

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

GESTIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN EN LA INDUSTRIA CARROCERA VARMA S.A.

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Producción y operaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales, producción, identidad, sostenibilidad y tecnologías aplicadas

AUTOR: Eddy Alexander Alvarado Mayorga

TUTOR: Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar, Mg.

Ambato - Ecuador

enero – 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: GESTIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN EN LA INDUSTRIA CARROCERA VARMA S.A, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Eddy Alexander Alvarado Mayorga, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, enero 2026.

Firmado electrónicamente por:
DARWIN SANTIAGO
ALDAS SALAZAR
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Darwin Santiago Aldás Salazar, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: GESTIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN EN LA INDUSTRIA CARROCERA VARMA S.A es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, enero 2026.



Eddy Alexander Alvarado Mayorga

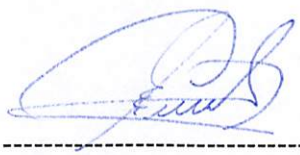
C.C. 1805809181

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, enero 2026.



Eddy Alexander Alvarado Mayorga

C.C. 1805809181

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Eddy Alexander Alvarado Mayorga, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado GESTIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN EN LA INDUSTRIA CARROCERA VARMA S.A nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor Presidente del Tribunal.

Ambato, enero 2026.

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN OSWALDO MAYORGA MAYORGA
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Franklin Oswaldo Mayorga Mayorga, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN GEOVANNY TIGRE ORTEGA
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Franklin Tigre Ortega, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

Firmado electrónicamente por:
DAYSI MARGARITA ORTIZ GUERRERO
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Daysi Ortiz Guerrero, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente proyecto integrador lo dedico primeramente a Dios, por guiarme en cada paso y enseñarme que, con paciencia, esfuerzo y fe, todo es posible. Gracias por permitirme cumplir una meta que un día inicié con ilusión y que hoy se convierte en una realidad.

A mi madre, con profundo cariño y gratitud, por su apoyo y amor incondicional. Gracias por ser parte fundamental de cada uno de mis logros, por sus palabras de aliento y por motivarme siempre a continuar, incluso en los momentos más difíciles. Su presencia y dedicación han sido la fuerza que me impulsa a seguir adelante y tomar las mejores decisiones.

A mi hermano, quien ha sido una guía a lo largo de mi camino, por ser motivo de inspiración y superación por las palabras de aliento y por difundirme el valor de la responsabilidad.

Eddy Alexander Alvarado Mayorga

AGRADECIMIENTO

La finalización del presente trabajo de titulación es uno de mis logros que me enorgullece por ello le doy gracias a Dios, por permitirme ser un hombre de bien y brindarme la sabiduría e inteligencia para seguir con mi camino y convertirme en un mejor se humano.

Un fuerte abrazo a mi madre Toña Mayorga y el mayor reconocimiento de mis logros, siendo mi pilar, por enseñarme el valor de lo material e intelectual, por brindarme de consejos y palabras de aliento, a mi hermano Kevin Alvarado, por estar presente y brindarme su incondicional cariño y apoyo, sin duda han sido las palabras y consejos los que me han convertido en una mejor persona.

A mi hermana y sobrina quien han formado parte de mis días felices y nublados gracias por su presencia y por celebrar cada uno de mis avances.

Además, le doy un agradecimiento a mi tutor quien ha formado parte de mi proceso, por los consejos y ayuda brindada.

INDICE GENERAL DE CONTENIDO

PORTADA ..... **i**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **ii**

AUTORÍA ..... **iii**

DERECHOS DE AUTOR ..... **iv**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO ..... **v**

DEDICATORIA ..... **vi**

AGRADECIMIENTO ..... **vii**

INDICE GENERAL DE CONTENIDO ..... **viii**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **xiii**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xv**

RESUMEN EJECUTIVO ..... **xviii**

ABSTRACT ..... **xix**

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO **1**

1.1 Tema de investigación 1

1.1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 4

1.3 Fundamentación teórica 6

1.3.1 Proceso de fabricación de carrocerías 6

1.3.2 Gestión de Inventarios 11

1.3.3 Modelos de Optimización de inventario 13

1.3.4 EOQ multi-ítem con restricciones.....14

1.3.5 Elementos 17

1.3.6 Modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) 19

1.3.7 Modelos de revisión continua y revisión periódica 19

1.3.8 Análisis ABC y clasificación de inventarios 20

1.3.9 Clasificación XYZ 20

1.3.10 Just in Time (JIT) y gestión esbelta de inventarios.....20

1.3.11 Sistemas MRP y DRP.....20

1.3.15 Gestión de la cadena de suministro 20

1.3.16 Herramientas de Software en la Optimización de Inventarios 21

1.4 Objetivos.....23

1.4.1 Objetivo general.....23

1.4.2 Objetivos específicos.....23

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....24

2.1 Materiales 24

2.2 Métodos.....25

2.2.1 Modalidad de la investigación 25

2.2.2 Población y muestra 25

2.2.3 Recolección de información 26

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos 27

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 28

3.1 Proceso de Fabricación de la Carrocería Urbano City Bus en VARMA S.A 28

3.2 Descripción de materiales utilizados en la producción del Urbano City Bus 29

3.2.2 Materiales de ensamble 29

3.2.3 Materiales de pintura y recubrimiento 29

3.2.4 Componentes eléctricos 30

3.2.5 Materiales de acabados 30

3.3 Descripción de la Empresa 30

3.4 Gestión actual del inventario de materia prima en bodega 32

3.6 Modelos y demanda anual 2024- 2025 37

3.7 Lista de materiales para la construcción de la carrocería seleccionada 37

3.8 Factores que intervienen en la gestión de inventarios dentro de la empresa carrocera 44

3.8.1 Capacidad de Producción 44

3.8.2 Mano de Obra 44

3.8.3 Maquinaria 45

3.9 Clasificación ABC de artículos de materia prima 45

3.10 Materiales seleccionados según la criticidad categoría A 55

3.10.1 Aporte Económico: 58

3.10.2 Criticidad operativa 58

3.10.3 Frecuencia o rotación de consumo 58

3.10.4 Representatividad por familia 58

3.11 Cálculos de las Variables.....59

3.11.1 Demanda Trimestral del material $\boldsymbol{i}$: 59

3.11.2 Costo fijo por pedir: 59

3.11.4 Costo Trimestral de mantener una unidad de material.....62

3.11. 5 El tiempo de reposición $\boldsymbol{Li}$ 63

3.11.6 Desviación Estándar diaria 63

3.11.7 Nivel de Servicio $\boldsymbol{z}$.....64

3.11.8 Cantidad económica de pedido 64

3.11.9 Stock de seguridad 65

3.11.10 Punto de Reorden 66

3.11.11 Restricción de Capacidad de Almacenamiento.....66

3.11.12 Restricción de Inversión promedio 67

3.12 Optimización del inventario en la bodega de la empresa a través de un modelo matemático implementado en Python 68

3.12.1 Modelo Propuesto 68

3.12.2 Preparación de la base de datos 69

3.12.3 Cálculo automático de las variables del modelo 71

3.12.4 Cálculo del volumen.....73

3.12.5 Función objetivo: 75

3.13 Método tradicional 76

3.14 Tabla comparativa resultados obtenidos 77

3.15 Política de reposición de materiales críticos basada en el modelo de optimización 80

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 81

4.1 Conclusiones.....81

4.2 Recomendaciones 83

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 84

ANEXOS 88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables de decisión.....14

Tabla 2 Parámetros del modelo 15

Tabla 3 Restricciones del modelo.....15

Tabla 4 Materiales de investigación 24

Tabla 5 Recolección de información 26

Tabla 6 Descripción de procesos.....28

Tabla 7 Descripción de la empresa.....31

Tabla 8 Procesamiento de pedidos.....33

Tabla 9 Recepción de suministros.....34

Tabla 10 Disposición y almacenamiento de materiales.....35

Tabla 11 Modelos y demanda anual 2024 - 2025.....37

Tabla 12 Lista de Materiales Urbano City Bus con un chasis Scania K250.....38

Tabla 13 Clasificación ABC.....46

Tabla 14 Resumen Clasificación ABC 54

Tabla 15 Materiales Seleccionados “A” 56

Tabla 16 Aporte Económico.....58

Tabla 17 Demanda Trimestral.....59

Tabla 18 Costo fijo por pedir 61

Tabla 19 Costo Trimestral de mantener una unidad de material.....62

Tabla 20 Tiempo de Reposición.....63

Tabla 21 Desviación Estándar 64

Tabla 22 Cantidad Económica de pedido.....65

Tabla 23 Stock de Seguridad.....65

Tabla 24 Punto de Reorden 66

Tabla 25 Volumen ocupado por material.....67

Tabla 26 Inversión promedio de cada material 68

Tabla 27 Método Tradicional 76

Tabla 28 Método tradicional vs actual.....77

Tabla 29 política de reposición.....80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Chasis SCANIA K250 6

