrategia viable para mejorar la eficiencia operativa que conlleve a la reducción de costos en los proyectos constructivos.

DESCRIPTORES: clasificación ABC, gestión de inventarios, industria de la construcción, modelo optimización, sistema ERP Odoo.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTY OF ENGINEERING

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

AUTHOR: CHIGUANO GUALOTUÑA DORIS ELIZABETH

TUTOR: MSc. ALVAREZ SANCHEZ ANA

THEME

INVENTORY OPTIMIZATION IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY THROUGH
LOGISTICS INTEGRATION

ABSTRACT

This research project focuses on the construction industry, addressing inefficient inventory management issues caused by material waste, project delays, and cost overruns, which adversely affect profitability. Therefore, the main objective was to design an inventory optimization model based on the logistics integration of key process management. The ABC classification method and simulation within an ERP system were to improve efficiency. The methodology is quantitative in nature, with a descriptive and explanatory scope. It involves analyzing the current process to identify bottlenecks and non-value-added activities. The initial diagnosis revealed that cement and steel account for 45.27% of total materials, consolidating them as critical inputs in structural (grey work) construction. Critical points were identified within the supply chain, such as the lack of coordination between purchasing, warehouse, and construction site operations. Additionally, the absence of updated records and the reliance on manual stock verification lead to urgent purchases and project delays. As a result, improvement opportunities were identified, including the implementation of an ERP platform to integrate processes and the establishment of supplier policies to prevent supply disruptions. The results, following the logistics integration through the Odoo system, demonstrated a 92% improvement in time efficiency, reducing idle time on-site and enabling more accurate supply planning. In conclusion, improving the inventory management process is a viable strategy to enhance operational efficiency and reduce costs in construction projects.

KEYWORDS: ABC classification, construction industry, ERP platform (Odoo), inventory management, optimization model



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A escala mundial, la industria de la construcción constituye uno de los pilares más importantes del desarrollo económico, al ser responsable de la creación de infraestructura física, vivienda, sistemas de transporte, edificaciones públicas y privadas que sostienen la actividad productiva y social, su aporte ronda entre el 9 % y 11 % del PIB global según reportes del Banco Mundial como se presentan en la Tabla No.1. (Banco Mundial, 2017)

Tabla No. 1: Participación de los países en el PIB mundial gasto en construcción.

País	PIB (millones de \$ internacionales)	PIB (% del mundo)	Gasto en construcción (millones de \$ internacionales)	Gasto en construcción (% del mundo)
Estados Unidos	12,376,100	22.50%	1,341,500	15.20%
China	5,333,230	9.70%	2,623,761	29.80%
Japón	3,870,282	7.00%	497,295	5.60%
Alemania	2,514,783	4.60%	212,933	2.40%
India	2,340,997	4.30%	496,908	5.60%
Reino Unido	1,901,710	3.50%	141,765	1.60%
Francia	1,862,193	3.40%	216,964	2.50%
Federación Rusa	1,697,541	3.10%	146,408	1.70%
Italia	1,626,326	3.00%	188,984	2.10%
Brasil	1,583,162	2.90%	144,515	1.60%
Total top 10	35,106,324	63.90%	6,011,033	68.20%
Mundo	54,975,662	100%	8,818,601	100%

Elaborado por: La autora adaptado lo datos del (Banco Mundial, 2017)

Como se aprecia en la Tabla No.1 su aporte al PIB mundial mantiene en niveles significativos y su demanda de materiales, mano de obra y tecnología la convierte en una industria intensiva en recursos. Sin embargo, este dinamismo convive con desafíos estructurales que afectan la eficiencia de los proyectos y elevan los costos operativos.

A nivel mundial, las empresas del sector de la construcción enfrentan el desafío permanente de equilibrar la disponibilidad oportuna de materiales con los costos asociados a su almacenamiento y gestión de inventarios. Dado que los insumos de construcción representan una proporción significativa del presupuesto total de obra, cualquier variación en su abastecimiento impacta directamente en los costos operativos y en la eficiencia del proyecto. Asimismo, la disponibilidad de materiales es un factor

crítico que condiciona el cumplimiento de los cronogramas, pudiendo generar retrasos, sobrecostos y disminución en la productividad cuando no se gestiona de manera estratégica, como se presentan en la Figura No.1.

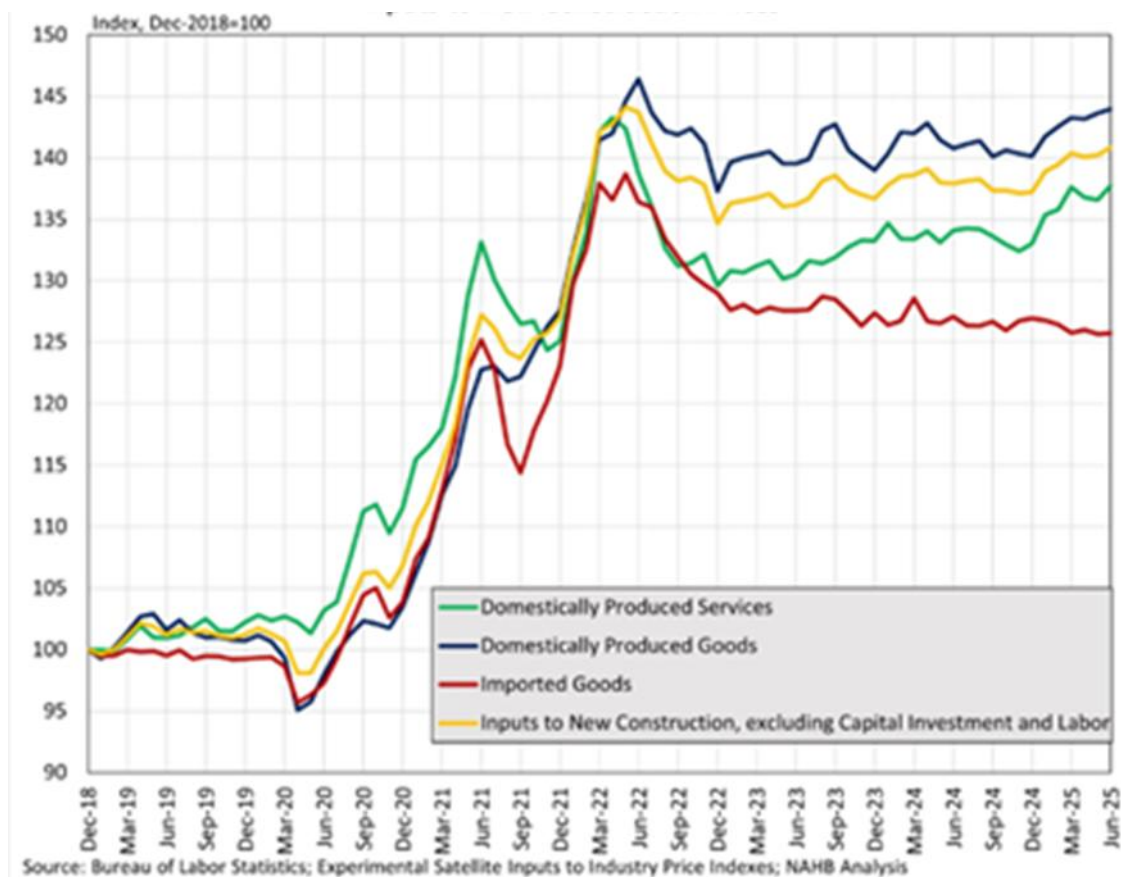


Figura No. 1: Índice de precios de insumos para la construcción.

Elaborado por: (Bureau of Labor Statistics U.S., 2024)

Como se aprecia en la figura 1, desde el año 2018, los precios de los materiales de la construcción han experimentado incrementos significativos que en muchos casos están entre el 30% y el 45%. Aunque la pandemia marco un punto de quiebre entre el 2021 al 2022, por las interrupciones logísticas, la escasez de materias primas y las restricciones, los insumos importados fueron los que mostraron mayor inestabilidad.

Por lo tanto, la industria de la construcción tiene que operar bajo una doble presión, por un lado, los materiales con precios altos y por otro la disponibilidad incierta que obliga a que las empresas deban abastecerse con inventarios para evitar retrasos que representan sobrecostos en los proyectos.

De acuerdo a O'Brien et. al. (2022), grandes empresas como China State Construction Engineering, Fluor Corporation y China Railway Group dedicadas al sector de la construcción realizan la gestión de su inventario a través de herramientas tecnológicas, mismas que dan el soporte necesario para el cumplimiento de sus objetivos. Apoyándose de los sistemas ERP (Planificación de Recursos Empresariales) y la automatización, ha logrado el control y la optimización de los insumos, materiales e inventarios en obra. (Grupo ACS, 2023)

En Ecuador, la actividad de la construcción alcanzó una tasa de crecimiento del 1,1% en 2023, y se estima al cierre de este 2024 se sitúe en un 1,7%, lo que proyecta un leve aumento en su ritmo de crecimiento, como se presentan en la Figura No.2.

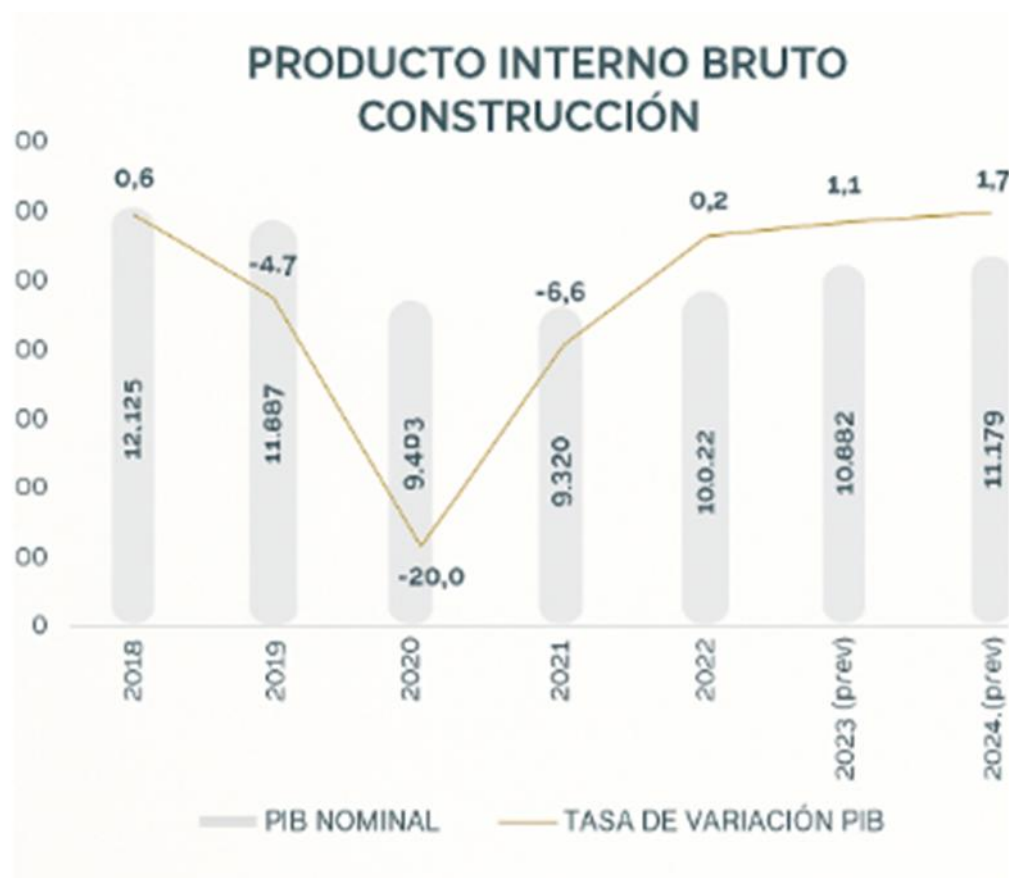


Figura No. 2: Evolución del PIB mundial de la construcción.

Elaborado por: (Revista EKOS, 2024)

La figura muestra la evolución del PIB del sector construcción en Ecuador entre 2018 y 2024, evidenciando una dinámica marcada por la contracción y una recuperación progresiva.

En la industria de la construcción ecuatoriana, la gestión de inventarios juega un papel importante en la eficiencia de los proyectos; el propósito fundamental de la gestión de inventarios es la reducción de costos, mejorar la eficiencia de los procesos de producción, mejorar servicio al cliente, tiempos de entrega y la calidad final del producto.

Muchas empresas en el país aún mantienen registros manuales o parcialmente digitalizados, lo que limita la actualización en tiempo real del consumo y la disponibilidad de materiales esenciales como cemento, acero, agregados y acabados. A esto se suma la alta dependencia de proveedores nacionales que enfrentan variaciones constantes en tiempos de entrega, restricciones de transporte y fluctuaciones en precios, generando incertidumbre en la planificación del abastecimiento. (Romero, Saénz y Pacheco 2021) De acuerdo a Rolón (2024), resalta constructoras como: Hidalgo e Hidalgo, Uribe & Schwarzkopf y Semaca dedicadas al sector de la construcción con mayor trayectoria en el Ecuador y que lideran el ranking del mercado. Estas empresas realizan su gestión de inventarios mediante la combinación de métodos, herramientas y softwares que las ayuden a tener un mayor control de su inventario en tiempo real.

La empresa constructora RM Ingenieros S.A.S., se ubica en la ciudad de Quito parroquia San Antonio de Pichincha (norte de la ciudad) desde abril del 2023, se dedica a la construcción de edificaciones mixtas a nivel nacional, su nómina consta de 3 trabajadores directos y de entre 10 y 15 indirectos, esto puede variar ya que depende de la magnitud de la obra. La empresa actualmente presenta problemas con la compra imprevista ya sea de materiales o equipos, esto se debe a la manera inadecuada con la que realizan sus actividades no les permite visualizar ni obtener datos de manera acertada a la hora de la toma de decisiones.

Con el fin de analizar la situación actual de la gestión de inventarios, se presenta en la figura el comportamiento de este indicador durante los años 2023 y 2024, aportando evidencia cuantitativa sobre las deficiencias existentes en el proceso de gestión de inventarios, cómo se presentan en la Figura No.3.

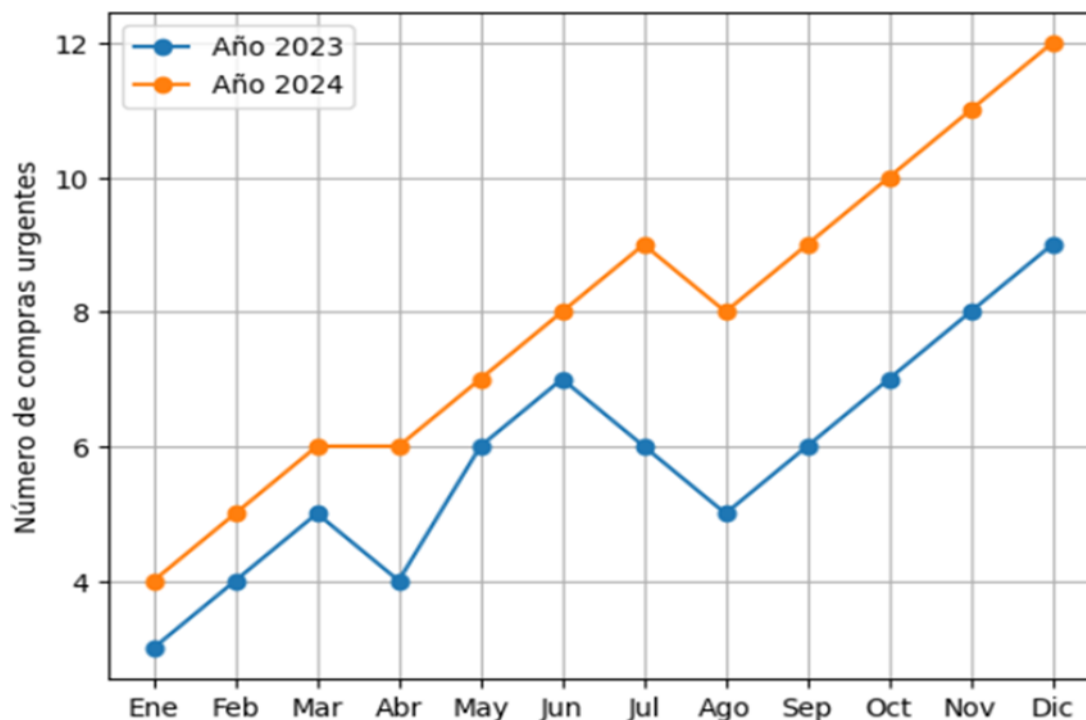


Figura No. 3: RM Ingenieros S.A.S

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Como se aprecia en los históricos del 2023 al 2024 se observa un comportamiento ascendente, con un incremento más pronunciado en el año 2024, lo que pone en evidencia limitaciones en el control del inventario y en la capacidad de anticipación de las necesidades de materiales. Este escenario revela que la empresa responde de manera reactiva ante la falta de insumos, originando adquisiciones no planificadas que inciden desfavorablemente en los costos operativos, afectan la continuidad de las actividades en obra y dificultan una toma de decisiones gerenciales oportuna y fundamentada.

En el caso particular de RM Ingenieros S.A.S., las limitaciones observadas en la gestión de inventarios reflejan en mayor escala los problemas presentes en el sector constructor ecuatoriano, se aprecia en el diagnóstico que los registros de materiales se llevan de manera manual en hojas de cálculo, sin mecanismos de actualización en tiempo real ni integración entre las áreas de Compras, Bodega y Obras, como se presenta en el anexo 3. Esta falta de articulación genera discrepancias entre el inventario físico y el inventario registrado, provocando desabastecimiento de materiales críticos como acero y cemento en momentos clave del avance de la obra. Asimismo, la empresa enfrenta compras

urgentes a precios superiores, acumulación de materiales de baja rotación y tiempos muertos que afectan el cronograma y elevan los costos del proyecto.

Estas condiciones evidencian la necesidad de implementar un modelo integral de gestión de inventarios basado en integración logística y herramientas industriales que permitan mejorar la trazabilidad del flujo de materiales, optimizar la reposición y garantizar la continuidad operativa en las obras que ejecuta la empresa.

Antecedentes

El sector de la construcción se caracteriza por una alta dependencia de la disponibilidad oportuna de materiales, mano de obra y procesos logísticos coordinados, elementos que influyen directamente en el cumplimiento de plazos y en la eficiencia operativa de los proyectos. Las constructoras ecuatorianas, durante el periodo 2023–2024 se evidenciaron variaciones en los tiempos de abastecimiento y aumentos en los costos de materiales estratégicos como acero, cemento y agregados, asociados a fluctuaciones del mercado y condiciones de suministro, lo que impactó la planificación operativa de las empresas constructoras (Jaime-Baque y Pacheco, 2025)

RM Ingenieros S.A.S., dedicada al desarrollo de proyectos de urbanización, vivienda, remodelación y obra pública menor, mantiene una operación intensiva en el uso de materiales de construcción, cuya disponibilidad condiciona el avance de las actividades programadas. De acuerdo con registros internos de la empresa correspondientes al periodo 2023–2024, se identificaron retrasos recurrentes en el abastecimiento de materiales críticos y un incremento en compras emergentes destinadas a evitar paralizaciones de obra, situación que generó sobrecostos operativos y desviaciones en los cronogramas establecidos, cómo se presentan en la Tabla No.2.

Tabla No. 2: Indicadores operativos de abastecimiento e inventarios en RM Ingenieros S.A.S., periodo 2023–2024

Indicador	2023	2024
Compras urgentes	22%	29%
Retraso promedio obra	6 días	9 días
Variación costo acero	12%	18%

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Adicionalmente, el mercado local de materiales de construcción presenta variabilidad en los tiempos de entrega por parte de proveedores y fluctuaciones en precios, factores externos que, combinados con prácticas internas de gestión no integradas entre las áreas de compras, bodega y obra, configuran un entorno operativo complejo para la organización. Esta situación evidencia la necesidad de analizar de manera sistemática los procesos asociados a la gestión de inventarios y su articulación logística, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y la toma de decisiones basada en información oportuna. Por lo tanto, los antecedentes expuestos justifican el desarrollo del presente estudio orientado a evaluar y optimizar la gestión de inventarios mediante un enfoque de integración logística aplicado a RM Ingenieros S.A.S.

Justificación

La presente investigación se justifica en la necesidad de fortalecer la gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S., considerando las ineficiencias operativas identificadas durante el periodo 2023–2024, las cuales se reflejan en sobrecostos asociados a compras urgentes, retrasos en la ejecución de obras y dificultades en la disponibilidad de materiales críticos. La gestión de inventarios constituye una de las funciones más complejas dentro de las empresas constructoras debido a la incertidumbre de la demanda y a la variabilidad del mercado, lo que dificulta determinar niveles óptimos de inventario que equilibren costos y continuidad operativa (Peña y Silva, 2016).

Para RM Ingenieros S.A.S., es importante analizar de manera estructurada la gestión de inventarios que incide en sobrecostos debido a compras urgentes y retrasos en la entrega de obra por la falta de coordinación entre las áreas.

El impacto esperado en la investigación como contribución para empresa RM Ingenieros S.A.S. en el ámbito económico se centra en que al alcanzar una gestión integrada de los procesos de compras, almacenamiento y abastecimiento a obra se puede reducir los sobrecostos asociados por reprocesos y mal manejo de materiales. Operativamente, la integración logística propuesta permitirá mejorar la visibilidad de los niveles reales de inventario, optimizar los tiempos de reposición y reducir los periodos de espera por desabastecimiento en obra. En consecuencia, se espera fortalecer la toma de decisiones basada en información confiable, incrementando la eficiencia operativa y la competitividad de la empresa dentro del sector de la construcción.

La utilidad práctica de la propuesta permitirá a la empresa RM Ingenieros S.A.S mejorar su gestión de materiales basada en decisiones improvisadas a una mejor planificación y control. Es así que se espera que con la implementación se mejore el desempeño operativo y económico a partir de la integración logística entre compras, bodega y obra, que actualmente se tiene para que después de su aplicación se cuente con información actualizada.

Esta integración permite que la información de los requerimientos de materiales, niveles de stock y tiempos de reposición sean minimizados, por ello, con la propuesta se pretende generar una utilidad directa en la gestión operativa de la empresa, fortaleciendo el control de materiales y apoyando la toma de decisiones relacionados con el abastecimiento, el control de costos y la continuidad de las actividades en obra.

La implementación del sistema ODOO es técnicamente viable ya que se puede usar como herramienta de mejora en la gestión de inventario en RM Ingenieros S.A.S., puesto que permite ordenar, clasificar y optimizar la información relacionada con materiales, niveles de stock y flujos de abastecimiento. Su aplicación no es compleja ni requiere de un sistema especializado de alto costo, así mismo no demanda cambios estructurales en la infraestructura existente, facilitando la adopción en la empresa.

Es factible operativamente debido a que la propuesta se apoya en los procesos actuales de RM Ingenieros S.A.S. sin alterar el desarrollo normal de los proyectos, se refuerza su implementación porque no se requiere la creación de nuevos departamentos para el control de materiales y la toma de decisiones.

Los beneficiarios directos primeramente corresponden a la empresa RM Ingenieros S.A.S. puesto que con la optimización de la gestión de inventarios mediante la integración logística permite reducir gastos innecesarios, minimizar sobrecostos por compras urgentes y mejorar el control de materiales. Otro beneficiario directo corresponde al personal de las áreas quienes al contar con procesos más claros y coordinados que permiten un desarrollo más continuo de las actividades.

En cuanto a los clientes externos quienes se beneficiarán indirectamente a través de un flujo continuo en la ejecución de los proyectos, lo que se traduce en cumplimiento de plazos, menor probabilidad de retrasos y una mejora en la calidad del servicio ofrecido por la empresa. Los proveedores también se verán beneficiados de forma indirecta, ya que una planificación más organizada de los requerimientos de materiales facilitará una

relación comercial más estable, con pedidos mejor programados, menor variabilidad en la demanda y una comunicación más eficiente con la empresa.

Por lo tanto, la implementación de tecnologías como un sistema ERP y la integración de la cadena de suministro se convierten en herramientas estratégicas para mejorar la operatividad, optimizar los costos y fortalecer la eficiencia general de la organización.

Objetivo general

Optimizar la gestión de inventarios en la industria de la construcción mediante la integración de los procesos logísticos de abastecimiento, almacenamiento y reposición, utilizando herramientas de ingeniería industrial, con el fin de mejorar la disponibilidad oportuna de materiales en los proyectos constructivos.

Objetivos específicos

- Diagnosticar los suministros críticos empleados en los proyectos de construcción mediante el levantamiento de información y la aplicación de la clasificación ABC, con el fin de identificar los insumos que requieren mayor control dentro del sistema logístico.
- Analizar las prácticas actuales de inventario y los flujos logísticos de la empresa a través de la evaluación de los procesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución en el sistema ODOO, para identificar ineficiencias en la cadena de suministro.
- Diseñar un modelo de simulación para la optimización de inventarios integrado a los procesos logísticos en el sistema ODOO, basado en la metodología ABC y políticas de reposición, con el propósito de mejorar la disponibilidad y continuidad de materiales en los proyectos de construcción.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

RM Ingenieros S.A.S. opera en un entorno altamente dinámico, caracterizado por múltiples frentes de obra, diversidad de materiales constructivos y dependencia de proveedores externos.

Al ser una empresa dedicada a la ejecución de proyectos de construcción civil, con operaciones en múltiples frentes de obra, el proyecto seleccionado corresponde a la construcción de una vivienda de tres pisos, con un valor de \$138.779,55, ubicada en el cantón Píllaro.

La planta baja está destinada a áreas sociales, incluyendo sala, comedor, cocina y un baño, el primer piso cuenta con un dormitorio máster con baño privado y tres dormitorios adicionales, dos de ellos con baño propio. En el tercer nivel se encuentra un dormitorio para invitados con baño privado, un cuarto de máquinas para lavandería y acceso a una terraza abierta.

En el exterior, se ha construido una cisterna con bombas para almacenamiento de agua, un parqueadero con capacidad para tres vehículos, un área verde para uso social y un cerramiento perimetral de aproximadamente 2,75 m de altura. La siguiente imagen presenta la imagen renderizada del proyecto, generada a partir de información 3D convertida en formato 2D, cómo se presentan en la Figura No.4.



Figura No. 4: Imagen renderizada del proyecto.

Elaborado por: Empresa RM Ingenieros S.A.S.

Es importante destacar que esta investigación se centra únicamente en las tareas de construcción (obra gris) ejecutadas directamente por la empresa, es decir que las actividades que la empresa subcontrata a terceros, como las instalaciones eléctricas, marcos y ventanas, muebles, y ciertos acabados (gypsum, marmolería, carpintería y pintura), quedan fuera del análisis, ya que la empresa no cuenta con el personal o equipo propio para realizarlas.

De la misma manera se justifica el alcance del proyecto hasta la obra gris considerando las etapas de la construcción, en donde se aprecia que el mayor tiempo se lleva hasta la obra gris con una duración de 115 días de un total de 166 días que demanda la culminación del proyecto.

Estas tareas comprenden el desarrollo de la infraestructura esencial del proyecto como cimentación, estructuras portantes, mampostería y contrapiso las cuales, además de demandar la mayor cantidad de tiempo y materiales, concentran el mayor impacto en términos de inventarios, planificación logística y control de suministros.

Es decir, más del 69% del tiempo total del proyecto se concentra antes de iniciar acabados, donde se evidencia que la mayor carga operativa, técnica y logística ocurre durante la ejecución estructural, lo cual refuerza la pertinencia de centrar el análisis en esta fase, donde los problemas de inventario, retrasos y costos por desabastecimiento tienen mayor incidencia.

Se presenta a continuación las etapas de la construcción que se guía la empresa para dar cumplimiento a las actividades y ajusta el plan añadiendo tareas según los requerimientos específicos del cliente, la información es obtenida de los registros de proyectos ejecutados de la constructora de años anteriores, como se presenta en la Tabla No.3.

Tabla No. 3: Etapas de construcción.