Figura 2 Fabricación de la base 7

Figura 3 Ensamble de estructuras laterales 8

Figura 4 Estructura base y laterales 8

Figura 5 Estructuras Techo 9

Figura 6 Ensamble de Techo y laterales 9

Figura 7 Proceso de lateado.....10

Figura 8 Proceso de Pintura.....10

Figura 9 Proceso de Pintura.....11

Figura 10 Proceso de Acabados.....11

Figura 11 Modelos de inventarios 13

Figura 12 Agenda 24

Figura 13 Lingo versión 2.0 24

Figura 14 Computador 24

Figura 15 AutoCAD 2025.....24

Figura 16 Software SketchUp 24

Figura 17 Ubicación.....32

Figura 18 Flujograma Procesamiento de pedidos.....33

Figura 19 Flujograma Recepción de suministros 34

Figura 20 Disposición y almacenamiento de materiales.....35

Figura 21 Bodega actual.....36

Figura 22 Modelado 3d SketchUp de la bodega.....36

Figura 23 Clasificación ABC de artículos de materia prima 55

Figura 24 Tubo de 50 x 50 3mm 56

Figura 25 Tubos 50 x 50 (2mm 56

Figura 26 Barniz D 8173.....56

Figura 27 Tubos 100 x 50 (3mm) 56

Figura 28 Planchas G (2mm).....56

Figura 29 Velocímetro 57

Figura 30 Asiento del chofer 57

Figura 31 Asiento de pasajeros.....57

Figura 32 Plancha de aluminio grada.....57

Figura 33 Plancha de aluminio lisa.....57

Figura 34 Ingreso de datos en Phyton.....70

Figura 35 Ingreso de datos en Phyton 2 70

Figura 36 Ingreso de datos en Phyton 3 70

Figura 37 Ingreso de datos en Phyton 4 71

Figura 38 Calculo de variables 73

Figura 39 Calculo de variables 73

Figura 40 Volumen e inversión trimestral de los articulos 75

Figura 41 Calculo del costo total de inversión 75

INDICE DE ANEXOS

Anexo A Ficha Técnica Chasis SCANIA K250 88

Anexo B Tipos de carrocerías 91

Anexo C Plantillas de SketchUp 94

Anexo D Formato de entrevistas estructuradas 95

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación analizó la gestión de inventarios en la empresa carrocera VARMA S.A., dedicada a la fabricación de carrocerías, con el de optimizar la gestión de los materiales empleados en la producción del modelo Urbano City Bus, para lograr este objetivo, se adoptó un enfoque metodológico mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Como primer paso de la investigación, se analizó el proceso actual de adquisición y manejo de insumos, identificándose limitaciones relacionadas con la falta de políticas formales, ausencia de niveles definidos de reposición y registros con inconsistencias. Posterior, se evaluaron los factores que influyen en la administración del inventario, tales como la capacidad productiva, mano de obra, maquinaria, espacio de almacenamiento.

Para evaluar los materiales críticos se aplicó un análisis ABC, del cual se seleccionaron diez materiales representativos. A partir de dichos materiales, se implementó un modelo matemático basado en la política (Q, r), e integrado en Python, que permitió calcular la cantidad económica de pedido, stock de seguridad, punto de reorden y la inversión promedio de manera adecuada.

El modelo EOQ multi-ítem, optimiza costos, aprovecha el espacio disponible en bodega y por ende el costo total de inventario disminuye, el costo total del inventario obtenido por el modelo fue de USD 1.231,84, mientras que el volumen ocupado (20,27 m^3), valores que se encuentran dentro de la capacidad disponible y además de la inversión promedio. En conclusión, el modelo propuesto es una herramienta eficaz para mejorar la planificación del inventario y fortalecer la continuidad operativa.

Palabras clave: Gestión de inventarios, modelo de optimización, cantidad económica de pedido, stock de seguridad, bodega.

ABSTRACT

This research project analyzed inventory management at VARMA S.A., a company dedicated to manufacturing vehicle bodies, with the aim of optimizing the management of materials used in the production of the Urbano City Bus model. To achieve this objective, a mixed methodological approach combining qualitative and quantitative methods was adopted. As a first step in the research, the current process of procurement and management of supplies was analyzed, identifying limitations related to the lack of formal policies, absence of defined replenishment levels, and inconsistent records. Subsequently, the factors that influence inventory management were evaluated, such as production capacity, labor, machinery, and storage space.

To evaluate critical materials, an ABC analysis was applied, from which ten representative materials were selected. Based on these materials, a mathematical model based on the (Q, r) policy was implemented and integrated into Python, which allowed for the accurate calculation of the economic order quantity, safety stock, reorder point, and average investment.

The multi-item EOQ model optimizes costs, takes advantage of available warehouse space, and therefore reduces the total cost of inventory. The total cost of inventory obtained by the model was USD 1,231.84, while the volume occupied (20.27 m^3) was within the available capacity and average investment. In conclusion, the proposed model is an effective tool for improving inventory planning and strengthening operational continuity.

Keywords: Inventory management, optimization model, economic order quantity, safety stock, warehouse.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

"GESTIÓN DE INVENTARIOS A TRAVÉS DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN EN LA INDUSTRIA CARROCERA VARMA S.A"

1.1.1 Planteamiento del problema

La gestión eficiente de inventarios es fundamental para asegurar la continuidad operativa y además la competitividad en el sector industrial. En la industria carrocera de Ambato, donde la producción depende de la disponibilidad oportuna de materiales e insumos específicos, se han identificado desafíos significativos relacionados con el manejo adecuado de los niveles óptimos de los recursos necesarios.

En su estudio sobre el sistema de control de inventarios en las industrias carroceras de Ambato, se destaca la importancia de un control interno robusto para obtener materiales en perfecto estado y en el momento oportuno, siendo este un eje principal para alcanzar las metas propuestas [1].

La confiabilidad de los proveedores y el proceso adecuado del inventario juega un papel crucial en la gestión de los niveles óptimos necesarios. Un proceso adecuado garantiza un suministro constante de productos, minimiza el riesgo de desabastecimiento y permite realizar pronósticos y planificación más precisos. Por el contrario, la falta de organización puede generar mayores niveles de existencias de seguridad, mayores costos de mantenimiento y posibles pérdidas de ventas [2].

Además, la falta de cumplimiento en los plazos establecidos por algunos proveedores, así como entregas parciales o materiales que no cumplen con las especificaciones técnicas acordadas, plantea la necesidad de analizar cómo estos factores externos inciden en el control y planificación del inventario [3].

La situación descrita hace necesario estudiar el proceso de gestión de inventarios desde la perspectiva de los tiempos de aprovisionamiento, con el fin de identificar las limitaciones actuales y proponer estrategias que optimicen el manejo del inventario dentro de la empresa.

A nivel mundial, el objetivo de las industrias manufactureras no es solo producir, sino competir en entornos globalizados donde la eficiencia adecuada es clave, Si se evidencian limitaciones en la gestión, puede incrementar los costos y generar desabastecimientos que afectan la continuidad del negocio. En la industria carrocera, estas falencias se hacen más visibles por la necesidad de componentes específicos y entregas just-in-time [4].

A nivel global, la gestión eficiente de inventarios es esencial para la sostenibilidad y competitividad de las empresas manufactureras. Una administración que no alcance los niveles esperados puede provocar sobrecostos, interrupciones en la producción y pérdida de clientes. Según un artículo de Forbes, muchas empresas han enfrentado desafíos significativos en la gestión de inventarios, lo que ha afectado su rendimiento financiero y operativo [5].

En América Latina, la industria carrocera se ha desarrollado en su mayoría a través de emprendimientos familiares que evolucionaron hacia estructuras más formales con tecnología avanzada. No obstante, muchas empresas aún presentan debilidades en la gestión de compras y el control de sus inventarios. La falta de colaboración efectiva entre proveedores y fabricantes es una causa común de desabastecimiento dentro del proceso productivo [6].

América Latina y el Caribe las carrocerías para vehículos automotores de transporte estimaron que en el 2024 el consumo de carrocerías fue de 3.4 mil millones de unidades siendo los mercados más grandes Brasil con 2000 mil millones, México con 1.5 mil millones y Argentina 1.4 mil millones, siendo estos tres países quienes representan el 69% del mercado de carrocerías de transporte en la región [7].

La provincia de Tungurahua se ha consolidado como el principal centro de la industria carrocera en Ecuador, gracias a su tradición productiva y mano de obra calificada. En esta zona se concentra el 65% de la producción nacional de latonería, con 32 de las 60 empresas del país. El sector factura alrededor de 80 millones de dólares anuales, posicionándose como un motor clave de la economía. Su impacto trasciende lo local, dinamizando también a provincias como Cotopaxi, Pichincha e Imbabura. De esta forma, Tungurahua se reafirma como un eje estratégico para la cadena automotriz nacional [8].

En la provincia de Tungurahua, específicamente en empresas como VARMA S.A, se evidencian dificultades para mantener un flujo continuo de materiales debido al actual manejo del inventario. Se evidencian limitaciones en la gestión que afectan directamente a la productividad y el cumplimiento de entregas al cliente. Un manejo actual limitado en planificación de inventarios y una débil relación con proveedores pueden comprometer los niveles de servicio y aumentar los costos de producción [9].

Las entregas incompletas o con errores por parte de los proveedores representan una de las fallas comunes en la cadena de suministro. Estas situaciones pueden deberse a una variedad de razones, tales como falta de control de calidad, problemas logísticos, errores humanos, o fallas en la comunicación entre proveedor y empresa [10].

En la industria carrocera se manejan alrededor de 8 000 a 12 000 materiales e insumos, lo que representa un gran desafío para mantener una planificación de stock eficiente. Esta complejidad puede generar decisiones apresuradas frente a la falta o exceso de materiales, muchas veces sin el tiempo suficiente para reaccionar adecuadamente. Dichas situaciones interrumpen los procesos internos de control de inventario y comprometen la capacidad de cumplir con la demanda prevista, incrementando el riesgo de desabastecimiento y afectando la continuidad de la producción [11].

Cuando la información del inventario no se mantiene actualizada, se dificulta tomar decisiones rápidas sobre la planificación y reposición de materiales. Esto puede ocurrir por registros incompletos, retrasos en el ingreso de datos o falta de seguimiento diario. Como resultado, la bodega no tiene una visión clara de lo disponible, lo que aumenta el riesgo de faltantes inesperados y afecta la continuidad de la producción [12].

Una cadena de suministro eficiente depende en gran medida de la precisión en la planificación de la demanda, la confiabilidad de los proveedores y la visibilidad de los inventarios en tiempo real. Cuando alguno de estos elementos falla, el sistema entero se ve comprometido [13].

Otro factor crítico es la falta de exactitud en la estimación de la demanda. Una demanda mal calculada provoca decisiones incorrectas sobre los niveles de inventario, generando tanto exceso como escasez de productos. Esta situación afecta negativamente la capacidad operativa de la empresa y compromete los plazos de producción y entrega a los clientes.

El presente estudio tiene como objetivo analizar el proceso actual de control de inventarios de materia prima e implementar un modelo de inventarios eficiente, que sirva como ejemplo de optimización, ya que esta influye directamente en los plazos de entrega del producto final. Permitiendo a la empresa identificar oportunidades de mejora que contribuyan al fortalecimiento de su proceso productivo.

1.2 Antecedentes investigativos

La empresa carrocera VARMA S.A hoy en día alcanzado un progreso significativo en el mercado ecuatoriano, permitiéndole convertirse en una empresa reconocida y líder en la fabricación de carrocerías se puede afirmar que es una de las más importantes junto a empresas del mismo sector, se ha evidenciado que existen limitaciones en el manejo del inventario en su bodega, a pesar de contar con un software especializado para el manejo del mismo.

El control de la materia prima en las empresas es uno de los eslabones que compone la cadena de suministro, donde se debe tener en cuenta el transporte, el espacio disponible, el cliente, los materiales necesarios, pedidos, siendo de importancia que la información del tema sea optima y constante durante el proceso de gestión de recursos, a fin de detectar gastos innecesarios, errores en la producción, materiales que generen desperdicios y perdidas económicas [14].

La gestión de inventarios ha sido un tema ampliamente abordado en la literatura científica debido a su impacto directo en la eficiencia operativa y la rentabilidad de las empresas manufactureras. Diversos estudios han demostrado que la aplicación de modelos de optimización en la gestión de inventarios permite reducir costos, mejorar los niveles de servicio y garantizar un flujo continuo de materiales en los procesos productivos [15].

El artículo de reseñas sobre software de gestión de inventarios en las cadenas de abastecimiento en Colombia tiene como propósito ofrecer a las organizaciones una visión de las soluciones disponibles en el país. Busca mostrar la oferta existente y las características que estos programas ofrecen para la gestión de materias primas [16].

En una investigación aplicada a una empresa de carrocerías en Colombia, demostraron que la integración de un sistema MRP (Material Requirements Planning) junto con un modelo de optimización estocástico permitió mejorar la disponibilidad de insumos

críticos, reducir la obsolescencia de materiales y aumentar la productividad del área de ensamblaje [17].

Alessandro Martínez y Jéssica López propusieron la optimización del flujo de materiales mediante la redistribución de áreas en el proceso de fabricación de carrocerías. La investigación identificó que una adecuada ubicación de subensambles y almacenes reduce las distancias de traslado y los tiempos de espera, mejorando la eficiencia en la gestión de inventarios [18].

Quinto Álvarez diseñaron un sistema de gestión de inventarios para una empresa de renta y mantenimiento de vehículos. La implementación del sistema resultó en mejoras en indicadores clave como el índice de rotación de inventario y la reducción de costos de almacenamiento, demostrando la eficacia de modelos de optimización en la gestión de inventarios [19].

Narro Araya y Ramírez Gutiérrez aplicaron métodos como el análisis ABC y el modelo EOQ para mejorar la gestión de inventarios en una tienda de repuestos automotrices. La implementación de estos métodos resultó en una reducción significativa de los costos de inventario y una mejora en la precisión del pronóstico de la demanda [20].

Estos estudios recientes demuestran la importancia y efectividad de implementar modelos de optimización en la gestión de inventarios, especialmente en sectores relacionados con la industria automotriz y carrocera. La aplicación de tecnologías avanzadas y metodologías eficientes contribuye significativamente a la mejora de la eficiencia operativa y la competitividad empresarial, como estudiante veo que diferentes autores han demostrado la relevancia de proponer y ejecutar modelos de optimización [21].

El estudio Delphi realizado con 23 ejecutivos europeos analizó el impacto de los sistemas ERP en la gestión de la cadena de suministro. Los resultados destacan la necesidad de mayor integración entre proveedores y clientes, flexibilidad tecnológica y personalización de productos. Se concluye que el aporte de los ERP será limitado, con incidencia positiva solo en estandarización de procesos, transparencia y soporte global [22].

En este contexto, la investigación propone un modelo conceptual de gestión logística para PYMES, orientado a fortalecer su competitividad mediante el control de variables

críticas en los procesos logísticos. La validación del modelo se realizó mediante análisis factorial, lo que permitió confirmar la pertinencia de las dimensiones consideradas [23].

Un estudio aplicó modelos de inventario probabilísticos con demandas aleatorias y dependientes para optimizar los márgenes de contribución en servicios de alimentación que producen menús. La metodología se basó en distribuciones gaussianas multivariadas y programación estocástica mediante un algoritmo de evolución diferencial. Los resultados mostraron un incremento del 18,32% en el margen de contribución frente al sistema no optimizado de la empresa [24].

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Proceso de fabricación de carrocerías

En Varma S.A, el proceso de fabricación comprende una serie de actividades organizadas en torno al chasis, que constituye el eje principal de la unidad. La selección del chasis depende de la marca elegida por el propietario o de los acuerdos establecidos entre la empresa y el cliente. En este caso, se trabajará con el chasis SCANIA K250, un chasis de origen sueco perteneciente a la serie K, caracterizado por su motor trasero y su reconocida eficiencia en aplicaciones de transporte de pasajeros, en el Anexo A se presentan la ficha técnica acorde a este modelo.

a. SCANIA K250

.



Figura 1 Chasis SCANIA K250

K: Indica que el motor está ubicado en la parte trasera.

250: Representa la potencia del motor, que es aproximadamente 250 caballos de fuerza (hp).

b. Modelo de unidades ofertadas por la empresa

Acorde a los requerimientos del cliente, el modelo puede variar, en el Anexo B se detallan los modelos actuales que oferta la empresa, interprovincial, urbano, intraprovincial y escolar, independiente del modelo los procesos serán realizados de manera similar ya que todos necesitan pasar por las etapas de estructuras, pintura y acabados.

c. Construcción de la estructura metálica

En el área de estructuras comienza la construcción del bus con la fabricación de la base, formada por una serie de largueros rectangulares de acero, conocida como la cama. Durante esta etapa, se utilizan patrones guía que ayudan a mantener la precisión en las medidas y el alineado de las piezas.



Figura 2 Fabricación de la base

Una vez lista la base, se elaboran las estructuras laterales de la carrocería las mismas son una serie de tubos previamente golpeadas y soldadas por los expertos, para dar forma a los costados del vehículo. En ellas se dejan los espacios donde posteriormente se colocarán las ventanas, puertas y paneles.



Figura 3 Ensamble de estructuras laterales

Al terminar esta etapa, pude ver cómo se ensamblaban los laterales con la base del bus. En este punto, la estructura del piso cumple un papel clave, ya que debe soportar todo el peso del vehículo y de los pasajeros. Durante el armado, se dejan definidos los espacios para las cajuelas, el compartimiento del motor y las referencias que servirán para los siguientes procesos de construcción, con esta unión, el conjunto empieza a tomar forma y se puede apreciar claramente el esqueleto principal del bus.



Figura 4 Estructura base y laterales

A continuación, se construye el techo, que será soldado a la parte superior de los laterales. Este paso tiene como objetivo lograr que toda la estructura quede firmemente unida y alineada, de manera que posea estabilidad y rigidez.



Figura 5 Estructuras Techo

La parte frontal del bus se diseña para unir de manera sólida la base, los laterales y el techo, formando así una estructura que protege al conductor y aporta seguridad al vehículo. Para su construcción se utilizan perfiles rectangulares de acero, que son ensamblados y soldados, asegurando. Al observar este proceso, se nota cómo cada pieza se ajusta con precisión, preparando el vehículo para las siguientes etapas del montaje



Figura 6 Ensamble de Techo y laterales

Posteriormente, se procede al recubrimiento de las diferentes secciones del bus mediante planchas de acero. Este paso busca proteger y cubrir las estructuras internas.

En este punto también se le añade el piso, se emplea un entablado con diferentes diseños el mismo es taladrado a la base.



Figura 7 Proceso de lateado

d. Pintura

Una vez que el vehículo sale del área de estructuras, ingresa al área de pintura, donde se realizan una serie de actividades clave. Primero, se colocan los elementos de fibra de vidrio, como las mascarillas delantera y trasera, y se acoplan la mayoría de bodi kits que definen la imagen del bus. Posteriormente, se lijan y masilla todas las superficies de manera uniforme para garantizar un acabado liso. Tras este proceso, se aplica una capa de fondo, asegurando que todos los componentes queden protegidos y preparados. Finalmente, se procede a pintar el vehículo según los colores y diseño establecidos, completando así la transformación estética del bus.



Figura 8 Proceso de Pintura



Figura 9 Proceso de Pintura

e. Acabados

En esta etapa, se llevan a cabo todas las conexiones eléctricas y neumáticas, asegurando que los sistemas del bus funcionen correctamente. Además, se instalan los parabrisas, vidrios, parlantes, tablero, asientos, puertas, sensores, radio, televisor y todos los demás accesorios que completan el vehículo, buscando el confort de los pasajeros estén listos para su operación.