Etapas	Actividad	Duración (días)
Relleno y preparación	Relleno compactado con suelo natural o material del sitio	30
Obras preliminares	Cerramiento provisional con malla	9
	Construcción de las bodegas provisionales de almacenamiento (guachimanía)	
	Limpieza y nivelación del terreno	
Movimiento de tierras	Replanteo del terreno	16
	Aplicación de una sub-base granular para mejoramiento del terreno	
	Excavaciones manuales/máquina para plintos, cimientos y cadenas	
Obra gris	Fundición cimiento de cadenas – Hormigón ciclópeo 210 kg/cm ²	60
	Fundición base de plintos – Hormigón simple 140 kg/cm ²	
	Fundición plintos – Hormigón simple 210 kg/cm ²	
	Fundición de cadenas y trabes – Hormigón simple 210 kg/cm ²	
	Armado de muros – Hormigón simple 180 kg/cm ²	
	Contrapiso	
	Masillado y alisado de pisos	
	Alisado de losa con impermeabilizante	
	Encofrado de columnas – Hormigón simple 210 kg/cm ²	
	Estructura de acero	
	Mampostería de bloque de 12	
	Mampostería ladrillo	
	Enlucido vertical de interiores	
	Enlucido vertical de exteriores	
Instalaciones sanitarias	Instalación de cajas de revisión – Hormigón simple 180 kg/cm ²	12
	Armado del sistema de tuberías	
	Colocación de sanitarios	
	Colocación de grifería en baños y cocina	
	Colocación de duchas	
Instalaciones eléctricas	Colocación de mangueras para la red eléctrica	10
	Colocación de tomacorrientes e interruptores	
	Instalación de la caja de breakers	
	Sistema de automatización de puertas y portero	
Acabados	Colocación de porcelanato y cerámica	29
	Colocación de puertas interiores y exteriores	
	Instalaciones eléctricas	

Elaborado por: La autora adaptado de los registros de proyectos ejecutados en el año 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La empresa define las etapas de construcción de la vivienda modelo y los materiales utilizados en cada una, con el objetivo de identificar en qué fases se invierte más dinero y así elegir la mejor metodología de administración de inventarios. El costo total en inventario de materiales de construcción en obra gris se presenta en la tabla 4 que corresponden al costo de adquisición de los materiales utilizados en la fase de obra gris,

incluyendo el valor pagado directamente al proveedor y el costo de transporte, el cual se mantiene fijo debido a acuerdos comerciales establecidos con el distribuidor principal. No obstante, para efectos del análisis logístico, es necesario diferenciar entre el costo de adquisición y el costo de mantener inventario.

El costo de mantenimiento comprende no solo el valor monetario del material almacenado, sino también los costos asociados al capital inmovilizado, almacenamiento físico, manipulación, administración y riesgo de deterioro o pérdida. En este sentido, considerando el valor total del inventario promedio registrado durante el periodo 2023–2024, se estimó el costo anual de mantenimiento aplicando una tasa de costo de posesión del inventario (h), la cual incorpora el costo de capital y gastos operativos asociados al almacenamiento, mediante la aplicación de la ecuación No.1.

Ecuación No. 1: Costo de mantenimiento

$$CM = I \times h$$

De acuerdo a Heizer (2017) establecen que el costo de mantenimiento del inventario puede representar entre el 15% y el 30% del valor promedio almacenado, considerando capital, almacenamiento y riesgos asociados. Por tal razón, se estable un valor de h de 20%, con el cual se realiza el cálculo cómo se presentan en la Tabla No.4.

Tabla No. 4: Costos de adquisición y estimación del costo de mantenimiento del inventario de obra gris (2024).

Concepto	Valor
Inventario promedio obra gris	\$44.17
Tasa estimada de mantenimiento (h)	20%
Costo anual de mantenimiento	8.833,60

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Los resultados evidencian que una parte significativa del capital del proyecto permanece inmovilizada en inventario, lo que justifica la implementación de mecanismos de planificación y control orientados a optimizar los niveles de stock.

Además, con el propósito de sustentar cuantitativamente la situación actual del proceso de gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S., se establecieron indicadores base que permiten evaluar el desempeño de la gestión de inventarios durante la fase de ejecución

de obra gris del proyecto analizado. Estos indicadores constituyen una línea base operativa que evidencia el nivel de control existente sobre los materiales, los tiempos de reposición y la planificación de compras, permitiendo identificar brechas de eficiencia que justifican la propuesta de optimización, cómo se presentan en la Tabla No.5.

Tabla No. 5: Indicadores base de la gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S., periodo 2023–2024.

Indicador	Definición	Fórmula de cálculo	Resultado	Fuente	Fecha
Exactitud de inventario (%)	Nivel de coincidencia entre el inventario físico y el registrado en control interno	$(\text{Cantidad registrada} / \text{Cantidad física}) \times 100$	82%	Registros de bodega RM Ingenieros S.A.S.	Dic. 2024
Compras urgentes (%)	Proporción de adquisiciones realizadas sin planificación previa	$(\text{Compras urgentes} / \text{Total compras}) \times 100$	27%	Reportes del área de compras	2023–2024
Lead time promedio (días)	Tiempo promedio desde la solicitud del material hasta su entrega en obra	$\text{Fecha entrega} - \text{Fecha pedido}$	9 días	Órdenes de compra y recepción	2024
Cumplimiento de proveedores (%)	Nivel de entregas realizadas dentro del plazo acordado	$(\text{Entregas a tiempo} / \text{Total entregas}) \times 100$	74%	Registros logísticos	2024
Rotación de inventario	Número de veces que el inventario se renueva durante el año	$\text{Consumo anual} / \text{Inventario promedio}$	3,1 veces/año	Reportes operativos internos	2024

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Los resultados evidencian una exactitud de inventario inferior al nivel recomendado (>95%), así como una elevada proporción de compras urgentes, lo que confirma la existencia de debilidades en la planificación del abastecimiento y control logístico, justificando la necesidad de implementar un modelo integrado de gestión de inventarios.

Diagnóstico de la Cadena de Valor

Con el fin de analizar el funcionamiento interno de la empresa desde una perspectiva integral, se presenta la cadena de valor, donde se muestran los procesos gobernantes, productivos y de apoyo necesarios para la entrega del producto final, cómo se presentan en la Figura No.5.

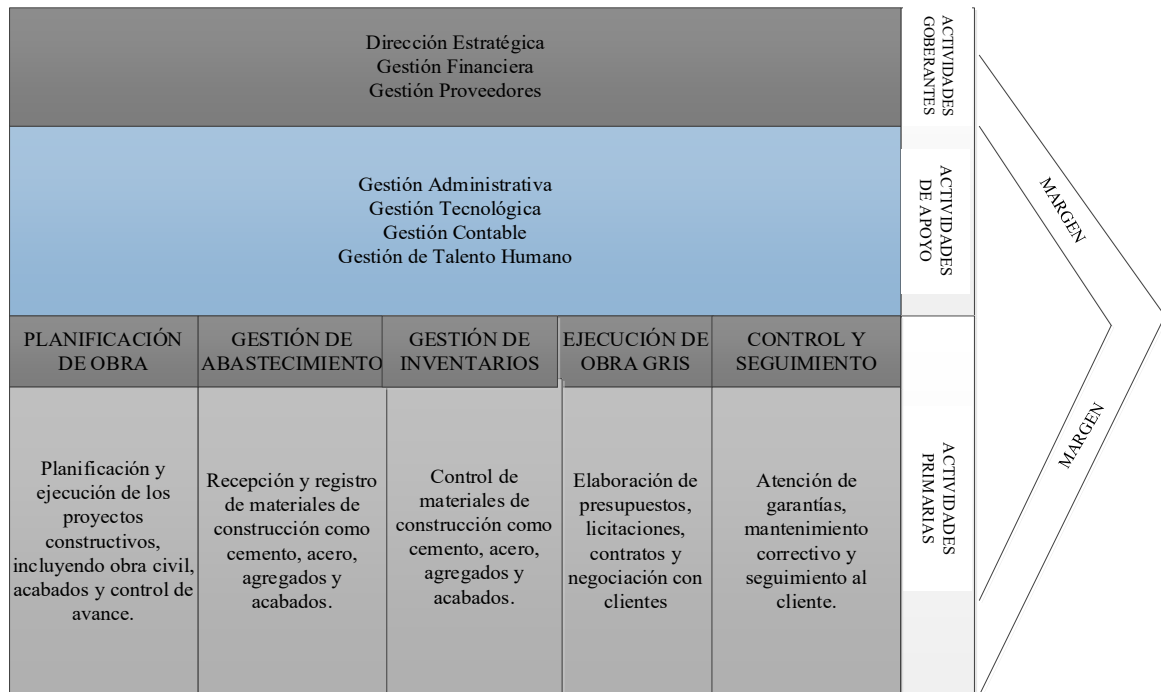


Figura No. 5: Cadena de valor RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de los registros internos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Control de Inventario

La empresa carece de un sistema automatizado de control de inventarios; en consecuencia, el registro de entradas y salidas se realiza mediante hojas de cálculo manuales. Debido a esta modalidad de gestión, la trazabilidad de los materiales resulta limitada, lo que dificulta los procesos de auditoría interna y aumenta la probabilidad de errores humanos en el registro de información.

Tampoco se aplican metodologías de clasificación como el análisis ABC ni se realizan estudios de rotación de inventarios; por lo tanto, la empresa no logra identificar materiales críticos o de alta rotación. Como efecto directo, esta ausencia de criterios técnicos ha derivado en la acumulación de materiales de baja rotación y en situaciones de sobrestock que incrementan los costos de almacenamiento.

Planificación de compras y abastecimiento

Las adquisiciones se ejecutan de manera reactiva, respondiendo principalmente a solicitudes urgentes provenientes de obra y no a una planificación basada en cronogramas o proyecciones de consumo. Como consecuencia de esta falta de planificación, no existe una matriz formal de abastecimiento ni un sistema de control de pedidos pendientes.

Esta situación provoca compras fragmentadas y un incremento en los costos unitarios de adquisición; además, genera una mayor dependencia de proveedores locales y reduce el poder de negociación de la empresa. Adicionalmente, la ausencia de evaluaciones sistemáticas de proveedores impide establecer relaciones estratégicas de largo plazo, lo que deriva en niveles variables de cumplimiento en los tiempos de entrega.

Tecnología y trazabilidad

RM Ingenieros S.A.S. no dispone de plataformas tecnológicas integradas, tales como ERP, MRP o WMS, que permitan articular la gestión de inventarios con los procesos logísticos y financieros. Debido a esta limitación tecnológica, la información operativa se encuentra dispersa y sin acceso en tiempo real para las áreas de obra, compras y almacén. Como resultado, la toma de decisiones se realiza con información parcial o desactualizada, lo que impide una adecuada trazabilidad de los materiales y dificulta la generación oportuna de reportes requeridos para auditoría y control de calidad.

Capital humano

El personal responsable de la gestión de inventarios presenta limitaciones en el manejo de herramientas digitales y metodologías de optimización. En ausencia de programas formales de capacitación, no se han desarrollado competencias relacionadas con Lean Construction, gestión de la cadena de suministro ni análisis de datos.

Esta situación ocasiona que los procesos operativos se ejecuten bajo criterios empíricos, reduciendo la eficiencia en la planificación logística y limitando la adopción de prácticas modernas de gestión.

Gestión Operativa y financiera

La falta de integración logística, combinada con una gestión deficiente de inventarios, ha generado impactos directos en el desempeño operativo de RM Ingenieros S.A.S. Se estima que aproximadamente el 35% de los retrasos en obra están asociados a problemas de abastecimiento; por consiguiente, se incrementan los tiempos muertos y las interrupciones en la ejecución de actividades constructivas.

Asimismo, los costos indirectos derivados de reprocesos, compras urgentes y paralizaciones han incrementado el presupuesto de obra en un promedio del 12%. Como efecto adicional, la empresa enfrenta riesgos reputacionales derivados del incumplimiento de plazos contractuales, lo que afecta su competitividad en procesos de contratación pública y privada.

Mapa de procesos RM Ingenieros S.A.S.

Con el propósito de comprender de manera integral el funcionamiento operativo de RM Ingenieros S.A.S., se elaboró el mapa de procesos este instrumento permite identificar la interacción entre los procesos estratégicos, misionales y de apoyo que intervienen en la planificación, abastecimiento, control y uso de materiales durante la ejecución de la obra gris, cómo se presentan en la Figura No.6.

El mapa de procesos facilita la visualización del flujo de valor dentro de la organización, evidenciando responsabilidades, relaciones funcionales y puntos críticos del sistema actual, constituyéndose en una base para el análisis diagnóstico y el diseño de la propuesta de optimización. (Pérez Fernández de Velasco, 2012)

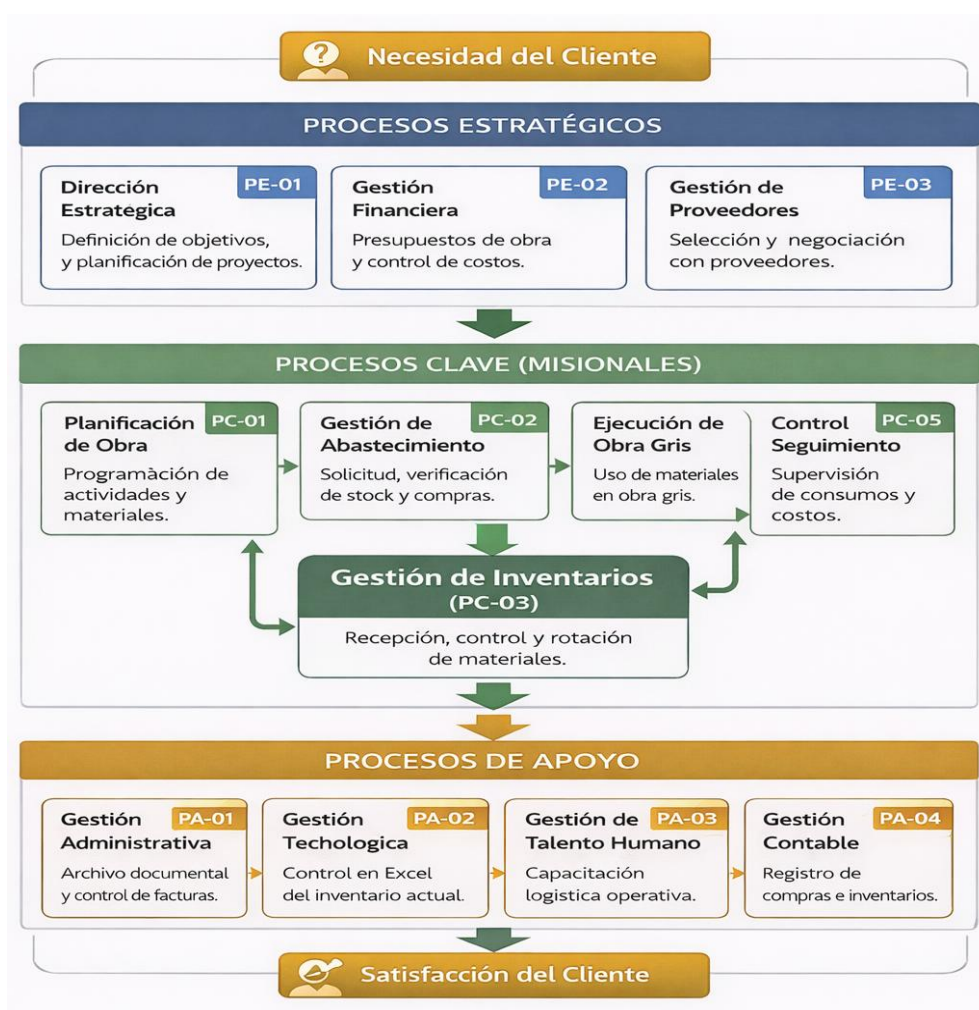


Figura No. 6: Mapa de procesos RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de los registros internos de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Diagnóstico del Proceso Gestión de Inventarios

La presente investigación se enfoca en el proceso de Gestión de Inventarios, que comprende el inventario y el abastecimiento de materiales. En el caso de la empresa, esta actividad presenta debilidades debido al uso de registros manuales y a la falta de integración entre compras, bodega y obra, lo que genera desabastecimientos y compras urgentes.

RM Ingenieros S.A.S. se encuentra organizado jerárquicamente para comprender las responsabilidades, niveles de autoridad y flujos de comunicación que influye en el desempeño del sistema logístico, como se presentan en la Figura No.7.

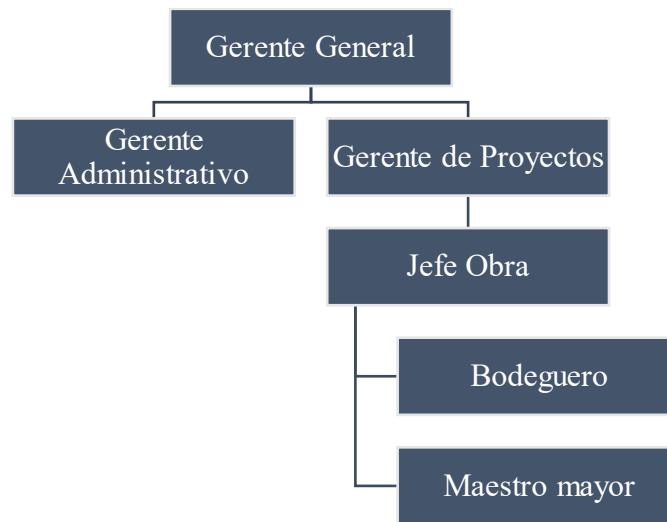


Figura No. 7: Organigrama RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de los registros internos de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Es así como el análisis se ubica en el departamento de Proyectos de la empresa RM Ingenieros S.A.S., unidad responsable en planificar, coordinar y controlar el flujo de materiales desde la adquisición hasta la entrega en el área operativa.

Problemas Gestión de Inventario

A lo largo de los últimos años la constructora enfrenta dificultades en la gestión de inventarios, por la ausencia una integración logística entre compras, almacenamiento y el requerimiento de obra, se tiene problemas como:

- Diferencias entre inventario físico y registros (variaciones del 8–15%) orden de compra

Con el propósito de evaluar la confiabilidad del control de inventarios, se solicitó un ejemplo de la orden de compra como se presenta en el anexo 1 y se realizó una comparación entre los registros administrativos en el sistema informático Excel como se presenta en el anexo 2 y el inventario físico disponible en bodega, para lo cual se ha considerado la ecuación No.2 y los cálculos están en la Tabla No.6.

Ecuación No. 2: Variación de inventario

$$\text{Variación (\%)} = \frac{|\text{Cantidad física} - \text{Cantidad registrada}|}{\text{Cantidad física}} \times 100$$

Tabla No. 6: Comparación entre inventario físico y registros administrativos (2024).

Material	Stock registrado	Stock físico	Diferencia	Variación (%)
Cemento (sacos)	520	480	40	8,3 %
Varilla 12 mm (unid.)	310	275	35	12,7 %
Arena (m³)	85	74	11	14,8 %
Bloque 15 cm (unid.)	2.5	2.3	200	8,7 %

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Los resultados evidencian variaciones entre el 8% y el 15% en materiales críticos de obra gris, lo que indica un nivel de exactitud inferior al estándar recomendado en gestión logística (>95%). Estas diferencias pueden estar asociadas a registros manuales, falta de control de salidas no autorizadas o errores en la actualización de inventarios.

- Compras de emergencia con sobrecostos de hasta 12%

Con el fin de analizar la eficiencia del proceso de abastecimiento, se revisaron las órdenes de compra realizadas durante la ejecución del proyecto, identificándose adquisiciones efectuadas bajo modalidad de emergencia, cómo se presentan en la Tabla No.7.

Tabla No. 7: Comparación de compras planificadas respecto a compras de emergencia (2024).

Material	Precio planificado (USD)	Precio compra emergencia (USD)	Diferencia (USD)	Sobrecosto (%)
Cemento (saco)	7,20	8,00	0,80	11,1 %
Varilla 12 mm	9,50	10,60	1,10	11,6 %
Bloque 15 cm	0,65	0,73	0,08	12,3 %

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Se identificaron compras realizadas bajo modalidad de emergencia que generaron sobre costos de hasta el 12%, en comparación con precios previamente cotizados en adquisiciones planificadas (RM Ingenieros S.A.S.)

- Falta de visibilidad sobre los niveles reales de stock;
- Materiales de baja rotación inmovilizados por más de 90 días;

Con el propósito de evaluar la eficiencia en la rotación de inventarios, se analizó el tiempo de permanencia de los materiales en bodega, identificándose insumos con periodos de almacenamiento superiores a 90 días sin movimiento, lo que evidencia inmovilización de capital y deficiencias en la planificación del abastecimiento, aplicando la ecuación No.3 y los cálculos se aprecian en la Tabla No.8.

Ecuación No. 3: Rotación de inventario

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Consumo anual}}{\text{Inventario promedio}}$$

Tabla No. 8: Materiales de baja rotación con permanencia superior a 90 días (2024).

Material	Unidad	Fecha de ingreso	Último movimiento	Días en inventario	Observación
Varilla corrugada 12 mm	unid.	10/2/2024	18/02/2024	95	Sin despacho a obra
Malla electrosoldada	rollo	22/01/2024	25/01/2024	110	Compra no alineada a cronograma
Alambre recocido	kg	5/1/2024	7/1/2024	120	Bajo consumo en periodo
Bloque de hormigón 15 cm	unid.	15/02/2024	20/02/2024	92	Exceso de stock

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La permanencia prolongada de materiales en bodega genera costos indirectos asociados a almacenamiento, deterioro y capital de trabajo inmovilizado, afectando la liquidez operativa de la empresa.

- Retrasos en obra por falta de materiales críticos como cemento, estructurales o cerámicos.

- Tiempos muertos y reprocesos por falta de planificación. (RM Ingenieros S.A.S., 2025)

Otro grave problema consiste en la variabilidad en los tiempos de entrega de los proveedores, de los principales materiales de construcción que se utilizan hasta la obra gris en la constructora.

En la siguiente tabla se presenta la lista de los principales proveedores que RM Ingenieros S.A.S de acuerdo a los materiales de mayor uso y los tiempos de entrega, cómo se presentan en la Tabla No.9.

Tabla No. 9: Proveedores y tiempos de entrega proveedores 2023-2024

Material	Unidad	Proveedor	Tiempo de entrega (Días)
Cemento	saco	Holcim Ecuador	3–10
Arena lavada	m ³	Ferrocosta	2–10
Grava 3/4	m ³	Ferrocosta, BOSNA	3–7
Piedra chancada	m ³	Ferrocosta	3–7
Acero corrugado	kg	Proviaceros	7–25
Malla electrosoldada	Por plancha	Acerías del Ecuador, Proviaceros	5–12
Bloque de hormigón	Unidad	CEPAC, Hormipisos	3–8
Ladrillo	Unidad	Ladrillera La Victoria	3–6
Hormigón premezclado	m ³	Holcim Ecuador	1–3
Tuberías PVC	Diámetro	Steel Center	4–12
Conexiones PVC	Unidad	Steel Center	4–10
Madera para encofrado	Pie	Maderas de la Amazonía	3–7
Morteros	saco	Holcim Ecuador	3–6

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

De acuerdo a la información reportada por la Gerencia General, se ha podido apreciar la variación anual de precios en los principales materiales de construcción, de la misma manera se identifican riesgos como retrasos en entregas, incrementos en fletes, compras urgentes a sobre costo para cumplir con el requerimiento, como se presenta en la Tabla No.10.

Tabla No. 10: Variación de precios del material 2023-2024.

Material	Precio referencial en Ecuador (USD)	Riesgos críticos identificados
Cemento	8,50 – 11,00	Escasez en temporada alta, sobrecostos por urgencia, reprocesos (3–7%)
Arena lavada	11,00 – 15,50	Afectaciones viales, incrementos en flete (5–12%), pérdidas por manipulación (2–4%)
Grava 3/4	14,00 – 18,50	Variaciones de transporte, clima, falta de espacio para almacenamiento
Piedra chancada	13,50 – 17,00	Altos costos de flete en temporadas lluviosas, retrasos por canteras
Acero corrugado (varillas)	1,15 – 1,45	Gran volatilidad internacional, retrasos por importación, compras urgentes con 10–15% extra
Malla electrosoldada	24 – 34	Variación por acero base, disponibilidad limitada en meses de alta demanda
Bloque de hormigón	0,65 – 0,85	Roturas en transporte (2–5%), retrasos en producción local
Ladrillo	0,12 – 0,15	Pérdidas por manipulación, suministro irregular según proveedor
Hormigón premezclado	65 – 78	Alta dependencia del clima, demoras en mixer, tiempos de descarga
Tuberías PVC	1,20 – 6,50	Retrasos de fabricantes, faltantes de diámetros específicos
Conexiones PVC	0,45 – 3,50	Variación por importación y disponibilidad local
Madera para encofrado	1,20 – 1,60	Variaciones por oferta forestal, pérdidas por humedad (3–6%)
Morteros	6,00 – 9,00	Incrementos por fabricantes, consumo mayor al estimado

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El análisis de los materiales muestra que la gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S. está expuesta a múltiples riesgos derivados de la variación de precios, los tiempos de entrega inestables y las condiciones logísticas del mercado local. Los rangos de precios y los retrasos identificados evidencian la necesidad de fortalecer la planificación de

compras, establecer políticas de abastecimiento más precisas y mejorar la coordinación entre obra, bodega y proveedores.

Como se aprecia el problema identificado es la ineficiencia en la gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S., derivada de la falta de integración logística entre compras, almacenamiento y obra, lo que genera sobrecostos, retrasos y baja disponibilidad de materiales esenciales para la ejecución de proyectos constructivos.

Análisis de tiempos y capacidad del Proceso Gestión de Inventarios

Dentro de la estructura organizacional de RM Ingenieros S.A.S., el proceso de Gestión de Inventarios se encuentra relacionado principalmente bajo la responsabilidad del Jefe de Obra, quien coordina directamente las actividades de abastecimiento, control de materiales y manejo de inventarios en obra. En esta área operativa intervienen de manera directa el Bodeguero, encargado de la recepción, almacenamiento, registro y despacho de materiales, así como el Maestro Mayor, quien supervisa el uso adecuado de los insumos en los diferentes frentes de construcción.

El alcance se delimita a los procesos que intervienen de forma directa en la disponibilidad y rotación de los materiales para la construcción, por lo que es importante conocer las actividades del proceso de Gestión de Inventarios, para lo cual se considera la siguiente simbolización presentada en la Figura 8, y en la Figura No. 9 se presenta el diagrama de flujo, además se describe las entradas, salidas y responsables en la Tabla No.11.

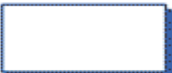
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo "Sí" – "No".		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección / Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continúa el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

Figura No. 8: Símbolos del diagrama de flujo.

Elaborado por: Tomado de (Object Management Group, 2013)

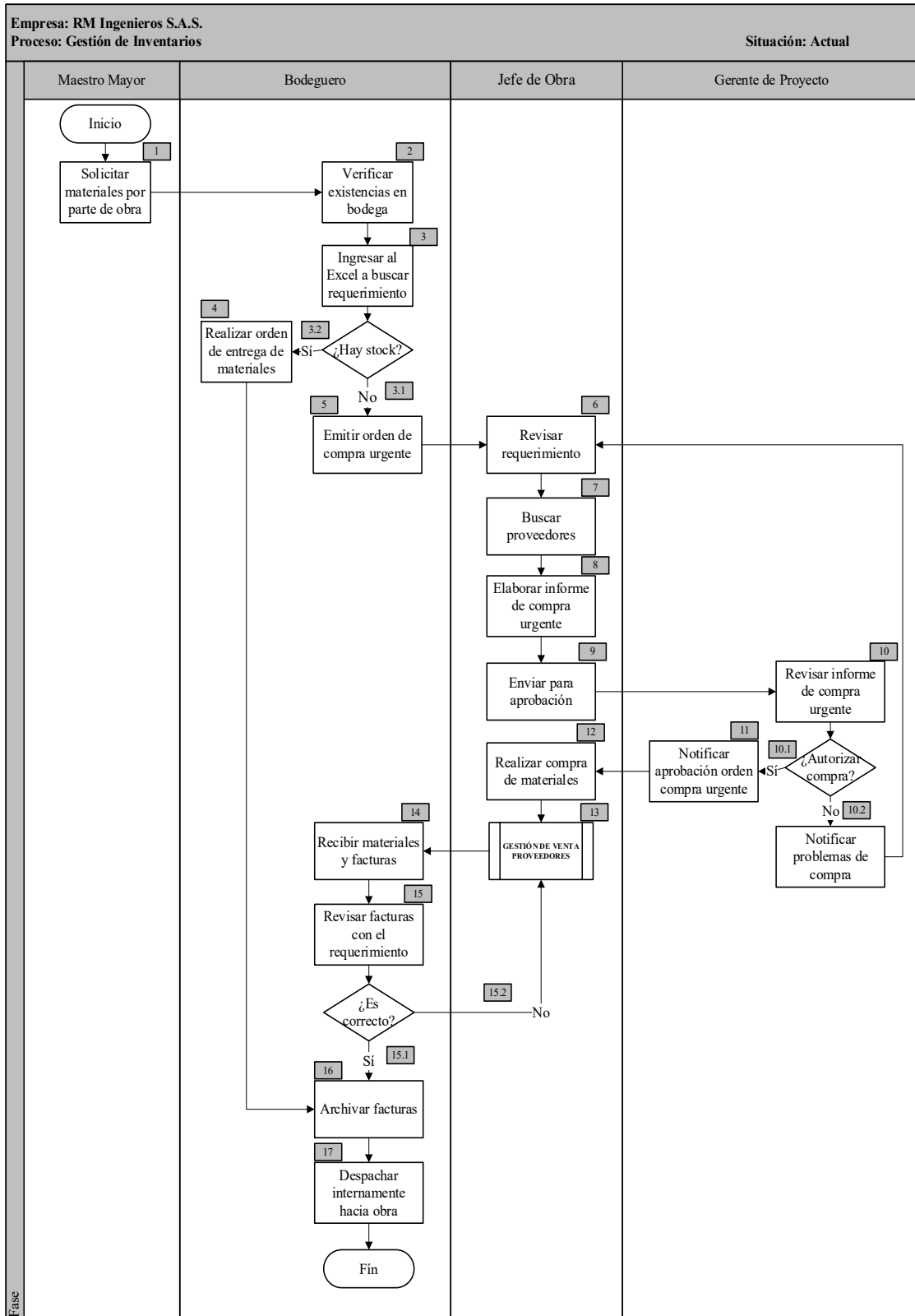


Figura No. 9: Diagrama de flujo proceso de Gestión de Inventario situación actual

Elaborado por: La autora adaptado del manual de procedimiento de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Tabla No. 11: Descripción de las entradas, salidas y responsables de las actividades del proceso de Gestión de Inventarios.