Figura 10 Proceso de Acabados

1.3.2 Gestión de Inventarios

a. Definición de gestión de inventarios

La gestión de inventarios consiste en planificar y controlar las existencias de materiales, insumos o productos dentro de una empresa, asegurando que estén disponibles cuando se necesiten y evitando tanto faltantes como excesos. Su propósito

es mantener un equilibrio entre la demanda de los clientes y la capacidad operativa, buscando siempre minimizar los costos asociados y optimizar los recursos [25].

b. Tipos de Inventarios

Los inventarios pueden clasificarse según su función o estado dentro del proceso productivo. Los más comunes son: materias primas (materiales aún no transformados), productos en proceso (bienes parcialmente elaborados), productos terminados (listos para ser vendidos) y repuestos o suministros (materiales de apoyo). Esta clasificación facilita una gestión más eficiente y precisa [26].

c. Costos Asociados al inventario

Mantener inventarios genera distintos tipos de costos. Entre ellos destacan: el costo de pedido (derivado de adquirir y recibir mercancía), el costo de mantenimiento (almacenaje, seguros, depreciación), el costo por ruptura de stock (pérdida de ventas o retrasos por falta de inventario) y el costo por obsolescencia o deterioro. Una gestión adecuada busca minimizar estos costos sin afectar la operación [27].

d. Indicadores de gestión de inventarios

Para evaluar el desempeño en la gestión de inventarios, se emplean diversos indicadores. Algunos de los más relevantes son: la rotación de inventario (cuántas veces se renueva el stock en un periodo), la cobertura (tiempo que puede abastecerse la demanda con el inventario disponible), el nivel de servicio (capacidad de satisfacer los pedidos sin demoras) y el tiempo de reabastecimiento.

e. Concepto de Bodega

La bodega es el espacio físico destinado al almacenamiento y resguardo de los inventarios. Su función principal es conservar los productos en condiciones adecuadas, facilitando su localización, manejo y despacho en el momento oportuno. Un diseño eficiente de la bodega no solo contribuye a agilizar las operaciones, sino que también permite reducir costos logísticos y mejorar la trazabilidad de los insumos y productos. Además, una buena organización dentro de la bodega favorece la seguridad del personal, evita pérdidas por deterioro o extravío y apoya directamente al cumplimiento de los tiempos de entrega.

f. Tipos de Bodega

Existen diferentes tipos de bodegas según la naturaleza de los productos y las necesidades de almacenamiento. Por ejemplo, bodegas de materias primas, de productos terminados, de repuestos, de tránsito, refrigeradas o automatizadas. La elección adecuada del tipo de bodega depende de las características de los materiales y de la estrategia logística de la empresa. Cada una cumple una función específica dentro de la cadena de suministro y su correcta gestión puede marcar la diferencia entre un proceso eficiente y uno propenso a pérdidas o retrasos [28].

1.3.3 Modelos de Optimización de inventario

a. Definición

Un modelo de optimización para inventarios, es una herramienta matemática que emplea técnicas que permiten a las organizaciones gestionar las existencias de una manera eficiente, maximizando la satisfacción del cliente y minimizando los costos, el fin es determinar la cantidad y el tiempo o momento óptimo para realizar pedidos y evitar la escasez y el sobre stock [29].

b. Clasificación

Los modelos se encuentran orientados a la satisfacción de los clientes esto depende de la demanda que presenten en el tiempo, constante o variable.

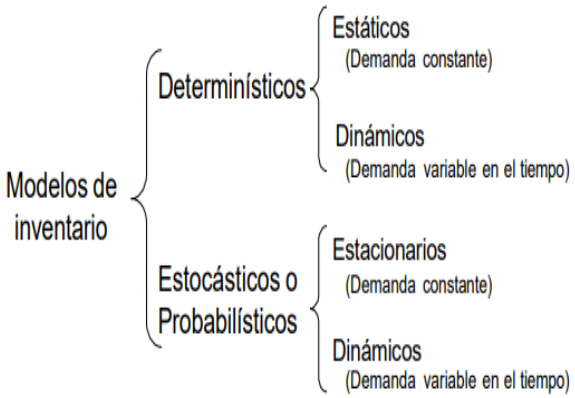


Figura 11 Modelos de inventarios

1.3.4 EOQ multi-ítem con restricciones

El modelo de EOQ se utiliza cuando se tiene un conjunto de materiales y se desea optimizar el inventario de todos ellos simultáneamente. Se considera un costo total global que depende de la demanda total de todos los materiales, sus respectivos costos de pedido y mantenimiento, y las restricciones de volumen y capacidad [30].

a. Objetivo del modelo

Minimizar el Costo Total de Inventario (CT)

El mismo está formado por la suma de los costos de ordenar, costos de mantenimiento y en ciertos casos costos por faltantes, se presenta la ecuación correspondiente.

Matemáticamente:

$$CT = \sum_{i=1}^{n} \left(K_i \frac{Di}{Qi} + h_i \left(\frac{Q_i}{2} + SS_i \right) \right) \quad (1)$$

b. Explicación de los componentes del modelo

Variables de decisión

Son las cantidades que el modelo busca optimizar, aquellas que se calculan para minimizar el costo total.

Tabla 1 Variables de decisión

Símbolo	Definición	Unidad
Qi	Cantidad óptima a pedir del producto i.	Unidades
SS_i	Stock de seguridad del producto i.	Unidades
r_i	Punto de reorden del producto i.	Unidades

Parámetros del modelo

Se tratan de los valores conocidos, los mismos son provenientes de los datos reales de la empresa o de su información histórica. Estos datos reflejan el comportamiento real de los procesos operativos y permiten recopilar las variables necesarias.

$$CT = \sum_{i=1}^{n} \left(K_i \frac{Di}{Qi} + h_i \left(\frac{Q_i}{2} + SS_i \right) \right) \quad (1)$$

Tabla 2 Parámetros del modelo

Símbolo	Definición	Unidad
D_i	Demanda trimestral del producto	Unidades/trimestral
K_i	Costo por pedido del producto	USD/pedido
h_i	Costo anual de mantener una unidad en inventario del producto	USD/unidad año
L_i	Tiempo de reposición	Días
σ_i	Desviación estándar de la demanda diaria	Unidades/día
z	Factor del nivel de servicio deseado	Adimensional
c_i	Costo unitario del producto	USD/unidad
v_i	Volumen promedio ocupado por una unidad del producto	m^3/unidad

c. Parámetros globales o restricciones

Definen los límites de capacidad o inversión de la empresa

Tabla 3 Restricciones del modelo

Símbolo	Definición	Unidad
V^{max}	Capacidad máxima promedio de almacenamiento	m^3
I^{max}	Inversión promedio máxima permitida	USD

d. Funciones auxiliares del modelo

Cantidad económica de pedido

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i * K_i}{h_i}} \quad (2)$$

Q_i: Cantidad óptima de pedido para el material i

D_i : Demanda anual o trimestral del material i

K_i : Costo de hacer un pedido para el material i

h_i : Costo mantener una unidad de inventario para el material i

Stock de seguridad

Se trata de la cantidad extra que se debe mantener para evitar los faltantes ante variaciones de la demanda o retrasos.

$$SS_i = z * \sigma_i * \sqrt{L_i} \quad (3)$$

Punto de Reorden

Indica el nivel de inventario en el cual debe hacerse un nuevo pedido:

$$r_i = D_{i,diaria* L_i+SS_I} \quad (4)$$

Restricciones del modelo

Estas restricciones garantizan que las cantidades óptimas calculadas no superen el espacio ni el capital disponible en la empresa.

Restricción de capacidad de almacenamiento

$$\sum_{i=1}^{n} v_i \left(\frac{Q_i}{2} + SS_i\right) \leq V^{max} \quad (5)$$

Restricción de inversión promedio

$$\sum_{i=1}^{n} C_i \left(\frac{Q_I}{2} + SS_i\right) \leq I^{max} \quad (6)$$

1.3.5 Elementos

a. Costo fijo por pedir

El costo fijo por pedir corresponde al gasto generado cada vez que se realiza un pedido a un proveedor. Este valor no depende de la cantidad solicitada, sino del proceso mismo, ya sea por trámites administrativos, logística, transporte, verificación o recepción [31].

b. Demanda

Se trata del número de unidades de un producto o artículo que se proyecta vender en un periodo de tiempo a futuro, esta puede ser constante, variable o probabilística [31].

c. Tiempo de reposición

El tiempo de reposición es el periodo que transcurre desde que se emite un pedido hasta que el material llega a la bodega y está disponible para utilizarse. Este intervalo puede verse afectado por factores como la distancia del proveedor, disponibilidad del transporte, procesos internos y condiciones del mercado. Mientras más largo sea el tiempo de reposición, mayor será el riesgo de quiebre de stock, y por ello su cálculo se vuelve esencial para determinar el punto en el que deben realizarse los nuevos pedidos [31].

d. Cantidad a pedir

Se trata de la cantidad adecuada de materiales que una organización debe ordenar, cada vez que un pedido establecido, siendo un factor importante que afecta directamente a los costos totales [31].

e. Costos por faltante

Es aquel que se asocia al no tener suficiente inventario para poder cubrir con la demanda esperada, de manera que se les atribuye a los beneficios económicos perdidos por no tener el material disponible [32].

f. Stock de Seguridad

El stock de seguridad es una cantidad adicional de inventario que se mantiene para proteger a la empresa de variaciones inesperadas en la demanda o retrasos en el tiempo de reposición[32].

g. Costo de mantener una unidad de material

Este costo comprende todos los gastos asociados a conservar un material dentro de la bodega durante un periodo determinado. Incluye aspectos como deterioro, seguros, uso del espacio físico, manipulación, condiciones de almacenamiento y costo de oportunidad [32].

h. Desviación Estándar de la demanda

La desviación estándar mide qué tan variable es la demanda de un material a lo largo del tiempo. Si esa variabilidad es alta, la empresa estará más expuesta a imprevistos que pueden dejarla sin inventario disponible. Por esta razón, este parámetro es fundamental para calcular el stock de seguridad, cuyo propósito es proteger a la empresa de esas fluctuaciones [33].

i. Nivel de Servicio

El nivel de servicio refleja el grado de seguridad que la empresa desea tener para no quedarse sin inventario durante el tiempo de reposición. Se expresa en porcentaje y está asociado a un valor estadístico conocido como factor Z. Por ejemplo, un nivel de servicio del 95% indica que la empresa acepta una probabilidad del 5% de enfrentar

un faltante. A mayor nivel de servicio, mayor será el stock de seguridad que debe mantenerse [33].

j. Capacidad de Almacenamiento

La capacidad de almacenamiento representa un espacio físico disponible en la bodega para mantener materiales, siendo una restricción clave por que limita la cantidad del inventario que se pueda tener de manera simultánea, siendo un parámetro que se incorpora como una condición, que asegura el volumen total ocupado, no sobrepase la capacidad instalada [34].

k. Inversión Promedio en Inventarios

La inversión promedio es un valor económico que las empresas mantienen inmovilizado en inventarios [35].

l. Volumen Ocupado por cada material

El volumen ocupado indica cuánto espacio físico requiere el inventario de un material dentro de la bodega. Se calcula a partir de su volumen por unidad y de la cantidad promedio almacenada:

$$Vi = vi\left(\frac{Qi}{2} + SSi\right) \qquad (7)$$

1.3.6 Modelo de Cantidad Económica de Pedido (EOQ)

Este modelo permite determinar la cantidad óptima de unidades a solicitar en cada pedido, de forma que se minimicen los costos totales de inventario. Busca un equilibrio entre el costo de realizar pedidos y el costo de mantener stock, contribuyendo a una gestión más eficiente y rentable [35].

1.3.7 Modelos de revisión continua y revisión periódica

Estos modelos definen cuándo y cuánto reabastecer los inventarios. En el modelo de revisión continua, el stock se monitorea constantemente y se realiza un pedido en cuanto baja a un nivel mínimo. En el de revisión periódica, el inventario se revisa en

intervalos regulares y se reabastece según las necesidades detectadas. La elección depende del tipo de producto y de la estrategia de la empresa [35].

1.3.8 Análisis ABC y clasificación de inventarios

El análisis ABC clasifica los productos en tres categorías (A, B y C) según su importancia o valor. Los ítems A son los más valiosos y requieren un control más riguroso; los B tienen importancia media; y los C son de bajo valor y control sencillo. Esta metodología permite priorizar esfuerzos y recursos [36].

1.3.9 Clasificación XYZ

Complementa el análisis ABC clasificando los productos según la variabilidad de su demanda. Los productos X tienen una demanda estable, los Y presentan fluctuaciones moderadas y los Z una demanda irregular o incierta. Esta clasificación ayuda a definir políticas de inventario más ajustadas a la realidad [36].

1.3.10 Just in Time (JIT) y gestión esbelta de inventarios

El enfoque Just in Time busca reducir al mínimo los inventarios, reabasteciendo materiales solo cuando son requeridos. Se relaciona con la gestión esbelta (lean management), que elimina desperdicios y mejora la eficiencia en todos los procesos. Ambas metodologías apuntan a optimizar recursos y agilizar operaciones [37].

1.3.11 Sistemas MRP y DRP

El MRP (Material Requirements Planning) ayuda a calcular las necesidades de materiales a partir del plan de producción, asegurando el abastecimiento oportuno. El DRP (Distribution Requirements Planning) se centra en planificar la distribución de los productos terminados, optimizando el flujo hacia los puntos de venta o los clientes [38].

1.3.15 Gestión de la cadena de suministro

a. Concepto

La gestión de la cadena de suministro integra y coordina las actividades que conectan a proveedores, fabricantes, distribuidores y clientes. Su objetivo es gestionar

eficientemente los flujos de productos, información y recursos a lo largo de la red, garantizando la satisfacción del cliente y la competitividad empresarial [38].

b. Logística de aprovisionamiento y distribución

El aprovisionamiento se encarga de obtener los insumos necesarios para la producción, asegurando su disponibilidad en tiempo y forma. La distribución gestiona el movimiento de los productos terminados hacia los clientes o puntos de venta. Ambas actividades son claves para una cadena de suministro eficiente [39].

c. Indicadores de desempeño logístico

Estos indicadores permiten medir la eficiencia de las operaciones logísticas. Algunos de los más importantes son: lead time (tiempo total de entrega), fill rate (porcentaje de pedidos entregados completos), exactitud de inventario y costo logístico total. Su análisis orienta la mejora continua[40].

d. Estrategias de integración

Son acciones orientadas a coordinar a todos los actores de la cadena, promoviendo la colaboración y el intercambio de información. Entre ellas se encuentran las alianzas estratégicas con proveedores o clientes, la integración tecnológica y la gestión conjunta de inventarios. Una integración adecuada mejora la eficiencia global [41].

1.3.16 Herramientas de Software en la Optimización de Inventarios

La optimización de inventarios no solo consiste en hacer cálculos, sino en entender cómo se comportan los materiales dentro de la empresa. Para lograrlo, se utilizan herramientas de análisis de datos y métodos matemáticos que ayudan a tomar decisiones, permite automatizar los cálculos y analizar la información de manera rápida y en distintos escenarios [42].

a. Python

Python es un lenguaje de programación que facilita el análisis de datos y la construcción de modelos matemáticos, como el modelo EOQ. Gracias a sus librerías especializadas, como pandas y numpy, es posible realizar cálculos complejos, organizar información y manejar grandes cantidades de datos de manera rápida y eficiente [43].

b. Excel

Es una herramienta ampliamente utilizada en la gestión de inventarios para realizar cálculos sencillos y para la visualización de los resultados mediante tablas y gráficos [44].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la gestión de inventarios con la ayuda de un modelo de optimización en la industria carrocera VARMA S.A

1.4.2 Objetivos específicos

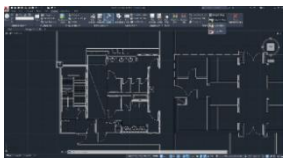
- Diagnosticar el estado actual del proceso de adquisición de materias primas e insumos.
- Evaluar los factores que intervienen en la gestión de inventarios dentro de la empresa carrocera.
- Aplicar un modelo de inventarios que optimice la gestión del stock en la bodega de la empresa.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para llevar a cabo el presente proyecto de investigación se emplearon los materiales detallados en la tabla 4.

Tabla 4 Materiales de investigación

Material	Descripción	Imagen
Agenda	Este material permitió registrar cronogramas, citas, tareas y avances, facilitando el control y seguimiento del trabajo académico.	 Figura 12 Agenda
Python	Python es un lenguaje de programación interpretado, de alto nivel y de propósito general, diseñado para ser fácil de leer y escribir. Su sintaxis simple y clara lo convierte en uno de los lenguajes más accesibles para principiantes, pero también es lo suficientemente poderoso para proyectos avanzados.	 Figura 13 Lingo versión 2.0
Computador	Fue empleado en la búsqueda de información, procesamiento de datos, redacción del documento, análisis de resultados	 Figura 14 Computador
Autodesk AutoCAD 2025	Un software de dibujo en dos dimensiones y tres dimensiones, ideal para la elaboración de layout.	 Figura 15 AutoCAD 2025
Sketch Up	Una herramienta ideal para modelar en tres dimensiones, permite conocer el entorno real de la bodega.	 Figura 16 Software SketchUp

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de la investigación

El presente trabajo adopta un enfoque mixto ya que en primer lugar será cualitativo ya que se desea comprender el estado actual del proceso de adquisición de materias primas e insumos y además será cuantitativo mediante la aplicación de un modelo matemático de optimización de inventarios. Este modelo facilitará el análisis de los patrones de consumo, los niveles de demanda y los tiempos de reposición, con el objetivo de generar información precisa que contribuya a una toma de decisiones más eficiente y alineada con las necesidades reales.

2.2.2 Población y muestra

Desde el enfoque metodológico, la investigación se centra en el análisis de procesos, ya que estos representan unidades de estudio pertinentes cuando el objetivo es evaluar la gestión operativa y administrativa del inventario. El estudio de los procesos de bodega permite obtener información objetiva sobre el flujo de materiales, tiempos de operación y control de existencias [45].

La muestra del estudio está conformada por el bus que más demanda tuvo en un periodo de tiempo, identificado como el principal punto de impacto en los costos y la eficiencia. Este proceso será analizado en profundidad, considerando los materiales e insumos específicos que requiere para su ejecución. Así, se busca aplicar el modelo de optimización de inventarios de manera precisa y efectiva, centrándose en las áreas de mayor relevancia para la mejora de la gestión. Además, este enfoque permite entender cómo pequeñas variaciones en la disponibilidad de materiales pueden generar efectos significativos en el rendimiento general de la empresa. De igual manera, se pretende identificar oportunidades de mejora que contribuyan a reducir desperdicios y tiempos muertos. Finalmente, este análisis servirá como base para proponer estrategias que fortalezcan la toma de decisiones y respalden una gestión de inventarios más ordenada y sostenible.