Nº	Actividad	Responsable	Entradas (Inputs)	Salidas (Outputs)
1	Solicitar materiales por parte de obra	Maestro Mayor	Necesidad de material según avance de obra	Solicitud de materiales
2	Verificar existencias en bodega	Bodeguero	Solicitud de materiales	Confirmación de stock disponible / faltante
3	Ingresar al Excel a buscar requerimiento	Bodeguero	Solicitud validada	Registro actualizado de requerimiento
4	Realizar orden de entrega (si hay stock)	Bodeguero	Confirmación de disponibilidad	Orden de entrega interna
5	Emitir orden de compra urgente (si no hay stock)	Bodeguero	Confirmación de faltante	Solicitud de compra urgente
6	Revisar requerimiento	Jefe de Obra	Solicitud de compra urgente	Requerimiento validado
7	Buscar proveedores	Jefe de Obra	Requerimiento validado	Cotizaciones
8	Elaborar informe de compra urgente	Jefe de Obra	Cotizaciones	Informe de compra
9	Enviar para aprobación	Jefe de Obra	Informe de compra	Solicitud de aprobación
10	Revisar informe de compra urgente	Gerente de Proyecto	Solicitud de aprobación	Decisión de aprobación
11	Autorizar compra	Gerente de Proyecto	Informe revisado	Compra autorizada
12	Notificar aprobación	Gerente de Proyecto	Decisión aprobada	Confirmación para ejecutar compra
13	GESTIÓN DE VENTA PROVEEDORES	Gerente de Proyecto	Requerimiento validado	Orden de entrega Factura Material por entregar
14	Recibir materiales y facturas	Bodeguero	Material entregado por proveedor, factura comercial, orden de compra aprobada	Material recibido y documentación registrada
15	Revisar facturas con el requerimiento	Bodeguero	Factura del proveedor, orden de compra, requerimiento de materiales	Validación de concordancia entre factura y pedido
16	Archivar facturas (Si esta correcto)	Bodeguero	Factura validada	Documento archivado para control contable
17	Despachar internamente hacia obra	Bodeguero	Material aprobado para entrega	Material entregado al frente de obra

Elaborado por: La autora adaptado del manual de procedimiento de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El diagrama de flujo presentado permite visualizar las principales etapas del proceso y evidenciar los puntos críticos donde se concentran las ineficiencias operativas, como se

aprecia el proceso actual de gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S. se desarrolla de manera manual, apoyado principalmente en hojas de cálculo independientes, lo que limita la actualización oportuna de la información y la integración entre las áreas.

Esta situación provoca que las necesidades de materiales se identifiquen de forma reactiva, generando compras urgentes, sobrecostos y retrasos en la ejecución de los proyectos.

Al realizar el registro en hojas de cálculo para verificar disponibilidad de materiales en bodega, conlleva a tener información desactualizada que no refleja consumo real en obra. A esto se suma que el material es entregado a obra, por lo que no se registra el despacho en tiempo real, ocasionando que se tenga información incorrecta del inventario.

A esto se suma también que el proceso para realizar compras emergentes llega a tener tiempos extensos en la aprobación, además que los costos salen del presupuesto por la falta de comparación de proveedores, por ello se realiza el estudio de tiempos y recursos. El método de estudio de tiempos aplicado corresponde al cronometraje directo, registrando múltiples observaciones por actividad, al tener una variabilidad en los tiempos obtenidos se hace necesario calcular un valor promedio que refleje de manera objetiva el comportamiento real del proceso.

A continuación, se evidencia la toma de tiempos de ejecución de las actividades que conforman el proceso de gestión de inventarios, en donde se aplicó la técnica de cronometraje directo, registrando múltiples observaciones para cada actividad, como se presenta en la Tabla No.12.

Tabla No. 12: Inventario de materiales de construcción obra gris.

Nº	Actividad	Observación 1 (min)	Observación 2 (min)	Observación 3 (min)	Observación 4 (min)	Observación 5 (min)	Tiempo promedio (min)
1	Solicitar materiales por parte de obra	9	11	10	10	10	10
2	Verificar existencias en bodega	205	210	215	208	212	210
3	Ingresar a Excel a buscar requerimiento	175	180	185	178	182	180
4	Realizar orden de entrega de materiales	24	26	25	25	25	25
5	Emitir orden de compra urgente	68	70	72	69	71	70
6	Revisar requerimiento	19	21	20	20	20	20
7	Buscar proveedores	235	240	245	238	242	240

Nº	Actividad	Observación 1 (min)	Observación 2 (min)	Observación 3 (min)	Observación 4 (min)	Observación 5 (min)	Tiempo promedio (min)
8	Elaborar informe de compra urgente	88	92	90	89	91	90
9	Enviar para aprobación	9	10	11	10	10	10
10	Revisar informe de compra	145	150	155	148	152	150
11	Notificar aprobación orden compra	14	15	16	15	15	15
12	Realizar compra de materiales	48	50	52	49	51	50
13	GESTION DE VENTA PROVEEDORES						
14	Recibir materiales y facturas	145	150	155	148	152	150
15	Revisar facturas con requerimiento	235	240	245	238	242	240
16	Archivar facturas	235	240	245	238	242	240
17	Despachar materiales hacia obra	85	90	95	88	92	90

Elaborado por: La autora adaptado del manual de procedimiento de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Con el fin de evaluar la variabilidad del proceso de gestión de inventarios, se realizó un análisis estadístico de los tiempos observados durante el estudio de tiempos. Para ello, se calcularon la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación, indicadores que permiten analizar el comportamiento y la dispersión de los tiempos del proceso.

En este sentido, el tiempo promedio se obtuvo como la media aritmética de los tiempos observados, conforme a las ecuaciones No.4, No.5 y No.6.

Ecuación No. 4: Tiempo promedio

$$T_{promedio} = \frac{\sum Ti}{n}$$

Donde:

Ti: Tiempo observado

n: número total de mediciones realizadas

Posterior a esto se realiza el cálculo del tiempo total del ciclo para ello se considera el tiempo real y el tiempo de demora, mediante la ecuación No.5, además se realiza el cálculo de la desviación estándar permite medir la dispersión de los tiempos respecto al promedio.

Ecuación No. 5: Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(Ti - T_{promedio})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = 980.7 \text{ minutos}$$

Este valor elevado refleja una alta variabilidad en los tiempos del proceso, debido principalmente a actividades críticas como la gestión de venta con proveedores. Posterior se realiza el cálculo del coeficiente de variación que permite evaluar el grado de dispersión relativa de los datos.

Ecuación No. 6: Desviación estándar

$$CV = \frac{\sigma}{Tiempo \text{ promedio}} \times 100$$

$$CV = 287\%$$

Los resultados muestran que el proceso presenta una elevada variabilidad en los tiempos de ejecución, reflejada en un coeficiente de variación del 287%. Esto se debe principalmente a la presencia de actividades con tiempos considerablemente altos, como la gestión de compra con proveedores y la aprobación de órdenes de compra, como se presenta en la Figura No.10.

Figura No. 10: Análisis de la capacidad instalada situación actual.

RM Ingenieros S.A.S.	Proceso: Gestión de Inventario								
	Objeto: Asegurar la disponibilidad oportuna de materiales mediante un control eficiente del inventario, reduciendo compras urgentes y sobrecostos en los proyectos constructivos.								
Tareas	Tipo de actividades					Tiempo en minutos			Responsable
						Tiempo de proceso real	Tiempo de demora	Total tiempo	
1. Solicitar materiales por parte de obra						5	5	10	Maestro mayor
2. Verificar existencias en bodega						30	180	210	Bodeguero
3. Ingresar al Excel a buscar requerimiento						60	120	180	Bodeguero
3.1. ¿Hay stock? Sí						5	5	10	Bodeguero
3.2. ¿Hay stock? No						5	5	10	Bodeguero
4. Realizar orden de entrega de materiales						15	10	25	Bodeguero
5. Emitir orden de compra urgente						10	60	70	Bodeguero
6. Revisar requerimiento						10	10	20	Jefe de Obra
7. Buscar proveedores						120	120	240	Jefe de Obra
8. Elaborar informe de compra urgente						30	60	90	Jefe de Obra
9. Enviar para aprobación						5	5	10	Jefe de Obra
10. Revisar informe de compra urgente						30	120	150	Gerente de
10.1 ¿Autorizar compra? Si						480	120	600	Gerente de
10.2 ¿Autorizar compra? No						480	120	600	Gerente de
11. Notificar aprobación orden compra						10	5	15	Gerente de
12. Realizar compra de materiales						30	20	50	Jefe de Obra
13. GESTIÓN DE VENTA PROVEEDORES						2400	2400	4800	Jefe de Obra
14. Recibir materiales y facturas						120	30	150	Bodeguero
15. Revisar facturas con el requerimiento						120	120	240	Bodeguero
15.1 ¿Es correcto?: Sí						30	30	60	Bodeguero
15.1 ¿Es correcto?: No						30	30	60	Bodeguero
16. Archivar facturas						120	120	240	Bodeguero
17. Despachar internamente hacia obra						60	30	90	Bodeguero
Tiempo total						4205	3725	7930	17,60 Días
Tiempo total de ciclo						7930			
Eficiencia en el tiempo % (Tiempo real/tiempo de ciclo)*100						53%			
Ineficiencia en el tiempo % (Tiempo de Demora / Tiempo de ciclo) *100						47%			

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Para determinar el tiempo total del proceso de gestión de inventarios, se consideró la suma del tiempo real de ejecución de las actividades y los tiempos de demora presentes en el flujo operativo. De acuerdo al enfoque propuesto por Niebel y Freivalds (2009) que permite reflejar de manera más precisa el comportamiento del proceso, ya que incluye tanto las actividades productivas como los tiempos improductivos que afectan la eficiencia, como se aprecia en la ecuación No.7.

Ecuación No. 7: Tiempo total

$$T_{total} = T_{real} + T_{de\ demora}$$

$$\text{Tiempo total} = 4205 + 3725 = 7930 \text{ minutos}$$

Lo que deriva en un ciclo total de 7.930 minutos para la atención de un requerimiento de materiales, por lo tanto, para el cálculo de la eficiencia del proceso se plantea aplicar la ecuación N.8.

Ecuación No. 8: Eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ total}$$

$$Eficiencia = \frac{4205}{7930} \times 100\%$$

$$Eficiencia = 53\%$$

Para el cálculo de ineficiencia del proceso se aplica la ecuación No.9, como se presenta a continuación.

Ecuación No. 9: Ineficiencia

$$Ineficiencia = \frac{Tiempo\ demora}{Tiempo\ total}$$

$$Ineficiencia = \frac{3725}{7930} \times 100\%$$

$$Eficiencia = 47\%$$

Del total del tiempo del proceso, únicamente el 53% corresponde a tiempo real de ejecución, mientras que el 47% se pierde en tiempos de demora, lo que demuestra una baja eficiencia operativa y una utilización inadecuada de los recursos disponibles. Se evidencia una gestión altamente ineficiente, caracterizada por una excesiva cantidad de actividades manuales, múltiples puntos de verificación y tiempos de espera prolongados. Con el fin de complementar el análisis del desempeño del proceso de gestión de inventarios, se incorpora el estudio de la capacidad del proceso, el cual permite determinar la cantidad de operaciones que pueden ejecutarse en un periodo de tiempo determinado. Este análisis no solo considera los tiempos totales del proceso, sino que también evalúa la productividad y la capacidad de respuesta del sistema logístico frente a las necesidades de obra, se aplica la ecuación No.9.

Ecuación No. 10: Capacidad del proceso actual

$$\text{Capacidad del proceso actual} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo del ciclo}}$$

$$\text{Capacidad del proceso actual} = \frac{480}{7930}$$

$$\text{Capacidad del proceso actual} = 0,06 \text{ ciclos/día}$$

Se evidencia que en la situación actual el sistema de gestión de inventarios presenta una capacidad limitada, logrando completar apenas 0.06 ciclos por día, lo que equivale a un proceso cada 17.6 días.

Debido a la presencia reiterada de actividades como revisión manual, ingreso de información en hojas de cálculo, elaboración de informes y verificaciones sucesivas confirma que el proceso se basa en un modelo manual, propenso a errores, reprocesos y desactualización de la información de inventarios.

Las etapas relacionadas con la búsqueda de proveedores, autorización de compras y gestión de venta concentran los mayores tiempos de demora, configurándose como cuellos de botella críticos que retrasan la disponibilidad de materiales y obligan a realizar compras urgentes fuera de la planificación.

El proceso actual no responde a criterios de eficiencia ni de control, justificando la necesidad de implementar un modelo de gestión de inventarios integrado, apoyado en

herramientas de ingeniería industrial, que permita reducir tiempos de ciclo, eliminar actividades que no agregan valor y mejorar la toma de decisiones.

Análisis del Inventario

Esta situación ha derivado en sobrestock de insumos no críticos y desabastecimiento de materiales esenciales como acero, cemento y tuberías, afectando directamente la continuidad de las obras.

Con el propósito de delimitar el alcance del análisis de inventarios, a continuación, se presenta los 98 ítems de los materiales de construcción considerados en el presente estudio, correspondientes a la fase de obra gris. Su identificación y clasificación permiten comprender la estructura del inventario actual y sirven como base para el análisis de disponibilidad, rotación y planificación del abastecimiento, aspectos fundamentales para la propuesta de optimización mediante integración logística, cómo se presentan en la Tabla No.13.

Tabla No. 13: Inventario de materiales de construcción obra gris.

N.	Descripción	Unidad	Cantidad total
1	Cemento	kg	65,921
2	Hierro en barras	kg	7,875
3	Ladrillo	u	35,065
4	Arena	m ³	196
5	Cerámica para pared 40x40	m ²	165
6	Granito o cuarzo gama media ancho 0,6 metros	m ³	13
7	Ripio triturado 3/4"	m ³	103
8	Madera aserrada	u	434
9	Bondex	saco	79
10	Chamba kikuyo	m ²	200
11	Pasamano acero niquelado	m	15
12	Muebles de MDF o melamina terminada	u	4
13	Adoquín decorativo gama media	m ²	4
14	Mezcladora para lavabo gama media	u	8
15	Porcelanato nacional	m ²	36
16	Inodoro tanque bajo descarga	u	6
17	Desagüe PVC 110mm	m	60
18	Alambre galvanizado # 18	rollo	8
19	Ripio triturado de 1/2"	m ³	24
20	Cerradura principal gama media	u	2
21	Ducha con mezcladora gama media	u	4
22	Accesorios de instalación (colocación) en madera	glb	4
23	Acero estructural	kg	60
24	Lavamanos empotrable en mesón	u	6
25	Subbase granular clase 2	m ³	15
26	Piedra bola	m ³	18
27	Cerradura KWIKSET solo (latón brillante)	m ²	11

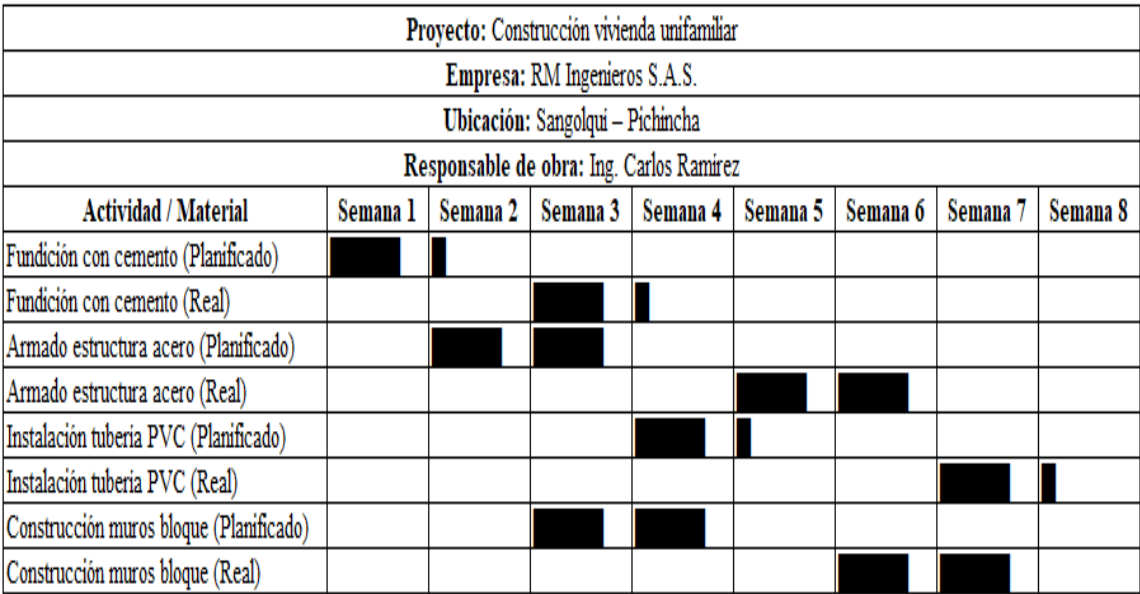
N.	Descripción	Unidad	Cantidad total
28	Agua	m ³	150
29	Pingos	u	135
30	Lamina de zinc trapez. galvanizada de 0,18 mm.* 3.05 m.*0,80 m	u	8
31	Rejilla de interior de piso 110mm niquelada	u	8
32	Accesorios de instalación (colocación) en MDF	glb	2
33	Electrodos	glb	5
34	Accesorios de inodoros (llave angular y juego de accesorios)	u	6
35	Accesorios de baño plateado incluye platina y tornillos de fijación	glb	4
36	Cementina	kg	1,399
37	Pozo de cocina doble acero inoxidable gama media	u	1
38	Accesorios de instalación perfilera decorativa	glb	3
39	Concreto común de planta f'c=2000 psi	m ³	1
40	Rejilla de exterior de piso 110mm con trampa desarenadora	u	8
41	Bloque para mampostería	u	300
42	Flores de jardín 2	u	100
43	Teja ondulada de zinc para cubierta	u	10
44	Cuartones de encofrado	u	28
45	Accesorios de lavamanos (tubo de abasto y juego de accesorios)	u	6
46	Flores de jardín 1	u	300
47	Empotrador	u	32
48	Tablero triplex corriente 1.22X2.44x9exactl	u	7
49	Empore acrílico	u	3
50	Tubería PVC 1/2" agua caliente	m	40
51	Tabla dura de encofrado de 0,20	u	30
52	Ciprés	u	8
53	Arrayán	u	4
54	Teflón	u	40
55	Llave de paso 1" Calco	u	5
56	Tubería PVC 20mm x 2Mpa 3m	u	28
57	Sifón PVC desagüe 110mm	u	5
58	Impermeabilizante para morteros	galón	1
59	Estacas	u	205
60	Limón	u	4
61	Cuartón de madera (dos usos)	u	24
62	Mojones de cemento	u	37
63	Buganvilla	u	3
64	Sifón PVC desagüe 75mm	u	5
65	Unión universal PVC 1/2" caliente	u	12
66	Tiras de Madera 2,5 x 2,0x 250 cm	u	37
67	Codo PVC 1/2" agua caliente	u	12
68	Clavos de 2 a 2 1/2"	kg	6
69	Tabla chapa ordinario para puerta de 20,200,02 m.	u	5
70	Vara rolliza promedio 7 cm *3,00 m	u	8
71	Tubo PVC 110 mm desagüe tipo B	u	2
72	Unión universal PVC 1/2" agua fría	u	12

N.	Descripción	Unidad	Cantidad total
73	Codo PVC 1/2" agua fría	u	12
74	Acero de refuerzo $f_c=4200\text{kg/cm}^2$	kg	14
75	Accesorios PVC para instalación	glb	6
76	Tubo PVC 75 mm desagüe tipo B	m	2
77	Perfil estructural C18	u	1
78	Permite tubo pequeño	u	6
79	Tubería PVC 1/2" agua fría	m	12
80	Clavos de 2 a 2 1/2"-3 a 3 1/2"	kg	19
81	Teflón rollo	rollo	28
82	Porcelana	kg	7
83	Poliuretano frasco	u	1
84	Clavos 2 a 4"	kg	7
85	Tiras de eucalipto 2,5x2x250 (cm) rústica	u	16
86	Accesorios PVC 110 mm	u	1
87	Soldadura 60/11x1/8" tipo indura	kg	2
88	Poli pega	cc	500
89	Poli pega	u	3
90	Accesorios PVC 75 mm	u	1
91	Crucetas 2 mm	u	72
92	Estacones de madera de 3 m.	u	4
93	Silicona	u	0
94	Aditivo	kg	1
95	Angulo 50 * 3 mm	m	1
96	Bisagra de acero de 3", portacandado de 3".	u	3
97	Estacas	u	4
98	Clavos de 2" con cabeza	kg	2

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El levantamiento del inventario permitió determinar la inadecuada planificación de compras se estimaron a partir del análisis de la bitácora de obra del proyecto, donde se registran diariamente las actividades ejecutadas, incidencias y causas de retrasos, como se aprecia en la Figura No.11.

Figura No. 11: Diagrama de Gantt del impacto de retrasos en materiales críticos.



Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Lo cual se resume en retrasos operativos generando compras urgentes a precios elevados como se puede extraer en la Tabla No.14.

Tabla No. 14: Retrasos operativos.

Material Crítico	Compra prevista	Compra real	Desfase (días)	Impacto
Acero corrugado	Semana 2	Semana 6	28	Obra detenida 9 días
Cemento	Semana 1	Semana 3	14	5 días de atraso acumulados
Tubería PVC	Semana 4	Semana 8	30	7 días de retrabajo
Bloques de hormigón	Semana 3	Semana 7	28	6 días de inactividad

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Análisis de Gestión de Proveedores

A esto se suma que la presencia de algunos proveedores que presentan incumplimientos en los plazos de entrega, de materiales de construcción que son de principal uso, además se aprecia que la empresa no cuenta con mecanismos sistemáticos para evaluar su desempeño como se evidencia en la Tabla No.15.

Tabla No. 15: Lista de proveedores.

Proveedor	Material	Plan acortado (días)	Plazo real (días)	% Incumplimiento	Observación
Provacero S.A.	Acero	3	7	57%	Retrasos por falta de transporte
CemexAndes	Cemento	2	5	60%	Entrega parcial
HidroPlast Cía.	PVC	4	8	50%	Problema de stock
Construblok	Bloques	5	9	44%	Despacho sin programación
TranAndina	Transporte	1	3	67%	Flota insuficiente

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El transporte de materiales se realiza de forma fragmentada, sin rutas optimizadas ni coordinación logística entre almacenes y frentes de obra, lo que incrementa los costos indirectos representados en la Tabla No.16.

Tabla No. 16: Transporte empleado.

Semana	Camiones usados (unid.)	Capacidad (toneladas)	% Ocupación	Costo (USD)	Observación
1	7	4	52%	980	Transporte fragmentado
2	6	4	48%	840	Viajes duplicados
3	8	4	55%	1120	Falta de coordinación
4	5	4	50%	700	Carga incompleta

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Análisis de Tecnología

En cuanto a tecnología, RM Ingenieros S.A.S. se utiliza como metodología de investigación un análisis cuantitativo documental mediante la aplicación de una entrevista al responsable de bodega sobre el control de inventarios, para conocer los procedimientos utilizados en el control de inventarios. Posterior se realiza una auditoría preliminar de los registros internos de inventario, donde se revisa las órdenes de compra y documentos de bodega que conlleven a verificar la existencia de herramientas tecnológicas. Tanto la entrevista y los resultados de la auditoría de inventarios efectuada se aprecia en el anexo 4 y 5 respectivamente.

De lo cual, se aprecia que no se dispone de sistemas ERP o MRP que permitan integrar la gestión de inventarios con los procesos logísticos, por lo tanto, los resultados obtenidos confirman la ausencia de un sistema integrado de gestión de inventarios, lo cual limita la visibilidad del estado de los materiales y dificulta la toma de decisiones oportunas en el proceso de abastecimiento.

Análisis de Recurso Humano

Los colaboradores presentan limitaciones en el manejo de herramientas de gestión avanzada, debido a la escasa capacitación en metodologías como Lean Construction, análisis ABC o sistemas de trazabilidad.

A esto se suma que la cultura organizacional se basa en procedimientos tradicionales que no responden a las exigencias actuales del sector. Como resultado, la empresa enfrenta pérdidas de eficiencia, aumento de costos operativos y riesgos reputacionales por incumplimiento de plazos contractuales.

La situación actual evidencia la necesidad urgente de implementar una estrategia de integración logística que permita optimizar la gestión de inventarios, mejorar la planificación de compras, fortalecer la relación con proveedores y digitalizar los procesos clave.

Simulación de imprevistos

Con el propósito de ampliar el análisis del estado actual de la gestión de inventarios en RM Ingenieros S.A.S., se expone a continuación una simulación de imprevistos vinculados efectuado en el proyecto de construcción, donde se puede representar situaciones que se presentan de manera recurrente como resultado de un sistema de control sustentado en procesos manuales y en el uso de hojas de cálculo.

Esta simulación se desarrolló con base en los registros históricos de compras y en la información obtenida durante el diagnóstico del sistema de inventarios de RM Ingenieros S.A.S., por lo que se considera una simulación teórico-aplicada basada en datos reales observados en el proyecto, cómo se presentan en la Tabla No.17.

Tabla No. 17: Simulación de imprevistos en RM Ingenieros S.A.S. (acero).

Aspecto	Descripción del imprevisto	Impacto
Material	El acero estructural requerido para el avance del proyecto no se encuentra disponible en bodega al momento de la solicitud, debido a un control manual desactualizado que no refleja el inventario real.	Acero estructural (Clasificado como material esencial-Clase A).
Causa	El equipo de obra realiza un pedido de acero, pero el registro manual de existencias en bodega (hoja de cálculo) es erróneo o no está actualizado en tiempo real. Se detecta un déficit inmediato necesario para el fundido de una columna clave.	La falta de material provoca tiempos muertos para la cuadrilla de obra. Se estima que el 35% de los retrasos en obra están relacionados con problemas de abastecimiento.
Acción imprevista	La Gerencia de Proyectos se ve forzada a realizar una compra urgente a un proveedor local con poca antelación para evitar detener la obra.	Las compras urgentes se realizan a precios elevados y han incrementado el presupuesto de obra en un promedio del 12%.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Como se aprecia en la tabla las fallas en el control de inventarios y en la coordinación logística que afectan el desarrollo de los proyectos, con los imprevistos más frecuentes detectados en RM Ingenieros S.A.S. relacionados con materiales esenciales de Clase A, cómo se presentan en la Tabla No.18.

Tabla No. 18: Simulación de imprevistos en RM Ingenieros S.A.S. (cemento)

Aspecto	Descripción del imprevisto	Impacto
Material	Al momento de iniciar el vaciado programado, se solicita el cemento al almacén, pero se evidencia que el inventario real es inferior al registrado en la hoja de control. El cemento disponible no cubre la actividad programada, generando la necesidad de esperar la llegada del insumo para continuar.	Cemento (clasificado como material esencial - Clase A)
Causa	El proveedor principal, con el que no se tiene una relación estratégica, incumple el plazo de entrega del cemento acordado (falla en la cadena de suministro). La obra se detiene a la espera del insumo.	Esto genera sobrecostos y tiempos muertos en obra. Además, implica un riesgo reputacional por incumpliendo de los plazos contractuales.
Acción imprevista	Cuando el material llega, el transporte se realiza de forma improvisada y sin programación logística (sin rutas optimizadas), lo que genera sobrecostos de flete y manipulación.	La falta de trazabilidad y coordinación entre almacén y obra puede derivar en duplicación de pedidos o pérdidas por extravío.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El análisis de la simulación presentada evidencia que las deficiencias en el control de inventarios y en la coordinación logística generan imprevistos críticos durante la ejecución de las actividades de obra.