2.2.3 Recolección de información

La siguiente información se la tomará en base a los objetivos de la investigación

Tabla 5 Recolección de información

Objeto	Actividad	Técnica/Método	Herramienta metodológica	Recursos
Diagnosticar el estado actual del proceso de adquisición de materias primas e insumos.	Se debe llevar a cabo un seguimiento de las actividades que se realizan dentro del área de bodega, como cuál es el espacio que disponen, los materiales que emplean para la producción y el método empleado para llevar acabo el control del inventario. Se empleara una lista semiestructurada a fin de obtener información relevante sobre el proceso actual dentro de la bodega analizar la situación actual de la empresa carrocera.	El método empleado para llevar acabo el control del inventario, a través de entrevistas y recolección de datos.	Preguntas estructuradas.	Internet Computador Mendeley Zotero Word
Evaluar los factores que intervienen en la gestión de inventarios dentro de la empresa carrocera	Analizar los datos de cada material que frecuencia y el movimiento del mismo, el objetivo es conocer la importancia y la criticidad y por final dar un seguimiento de los productos que posean una mayor relevancia.	Caracterización en base a la criticidad de los insumos.	La metodología ABC	Excel
Aplicar un modelo de optimización de inventarios que mejore la gestión del stock en las bodegas de la empresa.	La aplicación del modelo seleccionado permitirá mejorar la gestión del stock, optimizando los recursos y reduciendo los costos asociados al inventario.	Este método se apoya en el uso de herramientas estadísticas, fórmulas o algoritmos	Modelo matemático de optimización de inventarios.	Python

2.2.4 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de la información y el respectivo desarrollo del proyecto de titulación los datos se procesaron de la siguiente, manera es importante tener en cuenta que durante la investigación algunos aspectos pueden variar según el tipo de dificultades que se presente durante el mismo:

- **Clasificación de la información**

Se llevó a cabo una organización de la información obtenida en las encuestas, entrevistas y observación, en función de los objetivos planteados, además se categorizo la información en base a los diferentes procesos.

- **Tabulación y representación grafica**

Siendo la información cuantitativa quien tiene protagonismo se hizo uso de Microsoft Excel, donde se puede emplear graficas estadísticas.

- **Evaluación de factores clave**

Se llevó a cabo el análisis de los factores externos e internos que inciden en la gestión de inventarios, como la demanda, el tiempo de entrega, el espacio de almacenamiento, a fin de comprender el impacto de estos factores en la eficiencia del stock para el área en específico.

- **Aplicación del modelo de optimización**

Por finalizar se empleó un modelo de optimización a los materiales más crítico encontrados, esta propuesta analizo el estado actual y los escenarios de mejora.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Proceso de Fabricación de la Carrocería Urbano City Bus en VARMA S.A

Tabla 6 Descripción de procesos

Etapa del proceso	Descripción
1. Selección del Chasis	El proceso comienza con la selección del chasis, el cual depende de la marca y el acuerdo entre la empresa y el cliente. En este caso, se trabaja con el modelo Scania K250**.** Este modelo de chasis tiene un motor trasero y es eficiente en aplicaciones de transporte de pasajeros.
2. Construcción de la Estructura Metálica	Se fabrica la base del bus, formada por largueros rectangulares de acero. En esta etapa, se utilizan patrones guía para mantener las medidas y alineación.
3. Elaboración de las Estructuras Laterales	Se elaboran las estructuras laterales del bus usando tubos de acero que se golpean y se sueldan para formar los costados del vehículo, dejando espacios para las ventanas, puertas y paneles.
4. Unión de Laterales con la base	Los costados del bus se ensamblan con la base. La estructura del piso juega un papel clave, pues debe soportar el peso del vehículo y de los pasajeros. Durante este proceso, se dejan espacios definidos para las cajuelas, el compartimiento del motor y las referencias para los siguientes pasos de construcción.
5. Construcción del techo	El techo se construye y se suelda a la parte superior de los laterales para garantizar que toda la estructura quede firme, alineada, estable y rígida.
6. Diseño de la Parte Frontal	Se diseña la parte frontal para unir firmemente la base, los laterales y el techo. Se utilizan perfiles rectangulares de acero, que se ensamblan y se sueldan para asegurar la integridad estructural y la seguridad del conductor.
7. Recubrimiento con Planchas de Acero	Se recubren las diferentes secciones del bus con planchas de acero para proteger y cubrir las estructuras internas.
8. Instalación del piso	Se añade un entablado con diferentes diseños y se taladra a la base para completar la estructura del piso.
9. Pintura	En el área de pintura, se colocan elementos de fibra de vidrio como las mascarillas delantera y trasera, se lijan y masilla las superficies para garantizar un acabado liso, se aplica una capa de fondo y finalmente se pinta el vehículo según los colores y diseño establecidos.
10. Acabados	Se realizan todas las conexiones eléctricas y neumáticas del vehículo, asegurando que todos los sistemas del bus funcionen correctamente. Además, se instalan parabrisas, vidrios, parlantes, tablero, asientos, puertas, sensores, radio, televisor y todos los accesorios que completan el vehículo.

3.2 Descripción de materiales utilizados en la producción del Urbano City Bus

Para el desarrollo del estudio se seleccionó como referencia el modelo Urbano City Bus con un chasis SCANIA K250, uno de los buses más representativos y solicitados dentro del proceso productivo de VARMA S.A. Este modelo fue elegido porque permite analizar de forma práctica la gestión de inventarios y el uso de los materiales empleados en la fabricación de una carrocería completa.

En el área de bodega se identificaron los principales materiales y componentes requeridos durante el proceso de construcción del vehículo. A continuación, se describen los tipos de materiales que forman parte del estudio y que servirán como base para el análisis de inventario del presente trabajo:

3.2.1 Materiales estructurales

Corresponden a los elementos metálicos que conforman la base y estructura principal del bus. Incluyen tubos rectangulares de acero, planchas galvanizadas, perfiles laminados, ángulos y pletinas. Estos materiales son utilizados en la fabricación del armazón, los refuerzos laterales y el chasis de la carrocería, garantizando la resistencia, rigidez y estabilidad del vehículo.

3.2.2 Materiales de ensamble

Son los materiales que permiten unir las diferentes partes de la estructura y los componentes de la carrocería. En esta categoría se encuentran tornillos, remaches, pernos, tuercas, arandelas, adhesivos industriales y soldadura MIG. Su correcta aplicación asegura la firmeza de las uniones y la durabilidad del ensamblaje general del bus.

3.2.3 Materiales de pintura y recubrimiento

Incluyen todos los productos utilizados en el tratamiento superficial, protección y acabado final de la carrocería. Se emplean masillas automotrices, selladores, pintura poliuretano, catalizadores, diluyentes, lijas y solventes. Estos materiales aportan protección anticorrosiva, uniformidad en la superficie y el acabado estético característico de los buses fabricados por VARMA S.A.

3.2.4 Componentes eléctricos

Engloban los materiales destinados al sistema eléctrico del bus, tanto interno como externo. Entre ellos se encuentran cables automotrices, relés, fusibles, lámparas LED, conectores, interruptores y tableros. Estos elementos garantizan el correcto funcionamiento de los sistemas de iluminación, señalización y control electrónico del vehículo.

3.2.5 Materiales de acabados

Comprenden los insumos que intervienen en la fase final de la construcción, orientados al confort y la presentación del vehículo. Incluyen paneles interiores, asientos, vidrios templados, alfombrado, molduras, empaques, bisagras y accesorios decorativos. Estos materiales aportan estética, comodidad y funcionalidad al interior y exterior del bus.

El detalle completo de cada uno de estos materiales, junto con su cantidad, unidad de medida, costo unitario y costo total, como se señala en la tabla 6, que constituye la base de los análisis realizados en el área de bodega para la evaluación de la gestión de inventarios aplicada al modelo Urbano City Bus.

3.3 Descripción de la Empresa

VARMA S.A es una empresa ecuatoriana dedicada a la elaboración de carrocerías y remolques de vehículos, siendo su mentor el Sr. Luis Alfonso Vargas Mayorga, quien tuvo sus inicios en el año 1964 en un pequeño galpón arrendado, en la calle Pichincha y Av. De los Incas en la ciudad de Ambato [46].

Uno de sus primeros trabajos fue un furgón para Molinos de Poultier, con el tiempo y la experiencia de su mentor al tener un crecimiento establece un segundo local en la Av. Atahualpa y 31 de diciembre, para esa época la empresa tenía una producción de 30 carrocería mensuales [46].

El año de 1995 concretan una alianza estratégica con Scania. de Brasil, de manera que la empresa es reconocida a nivel de otros países, en la actualidad la planta industrial está ubicada en Izamba, con un promedio de 120 trabajadores.

En la tabla 7 se da a conocer la misión, visión y política de la empresa VARMA S.A, los cuales constituyen los lineamientos estratégicos que orientan su gestión organizacional y el cumplimiento de sus objetivos corporativos.

Tabla 7 Descripción de la empresa

<table>
<tr><th colspan="5">Datos de la empresa</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">CARROCERIAS VARMA S.A</td></tr>
<tr><td>Actividades Económicas</td><td colspan="4">Fabricación de carrocerías para vehículos automotores
Fabricación de partes, piezas y accesorios para carrocerías
Reparación de carrocerías</td></tr>
<tr><td>Clasificación Ampliada de las Actividades Económicas CIIU REV. 4.0</td><td>Siglas: CIIU 4.0
Código Clasificador:
C2920.01</td><td colspan="3">Descripción:
Fabricación de carrocerías, incluidas cabinas para vehículos automotores.</td></tr>
<tr><td>Misión</td><td colspan="2">Ser los primeros ya que de nosotros depende que el futuro del transporte tenga la tecnología y seguridad más avanzada a nivel mundial.