Asimismo, el incumplimiento en los plazos de entrega por parte de proveedores y la ausencia de una planificación logística adecuada obligan a adoptar acciones correctivas improvisadas, las cuales incrementan los costos operativos y elevan el riesgo de incumplimiento de los plazos contractuales, cómo se presentan en la Tabla No.19.

Tabla No. 19: Simulación de imprevistos en RM Ingenieros S.A.S. (hierro)

Aspecto	Descripción del imprevisto	Impacto
Material	Durante el armado de acero para una losa, el residente solicita varilla corrugada (hierro en barras) y se constata que el stock real en bodega es menor al registrado en la hoja de control. La cantidad disponible no cubre el metraje del día y la actividad queda incompleta.	Hierro en barras / varilla corrugada (material esencial – Clase A). Se generan tiempos muertos de cuadrilla y riesgo de retraso en el cronograma por interrupción de una actividad crítica de obra.
Causa	La salida de material a obra no se registra en tiempo real y existen despachos parciales que no fueron actualizados en la hoja de cálculo. Además, no se realiza un punto de reorden formal para este insumo de alta rotación.	Se produce desalineación entre inventario físico y registrado, incrementando la probabilidad de quiebres de stock y forzando decisiones bajo presión (compras urgentes).
Acción imprevista	El área de compras realiza una compra urgente de varilla en el mercado local, con entrega inmediata y sin programación logística (flete y descarga sin planificación).	Se generan sobrecostos por precio y transporte, además de reprocesos administrativos. La falta de coordinación entre compras, bodega y obra puede ocasionar pedidos duplicados o adquisiciones en especificaciones no óptimas.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Impacto de los imprevistos logísticos en el presupuesto de obra

Los imprevistos derivados de la gestión ineficiente de inventarios generan un impacto directo en el presupuesto de obra, principalmente a través de costos indirectos asociados a compras urgentes, tiempos muertos y reprocesos administrativos.

La ausencia de una planificación adecuada del abastecimiento obliga a realizar adquisiciones a precios superiores a los previstos, incrementando los costos unitarios de los materiales, cómo se presentan en la Tabla No.20.

Tabla No. 20: Impacto de los imprevistos logísticos en el presupuesto de obra.

Concepto	Situación sin planificación	Efecto económico identificado
Compras urgentes de materiales	Adquisiciones realizadas fuera del plan de abastecimiento, sin negociación previa ni comparación de proveedores.	Incremento del costo unitario de los materiales entre 8% y 15% respecto al precio planificado.
Tiempos muertos en obra	Paralización parcial o total de cuadrillas por falta de materiales esenciales.	Aumento de costos indirectos por pago de mano de obra improductiva y extensión del plazo de ejecución.
Reprocesos administrativos	Generación de órdenes de compra adicionales, correcciones de registros y autorizaciones de emergencia.	Incremento de gastos operativos y uso ineficiente de recursos administrativos.
Sobrecostos logísticos	Transporte no programado, fletes urgentes y descargas improvisadas.	Aumento de costos de transporte y manipulación de materiales.
Impacto total estimado en el presupuesto	Acumulación de los efectos anteriores durante la ejecución del proyecto.	Incremento promedio del presupuesto de obra en un 12%.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La paralización de actividades por falta de insumos y los gastos logísticos no programados contribuyen a elevar el costo total del proyecto, estimándose un incremento promedio del 12 % sobre el presupuesto inicial de obra.

Análisis del Diagrama de Ishikawa

La empresa constructora RM Ingenieros S.A.S. presenta graves problemas en el proceso de Gestión de Inventarios, con el fin de identificar y analizar todas las deficiencias en su administración de inventarios, se plantea desarrollar el diagrama de Ishikawa que permite identificar los riesgos y deficiencias que enfrenta RM Ingenieros S.A.S. en la gestión de inventarios, considerando diversos factores como:

- Medición
- Mano de obra
- Materias primas
- Método
- Maquinaria
- Medio ambiente

En la Figura No.12 se esquematiza en el diagrama de Ishikawa, donde se expone el problema principal, las causas y efectos.



Figura No. 12: Diagrama de Ishikawa de las deficiencias en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de los registros de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Con el análisis del diagrama de Ishikawa se pudo identificar los riesgos y deficiencias que enfrenta la constructora en la gestión de inventarios:

- **Método**

Se aprecia que los procesos de compra presentan ineficiencias debido a la ausencia de una planificación adecuada y a la falta de coordinación entre las áreas involucradas. Asimismo, el registro de los movimientos de inventario se realiza mediante hojas de cálculo manuales que frecuentemente se encuentran desactualizadas, lo que dificulta conocer con precisión el estado real de los materiales disponibles. A esto se suma la inexistencia de procedimientos estandarizados para el control de inventarios, lo que genera variabilidad en la forma en que se registran las entradas y salidas de materiales. Además, no se realizan controles periódicos del inventario físico que permitan detectar diferencias entre el stock registrado y el stock real. Finalmente, se evidencia una descoordinación entre las áreas de compras, bodega y obra, lo cual afecta la planificación del abastecimiento y contribuye a retrasos en el desarrollo de las actividades constructivas.
- **Medición**

La constructora no cuenta con indicadores de gestión que permitan evaluar el desempeño del sistema logístico ni medir aspectos clave como rotación de inventarios, nivel de servicio o tiempos de reposición. Los reportes de inventario generados a partir de registros manuales presentan inconsistencias y falta de actualización oportuna. Además, durante el proceso de conteo y registro de materiales se presentan errores que afectan la precisión de la información disponible. A esto se suma la ausencia de mecanismos de seguimiento del nivel de stock, lo que dificulta anticipar necesidades de reposición de materiales críticos. Finalmente, se detecta que algunas órdenes de compra contienen datos imprecisos o incompletos, lo cual genera dificultades en el control de abastecimiento y en la verificación de los materiales recibidos.
- **Medio ambiente**

Se evidencian condiciones de bodega inadecuadas que dificultan la correcta conservación y organización de los materiales. Asimismo, la variabilidad en la demanda de materiales propia de los proyectos de construcción genera

fluctuaciones en el consumo que no siempre son consideradas en la planificación del inventario. La falta de espacio adecuado para almacenamiento también limita la capacidad de mantener un inventario organizado y controlado. Adicionalmente, ciertas condiciones climáticas pueden afectar la integridad de algunos materiales cuando no existen medidas de protección adecuadas. Posteriormente, se observa una falta de señalización y organización dentro de la bodega, lo que dificulta la identificación y localización rápida de los materiales.

- **Mano de obra**

Se aprecia una falta de capacitación específica en gestión de inventarios y control logístico, lo que limita la aplicación de buenas prácticas en el manejo de materiales. De la misma manera el personal no dispone de herramientas tecnológicas adecuadas que faciliten el registro y seguimiento de los movimientos de inventario. Por lo que, se presentan errores humanos durante el registro de entradas y salidas de materiales, a esto se suma la alta rotación de personal en obra dificulta la continuidad en la aplicación de procedimientos de control y se identifican problemas de comunicación entre el personal de obra y el encargado de bodega, lo que genera retrasos en la solicitud y entrega de materiales.

- **Maquinaria**

Se encuentra como causa que los equipos disponibles presentan un nivel de obsolescencia que reduce su eficiencia operativa, además se detecta la ausencia de programas de mantenimiento preventivo que garanticen el correcto funcionamiento de los equipos de apoyo logístico. En cuanto al transporte interno de materiales no es eficiente debido a la poca disponibilidad de herramientas destinadas a la carga y manipulación de materiales. Finalmente, se evidencia la falta de equipos o dispositivos tecnológicos que permitan realizar el control y registro logístico de manera automatizada.

- **Materia prima**

Se registran pérdidas o desperdicios de materiales ocasionados por deficiencias en el almacenamiento o control del inventario, que incluso en algunos casos los materiales no son reemplazados oportunamente debido a la falta de planificación en el abastecimiento. También se presentan retrasos en la entrega de materiales por parte de los proveedores, lo que impacta directamente en el cronograma de

obra. A esto se suma la ausencia de mecanismos de control específicos para materiales críticos que requieren mayor seguimiento, y se identifican variaciones en la calidad de ciertos materiales recibidos, lo cual puede afectar el desarrollo de las actividades constructivas.

Análisis de ABC

El análisis ABC constituye una herramienta clave en el presente proyecto, ya que permite clasificar los materiales del inventario de acuerdo con su impacto económico y su relevancia operativa dentro de los proyectos de construcción (González, 2023). Esta clasificación facilita la identificación de los insumos críticos que requieren un mayor nivel de control y coordinación logística, especialmente aquellos pertenecientes a la clase A, los cuales concentran la mayor proporción del costo total del inventario, para ello, se utiliza como técnica el principio de Pareto, que indica que un pequeño porcentaje de artículos representa la mayor parte del valor del inventario.

El criterio de clasificación para realizar el análisis ABC usa el valor anual de consumo de cada material, que representa el monto económico de dicho material dentro del proyecto, mediante la siguiente ecuación N.10, para el cálculo del valor de consumo de cada material.

Ecuación No. 11: Valor de consumo.

$$VAC = Q \times C$$

Donde:

VAC: Valor anual de consumo del material

Q: Cantidad consumida del material

C: Costo unitario del material

Posteriormente se calculó el porcentaje de participación de cada material respecto al costo total del inventario, al aplica la ecuación No.11.

Ecuación No. 12: Porcentaje de participación.

$$\% \text{ de participación} = \frac{\text{Costo del material}}{\text{Costo total del inventario}} \times 100$$

Considerando un costo total de \$44.168 correspondiente a los 98 Ítems de los materiales de obra gris, se procede a clasificar los materiales según su nivel de importancia económica, facilitando la priorización de aquellos insumos que concentran la mayor proporción del valor del inventario, de esta manera se presenta en las tablas cada una de las categorías, cómo se presentan en la Tabla No.21, 22 y 23 respectivamente.

Tabla No. 21: Inventario categoría A.

ITEM	Descripción	Costo total USD	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Categoría
1	Cemento	\$10,547.41	23.88%	80%	Categoría A
2	Hierro en barras	\$9,450.00	21.40%		
3	Ladrillo	\$4,558.45	10.32%		
4	Arena	\$2,200.82	4.98%		
5	Cerámica para pared 40x40	\$1,894.40	4.29%		
6	Granito o cuarzo gama media ancho 0,6 metros	\$1,813.50	4.11%		
7	Ripio triturado 3/4"	\$1,673.10	3.79%		
8	Madera aserrada	\$1,518.25	3.44%		
9	Bondex	\$1,101.80	2.49%		
10	Chamba kikuyo	\$680.00	1.54%		

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Tabla No. 22: Inventario categoría B.

ITEM	Descripción	Costo total USD	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Categoría
11	Pasamano acero niquelado	\$585.00	1.32%		Categoría B
12	Muebles de MDF o melamina terminada	\$580.00	1.31%		
13	Adoquín decorativo gama media	\$520.00	1.18%		
14	Mezcladora para lavabo gama media	\$457.60	1.04%		
15	Porcelanato nacional	\$429.60	0.97%		
16	Inodoro tanque bajo descarga	\$390.00	0.88%		
17	Desagüe PVC 110mm	\$354.00	0.80%		
18	Alambre galvanizado # 18	\$337.50	0.76%		
19	Ripio triturado de 1/2"	\$331.48	0.75%		
20	Cerradura principal gama media	\$230.00	0.52%		
21	Ducha con mezcladora gama media	\$229.72	0.52%		
22	Accesorios de instalación (colocación) en madera	\$220.00	0.50%		

ITEM	Descripción	Costo total	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Categoría
23	Acero estructural	\$192.00	0.43%	15%	
24	Lavamanos empotrable en mesón	\$165.60	0.37%		
25	Subbase granular clase 2	\$161.78	0.37%		
26	Piedra bola	\$156.03	0.35%		
27	Cerradura KWIKSET solo (latón brillante)	\$154.00	0.35%		
28	Agua	\$150.13	0.34%		
29	Pingos	\$148.77	0.34%		
30	Lamina de zinc trapez. galvanizada de 0,18 mm.* 3.05 m.*0,80 m	\$145.92	0.33%		
31	Rejilla de interior de piso 110mm niquelada	\$120.00	0.27%		
32	Accesorios de instalación (colocación) en MDF	\$110.00	0.25%		
33	Electrodos	\$105.00	0.24%		
34	Accesorios de inodoros (llave angular y juego de accesorios)	\$99.60	0.23%		
35	Accesorios de baño plateado incluye platina y tornillos de fijación	\$98.00	0.22%		
36	Cementina	\$97.36	0.22%		

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Tabla No. 23: Inventario categoría C.

ITEM	Descripción	Costo total USD	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Categoría
37	Pozo de cocina doble acero inoxidable gama media	\$96.21	0.22%		Categoría C
38	Accesorios de instalación perfilería decorativa	\$90.00	0.20%		
39	Concreto común de planta f'c=2000 psi	\$89.73	0.20%		
40	Rejilla de exterior de piso 110mm con trampa desarenadora	\$88.00	0.20%		
41	Bloque para mampostería	\$84.00	0.19%		
42	Flores de jardín 2	\$80.00	0.18%		
43	Teja ondulada de zinc para cubierta	\$79.20	0.18%		
44	Cuartones de encofrado	\$75.60	0.17%		
45	Accesorios de lavamanos (tubo de abasto y juego de accesorios)	\$75.60	0.17%		
46	Flores de jardín 1	\$75.00	0.17%		

ITEM	Descripción	Costo total USD	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Categoría
47	Empotrador	\$73.64	0.17%		
48	Tablero triplex corriente 1.22X2.44x9exactl	\$72.52	0.16%		
49	Empore acrílico	\$72.50	0.16%		
50	Tubería PVC 1/2" agua caliente	\$72.00	0.16%		
51	Tabla dura de encofrado de 0,20	\$65.47	0.15%		
52	Ciprés	\$64.00	0.14%		
53	Arrayán	\$48.00	0.11%		
54	Teflón	\$48.00	0.11%		
55	Llave de paso 1" Calco	\$47.05	0.11%		
56	Tubería PVC 20mm x 2Mpa 3m	\$45.31	0.11%		
57	Sifón PVC desagüe 110mm	\$44.85	0.10%		
58	Impermeabilizante para morteros	\$43.20	0.10%		
59	Estacas	\$41.00	0.09%		
60	Limón	\$40.00	0.09%		
61	Cuartón de madera (dos usos)	\$39.06	0.09%		
62	Mojones de cemento	\$37.20	0.08%		
63	Buganvilia	\$36.00	0.08%		
64	Sifón PVC desagüe 75mm	\$32.75	0.07%		
65	Unión universal PVC 1/2" caliente	\$32.40	0.07%		
66	Tiras de Madera 2,5 x 2,0x 250 cm	\$29.76	0.07%		
67	Codo PVC 1/2" agua caliente	\$26.40	0.06%		
68	Clavos de 2 a 2 1/2"	\$23.19	0.05%		
69	Tabla chapa ordinario para puerta de 20,200,02.	\$22.90	0.05%		
70	Vara rolliza promedio 7 cm *3,00 m	\$22.80	0.05%		
71	Tubo PVC 110 mm desagüe tipo B	\$22.50	0.05%		
72	Unión universal PVC 1/2" agua fría	\$21.60	0.05%		
73	Codo PVC 1/2" agua fría	\$19.20	0.04%		
74	Acero de refuerzo $f_c=4200\text{kg/cm}^2$	\$18.62	0.04%		
75	Accesorios PVC para instalación	\$18.00	0.04%		
76	Tubo PVC 75 mm desagüe tipo B	\$17.30	0.04%		
77	Perfil estructural C18	\$14.40	0.03%		

ITEM	Descripción	Costo total	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Categoría
78	Permite tubo pequeño	\$14.38	0.03%	5%	
79	Tubería PVC 1/2" agua fría	\$11.40	0.03%		
80	Clavos de 2 a 2 1/2"-3 a 3 1/2"	\$11.16	0.03%		
81	Teflón rollo	\$8.40	0.02%		
82	Porcelana	\$8.16	0.02%		
83	Poliuretano frasco	\$7.50	0.02%		
84	Clavos 2 a 4"	\$7.00	0.02%		
85	Tiras de eucalipto 2,5x2x250 (cm) rústica	\$6.88	0.02%		
86	Accesorios PVC 110 mm	\$6.13	0.01%		
87	Soldadura 60/11x1/8" tipo indura	\$5.01	0.01%		
88	Poli pega	\$5.00	0.01%		
89	Poli pega	\$4.50	0.01%		
90	Accesorios PVC 75 mm	\$3.65	0.01%		
91	Crucetas 2 mm	\$3.58	0.01%		
92	Estacones de madera de 3 m.	\$3.04	0.01%		
93	Silicona	\$3.00	0.01%		
94	Aditivo	\$2.73	0.01%		
95	Angulo 50 * 3 mm	\$2.17	0.00%		
96	Bisagra de acero de 3", portacandado de 3".	\$1.5	0.00%		
97	Estacas	\$0.88	0.00%		
98	Clavos de 2" con cabeza	\$0.57	0.00%		

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Los resultados del análisis ABC muestran que no todos los materiales del inventario tienen el mismo nivel de impacto económico, ya que un grupo reducido de insumos concentra la mayor parte del valor total.

Con lo expuesto, es necesario priorizar el control de los materiales críticos, debido a que una gestión deficiente de estos afecta de manera directa los costos y el desarrollo de las actividades de obra. Asimismo, aunque los materiales de menor impacto representan un riesgo económico reducido, su manejo inadecuado puede ocasionar problemas de almacenamiento y desperdicio.

Cálculo del Diagrama de Pareto en base a los materiales empleados

A partir del análisis ABC del inventario se pudo identificar los materiales que concentran la mayor proporción del costo total mediante el diagrama de Pareto, en primer lugar, se identificó los materiales utilizados en el proyecto y el costo total que representa cada uno

de ellos, para ordenarlos en forma descendente, según la participación económica dentro del costo total del inventario.

En la segunda etapa, se calculó el porcentaje de participación individual de cada material respecto al valor total del inventario, utilizando la relación entre el costo total del material y la sumatoria de los costos de todos los insumos, para obtener el porcentaje acumulado, mediante la suma progresiva de los porcentajes de acuerdo al orden establecido. Finalmente, en la última etapa se construyó el diagrama de Pareto, el cual es representado en barras el costo y el porcentaje de participación de cada material.

Se evidencia que las principales ineficiencias económicas del inventario se concentran en un número limitado de materiales. Esta situación explica por qué las compras urgentes, los sobrecostos y los retrasos en obra están asociados principalmente a fallas en el control de estos insumos, reforzando la necesidad de mejorar su gestión mediante un enfoque de integración logística, como se aprecia en la Figura No.13.

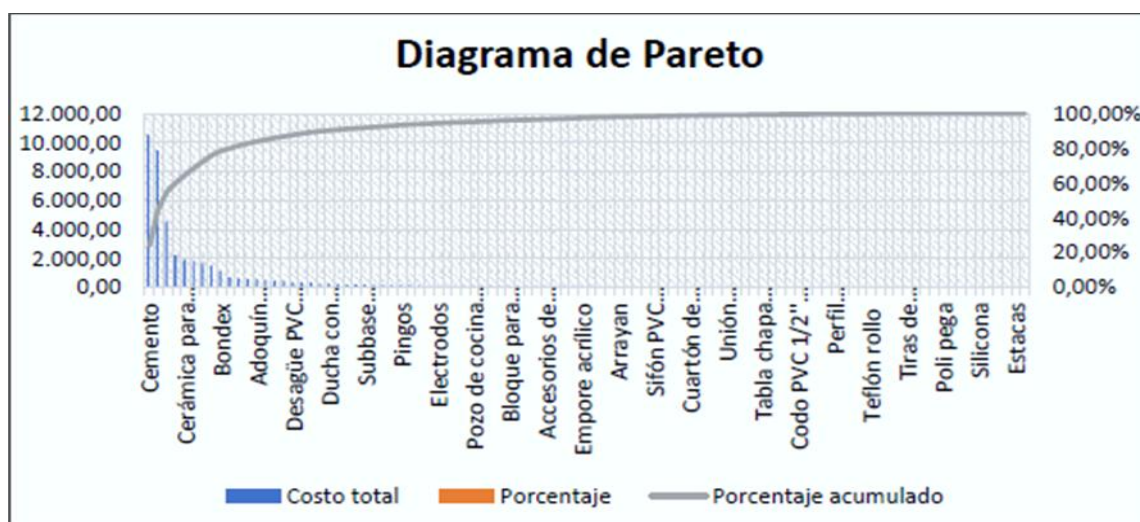


Figura No. 13: Diagrama de Pareto.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La categoría A de materiales, que concentra el 80% de la inversión total, debe ser el enfoque principal para implementar el modelo de gestión de inventarios. Respecto a la categoría B, aunque representa hasta el 15% del capital, su impacto es menor en comparación con los artículos de la categoría A. Se considera más práctico realizar un único pedido por la cantidad total del material B cuando sea necesario, ya que estos

insumos se utilizan en periodos de tiempo relativamente cortos, siempre que las condiciones de seguridad del área de almacenamiento lo permitan. Finalmente, para los materiales de la categoría C, que conforman el 5% de la inversión, se sugiere aplicar el mismo plan.

Área de estudio

Se presenta en la Tabla No.24 el área de estudio en que se basa el proyecto de investigación.

Tabla No. 24: Área de estudio

Categoría	Descripción
Dominio	Tecnología y sociedad
Línea de investigación	Sistemas industriales
Sub línea de investigación	Producción, análisis, diseño, simulación y logística de sistemas productivos, orientados a la mejora continua, optimización de costos, calidad y tiempos de entrega oportunos
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Procesos productivos y logística
Aspectos	Aplicación de herramientas de gestión logística e integración de la cadena de suministros para el abastecimiento y control de materiales en proyectos de construcción
Objeto de estudio	Empresa RM Ingenieros S.A.S., dedicada a la industria de la construcción, ubicada en la ciudad de Quito
Periodo de análisis	Agosto 2024 – agosto 2025

Elaborado por: La autora adaptado de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Modelo operativo

El modelo operativo propuesto establece la secuencia de actividades, responsables entradas, salidas e indicadores basada en la integración de los procesos de compras, almacenamiento y obra. Considerando la situación actual donde se ejecutan compras innecesarias, registros manuales y sobre costos debido a urgencias y sobre stock, la propuesta se basa en la incorporación de herramientas de planificación logística como la clasificación ABC, el cálculo de requerimientos (MRP), puntos de pedido, compras programadas y el monitoreo mediante indicadores KPI, cómo se presentan en la Figura No.14.

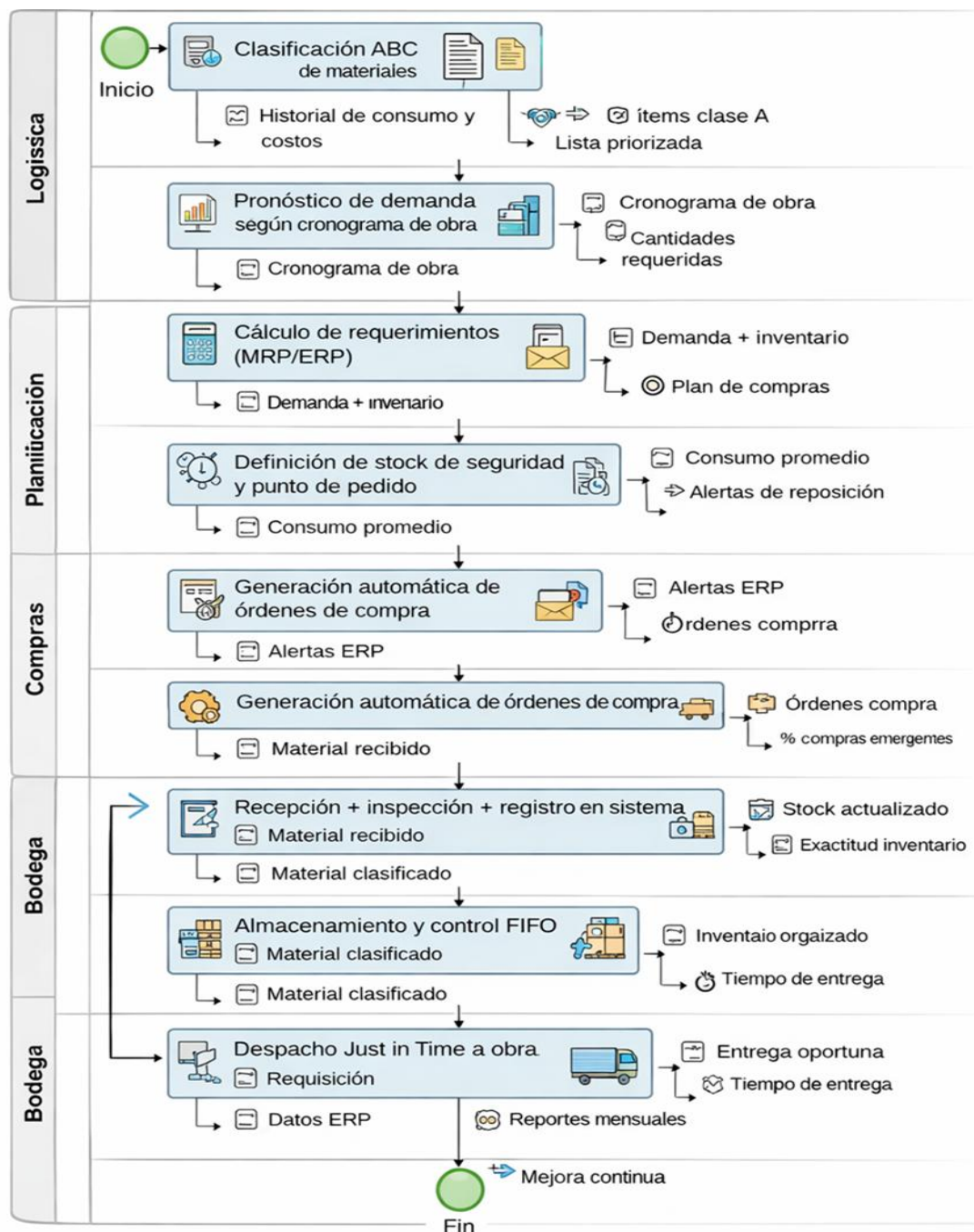


Figura No. 14: Modelo operativo proceso To-Be

Elaborado por: La autora adaptado de los registros de la empresa RM Ingenieros S.A.S. El modelo operativo To-Be, aporta al sistema ERP como una herramienta de soporte para la planificación y control del inventario, sin embargo, es importante asignar responsabilidades para mejorar la coordinación entre las áreas de planificación, compras, bodega y obra, reduciendo los riesgos de desabastecimiento y retrasos en los proyectos de construcción, como se aprecia en la Tabla No.25.

Tabla No. 25: Roles y responsabilidades del modelo To-Be

Rol	Responsabilidades
Gerente de proyectos	Supervisar la planificación logística del proyecto, aprobar el plan de compras y monitorear el cumplimiento de los indicadores de gestión de inventarios.
Planificador de obra	Elaborar el cronograma de ejecución del proyecto y estimar la demanda de materiales requerida en cada etapa de la obra.
Responsable de compras	Gestionar las órdenes de compra generadas por el sistema ERP, coordinar con proveedores y asegurar el abastecimiento oportuno de materiales.
Bodeguero / encargado de bodega	Registrar las entradas y salidas de materiales en el sistema ERP, controlar el inventario físico y organizar el almacenamiento de materiales en bodega bajo el método FIFO.
Jefe de obra	Solicitar los materiales necesarios para las actividades constructivas, verificar su correcta recepción en obra y coordinar con bodega la entrega de insumos.
Sistema ERP (ODOO)	Automatizar el registro de inventarios, generar alertas de reposición, emitir órdenes de compra y producir reportes logísticos para la toma de decisiones.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El modelo operativo TO-BE propuesto se diseñó a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico del sistema de gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S., particularmente de las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa, la auditoría logística y el análisis ABC de materiales, en la Tabla No. 26 se presenta la relación con las causas detectadas y la solución que el modelo aporta.

Tabla No. 26: Relación causas raíz del diagnóstico y soluciones del modelo TO-BE.

Causa raíz (diagnóstico)	Solución en el modelo TO-BE
Registros manuales desactualizados	Implementación de sistema ERP (ODOO) para registro automático.
Falta de indicadores de inventario	Dashboard logístico y KPI en el sistema.
Ausencia de control de stock	Definición de stock de seguridad y punto de pedido.
Descoordinación entre áreas	Integración logística entre planificación, compras y bodega.
Compras urgentes	Generación automática de órdenes de compra.
Falta de visibilidad del inventario	Actualización de inventario en tiempo real.
Problemas de almacenamiento	Control FIFO en bodega.
Retrasos en abastecimiento	Pronóstico de demanda según cronograma.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Desarrollo del modelo operativo

Con el fin de operacionalizar la propuesta de optimización de inventarios, se desarrolla la siguiente planificación donde se presenta las actividades, responsables, entradas, salidas e indicadores de desempeño que intervienen en el proceso logístico, como se presenta en la Tabla No.27.

Tabla No. 27: Planificación del modelo operativo.

Etapas	Actividad	Responsable	Entradas	Salidas	Indicadores (KPI)	Contribución a la optimización
1	Clasificación ABC	Jefe de Obra	Historial consumo y costos	Lista priorizada A-B-C	% ítems clase A controlados	Reduce capital inmovilizado
2	Pronóstico de demanda	Gerente de Proyectos	Cronograma de obra	Cantidades requeridas	Error pronóstico (%)	Evita faltantes
3	Cálculo MRP	Gerente de Proyectos	Demanda e inventario	Plan de compras	Nivel servicio $\geq 95\%$	Sin compras urgentes
4	Punto de pedido y stock seguridad	Bodeguero	Consumo promedio	Alertas reposición	Rotación inventario	Menos sobrestock
5	Compras programadas	Jefe de Obra	Alertas ERP	Órdenes compra	% compras emergentes	Reduce sobre costos
6	Recepción y registro	Bodeguero	Material recibido	Stock actualizado	Exactitud inventario	Mejora trazabilidad
7	Almacenamiento FIFO	Bodeguero	Material clasificado	Inventario organizado	% mermas	Menos pérdidas
8	Despacho JIT a obra	Bodeguero	Requisición obra	Entrega oportuna	Tiempo entrega	Integra logística
9	Seguimiento KPI	Gerente de Proyectos	Datos ERP	Reportes mensuales	Rotación, fill rate, costo inventario	Mejora continua

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El diagnóstico realizado permitió identificar brechas críticas en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S., relacionadas principalmente con la ausencia de herramientas tecnológicas para el control de materiales, la falta de integración entre las áreas de compras, bodega y obra, así como la inexistencia de mecanismos de planificación que permitan anticipar la demanda de insumos, como se presenta en la Tabla No.28 el detalle de las brechas de mayor importancia detectadas.

Tabla No. 28: Planificación del modelo operativo.

Brecha crítica	Causa	Impacto en la operación	Evidencia	Solución propuesta
Falta de control digital de inventarios	Uso de registros manuales en hojas de cálculo sin actualización en tiempo real	Desactualización del inventario y baja visibilidad de los materiales disponibles	Auditoría del sistema de inventarios y entrevistas al personal de bodega	Implementación de un sistema ERP (ODOO) para registro y control automático del inventario
Diferencias entre inventario físico y registrado	Errores en el conteo y registro manual de materiales	Pérdidas de materiales y dificultad para planificar el abastecimiento	Tabla de inventario físico vs inventario registrado	Digitalización del control de inventarios y registro automatizado de entradas y salidas
Compras emergentes de materiales	Falta de planificación y ausencia de mecanismos de pronóstico de demanda	Incremento de costos por compras urgentes y retrasos en obra	Tabla de órdenes de compra y análisis de desfases de materiales	Aplicación de pronóstico de demanda y cálculo de stock de seguridad
Falta de integración entre áreas logísticas	Descoordinación entre las áreas de compras, bodega y obra	Retrasos en la entrega de materiales y paralización de actividades constructivas	Diagrama de Ishikawa de causas del problema logístico	Integración logística mediante un modelo operativo basado en ERP
Ausencia de indicadores de gestión de inventarios	Falta de medición del desempeño logístico	Dificultad para evaluar la eficiencia del sistema de inventarios	Resultados de auditoría logística	Implementación de indicadores KPI y dashboard logístico en el sistema ERP

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la Propuesta

La propuesta contempla la optimización de la gestión de inventarios en la empresa RM Ingenieros S.A.S. basándose en la integración logística que modela la planificación de la demanda, el control de inventario, la digitalización de procesos y la coordinación de proveedores estratégicos.

El modelo contempla métodos de pronóstico de demanda, clasificación ABC de materiales, determinación de stock de seguridad y puntos de reorden, modelo EOQ, además de la implementación de un sistema ERP (Oddo) y el diseño de un cuadro de mando integral (Balanced Scorecard).

Con la aplicación de estas herramientas cuantitativas y tecnológicas se pretende reducir sobre costos, minimizar problemas con el stock y aumentar la eficiencia operativa de los proyectos de construcción que ejecuta la empresa.

A continuación, se describen los componentes técnicos de la propuesta que han sido estructurados para abordar la problemática detectada.

Clasificación ABC

Con el propósito de reducir las compras imprevistas, fortalecer la planificación financiera y alinear la demanda de materiales con la capacidad de respuesta de los proveedores, se propone la clasificación ABC de los materiales, para segmentar el inventario según el consumo en el proceso de abastecimiento, cómo se presentan en la Tabla No.29.

Tabla No. 29: Clasificación ABC de los materiales.

Categoría	Materiales	Porcentaje sobre consumo	Acción sugerida
A	Cemento, varilla corrugada	80%	Control estricto diario, revisión semanal y validación con cronograma de obra.
B	Bloques de hormigón, mortero premezclado	15%	Control mensual, coordinación con bodegas.
C	Arena, tubería PVC, cable eléctrico, accesorios menores	5%	Control trimestral, revisión por volumen y por obra.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Con la propuesta de la clasificación ABC se puede establecer políticas de gestión encaminadas a la criticidad y el consumo de cada grupo de materiales. Es así que los materiales tipo A, que se caracterizan por tener el mayor impacto económico y operativo dentro del inventario, requieren de un monitoreo continuo, revisiones frecuentes y controles automatizados que eviten interrupciones en la obra.

En el caso de los materiales de tipo B, se puede gestionar considerando acciones como reposiciones programadas y revisiones periódicas, que permita un equilibrio entre la utilización y los costos de almacenamiento.

Los materiales tipo C, al tener una baja rotación y menor incidencia financiera la adquisición puede ser mediante pedidos consolidados, de esta manera se puede reducir costos innecesarios de inventario.

Modelo EOQ

Para determinar el tamaño óptimo de pedido de los materiales críticos de obra gris, se aplicó el modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ), el cual permite minimizar el costo total anual asociado a inventarios, equilibrando los costos de emisión de pedidos y los costos de mantenimiento. (Heizer y Render, 2009) Este enfoque es pertinente en RM Ingenieros S.A.S. debido a que el diagnóstico evidenció compras reactivas y sobre costos por urgencias, lo que sugiere ausencia de lotes de compra optimizados.

El modelo EOQ se calculó para cada ítem considerando:

- Demanda anual estimada
- Costo por pedido
- Costo anual de mantenimiento por unidad

Con la aplicación de la ecuación No. 12 se encuentra la cantidad económica de pedido de acuerdo al modelo EOQ.

Ecuación No. 13: Modelo EOQ

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Para el costo anual de mantenimiento por unidad se aplica la ecuación No. 13, como se presenta a continuación.

Ecuación No. 14: Costo anual de mantenimiento

$$H = h \times C$$

El número de pedidos por año y el tiempo entre pedidos se obtiene de las ecuaciones No. 14 y No. 15, que se presentan a continuación.

Ecuación No. 15: Número de pedidos por año

$$N = \frac{D}{Q}$$

Ecuación No. 16: Tiempo entre pedidos

$$T = \frac{365}{N}$$

Este modelo integra la demanda del proyecto, los costos operativos de pedido y los costos de mantenimiento, proporcionando un criterio cuantitativo para planificar adquisiciones y reducir compras emergentes identificadas en el diagnóstico.

Para lo cual, es importante destacar que el costo unitario de cada material considerado en el modelo EOQ se determinó a partir de los registros históricos de compra y cotizaciones proporcionadas por proveedores habituales de RM Ingenieros S.A.S. durante el periodo de análisis.

Estos valores corresponden al precio promedio de adquisición de los principales insumos utilizados en la ejecución de obras civiles, tales como cemento, hierro en barras, ladrillo, arena y ripio triturado, como se cuantifica en la Tabla No.30.

Tabla No. 30: Registros del costo unitario para materiales críticos.

Material	Fuente	Fecha	Proveedor	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)
Cemento	Factura N° 0258	15/02/2025	Holcim Ecuador	saco	400	7.80
	Factura N° 0314	5/3/2025	Lafarge Ecuador	saco	500	8.10
	Cotización N° 014	18/03/2025	Disensa	saco	450	8.10
Promedio costo unitario cemento						8.00
Hierro en barras	Factura N° 0122	20/01/2025	Acería Nacional	kg	2.5	1.15
	Factura N° 0178	10/2/2025	Novacero	kg	3	1.25
	Cotización N° 009	5/3/2025	Dipac	kg	2.2	1.20
Promedio costo unitario hierro						1.20

Material	Fuente	Fecha	Proveedor	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)
Ladrillo	Factura N° 045	22/01/2025	Ladrillera Quito	unidad	12	0.12
Ladrillo	Factura N° 073	14/02/2025	Bloquera Andina	unidad	10.5	0.14
Ladrillo	Cotización N° 021	2/3/2025	Ladrillera Central	unidad	9	0.13
Promedio costo unitario ladrillo						0.13
Arena	Factura N° 0087	12/2/2025	Áridos del Valle	m³	70	11.00
Arena	Factura N° 0102	26/02/2025	Canteras Pichincha	m³	60	11.40
Arena	Cotización N° 006	10/3/2025	Áridos Ecuador	m³	65	11.30
Promedio costo unitario arena						11.23
Ripio triturado	Factura N° 0065	5/2/2025	Canteras Andinas	m³	45	16.00
Ripio triturado	Factura N° 0091	20/02/2025	Áridos del Valle	m³	40	16.50
Ripio triturado	Cotización N° 011	8/3/2025	Materiales Quito	m³	35	16.20

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Con lo anterior mencionado se procede aplicar el modelo EOQ, cómo se presentan en la Tabla No.31.

Tabla No. 31: Cantidad Económica de Pedido (EOQ) para materiales críticos.

Ítem	Demanda proyecto (D)	Costo unitario C (USD)	$H = h \cdot C$	EOQ (Q)	Pedidos estimados
Cemento	1318 sacos	8,00	1,60	240 sacos	6
Hierro en barras	7.875 kg	1,20	0,24	1.515 kg	5
Ladrillo	35.065 u	0,13	0,026	9.723 u	4
Arena	196 m³	11,23	2,25	78 m³	3
Ripio triturado	103 m³	16,24	3,25	47 m³	2

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La aplicación del EOQ permite establecer frecuencias de abastecimiento más estables, reduciendo costos logísticos y evitando la acumulación innecesaria de inventario. En consecuencia, el modelo constituye un soporte técnico para la integración logística

propuesta y para la implementación de un sistema ERP orientado al control eficiente del abastecimiento.

Punto de Pedido / Stock de seguridad

El stock de seguridad es un componente esencial en la gestión de inventarios, al ser un mecanismo de protección ante la incertidumbre de las variaciones que puede tener la demanda de los materiales de obra gris que requiere la empresa RM Ingenieros S.A.S. por lo tanto, se plantea como propuesta calcularlo aplicando la siguiente fórmula estándar de stock de seguridad con la ecuación No.16.

Ecuación No. 17: Stock de seguridad

$$SS = Z \times \sigma d \times \sqrt{L}$$

Donde:

Z = Nivel de servicio esperado (1,65 para 95%)

σd = Desviación estándar de la demanda diaria

$\sqrt{L}$ = Tiempo de entrega en días

Con este modelo probabilístico se puede dimensionar el inventario considerando el comportamiento histórico del consumo y el grado de confiabilidad requerido para el abastecimiento. Se expone a continuación una aplicación para el cemento (material tipo A), con una demanda promedio diaria de 200 unidades, una desviación de 30 y un tiempo de entrega de 5 días:

$$SS = 1,65 \times 30 \times \sqrt{5}$$

$$SS = 110,6 \text{ unidades}$$

Basados en los cálculos realizados se puede concluir que RM Ingenieros S.A.S. necesita al menos 111 sacos de cemento en stock de seguridad para evitar futuras paralizaciones en obras. Como se aprecia se reduce significativamente la probabilidad de desabastecimiento y evita paralizaciones en obra que generan costos adicionales por mano de obra desocupada, reprogramaciones en la planificación y compras emergentes a precios superiores.

- **Punto de reorden**

El punto de reorden constituye un parámetro fundamental dentro del sistema de control de inventarios, ya que define el nivel de existencias a partir del cual debe emitirse una nueva orden de compra para garantizar la reposición oportuna de los materiales antes de que se produzca un desabastecimiento.

Es decir, se define como el momento exacto en el que se debe emitir una nueva orden de compra para evitar el desabastecimiento para el caso de RM Ingenieros S.A.S. se puede emplear la siguiente ecuación No.17.

Ecuación No. 18: Punto de reorden

$$PR = (D \times L) + SS$$

Donde:

D = Demanda diaria promedio

L = Tiempo de entrega

SS= Stock de seguridad

Para el mismo caso del material A con los mismos datos y añadiendo el stock de seguridad calculado anteriormente se tiene:

$$PR = (200 \times 5) + 111$$

$$PR = 1,111 \text{ unidades}$$

El resultado indica que cuando el inventario este en una unidad automáticamente se debe generar una nueva orden de compra, asegurando que mientras transcurre el tiempo de entrega del proveedor, el consumo de materiales está cubierto sin afectar la continuidad de las actividades constructivas.

- Políticas de reposición

La empresa debe implementar políticas de reposición adaptadas al tipo de material y su clasificación ABC, esto constituye un elemento clave dentro del sistema de gestión de inventarios, puesto que permite establecer criterios técnicos en el reabastecimiento de los materiales.

En la empresa RM Ingenieros S.A.S. se detectó que la reposición de materiales se realiza de forma empírica, por ello, la propuesta de políticas se encuentra direccionada a la clasificación ABC, asignando mayores esfuerzos de control a los insumos de alto impacto (tipo A) y dejando de destinar esfuerzos en materiales de menor relevancia (tipo B y C). En la siguiente tabla se puede apreciar las políticas de reposición propuestas para el manejo de inventarios, cómo se presentan en la Tabla No.32.

Tabla No. 32: Políticas de reposición.

Tipo de Material	Política de Reposición Recomendada	Frecuencia de Revisión
A (críticos)	Sistema de revisión continua (Q) – pedidos automáticos cuando se alcanza el punto de reorden.	Semanal
B (moderados)	Sistema de revisión periódica (P) – revisión programada por semanas.	Mensual
C (baja rotación)	Compra bajo pedido o reposición eventual.	Trimestral

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Análisis MRP

Para el presente estudio, el pronóstico de la demanda constituye una herramienta fundamental para transformar la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S. el diagnóstico evidenció que la ausencia de métodos formales para anticipar el consumo de materiales ha generado tanto sobreabastecimiento como escasez de insumos críticos, afectando el presupuesto y el avance de obra.

Se propone la aplicación de un enfoque de planificación de requerimientos de materiales basado en el cronograma de ejecución de obra, el análisis del historial de consumo y la programación de actividades constructivas. El método MRP permite estimar la demanda futura considerando las cantidades de obra planificadas y los rendimientos constructivos asociados a cada etapa.

Para el cálculo de demanda de materiales por cantidades de obra se aplica la siguiente ecuación No.18.

Ecuación No. 19: Demanda MRP

$$RB_{m,t} = Q_{i,t} \times CU_{m,i} \times (1 + \%Desperdicio)$$

Donde:

$RB_{m,t}$: Requerimiento bruto del material m en el periodo t (semana o mes)

$Q_{i,t}$: Cantidad programada del ítem de obra i en el periodo t (m³, m², m, unid.)

$CU_{m,i}$: Consumo unitario del material m por unidad del ítem i

Es así que para el caso del cemento para hormigón si en la tercera semana se vacían 12m^3 con un consumo unitario del material de 8 sacos/ m^3 , con un porcentaje de desperdicio 5%, por lo tanto, al aplicar la fórmula de requerimiento bruto del material se obtiene.

$$RB_{m,t} = 12 \times 8 \times (1 + 0,05)$$

$$RB_{m,t} = 101 \text{ sacos}$$

Posterior se realiza el cálculo de requerimiento neto donde se considera el inventario disponible, mediante la siguiente ecuación No.19.

Ecuación No. 20: Cálculo de requerimiento neto

$$RN_{m,t} = \max (0, RB_{m,t} - InvDis_{m,t} - RecepPr_{m,t})$$

Donde:

$InvDis_{m,t}$: Inventario disponible al inicio del periodo

$RecepPr_{m,t}$: Recepciones ya programadas (compras en tránsito)

Finalmente, el cálculo de punto de pedido se lo obtiene aplicando la siguiente ecuación que permite obtener la semana de pedido, mediante la ecuación No.20.

Ecuación No. 21: Cálculo de punto de pedido

$$PP = d \times LT \times SS$$

Con el fin de convertir el abastecimiento de materiales de obra gris en un proceso planificado y medible, se elaboró un plan de requerimientos de materiales (enfoque tipo MRP) basado en el cronograma de ejecución y en el consumo unitario por actividad constructiva, como se aprecia en la Tabla N.33.

Tabla No. 33: Plan de requerimientos de materiales (MRP).

Semana	Hormigón programado (m³)	RB Cemento (sacos)	Inventario inicial	Recepción programada	RN (a comprar)	LT (días)	Semana de pedido
1	8	67	40	0	27	9	Semana 0
2	10	84	13	30	41	9	Semana 1
3	12	101	2	50	49	9	Semana 2
4	6	50	3	0	47	9	Semana 3

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El cálculo del requerimiento neto permite anticipar compras y reducir tanto desabastecimientos como sobre inventarios, mejorando la eficiencia del proceso logístico y la coordinación entre obra y abastecimiento.

Digitalización (Odoo, QR)

RM Ingenieros S.A.S opera actualmente con hojas de cálculo, lo que genera errores, duplicidad de datos y falta de trazabilidad, con el objetivo de obtener la transparencia total en la cadena de suministro, trazabilidad de materiales y toma de decisiones basada en datos, se establece implementar un sistema ERP o MRP que integre las áreas de compras, bodega y obra.

La implementación del modelo de optimización de inventarios se apoya en el uso del sistema ODOO como plataforma central para la integración logística de los procesos de compras, almacenamiento y obra.

Para el desarrollo de la presente propuesta se considera el uso de Odoo versión 16 Community, debido a que ofrece funcionalidades suficientes para la gestión de inventarios, compras y control logístico sin requerir licencias comerciales adicionales, lo que facilita su implementación en empresas del sector de la construcción. La implementación del sistema se enfoca principalmente en los siguientes módulos:

- **Inventario:** Permite gestionar el registro de entradas y salidas de materiales, controlar niveles de stock y mantener actualizado el inventario disponible en bodega.
- **Compras:** Facilita la generación de órdenes de compra, el control de proveedores y el seguimiento del abastecimiento de materiales.
- **Contactos:** Permite administrar la base de datos de proveedores y clientes, facilitando la gestión de relaciones comerciales.

- Ventas: Permite registrar operaciones comerciales y controlar el flujo de pedidos relacionados con los proyectos.
- Facturación: Permite gestionar el registro contable de compras y ventas, así como el control financiero asociado a los materiales adquiridos.
- Proyecto: Facilita la planificación y seguimiento de las actividades de obra, permitiendo relacionar los materiales requeridos con el avance del proyecto.
- Hojas de horas: Permite registrar el tiempo de trabajo del personal en los proyectos, apoyando el control operativo.
- Empleados: Gestiona la información del personal que participa en las actividades de obra y logística.
- Gastos: Permite registrar los costos operativos asociados a los proyectos y al proceso de abastecimiento de materiales.

ODOO permite centralizar la información, automatizar el control de inventarios y facilitar la toma de decisiones basada en datos confiables, lo que resulta coherente con los objetivos del presente estudio, el ingreso al sistema se lo realiza ingresando el correo electrónico que corresponde *admin* y posteriormente se coloca la contraseña, como se presentan en la Figura No.15.

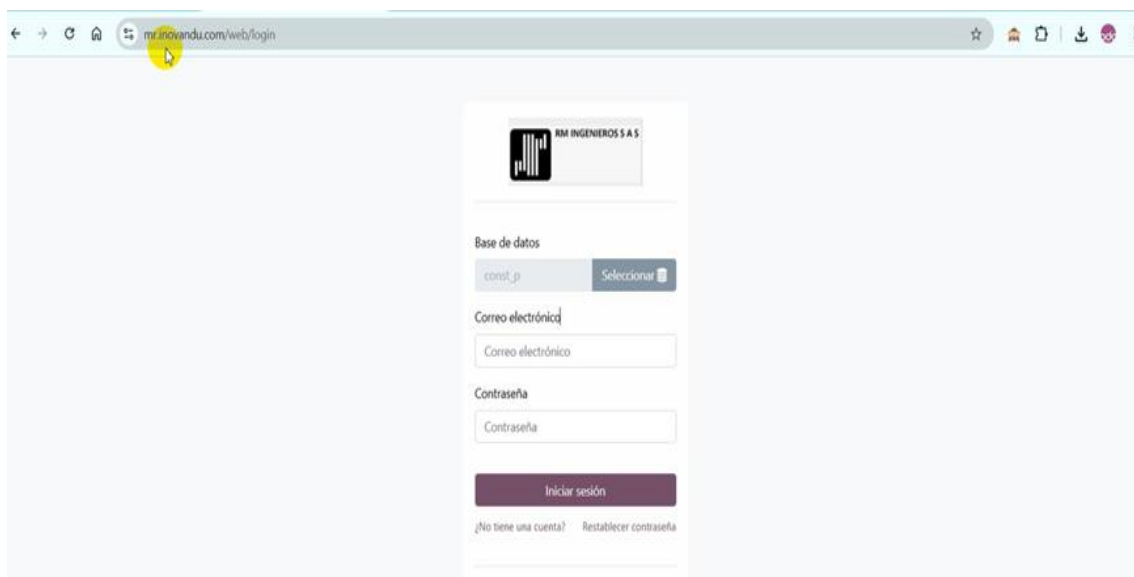


Figura No. 15: Pantalla de inicio del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Con el ingreso al sistema se presenta la interfaz inicial del módulo de comunicación interna, específicamente la bandeja de entrada. Este módulo permite centralizar notificaciones, mensajes y alertas generadas por los diferentes procesos del sistema, facilitando la coordinación entre las áreas de compras, inventario y proyectos, como se presentan en la Figura No. 16.

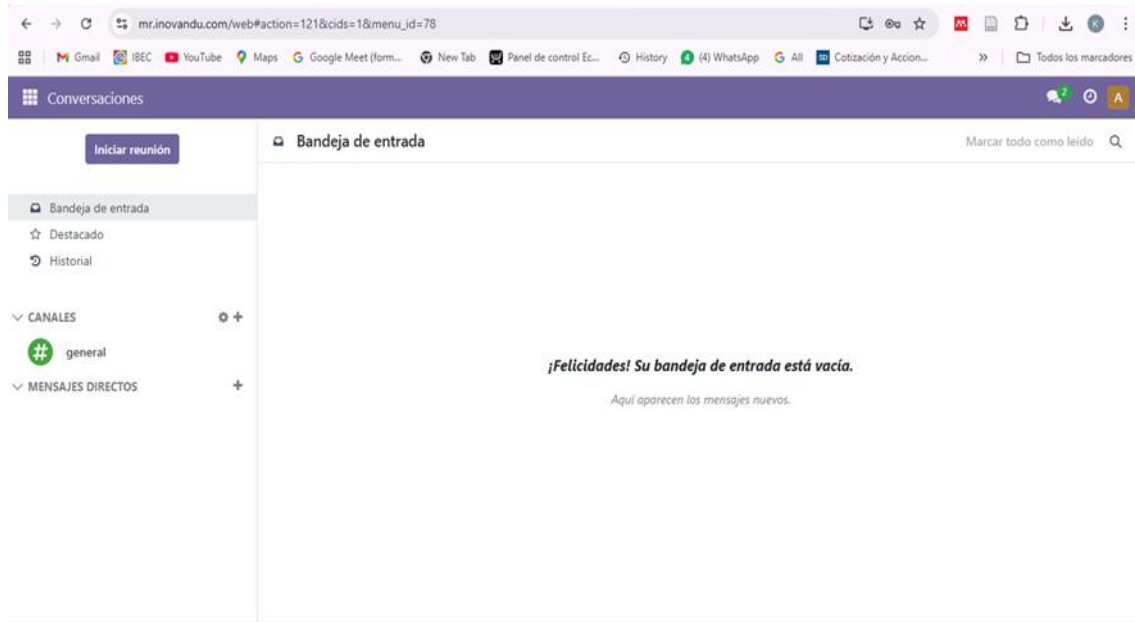


Figura No. 16: Bandeja de entrada del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

A continuación, se presenta la interfaz principal del sistema ERP Odoo, donde se visualizan los distintos módulos disponibles para la gestión empresarial, tales como compras, inventario, proyectos y facturación. Los campos configurados en el sistema Odoo comprenden el registro de información clave relacionada con proveedores, materiales, cantidades, precios y niveles de inventario, como se presenta en la Figura No. 16 y No.17.

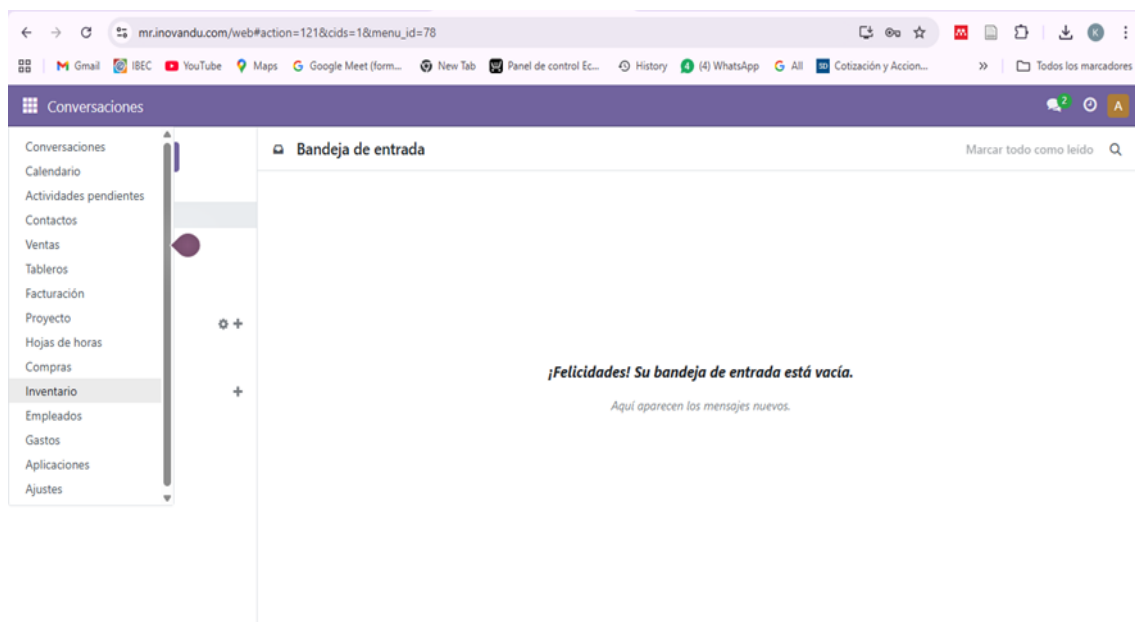


Figura No. 17: Pantalla de inicio del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Se explica a continuación cada módulo y qué decisión permite tomar dentro de la gestión logística de inventarios, como se detalla en la Tabla No. 34.

Tabla No. 34: Módulos utilizados en el sistema ODOO.

Módulo del sistema	Función dentro del sistema	Decisión que habilita en la gestión logística
Contactos	Permite registrar y gestionar la información de proveedores y clientes dentro del sistema.	Facilita la selección de proveedores, comparación de opciones de suministro y gestión de relaciones comerciales.
Ventas	Permite registrar pedidos y operaciones comerciales relacionadas con los proyectos.	Permite planificar la demanda de materiales y vincular los requerimientos de inventario con los proyectos o pedidos registrados.
Facturación	Gestiona el registro contable de compras y ventas realizadas por la empresa.	Permite evaluar el impacto financiero de las compras de materiales y controlar los costos asociados al inventario.
Proyecto	Permite planificar y dar seguimiento a las actividades de los proyectos de construcción.	Permite determinar qué materiales se requieren en cada etapa del proyecto y coordinar su abastecimiento oportuno.