Satisfacer a nuestros clientes antiguos, nuevos y potenciales, brindándoles el mejor servicio, a través del mejoramiento constante de nuestra gente y sus habilidades, para así lograr los mejores resultados en cada detalle de nuestros productos.
Continuar con optimismo en el cambio eterno de la calidad y del cambio, requisito fundamental para poner muy en alto nuestro nombre y el de nuestro país</td><td>Visión</td><td>Ser reconocidos internacionalmente:
Exportando nuestros productos, persiguiendo incansablemente los más altos estándares de calidad.

Ser los protagonistas del cambio: Haciendo del transporte masivo, un nuevo concepto de seguridad y lujo.

Creer en la correcta dirección: Para que nos lleve siempre a satisfacer las necesidades cada vez más exigentes del cliente presente y futuro.

Formar el mejor equipo humano de profesionales:
Llevando la bandera del mejoramiento continuo.
Siempre existir: Ya que nuestro compromiso es dar ejemplo de iniciativa, progreso y entusiasmo a nivel industrial y social</td></tr>
</table>

Política de calidad	Estamos comprometidos con el desarrollo y fabricación de carrocerías, para el transporte seguro de personas, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes, asegurando nuestros procesos con calidad y el mejoramiento continuo de nuestro talento humano.

Ubicación

Provincia: Tungurahua Cantón: Ambato Parroquia: Izamba Barrio: Sector Lungua calle: PISACHA Número: S/N
Referencia: Atrás del colegio Tirso de Molina

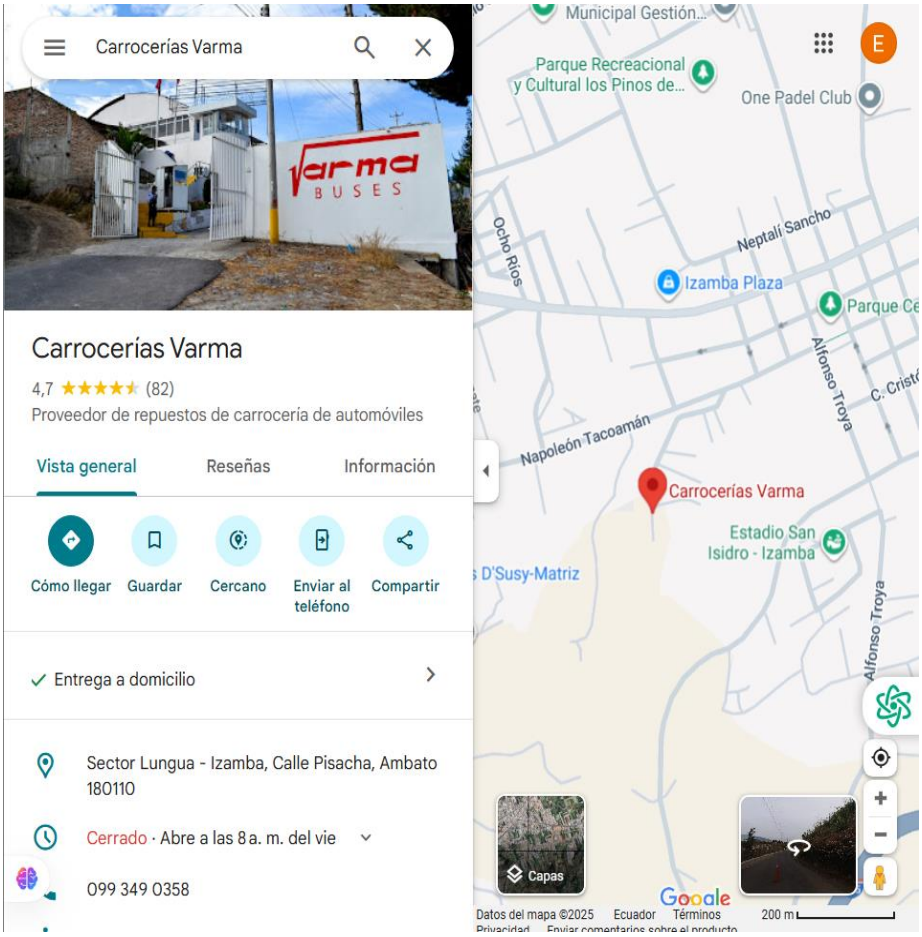


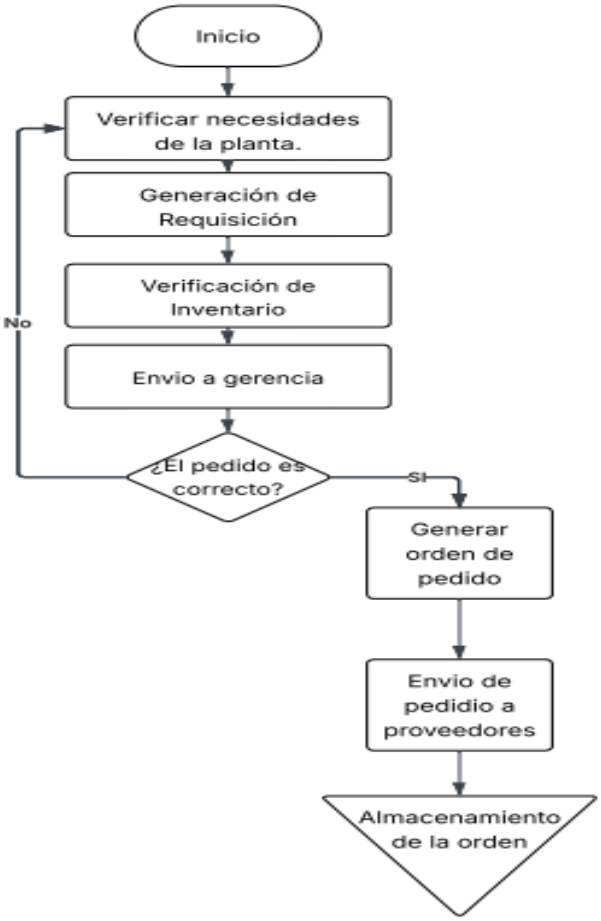
Figura 17 Ubicación

3.4 Gestión actual del inventario de materia prima en bodega

Como primera parte de la investigación de campo en la empresa se realizó el levantamiento de información, donde se identificaron los procesos, actividades llevados a cabo, personal involucrado dentro del área de bodega, a fin de obtener una visión más clara de la situación actual, las siguientes tablas muestran la información recolectada.

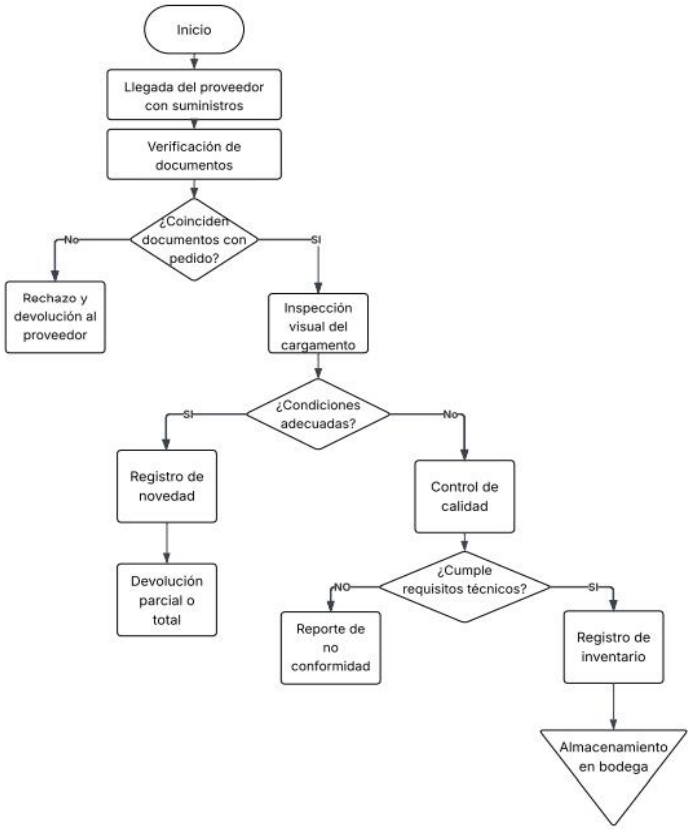
Procesamiento de pedidos

Tabla 8 Procesamiento de pedidos

<table>
<tr><th colspan="4">Procesamiento de pedidos</th></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción del proceso</td><td colspan="2">Consiste en la gestión de las solicitudes de los insumos y componentes necesarios en la elaboración o reparación de carrocerías.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Flujograma de procesos

</td></tr>
<tr><td colspan="4">Figura 18 Flujograma Procesamiento de pedidos</td></tr>
<tr><td colspan="2">Responsables:
Jefe de Bodega
Auxiliar de bodega
Jefe de producción
Departamento de compras</td><td colspan="2">Alcance:
Desde la identificación de materiales sobrantes en producción hasta su recepción, verificación y reincorporación al inventario.</td></tr>
<tr><td>Entradas del proceso</td><td>Requerimiento de materiales, repuestos y componentes para la producción de carrocerías.</td><td>Salidas del proceso</td><td>Pedido preparado y documentado (nota de entrega u orden de despacho).</td></tr>
<tr><td>Archivos empleados para llevar a cabo el proceso</td><td colspan="3">- Requerimiento interno de materiales.
- Registro de inventario
- Orden de despacho
- Orden de compra
- Registro digital en el sistema.</td></tr>
<tr><td>Frecuencia</td><td colspan="3">Según necesidad, se realiza cada jueves.</td></tr>
</table>