Módulo del sistema	Función dentro del sistema	Decisión que habilita en la gestión logística
Hojas de horas	Permite registrar el tiempo de trabajo del personal en los proyectos.	Permite analizar la productividad del personal y evaluar la relación entre uso de materiales y ejecución de actividades en obra.
Compras	Permite generar órdenes de compra y gestionar el proceso de abastecimiento de materiales.	Permite planificar el abastecimiento, seleccionar proveedores y evitar compras emergentes mediante una planificación anticipada.
Inventario	Permite registrar entradas y salidas de materiales, controlar niveles de stock y gestionar la bodega.	Permite conocer el inventario disponible en tiempo real, determinar puntos de reposición y evitar desabastecimiento de materiales.
Empleados	Gestiona la información del personal que participa en las actividades de la empresa.	Permite asignar responsabilidades en los procesos logísticos y controlar quién gestiona el inventario y las compras.
Gastos	Permite registrar gastos operativos asociados a proyectos o actividades de la empresa.	Permite analizar los costos relacionados con compras urgentes, transporte o consumo de materiales.
Aplicaciones	Permite instalar o gestionar módulos adicionales del sistema ERP.	Permite ampliar las funcionalidades del sistema según las necesidades de la empresa.
Ajustes	Permite configurar parámetros del sistema, usuarios y permisos de acceso.	Permite definir políticas de control de inventarios, seguridad de la información y niveles de acceso al sistema.

Elaborado por: La autora adaptado al modelo ERP del sistema ODOO para la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La presente pantalla corresponde al módulo de inventario del sistema ERP Odoo, específicamente a la sección de productos, donde se visualiza el detalle de los materiales registrados en el sistema. En esta vista se puede observar información relevante como el nombre del producto, precio unitario y cantidad disponible en bodega, lo que permite llevar un control actualizado del inventario y facilitar la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento de materiales, como se expone en la Figura No.18.

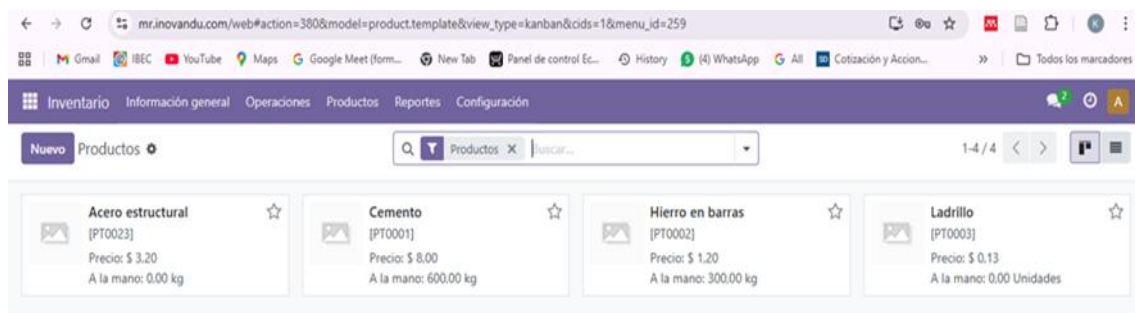


Figura No. 18: Interfaz del Inventario del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

A continuación, se presenta la pantalla correspondiente al detalle de un producto dentro del módulo de inventario del sistema ERP Odoo, en donde se registra información específica del material, como su tipo, unidad de medida, precio, categoría y condiciones de uso (compra, venta o consumo interno), como se aprecia en la Figura No.19.

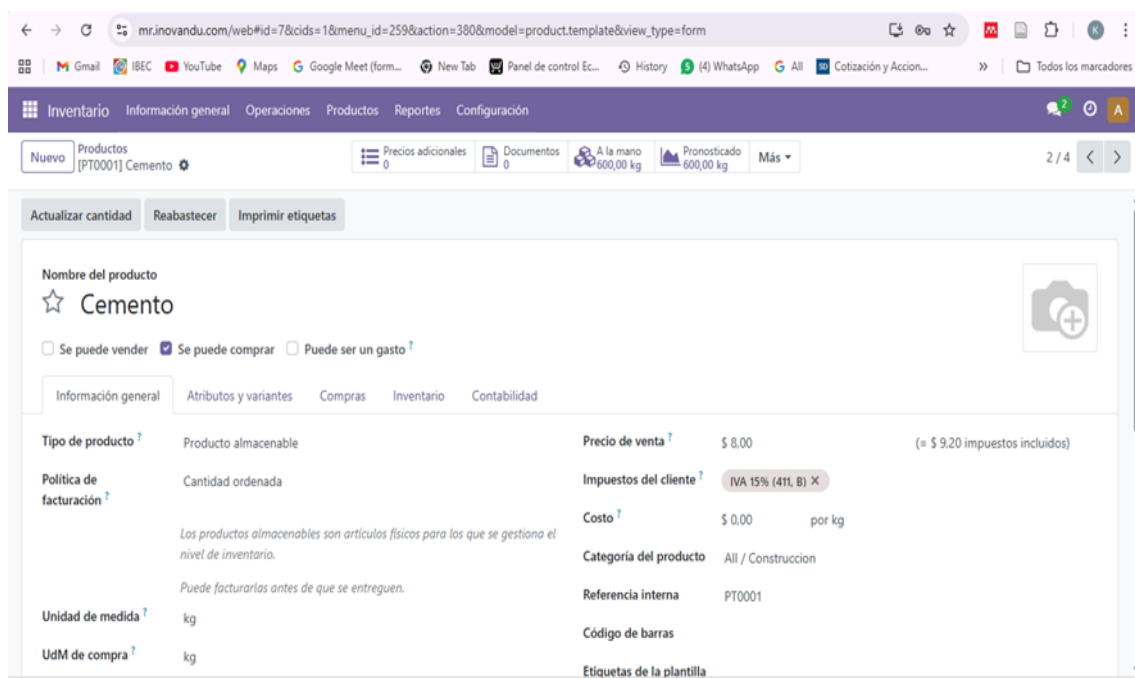


Figura No. 19: Interfaz del Producto del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Otro módulo de importancia corresponde al del inventario del sistema ERP Odoo en la sección de existencias, donde se visualiza el stock disponible de cada material en tiempo real. En esta vista se presentan datos clave como cantidades disponibles, movimientos de entrada y salida, así como el estado actual del inventario.

Esta información permite a la empresa monitorear continuamente la disponibilidad de materiales, facilitando la toma de decisiones relacionadas con el abastecimiento y evitando quiebres de stock en obra, como se presenta en la Figura No.20.

CATEGORÍA	Producto	Costo unit...	Valor total	A la mano	Disponible...	Entrante	Saliente	Unid...
All	[PT0001] C...	\$ 0.00	\$ 0.00	600,00	600,00	0,00	0,00	kg
All / Construcción	[PT0002] HI...	\$ 0.00	\$ 0.00	300,00	300,00	0,00	0,00	kg
	[PT0003] La...	\$ 0.00	\$ 0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	Unidad...
	[PT0023] A...	\$ 0.00	\$ 0.00	0,00	0,00	0,00	0,00	kg
			\$ 0,00	900,00	900,00	0,00	0,00	

Figura No. 20: Interfaz de las Existencia del sistema ODOO utilizado en la gestión de inventarios de RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Además, se establece el uso de códigos QR o RFID para registrar entradas y salidas de materiales, con la incorporación de tecnologías de identificación como códigos QR o sistemas RFID se plantea como una alternativa para fortalecer el control de inventarios y mejorar la trazabilidad de los materiales utilizados en los proyectos de construcción.

El uso de códigos QR o RFID facilita la actualización inmediata del inventario en el sistema ODOO durante los procesos de recepción, almacenamiento y despacho hacia obra, cómo se presentan en la Figura No.21.



Figura No. 21: Módulo de lector de códigos de barras del sistema ODOO para el control de inventarios en RM Ingenieros S.A.S.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

En este sentido, se propone la implementación de un dashboard logístico en tiempo real que consolide indicadores clave de desempeño, tales como la rotación de inventarios, el nivel de servicio, los tiempos de entrega y el costo por orden de compra.

Gestión con proveedores

La colaboración con proveedores fortalece la integración logística al generar relaciones de largo plazo basadas en confianza, información compartida y planificación conjunta. Con el objetivo de reducir el tiempo de entrega, mejora de la calidad de materiales y optimización del flujo logístico total, por lo tanto, se propone realizar una evaluación periódica del desempeño de proveedores (cumplimiento de plazos, calidad, precios y servicio postventa), implementar acuerdos de nivel de servicio (SLA) y pronósticos compartidos.

Además, es importante promover la integración digital con proveedores mediante portales electrónicos y órdenes automáticas. Como también desarrollar una red de proveedores certificados, priorizando a los que ofrecen condiciones estables y sostenibles.

Mejora del Proceso Gestión de Inventarios

La gestión eficiente es un factor determinante para garantizar la continuidad operativa de la Gestión de Inventarios y el cumplimiento de los cronogramas en los proyectos de construcción.

En el caso de RM Ingenieros S.A.S., el diagnóstico realizado evidenció debilidades en la planificación, control y coordinación de los flujos de materiales entre las áreas de compras, bodega y obra, lo que ha derivado en compras urgentes, sobrecostos y desabastecimientos de insumos críticos.

Frente a esta situación, se plantea una propuesta de mejora del proceso de Gestión de Inventarios orientada a integrar de manera efectiva las actividades de planificación de materiales, control de inventarios, abastecimiento y despacho a obra, cómo se presentan en la Figura No.22.

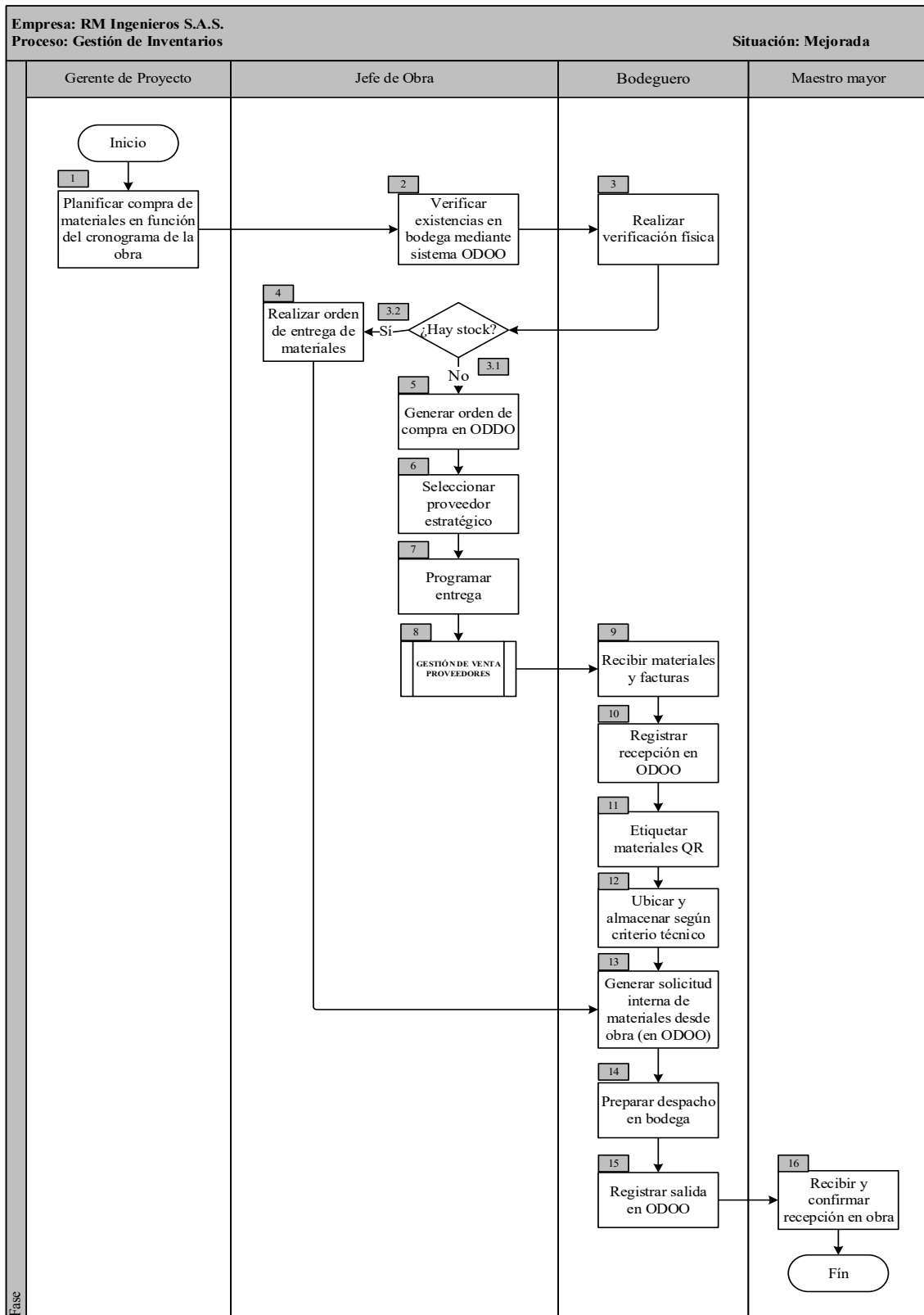


Figura No. 22: Proceso mejorado Gestión de Inventarios

Elaborado por: La autora propone la mejora del proceso para la empresa RM Ingenieros S.A.

La propuesta se fundamenta en la aplicación de herramientas de gestión como la clasificación ABC, el uso del sistema ODOO y la incorporación de tecnologías de registro y monitoreo en tiempo real. Sin embargo, con el fin de evidenciar el impacto de la propuesta de optimización de inventarios mediante la integración logística y la implementación del sistema ERP Odoo, se realiza una comparación entre la situación actual (AS-IS) y la situación propuesta (TO-BE).

Esta comparación permite identificar mejoras en términos de tiempo de proceso, costos operativos y reducción de errores en la gestión de materiales, se presenta a continuación en la Tabla No.35 el comparativo.

Tabla No. 35: Análisis FODA.

Variable	Situación actual (AS-IS)	Situación propuesta (TO-BE)	Mejora estimada
Tiempo de gestión de pedido	17,60 días (proceso manual y demoras administrativas)	8 – 10 días (automatización con ERP y planificación)	Disminuye entre 40% – 50%
Tiempo de respuesta a requerimientos	Alto (dependencia de registros manuales)	Bajo (información en tiempo real)	Reduce el 60%
Costo por compras urgentes	Incremento promedio del 12%	Reducción significativa por compras planificadas	Disminuye entre 8% – 10%
Nivel de errores en inventario	Alto (registros manuales, inconsistencias)	Bajo (control automatizado en ERP)	Reduce 70%
Exactitud del inventario	80% – 85%	95% – 98%	Incrementa la precisión
Frecuencia de quiebres de stock	Frecuente	Ocasional o controlado	Disminuye 60%
Control de materiales	No integrado entre áreas	Integrado (compras–bodega–obra)	Mejora total
Toma de decisiones	Reactiva	Proactiva basada en datos	Mejora estratégica

Elaborado por: La autora adaptado de la información recopilada de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Propuesta Cuadro de Mando Integral

Con el propósito de consolidar la propuesta de optimización de inventarios mediante integración logística y evaluar sus resultados esperados, se incorpora el Cuadro de Mando Integral como una herramienta de gestión estratégica. Este instrumento permite traducir los objetivos del modelo propuesto en indicadores medibles, facilitando el seguimiento del desempeño de la gestión de inventarios desde una visión integral. (Kaplan, 1996)

A través de sus diferentes perspectivas, el cuadro de mando integral articula los resultados operativos, financieros y logísticos del proyecto, permitiendo evaluar el impacto de la implementación del modelo en la disponibilidad de materiales, la reducción de sobrecostos y la mejora de la coordinación entre las áreas de compras, bodega y obra. Con el propósito de sustentar las estrategias planteadas en el Cuadro de Mando Integral, se desarrolló un análisis FODA enfocado en la gestión logística e inventarios de RM Ingenieros S.A.S. Este análisis permitió identificar los factores internos y externos que influyen en el desempeño operativo de la empresa, constituyéndose en la base para la formulación de objetivos estratégicos orientados a mejorar la eficiencia logística, la rentabilidad y la satisfacción del cliente, cómo se presentan en la Tabla No.36.

Tabla No. 36: Análisis FODA.

FACTORES INTERNOS	
Fortalezas (F)	Debilidades (D)
F1. Experiencia en ejecución de proyectos de construcción residencial.	D1. Control manual de inventarios mediante hojas de cálculo.
F2. Relaciones comerciales estables con proveedores locales.	D2. Compras reactivas y frecuentes pedidos urgentes.
F3. Conocimiento técnico del personal de obra.	D3. Baja exactitud del inventario (variaciones 8–15%).
F4. Capacidad operativa para ejecutar múltiples frentes de obra.	D4. Falta de integración entre compras, bodega y obra.
F5. Disponibilidad histórica de datos de consumo de materiales.	D5. Ausencia de planificación formal del abastecimiento.
	D6. Materiales con baja rotación y capital inmovilizado.
FACTORES EXTERNOS	
Oportunidades (O)	Amenazas (A)
O1. Disponibilidad de sistemas ERP especializados para construcción.	A1. Variación de precios de materiales de construcción.
O2. Digitalización creciente del sector construcción.	A2. Retrasos en entregas de proveedores.
O3. Posibilidad de alianzas estratégicas con distribuidores.	A3. Incremento de competencia en licitaciones.
O4. Tecnologías de trazabilidad logística accesibles.	A4. Incremento de costos logísticos y transporte.
O5. Normas de calidad que mejoran reputación empresarial.	A5. Riesgo de penalizaciones por retrasos en obra.

Elaborado por: La autora adaptado de la información recopilada de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El análisis evidencia que las principales debilidades se relacionan con la ausencia de integración tecnológica y la planificación del abastecimiento, mientras que las

oportunidades del entorno se asocian con la digitalización y modernización de la gestión logística. En consecuencia, las estrategias definidas en el Cuadro de Mando Integral se orientan a aprovechar las fortalezas existentes y reducir las brechas operativas identificadas, alineando la gestión de inventarios con los objetivos financieros, operativos y organizacionales de la empresa, cómo se presentan en la Tabla No.37.

Tabla No. 37: Estrategias

Tipo de Estrategia	Relación FODA	Estrategia derivada	Relación con CMI
FO	F2 + O3	Integrar digitalmente proveedores estratégicos	Perspectiva financiera y cliente
FO	F5 + O1	Implementar ERP para gestión de inventarios	Procesos internos
DO	D1 + O1	Digitalización del control logístico	Procesos internos
DO	D2 + O3	Planificación de compras basada en demanda	Financiera
FA	F3 + A5	Mejorar cumplimiento de cronogramas	Cliente
DA	D3 + A2	Control de inventario y trazabilidad	Procesos internos
DA	D6 + A4	Optimización del capital de trabajo	Financiera

Elaborado por: La autora adaptado de la información recopilada de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

A partir del FODA se identificaron aspectos que requieren mejora y oportunidades que pueden aprovecharse para fortalecer la gestión logística, lo que permite que los objetivos del Cuadro de Mando Integral respondan a la realidad operativa de RM Ingenieros S.A.S. y contribuyan al mejor desempeño de sus proyectos.

Para lo cual, se hace necesario definir las metas para el Cuadro de Mando Integral, las mismas que fueron establecidas en base en tres criterios principales: revisión de literatura especializada y el diagnóstico interno realizado en RM Ingenieros S.A.S.

En primer lugar, se consideraron estándares teóricos en gestión de inventarios y logística, donde se recomienda alcanzar niveles de exactitud del inventario superiores al 95%, así como reducciones significativas en costos logísticos mediante el uso de sistemas ERP.

Asimismo, la literatura señala que la automatización de procesos puede disminuir errores operativos hasta en un 70% y mejorar los tiempos de respuesta en más del 40%.

Y en segundo lugar se ha considerado el criterio de la gerencia, el gerente de proyectos y el jefe de obra, donde se identificaron problemas como registros manuales, compras emergentes y falta de control del inventario, como se presenta en las Tablas No.38, 39, 40 y 41.

Tabla No. 38: Cuadro de mando integral perspectiva financiera.

Objetivo Estratégico	Indicador (KPI)	Meta	Fuente de datos	Frecuencia	Responsable
Reducir los costos de almacenamiento y compras urgentes	% reducción de costos logísticos	Disminuir el 15% anual	Reportes ERP (Odoo – módulo Compras e Inventario)	Mensual	Gerente de Proyectos
	Costo promedio de materiales almacenados	Reducir al 10%	Inventario ERP	Mensual	Bodeguero
Aumentar la rentabilidad de los proyectos	Margen de rentabilidad por obra	Incrementar el 10%	Reportes de proyectos	Trimestral	Gerente de Proyectos
Optimizar el capital de trabajo	Rotación de inventarios	Reducir el 20% en días	Reportes ERP (Inventario)	Mensual	Bodeguero

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Tabla No. 39: Cuadro de mando integral perspectiva del cliente.

Objetivo Estratégico	Indicador (KPI)	Meta	Fuente de datos	Frecuencia	Responsable
Mejorar la satisfacción del cliente interno y externo	Nivel de cumplimiento en tiempos de entrega (%)	$\geq 90\%$	ERP Odoo (Inventario/Despachos) + registros de entrega en obra	Mensual	Jefe de Obra
	Índice de satisfacción del cliente	$\geq 90\%$	Encuestas de satisfacción (clientes internos y externos)	Trimestral	Gerente de Proyectos
Incrementar la confiabilidad y reputación en el mercado	Número de reclamos por retrasos	Disminuir en un 30%	Registro de incidencias / bitácora de proyectos	Mensual	Gerente de Proyectos
Fomentar relaciones sostenibles con clientes institucionales	Cumplimiento de acuerdos de servicio (SLA)	$\geq 95\%$	ERP + contratos con clientes	Trimestral	Gerente de Proyectos

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Tabla No. 40: Perspectiva de procesos internos.

Objetivo Estratégico	Indicador (KPI)	Meta	Fuente de datos	Frecuencia	Responsable
Optimizar la gestión de inventarios y el flujo logístico	Nivel de exactitud del inventario (%)	$\geq 95\%$	ERP Odoo (Inventario) + conteos físicos (kardex)	Mensual	Bodeguero
	Tiempo promedio de reposición (días)	Disminuir en un 30%	ERP (Compras + Inventario)	Mensual	Gerente de Proyecto
Reducir desperdicios y sobrestock en materiales	% de materiales obsoletos	Disminuir el 25% anual	Inventario ERP + reportes de bodega	Trimestral	Bodeguero
	Volumen de desperdicio (m ³ , kg)	Disminuir el 25% anual	Registros de obra / reportes de consumo	Mensual	Jefe de Obra
Fortalecer la planificación de compras y abastecimiento	Cumplimiento del plan de compras (%)	$\geq 90\%$	ERP Odoo (Compras)	Mensual	Gerente de Proyecto
	Evaluación de desempeño de proveedores (%)	$\geq 85\%$	Evaluaciones internas / ERP	Trimestral	Gerente de Proyecto
Digitalizar los procesos de control y seguimiento	% de procesos automatizados	$\geq 80\%$	ERP (módulos activos vs procesos)	Trimestral	Gerente de Proyecto
	Disponibilidad de información en tiempo real (%)	$\geq 90\%$	ERP (reportes y accesibilidad)	Mensual	Jefe de Obra

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Tabla No. 41: Perspectiva de crecimiento y aprendizaje.

Objetivo Estratégico	Indicador (KPI)	Meta	Fuente de datos	Frecuencia	Responsable
Desarrollar competencias en logística y gestión de inventarios	Número de capacitaciones realizadas	≥ 4 al año	Registro de capacitaciones / RRHH	Semestral	Gerente General
	Nivel de competencia del personal (%)	100% capacitado	Evaluaciones de desempeño / pruebas técnicas	Anual	Gerente General
Potenciar la innovación tecnológica y sostenibilidad	Número de proyectos de innovación implementados	≥ 2 al año	Reportes de gestión / proyectos	Anual	Gerente General
	Inversión en tecnología logística (USD)	Incremento progresivo	Estados financieros	Anual	Gerente General

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Resultados Esperados

Se espera tener como resultados luego de la aplicación del modelo integrado de inventarios generar mejoras cuantificables en el desempeño logístico y financiero de la empresa, cómo se presentan en la Tabla No.42.

Tabla No. 42: Resultados esperados.

Indicador	Situación actual	Meta esperada	Unidad	Tipo
Compras urgentes	35%	$\leq 10\%$	%	Reducción
Rotación de inventario	2 veces/año	4 – 5 veces/año	veces/año	Mejora
Exactitud del inventario	70%	$\geq 95\%$	%	Mejora
Nivel de servicio	80%	$\geq 95\%$	%	Mejora
Costos logísticos	Base 100%	15% – 25%	%	Reducción
Capital inmovilizado	Base actual	20%	%	Reducción

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Cronograma de Actividades

Se presenta a continuación el cronograma de implementación de la propuesta para implementar el modelo de optimización de inventarios mediante la integración logística en RM Ingenieros S.A.S., en donde se presentan las actividades a ejecutar, los responsables y tiempos establecidos, cómo se presentan en la Tabla No.43.

Tabla No. 43: Cronograma de implementación de estrategias.

Fase	Actividad	Descripción	Responsable	Recursos	Duración (semanas)	Indicadores (KPI)	Resultados esperados
1	Diagnóstico inicial	Validación de inventario real, consumos históricos y ciclos de compra	Investigadora	Formatos, registros físicos, base de datos	2	Exactitud inventario (%)	Línea base del sistema actual
	Levantamiento de datos en obra	Registro físico estandarizado de materiales	Investigadora	Checklists, hojas de control	1	% diferencias stock	Datos confiables
2	Clasificación ABC	Priorización de materiales críticos	Investigadora – Gerente de Proyectos	Excel/ERP	2	% ítems clase A controlados	Enfoque en materiales de alto impacto
	Cálculo SS y PR	Definición de stock de seguridad y punto de reorden	Investigadora – Gerente de Proyectos	Fórmulas, Demanda histórica	1	Nivel servicio $\geq 95\%$	Menos quiebres de stock
3	Configuración ERP (Odoo)	Parametrización módulos Inventario, Compras y Bodega	Investigadora – Soporte TI	Software Odoo, computadoras	4	Exactitud registros (%)	Control digital en tiempo real
	Integración obra–bodega	Sincronización de movimientos en sistema	Jefe de Obra	Red, dispositivos móviles	1	Tiempo registro	Trazabilidad total
4	Implementación códigos QR	Etiquetado y control físico de materiales	Investigadora – Jefe Obra	Impresora QR, lectores	2	% materiales trazables	Reducción pérdidas
	Capacitación personal	Formación en uso del sistema y escaneo	Investigadora – Gerente de Proyectos	Manuales, talleres	1	% personal capacitado	Uso correcto del sistema
5	Gestión con proveedores	Negociación SLA y calendario entregas	Gerente Proyectos	Contratos, reuniones	3	Lead time proveedor	Entregas puntuales
	Pedidos automáticos	Activación órdenes automáticas por PR	Investigadora – Gerente de Proyectos	ERP	1	% compras urgentes	Reducción sobrecostos
6	Dashboard KPI	Diseño cuadro de mando logístico	Investigadora – Gerente de Proyectos	Power BI/Odoo	2	Rotación, fill rate, costos	Monitoreo continuo
7	Seguimiento y mejora	Evaluación mensual de resultados	Jefe de Obra	Reportes ERP	Continuo	Cumplimiento metas	Mejora continua

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Análisis de Costos

El modelo la integración logística en RM Ingenieros S.A.S. requiere una inversión que comprende los costos operativos para el funcionamiento del sistema ERP con la que se puede contar con la información en tiempo real para la toma de decisiones, en la Tabla No.44 se presenta los costos estimados de la implementación de la propuesta.

Tabla No. 44: Costos de la propuesta.

N.	Ítem	Descripción	Frecuencia	Costo anual (USD)
1	Hosting / servidor para Odoo	Licencias y configuración ERP Odoo	Anual	\$1200.00
2	Equipos QR	Equipos QR/lectores y etiquetado	Anual	\$800.00
3	Soporte técnico ERP	Asesoría, mantenimiento correctivo y preventivo, pequeños ajustes	Anual	\$1000.00
4	Etiquetas y consumibles	Etiquetas QR, insumos de impresión	Anual	\$200.00
5	Capacitación al personal	Taller de actualización / nuevo personal	Anual	\$600.00
Total costos operativos anuales estimados				\$3,800.00

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Componente Ambiental

Para el análisis de las afectaciones ambientales asociadas a la gestión de inventarios y logística de materiales, se aplicó una matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales, la cual permite evaluar las actividades del proceso y su incidencia sobre el entorno.

Esta matriz considera variables como tipo de actividad, aspecto ambiental, impacto generado, nivel de significancia y medidas de control, permitiendo identificar los principales riesgos ambientales asociados a la operación logística.

De esta manera, el modelo no solo mejora la eficiencia económica, sino que promueve prácticas logísticas sostenibles alineadas con los principios de construcción responsable.

En la siguiente tabla se presenta la acción a implementar y el impacto ambiental que tiene en el medio ambiente, cómo se presentan en la Tabla No.45.

Tabla No. 45: Afectaciones ambientales.

Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Nivel (Alto/Medio/Bajo)	Medida de control
Almacenamiento de materiales	Generación de residuos	Contaminación del suelo	Medio	Gestión de residuos
Transporte de materiales	Emisión de CO ₂	Contaminación del aire	Alto	Optimización logística
Manejo de materiales	Desperdicio	Uso ineficiente de recursos	Medio	Control de inventario
Uso de maquinaria	Consumo de energía	Impacto energético	Bajo	Eficiencia operativa

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La implementación del modelo de optimización de inventarios mediante integración logística permitirá generar mejoras cuantificables en el desempeño operativo, financiero, logístico y el manejo de inventario en la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Por lo que, la aplicación de herramientas de pronóstico de demanda, clasificación ABC, políticas de reposición, digitalización del control de inventarios y seguimiento mediante indicadores KPI transformará la gestión empírica actual en un sistema planificado, automatizado y basado en datos.

Como resultado, se espera una reducción significativa de las ineficiencias asociadas a compras emergentes, sobrestock y desabastecimientos, mejorando la disponibilidad de materiales y la continuidad de las obras. Asimismo, la integración tecnológica y la trazabilidad en tiempo real permitirán incrementar la exactitud del inventario y optimizar el uso del capital de trabajo.

En términos cuantitativos, los beneficios proyectados del sistema propuesto se resumen en la Tabla No.46.

Tabla No. 46: KPI esperados

Indicador logístico	Situación actual	Meta esperada	Mejora estimada
Exactitud inventario	70–75%	$\geq 95\%$	20%
Compras urgentes	30–35%	$\leq 10\%$	-25%
Rotación inventario	2 veces/año	4–5 veces/año	100%
Nivel de servicio	80%	$\geq 95\%$	15%
Costos logísticos	100% base	80–85%	-15% a -20%
Capital inmovilizado	Alto	Reducido	-20%

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

El presente capítulo desarrolla una propuesta orientada a la optimización del proceso Gestión de Inventarios mediante la integración logística y el uso de herramientas tecnológicas, como el sistema ODOO, apoyadas en método de clasificación ABC, el pronóstico de la demanda y la definición de políticas de reposición.

Justificación de la ejecución

La ejecución de la presente propuesta se justifica al necesitar transformar la gestión logística en un proceso sistemático tecnológicamente integrado, que permite corregir las ineficiencias detectadas en el diagnóstico situacional, que afectan a la productividad y rentabilidad de los proyectos de construcción que se ejecutan en la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Como se mencionó en el diagnóstico inicial RM Ingenieros S.A.S. presenta condiciones operativas que evidencian la necesidad de optimizar su sistema de gestión de inventarios y logística interna. De la misma manera, al ser una empresa del sector de la construcción, cuya ejecución de proyectos depende directamente de la disponibilidad oportuna de insumos críticos como cemento, acero y materiales estructurales, cualquier deficiencia en el suministro impacta de manera inmediata en el avance físico de las obras.

RM Ingenieros S.A.S. dispone de las condiciones técnicas y organizacionales necesarias para implementar la propuesta, la disponibilidad de la gerencia es completa para modernizar sus procesos logísticos, lo que asegura la viabilidad práctica del modelo planteado.

Por estas razones, la empresa constituye un escenario pertinente y representativo para la aplicación del sistema de optimización de inventarios propuesto, permitiendo validar su efectividad en un entorno real y generar resultados transferibles a otras organizaciones del sector construcción con problemáticas similares.

La implementación del ERP Oddo permite automatizar el control de inventarios reduciendo los riesgos operativos asociados a la falta de materiales críticos, respondiendo a la necesidad de contar con una herramienta que permita centralizar la información, automatizar los procesos logísticos y mejorar la trazabilidad de los materiales en tiempo real. Como se evidenció en RM Ingenieros S.A.S., el control de inventarios se efectuaba mediante hojas de cálculo y registros manuales, lo que generaba duplicidad de datos,

errores de digitación, falta de visibilidad del stock disponible y demoras en la toma de decisiones. Estas limitaciones impedían una planificación eficiente del abastecimiento y favorecían la ocurrencia de compras urgentes y sobrecostos operativos.

En este contexto, Odoo es una solución adecuada debido a su arquitectura modular, la cual permite integrar en una sola plataforma los procesos de inventario, compras, bodega y obra, garantizando la sincronización de la información entre todas las áreas involucradas. Esta integración facilita el registro automático de entradas y salidas, el cálculo de puntos de reorden, la generación de órdenes de compra y el monitoreo de indicadores logísticos, reduciendo la intervención manual y aumentando la confiabilidad de los datos.

Además, la adopción de indicadores de desempeño permite monitorear las actividades para la toma de decisiones por parte de la gerencia. Partiendo que los indicadores de desempeño constituyen herramientas fundamentales para transformar la gestión empírica ya que permiten evaluar de manera sistemática variables críticas como la rotación de inventarios, la exactitud de los registros, los tiempos de reposición, el nivel de cumplimiento de entregas y los costos logísticos.

Desarrollo y Seguimiento

Para asegurar que el modelo de optimización de inventarios funcione correctamente, se propone un plan de desarrollo y seguimiento que permita aplicarlo de forma progresiva y evaluar sus resultados sin afectar las operaciones normales de la empresa.

La implementación se realizará por etapas: primero la configuración del sistema, luego una simulación de funcionamiento, posteriormente la aplicación en un proyecto piloto y, finalmente, el seguimiento de los resultados.

En cuanto al método de evaluación, se aplicará un enfoque comparativo antes y después, en el cual se tomarán como referencia los indicadores obtenidos en el diagnóstico inicial y se compararán con los resultados posteriores a la implementación del modelo. Esta evaluación se complementará con la aplicación de un piloto controlado, que permitirá observar el funcionamiento del sistema en un entorno real antes de su implementación total.

Fases de la implementación de la propuesta

La metodología de implementación de la propuesta se estructura en fases secuenciales que permiten aplicar de manera progresiva el modelo de optimización de inventarios

mediante integración logística en RM Ingenieros S.A.S. como se describen a continuación:

- Fase 1. Preparación y levantamiento de información
En esta fase se realiza la recopilación y validación de la información necesaria para la implementación del modelo. Se identifican los materiales de obra gris utilizados en los proyectos, se revisan los registros históricos de consumo y se analiza la información disponible en el sistema ODOO. Asimismo, se definen los responsables de cada proceso y se establecen los lineamientos generales para la gestión de inventarios, asegurando el compromiso de las áreas de compras, bodega y obra.
- Fase 2. Clasificación ABC y definición de políticas de inventario
Con la información recopilada, se aplica la metodología ABC para clasificar los materiales según su impacto económico y operativo. A partir de esta clasificación, se establecen políticas diferenciadas de control, priorizando los materiales de Clase A. En esta fase se definen los niveles mínimos de inventario, los puntos de reorden y las cantidades de reposición, considerando el cronograma de obra y la demanda estimada.
- Fase 3. Configuración del sistema ODOO
En esta fase se configura el sistema ODOO para soportar el modelo propuesto. Se parametrizan los módulos de inventarios y compras, incorporando las reglas de abastecimiento y las políticas de reposición definidas previamente. Asimismo, se establece un registro unificado de entradas y salidas de materiales y se configuran alertas para el control de stock de los materiales críticos.
- Fase 4. Capacitación y estandarización de procesos
Se capacita al personal involucrado en la gestión de inventarios y logística, enfocándose en el uso adecuado del sistema ODOO y en la aplicación de los procedimientos estandarizados. Se formalizan los roles y responsabilidades, especialmente del personal encargado de bodega y compras, con el fin de garantizar la correcta ejecución del modelo y la actualización oportuna de la información.
- Fase 5. Implementación piloto y seguimiento

La implementación del modelo se realiza inicialmente de manera piloto en un proyecto de construcción seleccionado. Durante esta fase se monitorea el desempeño del sistema mediante indicadores de gestión, tales como disponibilidad de materiales, frecuencia de compras urgentes y rotación de inventarios. La información obtenida permite identificar ajustes necesarios antes de la implementación total.

- Fase 6. Evaluación y mejora continua
Finalmente, se evalúan los resultados de la implementación del modelo comparando la situación inicial con los resultados obtenidos en la fase piloto. Con base en esta evaluación, se proponen acciones de mejora continua orientadas a fortalecer la integración logística y optimizar la gestión de inventarios en futuros proyectos.

La metodología de implementación propuesta permite aplicar de manera estructurada el modelo de optimización de inventarios, considerando los resultados que se obtienen en cada etapa, como se aprecia en la Tabla No.47 y en la Figura 23.

Tabla No. 47: Etapas de la metodología propuesta.

Fase	Actividad principal	Duración estimada	Periodo	Responsables	Producto / Entregable
Fase 1	Preparación y levantamiento de información	2 semanas	Mes 1	Jefe de obra, Bodeguero, Maestro mayor	Base de datos validada de materiales, consumos y existencias
Fase 2	Clasificación ABC y definición de políticas de inventario	1 semana	Mes 1	Gerente de proyecto	Matriz ABC y políticas de reposición definidas
Fase 3	Configuración del sistema ODOO	2 semanas	Mes 2	Jefe de obra	ODOO parametrizado con reglas de abastecimiento
Fase 4	Capacitación y estandarización de procesos	1 semana	Mes 2	Jefe de obra	Personal capacitado y procedimientos estandarizados
Fase 5	Implementación piloto y seguimiento	4 semanas	Mes 3	Jefe de obra	Resultados del piloto y medición de indicadores
Fase 6	Evaluación y mejora continua	2 semanas	Mes 4	Gerente de proyecto	Informe de evaluación y acciones de mejora

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Fase	Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Fase 1	Preparación y levantamiento	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■								
Fase 2	Clasificación ABC		■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■							
Fase 3	Configuración Odoo			■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■					
Fase 4	Capacitación					■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■				
Fase 5	Implementación piloto						■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■		
Fase 6	Evaluación y mejora								■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■

Figura No. 23: Diagrama de Gantt Fases de implementación y seguimiento

Elaborado por: La autora propone la mejora del proceso para la empresa RM Ingenieros S.A.

Simulación del ERP ODOO

La simulación del ERP ODOO se realizó con el propósito de evaluar el comportamiento del modelo de optimización de inventarios propuesto, para ello, se configuraron reglas de abastecimiento, niveles de stock y políticas de reposición basadas en la clasificación ABC, utilizando datos simulados de consumo y tiempos de entrega.

Los datos presentados en el sistema corresponden a información simulada con fines académicos, utilizada para representar el funcionamiento del modelo propuesto. No se incluyen datos sensibles ni información confidencial de la empresa, garantizando el cumplimiento de principios de seguridad y privacidad de la información.

Además, se realizaron pruebas de simulación utilizando datos históricos de demanda, con el fin de evaluar el comportamiento del sistema ante distintos escenarios de consumo y reposición. Esta etapa permitió verificar el correcto cálculo de alertas de compra, generación automática de órdenes y actualización de inventarios, minimizando riesgos antes de la implementación real, se realizó los siguientes pasos:

- Paso 1: Definir el alcance de la simulación

Se selecciona el proyecto tipo (obra gris), en un periodo de simulación de 1 mes, además se define los materiales clave como: cemento, varilla corrugada y bloques de hormigón y los campos que se requieren para la descripción del producto, cómo se presentan en Tabla No.48.

Tabla No. 48: Descripción de campos del sistema ERP Odoo

Campo	Descripción	Función en la gestión
Producto	Nombre del material	Identifica el insumo en inventario
Tipo de producto	Almacenable / consumible	Define cómo se gestiona el material
Unidad de medida	kg, m ³ , unidades	Permite cuantificar el inventario
Precio	Valor unitario del material	Apoya en el control de costos
Categoría	Clasificación del producto	Facilita organización y análisis
Cantidad disponible	Stock actual	Permite tomar decisiones de reposición
Proveedor	Empresa que suministra	Apoya la gestión de compras

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

- Paso 2: Cargar datos del inventario en el simulador ODOO

A diferencia de la situación actual, donde el control de inventarios se realizaba de manera manual y sin parámetros definidos, la propuesta introduce un sistema automatizado que permite establecer reglas claras de abastecimiento y control.

Este cambio permite mejorar la gestión del inventario, reduciendo la incertidumbre en la disponibilidad de materiales, evitando quiebres de stock y disminuyendo la necesidad de compras urgentes. Además, se espera optimizar la planificación de compras y mejorar la coordinación entre las áreas de bodega, compras y obra.

En el módulo de Inventario se realiza la creación de los productos incorporando variables clave como el consumo promedio diario y el tiempo de entrega del proveedor. A partir de esta información y considerando la clasificación ABC, se definen parámetros de control como el stock inicial, stock mínimo, punto de reorden y stock de seguridad, tal como se presenta en la Figura No. 24.

The screenshot displays the ODOO web interface for creating a new product. The browser address bar shows a URL from 'mr.inovandu.com'. The top navigation bar includes 'Inventario', 'Información general', 'Operaciones', 'Productos', 'Reportes', and 'Configuración'. Below this, a toolbar contains buttons for 'Nuevo', 'Productos', 'Precios adicionales', 'Documentos', 'A la mano', 'Promotado', 'Entrada', 'Salida', 'Reglas de reordenamiento', 'Reglas de almacenamiento', and 'Comprado'. The main form is titled 'Actualizar cantidad', 'Reabastecer', and 'Imprimir etiquetas'. The product name is 'Cemento'. There are checkboxes for 'Se puede vender', 'Se puede comprar' (checked), and 'Puede ser un gasto'. The form is divided into tabs: 'Información general', 'Atributos y variantes', 'Compras', 'Inventario', and 'Contabilidad'. The 'Información general' tab is active, showing fields for 'Tipo de producto' (Producto almacenable), 'Política de facturación' (Cantidad ordenada), 'Unidad de medida' (kg), 'UdM de compra' (kg), 'Precio de venta' (\$ 0,16), 'Impuestos del cliente' (IVA 15% (411, B) X), 'Costo' (\$ 0,00 por kg), 'Categoría del producto' (All / Construcción), 'Referencia interna' (PT0001), and 'Código de barras'. A sidebar on the right shows a message from 'Administrator' stating 'Producto creado'.

Figura No. 24: Carga de inventario simulador ODOO.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

- Paso 3: Simular movimientos de inventario en el ODOO

En este paso se simula el cambio de compras urgentes a compras planificadas, para ello, se activa reglas de reabastecimiento, se asocia al proveedor por material y se define cantidades de reposición automáticas.

A diferencia de la situación actual, en la que las compras se realizaban de forma reactiva ante la falta de materiales, la propuesta permite anticipar las necesidades de abastecimiento mediante parámetros previamente definidos.

Este cambio permite mejorar la gestión de compras, reduciendo la frecuencia de adquisiciones urgentes, optimizando los costos y asegurando la disponibilidad oportuna de los materiales en obra. Además, se espera una mejor coordinación con los proveedores y una mayor eficiencia en la planificación logística, cómo se presentan en la Figura No.19.

- Paso 4: Simular movimientos de inventario en ODOO

Se procede a realizar la simulación del flujo real del proceso mejorado, considerando el periodo simulado se realiza el registro de salidas diarias hacia obra (consumo simulado) y recepciones automáticas cuando se alcanza el punto de reorden, para ello, se usa el código de barras / QR, cómo se presentan en la Figura No.25.

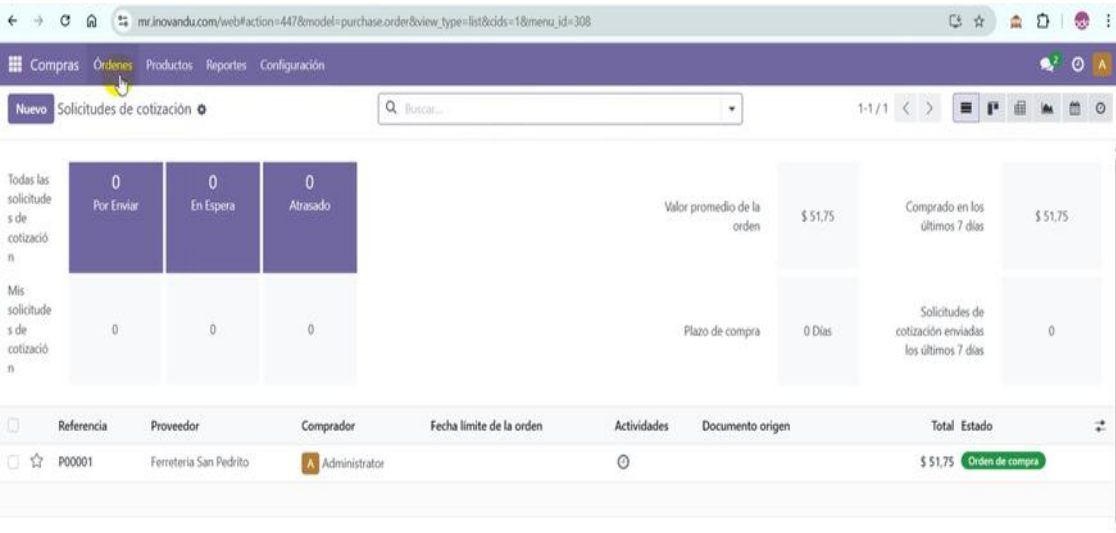


Figura No. 25: Movimientos inventario simulador ODOO.

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Considerando lo anterior, la implementación piloto del modelo se realizará en un proyecto específico de obra gris de la empresa, enfocado en la gestión de materiales críticos clasificados como tipo A (cemento, acero y bloques).

El alcance del piloto comprende las actividades de registro de movimientos de inventario (entradas, salidas y transferencias), control de stock en bodega y generación automática de órdenes de compra a través del sistema Odoo.

El periodo de ejecución del piloto será de aproximadamente 4 a 6 semanas, durante las cuales se aplicarán las políticas de reposición definidas y se utilizará el sistema ERP como herramienta principal de control.

Implementación piloto

Una vez validado el funcionamiento del sistema, se ejecutó una prueba piloto en la bodega en un proyecto específico de obra, aplicando el modelo de control digital, reposición automática y registro mediante códigos QR, se pudo evaluar la aceptación del personal, identificar ajustes necesarios y medir el desempeño operativo en condiciones reales.

Con la implementación del proceso mejorado de logística interna se pudo transformar la gestión en el proceso de Gestión de Inventarios de la empresa constructora RM Ingenieros S.A.S. hacia un esquema integrado y orientado al control.

Se presenta a continuación en la Figura No.26 el análisis de la capacidad instalada donde se refleja la disminución del tiempo al incorporar en el proceso el ERP ODDO.

Figura No. 26:Análisis de la capacidad instalada situación mejorada.

RM Ingenieros S.A.S.		Proceso: Gestión de Inventario					Situación: Mejorada		
		Objeto: Asegurar la disponibilidad oportuna de materiales mediante un control eficiente del inventario, reduciendo compras urgentes y sobrecostos en los proyectos constructivos.							
Tareas	Tipo de actividades					Tiempo en minutos			Responsable
						Tiempo de proceso real	Tiempo de demora	Total tiempo	
1. Planificar compra de materiales en función del cronograma de la obra						240	10	250	Gerente de
2. Verificar existencias en bodega mediante sistema ODOO						120	10	130	Jefe de Obra
3. Realizar verificación física						5	1	6	Bodeguero
3.1. ¿Hay stock? Si						5	1	6	Jefe de Obra
3.2. ¿Hay stock? No						15	5	20	Jefe de Obra
4. Realizar orden de entrega de materiales						15	5	20	Jefe de Obra
5. Generar orden de compra en ODOO						15	5	20	Jefe de Obra
6. Seleccionar proveedor estratégico						10	2	12	Jefe de Obra
7. Programar entrega						10	2	12	Jefe de Obra
8. GESTION DE VENTA PROVEEDORES						480	0	480	Jefe de Obra
9. Recibir materiales y facturas						120	10	130	Bodeguero
10. Registrar recepción en ODOO						30	10	40	Bodeguero
11. Etiquetar materiales QR						30	10	40	Bodeguero
12. Ubicar y almacenar según criterio técnico						180	20	200	Bodeguero
13. Generar solicitud interna de materiales desde obra (en ODOO)						15	5	20	Bodeguero
14. Preparar despacho en bodega						60	10	70	Bodeguero
15. Registrar salida en ODOO						15	5	20	Bodeguero
16. Recibir y confirmar recepción en obra						10	5	15	Maestro Mayor
Tiempo total						1375	116	1491	17,60 Dias
Tiempo total de ciclo						1491			
Eficiencia en el tiempo % (Tiempo real/tiempo de ciclo)*100						92%			
Ineficiencia en el tiempo % (Tiempo de Demora / Tiempo de ciclo) *100						8%			

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Ecuación No. 22: Capacidad del proceso actual

$$\text{Capacidad del proceso actual} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo del ciclo}}$$

$$\text{Capacidad del proceso actual} = \frac{480}{1491}$$

$$\text{Capacidad del proceso actual} = 0,32 \text{ ciclos/día}$$

Con la implementación del nuevo proceso se mejoró la gestión entre la planificación, abastecimiento y despacho a obra, permitiendo la actualización de la información en tiempo real y una mejor sincronización de las actividades logísticas. La capacidad del proceso se incrementa a 0.32 ciclos por día, reduciendo el tiempo de ejecución a aproximadamente 3 días por ciclo, lo que demuestra una mejora significativa en la productividad y en la capacidad de respuesta del sistema logístico.

Logrando una reducción en los tiempos de respuesta para el abastecimiento de materiales y una mayor fluidez en la entrega de insumos hacia obra, lo que contribuyó a disminuir tiempos improductivos y a mejorar el cumplimiento de los cronogramas establecidos.

Seguimiento y control del desempeño

Para asegurar la sostenibilidad del modelo, se estableció un esquema de seguimiento continuo basado en indicadores clave de desempeño (KPI), los cuales permiten medir la eficiencia del sistema logístico, detectar desviaciones y aplicar acciones correctivas oportunas.

Este seguimiento se centra en indicadores previamente definidos en el Cuadro de Mando Integral, tales como la exactitud del inventario, la rotación de inventarios, el nivel de servicio, la frecuencia de compras urgentes y los costos logísticos, los cuales permiten evaluar de manera integral el desempeño del modelo propuesto, como se presenta la Figura No.27.

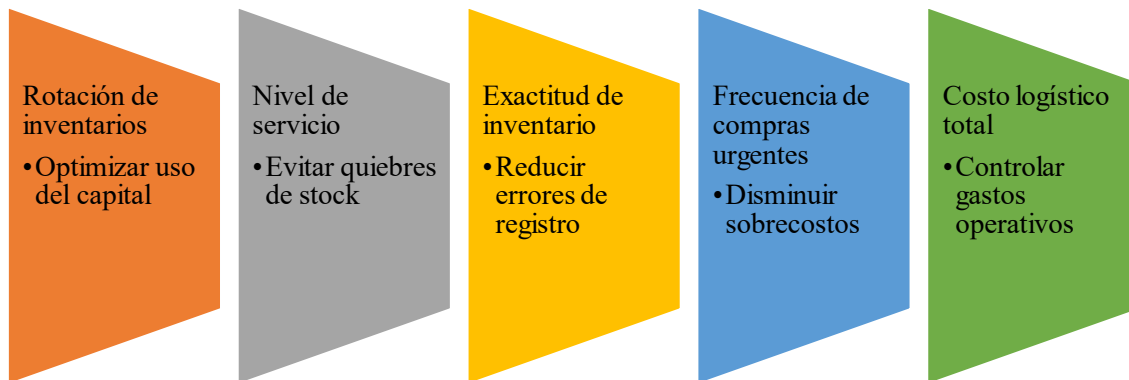


Figura No. 27: Indicadores monitoreados

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

La medición de estos indicadores se realizará de forma periódica, principalmente mensual, utilizando la información generada por el sistema Odoo, lo que facilitará el control continuo del inventario y la toma de decisiones basada en datos.

Resultados obtenidos

Con el fin de evaluar el impacto de la propuesta de optimización de inventarios mediante la mejora del proceso, los resultados obtenidos evidencian avances significativos en la precisión de los registros, la reducción de compras urgentes y la mejora en la disponibilidad de materiales, confirmando la viabilidad técnica y operativa de la propuesta, donde la simulación en Odoo tuvo como logros observados:

- Automatización del 100% de registros de entrada y salida
- Generación automática de órdenes de compra
- Visualización en tiempo real del stock

Análisis Estadístico

Con el propósito de evaluar objetivamente el impacto de la propuesta de optimización de inventarios, se realizó un análisis estadístico comparativo entre la situación inicial y los resultados obtenidos durante la fase piloto de implementación. Este análisis permitió cuantificar las mejoras alcanzadas y verificar si los cambios observados responden a la aplicación del modelo logístico y no a variaciones aleatorias del proceso.

Para ello, se emplearon técnicas de estadística descriptiva con los indicadores clave como exactitud de inventario, porcentaje de compras urgentes, tiempos de reposición y rotación de inventarios. Posterior se realiza el cálculo de promedios para determinar el comportamiento general de los indicadores, y la desviación estándar para analizar la

variabilidad de los datos antes y después de la implementación, cómo se presentan en la Tabla No.49 y No.50.

Tabla No. 49: Datos obtenidos antes de la implementación

Obs.	Exactitud (%)	Compras urgentes (%)	Tiempo reposición (días)	Rotación inventario
1	70	32	6.5	2
2	75	28	6	2.2
3	68	35	6.8	2.1
4	72	30	5.5	2
5	74	29	6.2	2.3
6	73	31	5.8	2
Media	72%	30%	6.1	2.1

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Tabla No. 50: Datos obtenidos después de la implementación

Obs.	Exactitud (%)	Compras urgentes (%)	Tiempo reposición (días)	Rotación inventario
1	94	14	4.2	3.6
2	96	10	3.8	3.9
3	95	12	4	3.7
4	93	13	4.1	3.8
5	97	11	3.9	4
6	95	12	4	3.8
Media	95%	12%	4	3.8

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Los datos presentados corresponden a mediciones realizadas antes y durante la fase piloto de implementación del modelo. A partir de estos valores, se calculó la media aritmética de cada indicador, lo que permitió obtener una medida representativa del comportamiento del sistema en ambos escenarios, como se evidencia la Tabla No.51.

Tabla No. 51: Resultados promedio

Indicador	Antes (media)	Después (media)	Variación
Exactitud inventario	72%	95%	23%
Compras urgentes	30%	12%	-60%
Tiempo reposición (días)	6	4	-33%
Rotación inventario	2.1	3.8	81%

Elaborado por: La autora adaptado al plan piloto de la empresa RM Ingenieros S.A.S. Con el propósito de analizar la variabilidad de los datos obtenidos en los indicadores de gestión de inventarios, se utilizó la desviación estándar como medida estadística complementaria al promedio. Este indicador permite identificar qué tan dispersos se encuentran los valores respecto a la media, facilitando la evaluación de la estabilidad del proceso antes y después de la implementación del modelo, aplicando la ecuación No.21.

Ecuación No. 23 Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{media})^2}{n}}$$

En este sentido, una menor desviación estándar refleja un comportamiento más uniforme y controlado del sistema, lo que indica una mejora en la gestión del inventario, en la tabla No.52 se presenta los resultados obtenidos.

Tabla No. 52: Calculo de la desviación estándar

Indicador	Desviación estándar
Exactitud inventario	2.4
Compras urgentes	2.4
Tiempo de reposición	0.43
Rotación inventario	0.12

Elaborado por: La autora adaptado al plan piloto de la empresa RM Ingenieros S.A.S. Se observa que existe variabilidad en los datos, especialmente en indicadores como exactitud y compras urgentes, lo que evidencia inestabilidad en el control del inventario. El análisis estadístico valida la efectividad de la propuesta, demostrando mejoras significativas en la precisión del inventario, reducción de compras urgentes y optimización del desempeño logístico, con estos resultados se respalda cuantitativamente la viabilidad técnica y operativa del modelo de integración logística implementado en RM Ingenieros S.A.S.

Evaluación de la ejecución

La ejecución de la propuesta puede considerarse satisfactoria, al evidenciar mejoras cuantificables en la eficiencia logística, reducción de costos y confiabilidad del inventario.

El sistema mostró un funcionamiento estable durante la fase piloto, generando alertas oportunas de reposición, registros automáticos de movimientos y visualización inmediata del stock disponible. Esto permitió una mejor coordinación entre bodega, compras y obra, reduciendo tiempos de respuesta.

No obstante, durante la implementación se identificaron algunos desafíos iniciales, tales como la resistencia al cambio por parte del personal, la necesidad de capacitación adicional en el uso del sistema y ajustes en la parametrización de ciertos materiales.

Análisis comparativo

Se realizó un análisis comparativo entre la situación actual y la situación posterior a la implementación del modelo propuesto, para contrastar los tiempos reales de ejecución, los tiempos de demora y los niveles de eficiencia del proceso, proporcionando una visión clara de los cambios obtenidos.

Los resultados del proceso de gestión de inventario, los cuales permiten evidenciar el efecto de la integración logística y del uso de herramientas tecnológicas en la reducción de tiempos improductivos y en la mejora del desempeño operativo, cómo se presentan en la Tabla No. 53 y en la Figura No.28.

Tabla No. 53: Análisis comparativo

Situación	Tiempo real (min)	% eficiencia	Tiempo demora (min)	% ineficiencia	Tiempo total (min)
Actual	4.205	53%	3.725	47%	7.93
Mejorada	1.375	92%	0.116	8%	1.491
Variación (%)	-67%	39%	-97%	-83%	-81%

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

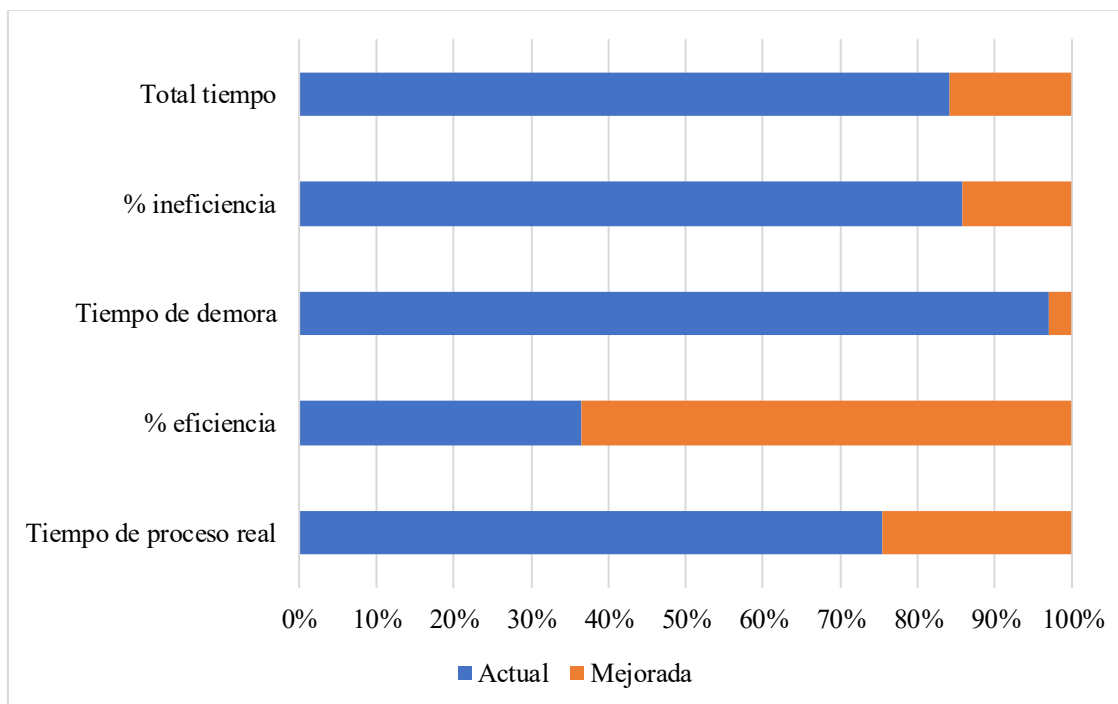


Figura No. 28: Análisis estadístico

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

El análisis comparativo entre la situación actual y la situación mejorada del proceso de Gestión de Inventarios evidencia una mejora sustancial en la eficiencia operativa tras la implementación del modelo propuesto.

En la situación inicial, el proceso presentaba un 53% de eficiencia, con un 47% del tiempo total dedicado a demoras, lo que reflejaba un enfoque reactivo caracterizado por esperas, reprocesos y deficiencias en la coordinación logística.

Luego de la implementación del proceso mejorado, el tiempo total del proceso se redujo de 7.930 a 1.491 minutos, lo que representa una disminución aproximada del 81 % en el tiempo total de operación.

Asimismo, la eficiencia del proceso aumentó de manera significativa hasta alcanzar el 92%, mientras que la ineficiencia se redujo al 8%, evidenciando una notable optimización de los flujos logísticos.

Estos resultados confirman que la integración de la planificación de materiales, el control de inventarios y el uso del sistema ODOO permitió eliminar tiempos improductivos asociados a compras urgentes, demoras en la verificación de stock y falta de coordinación entre áreas.

Evaluación económica

La evaluación económica de la propuesta tiene como finalidad determinar la viabilidad financiera de la implementación del modelo de optimización de inventarios mediante integración logística.

Para ello, se estimaron los costos asociados a la adquisición de herramientas tecnológicas, capacitación del personal, adecuaciones operativas y puesta en marcha del sistema ERP, así como los beneficios económicos derivados de la reducción de compras urgentes, disminución de sobrestock, menor capital inmovilizado y optimización de los procesos logísticos, cómo se presentan en la Tabla No.54.

Tabla No. 54: Evaluación económica

Categoría	Concepto	Tipo	Valor
Implementación tecnológica	Licencias y configuración ERP Odoo	Costo	\$1,200.00
	Equipos QR/lectores y etiquetado	Costo	\$800.00
	Capacitación del personal	Costo	\$600.00
	Parametrización y consultoría	Costo	\$1,000.00
	Materiales y adecuaciones operativas	Costo	\$200.00
Total inversión inicial			\$3,800.00
Beneficios operativos	Reducción de compras urgentes	Ahorro	\$2,500.00
	Disminución de sobrestock	Ahorro	\$2,000.00
	Reducción de pérdidas/mermas	Ahorro	\$1,000.00
	Mejora de eficiencia operativa	Ahorro	\$1,500.00
Total ahorro estimado anual			\$7,000.00

Elaborado por: La autora adaptado de base de datos 2023-2024 de la empresa RM Ingenieros S.A.S.

Con el propósito de evaluar la viabilidad económica de la propuesta de optimización de inventarios, se realizó un análisis costo–beneficio que permite identificar la relación entre la inversión requerida y los ahorros generados por la implementación del modelo, mediante la ecuación No.22 y No.23.

Ecuación No. 24: Beneficio neto

$$\text{Beneficio neto} = \text{Ahorros} - \text{Costos}$$

$$\text{Beneficio neto} = \$7,000.00 - \$3,800.00$$

$$\text{Beneficio neto} = \$3,200.00$$

Ecuación No. 25: Relación Costo beneficio

$$\text{Relación Costo Beneficio} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

$$\text{Relación Costo Beneficio} = \frac{\$7,000.00}{\$3,800.00}$$

$$\text{Relación Costo Beneficio} = 1.84$$

Además, se emplea para calcular el periodo de recuperación de la inversión (Payback), el cual permite estimar el tiempo necesario para que los beneficios económicos generados por la implementación del modelo compensen la inversión inicial realizada, aplicando la ecuación No.24.

Ecuación No. 26: Costo de mantenimiento

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Ahorro anual}}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{3.800}{7.000}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 0,54 \text{ años}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = 6.5 \text{ meses}$$

La propuesta aplicada a RM Ingenieros S.A.S., respecto a la implementación de la integración logística al tener un periodo de recuperación de 6.5 meses se puede determinar que la inversión es recuperable en el corto plazo y el proyecto genera beneficios económicos sostenibles para la empresa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El diagnóstico de los suministros críticos mediante el levantamiento de información y la aplicación de la clasificación ABC permitió identificar que un grupo reducido de materiales concentra la mayor incidencia económica y operativa dentro del proyecto de construcción. Los insumos clasificados como Clase A requieren un mayor nivel de control y prioridad logística, ya que cualquier deficiencia en su gestión genera impactos directos en los costos, en la continuidad de la obra y en la necesidad de realizar compras urgentes. En particular, el cemento y el hierro en barras representan de manera conjunta el 45,27% del costo total del inventario, lo que confirma su carácter crítico en la etapa de obra gris representando costos altos al no contar con el aprovisionamiento esperado, como se evidencia en la Tabla No.5 de los indicadores de gestión del inventario, de la misma manera en la Tabla No.28 se aprecian los retrasos operativos que tiene la constructora y en la Figura No.10 como se encuentra el análisis de la capacidad instalada.
- La falta de integración entre la gerencia de proyectos, bodega y obra, denoto las debilidades en el control de entradas y salidas, como también registros de inventario desactualizados, demoras en la verificación de stock, lo que ha derivado en compras urgentes, sobrecostos y retrasos en la ejecución de los proyectos, así se expone en los resultados obtenidos en la Tabla No.14. Se evidencia la necesidad de mejorar el proceso de Gestión de Inventario mediante la estandarización de actividades y centralizar los procesos operativos y administrativos de la constructora, para ello se propone el sistema ODoo con una propuesta de módulos como se detalla en la Tabla No.33.
- La simulación de un modelo de optimización de inventarios en el sistema ODOO, basado en la metodología ABC, demostró que es posible mejorar significativamente la disponibilidad de materiales críticos y se espera poder mejorar el proceso como se evidencia en la Figura No.22. Por lo tanto, la aplicación de este modelo permite anticipar las necesidades de reposición, reducir

la dependencia de compras urgentes y fortalecer la planificación del abastecimiento, siendo viable técnicamente su aplicación, como se aprecian en la tabla comparativa Tabla No.52 de los resultados del plan piloto. A partir de esta evaluación como se evidencia en la Tabla No.53, que resulta rentable para la empresa y contribuye a la optimización de los recursos y a la sostenibilidad de las operaciones.

Recomendaciones

- A partir de los resultados del análisis ABC, se recomienda que la empresa adopte esta metodología como base técnica para la toma de decisiones en la gestión de inventarios, enfocando los controles más estrictos en los materiales clasificados como Clase A. Por tanto, se sugiere realizar un seguimiento de revisiones periódicas de consumo y ajustes en función de las variaciones del cronograma de obra.
- Considerando las inefficiencias identificadas en los flujos logísticos y en el uso del sistema ODOO, se recomienda optimizar la configuración y utilización de esta herramienta como eje central del control de inventarios. Asimismo, es de gran importancia definir roles específicos para la gestión de inventarios dentro del ERP (ODOO), lo que permitirá mejorar la trazabilidad y reducir las discrepancias entre el inventario físico y el registrado.
- Se sugiere establecer puntos de reorden y niveles mínimos de stock para los materiales críticos, así como definir proveedores estratégicos que aseguren continuidad en el suministro. Por lo que se sugiere que la implementación debe ser acompañada de un seguimiento continuo mediante indicadores de desempeño, con el fin de evaluar su impacto y realizar ajustes que permitan consolidar el modelo en el tiempo.
- Se recomienda fortalecer la gobernanza de datos dentro del sistema Odoo, mediante la definición clara de roles y permisos de acceso para cada usuario, asegurando que solo el personal autorizado pueda registrar, modificar o validar la información del inventario. Asimismo, es importante implementar mecanismos de auditoría que permitan rastrear los cambios realizados en el sistema, garantizando la transparencia y confiabilidad de los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, F., & Pérez, D. (2024). Optimizando la Teoría General de Sistemas: Un Enfoque Centrado en la Planificación. *Ciencia y Tecnología Revista Científica Multidisciplinar*, 24(41), 1-17. doi: <https://doi.org/10.47189/rcct.v24i41.640>
- Arrasco, Y., & Trejo, K. (2018). *Plan de requerimiento de materiales y productividad, empresa Importaciones y Exportaciones Felles EIRL Santa María 2015*. Huacho-Perú: Universidad Nacional.
- Banco Mundial. (6 de Junio de 2017). *Informe sobre el Programa de Comparación Internacional preparado por el Banco Mundial*. doi:<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/730631487091778609-0050022017/original/14Chapter13pdf>
- Bureau of Labor Statistics U.S. (2 de Diciembre de 2024). *Producer Price Indexes*. Obtenido de Experimental satellite inputs to industry price indexes: <https://www.bls.gov/ppi/input-indexes/>
- Campos, X., & Campos, J. (2024). Optimización de la gestión de inventarios y procedimientos en el departamento de compras y almacenes: Un estudio de caso en empresa papelera del Ecuador. *Ciencia Latina*, 8(6), 923-935. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.14862
- Castillo, R., Domínguez, J., & Jiménez, L. (2022). Situación actual de la gestión de materiales de construcción en el ámbito internacional. *Revista Ingeniería de Construcción*, 37(1), 79-90. doi:<http://dx.doi.org/10.7764/ric.00020.21>
- Celi, D., Mendiola, N., & Cabrera, E. (2024). Mejora en la gestión de abastecimiento, planeamiento y control de la producción a través de las herramientas material requirements planning y master production schedule en una mype dark kitchen. *Ingeniería Industrial*(46), 84-103. doi:<https://doi.org/10.26439/ing.ind2024.n046.6875>
- Corella, L., & Olea, J. (2023). Desarrollo de un sistema de control de inventario para una empresa comercializadora de sistemas de riego. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 24(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.006>
- De la Peña, G., & Velásquez, R. (2019). Algunas reflexiones sobre la teoría general de sistemas y el enfoque sistémico en las investigaciones científicas. *Revista Cubana*

- de *Educación Superior*, 37(2), 31-44. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rces/v37n2/rces03218.pdf>
- Domínguez, S., Rodríguez, A., Rodríguez, C., García, S., & Campaña, W. (2023). Gestión de almacenamiento y su efecto en el Control de Inventario en la Empresa Imporpalac S.A. *Revista Científica Multidisciplinar*, 4(1), 50-62. doi:<https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/78>
- Frank, A., Skarbum, F., & Cueto, M. (2019). Desde las fuentes: aprovisionamiento y circulación de materias primas en perspectiva regional. *Chungará Revista de Antropología Chilena*, 50(2), 199-200. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/chungara/v50n2/0717-7356-chungara-50-02-00199.pdf>
- García, M., & San Andrés, E. (2021). Diseño de un sistema de gestión por procesos para el manejo de inventarios. Caso: Ferretería Quiroz. *Revista científica multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 5(9), 180-203. doi:<https://doi.org/10.46296/yc.v5i9edespsoct.0118>
- González, F. (2023). *Modelos estocásticos de inventarios*. Granada : Editorial Neogranadina.
- Grupo ACS. (2023). *Informe Integrado del Grupo ACS*. Madrid: Actividades de Construcción y Servicios. Obtenido de https://www.grupoacs.com/ficheros_editor/File/03_accionistas_inversores/03_informe_anual/2023/INFORME%20INTEGRADO%202023.pdf?utm_source
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones (7ª ed.)*. México: Pearson Educación.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Principios de administración de operaciones (10ª ed.)*. México: Pearson Educación.
- Jaime-Baque, M., & Pacheco-Almendariz, K. (2025). Control de inventario y su incidencia en la rentabilidad. *Revista científica multidisciplinaria arbitrada Yachasun*, 9(16), 1591-1602. doi:<https://doi.org/10.46296/yc.v9i16.0663>
- Kaplan, R. S. (1996). *The balanced scorecard: Translating strategy into action*. . Boston: Harvard Business School Press.

- Lara, O., Mijangos, J., & Rincón, O. (2024). La importancia de la cadena de suministros en las empresas. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *V*(5), 2456-2473. doi:<https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2791>
- Lombeida, V., & Conforme, J. (2025). Influencia de la planificación logística en la calidad del servicio al cliente en la cadena de suministro, la Casa del Toldo, Santo Domingo, 2024. *Código Científico Revista de Investigación*, *6*(E1), 1716-1746. doi:<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/792>
- López, L. (2022). *Logística de aprovisionamiento internacional y su incidencia en la productividad de la empresa colombiana*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Manrique, M., Teves, J., Taco, A., & Flores, J. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana de Gerencia*, *24*(88), 1136-1146. doi:<https://doi.org/10.37960/revista.v24i88.30168>
- Moreno, K., & Bonilla, D. (2019). Logística y control de stock. Caso de estudio en librerías y papelerías. *Revista Venezolana de Gerencia*, *24*(88), 1304-1315. Retrieved from <https://doi.org/10.37960/revista.v24i88.30180>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial y métodos de trabajo (12ª ed.)*. México: McGraw-Hill.
- O'Brien, J. A., Marakas, G. M., & Behl, R. (2022). *Management information systems (12th ed.)*. . Ohio: McGraw-Hill Education.
- Object Management Group. (2013). *Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0.2*. . Massachusetts: OMG.
- Orbegoso, M. (2020). *Procesos de aprovisionamiento para mejorar la gestión de inventarios de la empresa almacenera Huancar S.A*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7616>
- Padrón, J., Coronado, J., Caicedo, W., Mercado, N., & Ospino, F. (2020). Planificación de requerimientos de materiales por medio de la aplicación de un algoritmo basado en enjambre de partículas. *Revista Espacios*, *38*(14), 1-9.
- Pajares, D. (24 de Diciembre de 2021). *Repositorio Universidad de Lima*. Obtenido de El impacto en la gestión de la cadena de suministros en las empresas de fabricación de productos metálicos par uso estructural en Santa Ania durante los años 2020-2021:

- https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/19768/T018_77415037_T.pdf?isAllowed=y&sequence=1&utm_source
- Parra, J., Niño, Y., & Suárez, M. (2021). Reflexiones en torno a la logística de aprovisionamiento: Antecedentes y tendencias. *Ingeniería*, 27(2), 1-19. doi:<https://doi.org/10.14483/23448393.17043>
- Peña, O., & Silva, R. (mayo - agosto de 2016). Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas. *Telos*, 18(12), 187-207. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/993/99345727003.pdf>
- Pérez Fernández de Velasco, J. (2012). *Gestión por procesos (5ª ed.)*. México: ESIC Editorial.
- Quispe, G., & Vargas, A. (2019). *Impacto de la gestión de aprovisionamiento de insumos en la productividad de la microempresa Deligi's*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú. doi:https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UTPD_7fae2ccc4b669588fcf31b8269e09381
- Rendón, M., & Castillo, A. (2022). Metodología para la elaboración de los estudios sobre pronóstico. *Revista Alergia México*, 69(1), 48-55.
- Revista EKOS. (19 de Febrero de 2024). *Expectativas de crecimiento para el sector de la construcción en 2024*. Obtenido de Ekos Construcción: <https://ekosnegocios.com/articulo/expectativas-de-crecimiento-para-el-sector-de-la-construccion-en-2024>
- RM Ingenieros S.A.S. (2025). *Información contable y financiera 2023-2024*. Quito: RM Ingenieros S.A.S.
- Rodríguez, L., Pérez, I., & Núñez, S. (2024). Caracterización del proceso logístico para la toma de decisiones en la Sucursal Emprestur Pinar del Río. *Avances*, 26(1), 18-35. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9269989>
- Rolón, D. (2024). Transformación tecnológica en el modelo de gestión de inventarios en las MIPYMES, revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 3551-3565. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9701
- Romero, S., Sáenz, S., & Pachecho, A. (2021). La gestión de inventarios en las PYMES del sector de la construcción. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1496-1518. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3124/6853>

- Saavedra, J., & Chala, J. (2025). Sistemas de gestión de inventarios y su incidencia en las ventas de la empresa Pintulac Sucursal Santa Martha, Santo Domingo 2024. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E1), 2037-2068. doi:<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/804>
- Solorzano, M., & Mendoza, C. (2022). El control de inventarios y su impacto en la liquidez de la distribuidora "Miguel Sebastián" Manabí-Ecuador 2019-2020. *Digital Publisher CEIT*, 7(3), 158-169. doi:doi.org/10.33386/593dp.2022.3.1102
- Valenzuela, C., Benalcázar, G., & Delgado, Z. (2024). Gestión de inventarios en organizaciones de emprendimiento: Una aproximación teórica. *Prohominum. Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 6(2), 193-204. doi:<https://doi.org/10.47606/acven/ph0242>
- Vargas, J. (2022). Análisis de la Gestión de Abastecimiento en la Logística Hospitalaria. *Revista Científica Anfíbios*, 5(2), 110-125. doi:<https://doi.org/10.37979/afb.2022v5n2.117>
- Vásquez, D. (2023). *Propuesta de mejora del proceso de aprovisionamiento de la empresa Multifoods S.A.C.* Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622542?show=full>
- Villarreal, D., Cevallos, M., Arias, D., & Moya, K. (2022). Optimización de los procesos de logística, su mejora y satisfacción al cliente. *Conciencia Digital*, 5(1.3), 216-233. doi:<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.3.2137>

ANEXOS

Anexo No. 1: Evidencia Orden compra



RM Ingenieros S.A.S.
RUC: 179XXXXXXXX-001
Quito - Ecuador
Teléfono: 02-XXXXXXX

ORDEN DE COMPRA
Nº: OC-001

Fecha: 10/02/2025

Proveedor: Holcim Ecuador S.A.
Av. República del Salvador, Quito
Contacto: ventas@holcim.com

Detalle de materiales:

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Total (USD)
1	Cemento tipo GU	saco	500	8,00	4,000.0
2	Arena lavada	m ³	20	11,00	220.0
3	Ripio triturado 3/4	m ³	15	14,50	217,50
4	Varilla corrugada 12 mm	unidades	300	12,50	3,750.0

Subtotal: 8,187,50

IVA (12%): 982,50

Total: **9,170,00**

Observaciones:

Entrega parcial de materiales en obra ubicada en el sector Sangolquí.

Elaborado por:

Responsable de compras

Jefe de obra

Gerente de proyectos

Observaciones:

Entrega parcial de materiales en obra ubicada en el sector Sangolquí.

Anexo No. 2: Evidencia Registro sistema Excel Orden compra de materiales utilizado en la empresa

Registro Orden de compra de materiales - Excel										
Buscar										
Inicio WPS PDF Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Acrobat										
Compartir										
Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición WPS PDF										
K1										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Nº Orden de Compra	Fecha	Proveedor	Material	Cantidad solicitada	Unidad	Precio unitario (USD)	Total (USD)	Inventario físico disponible en bodega	Estado
1	OC-001	10/2/2025	Holcim Ecuador	Cemento	500	sacos	8,00	4 480	sacos	Recibido parcial
2	OC-002	12/2/2025	Aceros Andinos	Varilla corrugada 12 mm	300	unidades	12,50	3.75	275 unidades	Recibido
3	OC-003	15/02/2025	Áridos del Valle	Arena lavada	90	m³	11,00	990	74 m³	Recibido parcial
4	OC-004	18/02/2025	Bloquera Andina	Bloque 15 cm	2500	unidades	0,85	2.125	2300 unidades	Recibido
5	OC-005	20/02/2025	Construmarket	Ladrillo	3500	unidades	0,18	630	3200 unidades	Recibido
6	OC-006	22/02/2025	Aceros Andinos	Malla electrosoldada	200	m²	6,50	1.3	180 m²	Recibido
7	OC-007	24/02/2025	PVC Ecuador	Tubería PVC 110 mm	40	metros	5,80	232	35 metros	Recibido
8	OC-008	26/02/2025	PVC Ecuador	Conexiones PVC	120	unidades	1,10	132	110 unidades	Recibido
9	OC-009	27/02/2025	Ferretería Central	Alambre galvanizado #18	10	rollos	18,00	180	9 rollos	Recibido
10	OC-010	28/02/2025	Ferretería Central	Clavos 2"-4"	50	kg	2,20	110	45 kg	Recibido
11	OC-011	1/3/2025	Acabados Quito	Cerámica pared 40x40	120	m²	9,50	1.14	0 m²	Pendiente
12	OC-012	2/3/2025	Acabados Quito	Porcelanato nacional	140	m²	13,00	1.82	0 m²	Pendiente
13	OC-013	3/3/2025	Jardinería Verde	Chamba kikuvo	80	m²	3.50	280	75 m²	Recibido

Anexo No. 3: Evidencia Registro manual de materiales utilizado en la empresa

Base de datos inventario - Excel

Buscar

Archivo Inicio WPS PDF Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Acrobat

Calibri 11 A⁺ A⁻

N K S □ ▢ ▣ ▤ ▥ ▦ ▧ ▨ ▩

Fuente Alineación Número

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda

Insertar Eliminar Formato

Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

Create PDF Sign

Compartir

H9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
	Fecha	Material	Unidad	Entrada	Salida	Stock	Observación									
1																
2	2/2/2025	Cemento	kg	1500	-	1500	Compra proveedor									
3	2/2/2025	Hierro en barras	kg	800	-	800	Material estructural									
4	3/2/2025	Ladrillo	u	3000	-	3000	Ingreso a bodega									
5	3/2/2025	Arena	m3	20	-	20	Compra cantera									
6	4/2/2025	Cerámica para pared 40x40	m2	120	-	120	Acabados									
7	4/2/2025	Granito o cuarzo gama media	m3	3	-	3	Mesones									
8	5/2/2025	Ripio triturado 3/4"	m3	15	-	15	Material base									
9	5/2/2025	Madera aserrada	u	60	10	50	Encofrado									
10	6/2/2025	Bondex	saco	40	-	40	Impermeabilización									
11	6/2/2025	Chamba kikuyo	m2	80	-	80	Jardinería									
12	7/2/2025	Pasamano acero niquelado	m	35	-	35	Escaleras									
13	7/2/2025	Muebles MDF o melamina	u	8	-	8	Carpintería									
14	8/2/2025	Adoquín decorativo	m2	60	-	60	Exteriores									
15	8/2/2025	Mezcladora para lavabo	u	12	2	10	Instalación									
16	9/2/2025	Porcelanato nacional	m2	140	-	140	Revestimiento									
17	9/2/2025	Inodoro tanque bajo	u	6	1	5	Instalación sanitaria									
18	10/2/2025	Desagüe PVC 110mm	m	30	10	20	Instalación sanitaria									
19	10/2/2025	Alambre galvanizado #18	rollo	5	1	4	Armado									
20	11/2/2025	Ripio triturado 1/2"	m3	10	-	10	Hormigón									

Sheet1

Anexo No. 4: Entrevista al responsable de bodega sobre el control de inventarios

Empresa: RM Ingenieros S.A.S.

Cargo entrevistado: Bodeguero

Fecha: 15/08/2026

1. ¿La empresa utiliza algún sistema ERP o MRP para gestionar inventarios?

No, el control se realiza en hojas de Excel.

2. ¿Cómo se registran las entradas y salidas de materiales?

Manualmente en un archivo compartido.

3. ¿El sistema permite conocer el stock en tiempo real?

No siempre, porque depende de que se actualice el archivo.

4. ¿Con qué frecuencia se presentan diferencias entre inventario físico y registrado?

Ocasionalmente cuando hay despachos urgentes o retrasos en el registro.

5. ¿Considera necesario implementar un sistema digital de control?

Sí, para mejorar la trazabilidad y evitar faltantes.

Anexo No. 5: Resultados de revisión del sistema de control de inventarios

N.	Criterio de evaluación	Evidencia revisada	Cumple			Observaciones
			SI	Parcial	NO	
1	Existencia de sistema ERP/MRP para control de inventarios	Revisión de herramientas utilizadas			x	Control realizado mediante hojas de cálculo
2	Registro sistemático de entradas y salidas de materiales	Archivo Excel de inventarios		x		Actualización manual dependiente del bodeguero
3	Visibilidad del inventario en tiempo real	Revisión de registros de stock			x	No existe sistema digital integrado
4	Integración entre compras, bodega y obra	Procedimiento de registro de materiales			x	Información compartida de forma manual
5	Control de inventario físico periódico	Verificación física en bodega		x		Se realizan revisiones ocasionales
6	Registro documental de órdenes de compra	Documentos de compras	x			Existen órdenes de compra archivadas
7	Trazabilidad de materiales desde compra hasta uso en obra	Revisión de registros de despacho		x		Falta integración entre documentos
8	Identificación de materiales críticos	Registros de inventario			x	No existe clasificación ABC formal
9	Control de diferencias entre inventario físico y registrado	Comparación inventario físico vs registro			x	Diferencias detectadas en materiales
10	Uso de indicadores de gestión de inventarios	Reportes de inventario			x	No se aplican indicadores logísticos