Recepción de suministros

Tabla 9 Recepción de suministros

<table>
<tr><th colspan="4">Recepción de suministros</th></tr>
<tr><td>Descripción del proceso</td><td colspan="3">Se trata de una actividad encaminada a recibir materiales de calidad en las cantidades y tiempo adecuado, acorde a la orden de pedido.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Flujograma de procesos

</td></tr>
<tr><td colspan="4">Figura 19 Flujograma Recepción de suministros</td></tr>
<tr><td colspan="2">Responsables:
Auxiliar de bodega.
Jefe de bodega
Encargado de control de calidad.</td><td colspan="2">Alcance:
Desde la llegada del proveedor a las instalaciones de VARMA S.A. hasta el registro definitivo del material en el sistema de inventario y su almacenamiento en la zona correspondiente.</td></tr>
<tr><td>Entradas del proceso</td><td>-Materias primas

-Insumos de apoyo

-Componentes</td><td>Salidas del proceso</td><td>-Ingreso de suministros al inventario.

-Ubicación en bodega según clasificación.</td></tr>
<tr><td>Archivos empleados para llevar a cabo el proceso</td><td colspan="3">- Equipos de verificación y medición básculas, calibradores, check list de inspección.</td></tr>
<tr><td>Frecuencia</td><td colspan="3">Según demanda o planificación de producción.</td></tr>
</table>

Disposición y almacenamiento de materiales

Tabla 10 Disposición y almacenamiento de materiales

<table>
<tr><th colspan="4">Disposición y almacenamiento de materiales</th></tr>
<tr><td colspan="2">Descripción del proceso</td><td colspan="2">Este proceso comienza cuando los materiales ya han sido recibidos y aprobados. Luego se revisan y se colocan etiquetas para identificarlos. Después, se asigna un lugar dentro de la bodega según el tipo de material, se transportan hasta ese sitio y se registran en el inventario. De esta manera, se mantiene todo ordenado, accesible y listo para cuando producción lo necesite.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Flujograma de procesos

</td></tr>
<tr><td colspan="2">Responsables
Jefe de bodega
Auxiliar de bodega</td><td colspan="2">Alcance
Desde la recepción y verificación de materiales hasta su ubicación definitiva en los estantes o zonas establecidas según tipo, rotación y frecuencia de uso.</td></tr>
<tr><td>Entradas del proceso</td><td>Materiales aprobados tras la recepción.

Documentos de ingreso</td><td>Salidas del proceso</td><td>Materiales correctamente almacenados según tipo y uso.

Registros actualizados en el sistema de inventario.</td></tr>
<tr><td>Archivos empleados para llevar a cabo el proceso</td><td colspan="3">- Orden de compra.
- Guía de remisión.
comprobante de recepción.</td></tr>
<tr><td>Frecuencia</td><td colspan="3">Diaria</td></tr>
</table>

Figura 20 Disposición y almacenamiento de materiales

3.5 Espacio de almacenamiento:

La empresa cuenta con una bodega principal destinada al almacenamiento de materiales para la fabricación de carrocerías. Esta instalación presenta una superficie total de 70 m², dividida en zonas específicas para, componentes eléctricos, materiales de pintura y acabados, si se trata de material que ocupa una gran cantidad de espacio se procede a un almacenamiento temporal dentro de los diferentes procesos de carrocerías, su capacidad real depende de la altura útil, la cual, considerando un valor estándar entre 2,5 m y 3,0 m, permite un volumen total de almacenamiento que oscila entre 175 m³ y 210 m³.

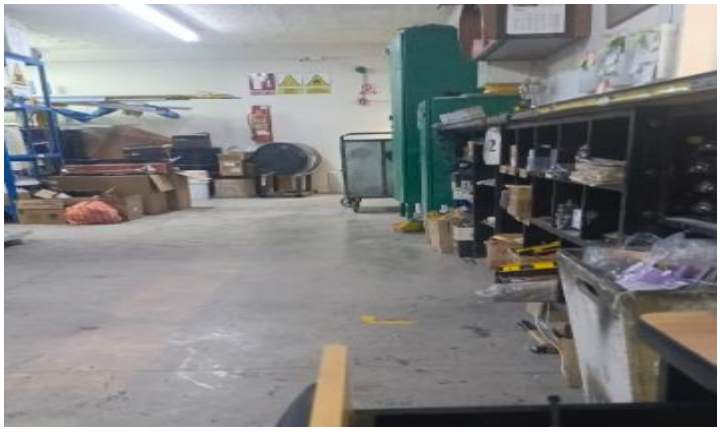


Figura 21 Bodega actual

Para el modelado se empleó las plantillas de SketchUp detalladas en el Anexo C.

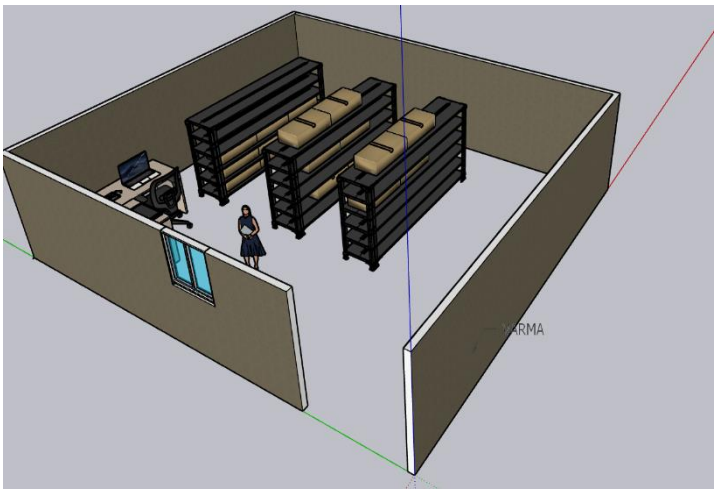


Figura 22 Modelado 3d SketchUp de la bodega

3.6 Modelos y demanda anual 2024- 2025

En el área de producción se fabrican unidades de los tipos Urbano, Interprovincial, Turismo, interprovincial y Escolar, las mismas que se detallan en el Anexo B destacándose entre ellas las siguientes carrocerías elaboradas, los diferentes modelos fabricados en los años 2024 y 2025.

Tabla 11 Modelos y demanda anual 2024 - 2025

Unidades Elaboradas 2024			
Tipo	**Modelo**	**Marca de chasis**	**Unidades producidas al año**
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
TURISMO/CITYCENTER	FC	HINO	22
ESCOLAR	FC	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
Unidades Elaboradas 2025			
Tipo	**Modelo**	**Marca de chasis**	**Unidades producidas al año**
TURISMO/CITYCENTER	FC	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	3
URBANO/CITYBUS	17260	VW	16
ESCOLAR	FC	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
TURISMO/CITYCENTER	FC	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
URBANO/CITYBUS	AK	HINO	1
TURISMO/CITYCENTER	Delivery	VW	1
URBANO/CITYBUS	K250	SCANIA	25
TURISMO/CITYBUS	FC	HINO	1
TURISMO/CITYCENTER	HD78	HYUNDAI	1
TURISMO/CITYBUS	FC	HINO	1
TURISMO/CITYBUS	AK	HINO	1

3.7 Lista de materiales para la construcción de la carrocería seleccionada

Como objeto de estudio se seleccionó el bus Urbano City Bus con un chasis SCANIA K250, uno de los modelos con mayor demanda en la actualidad dentro de la línea de producción de VARMA S.A. Este modelo resulta de especial interés para la investigación, ya que permite examinar de manera práctica la gestión del inventario y la administración de los insumos requeridos durante su proceso de fabricación. En la tabla 11 se presenta el detalle completo de los materiales empleados, especificando las

cantidades para una unidad, costos unitarios y valores totales correspondientes al área de bodega.

Tabla 12 Lista de Materiales Urbano City Bus con un chasis Scania K250

Lista de Materiales



Nº	Código	Nombre	Cantidad /Unidad	Costo unitario ($)	Costo total ($)
1	HI0345	Tubos de 50 x 50 (3mm)	24	62.89	1509.36
2	HIE0032	Tubos 50 x 50 (2mm)	16	65.04	1040.64
3	BAR003	Barniz D 8173	12	73.39	880.68
4	HI0341	Tubos 100 x 50 (3mm)	10	60.08	600.80
5	PL0122	Planchas G (2mm)	22	25.50	561.00
6	VE0140	Velocimetro	1	400.00	400.00
7	ASI0011	Asiento de chofer	1	390.00	390.00
8	ASI0010	Asientos azules	20	18.74	374.80
9	ALU0361	Filo de grada de aluminio	8	45.32	362.56
10	ALU0301	Aluminios	8	43.80	350.40
11	MIC0007	Micas	4	86.19	344.76
12	THI0022	Thinner V200	10	31.31	313.10
13	ASI0036	Asientos de pasajeros	3	100.00	300.00
14	HI0342	Tubos 80 x 40 (3mm)	9	30.77	276.93
15	AMP0041	Amplificador	2	119.89	239.78
16	CUE0010	Cuellos con tapas (plumas)	20	10.71	214.20
17	PPP0008	Planchas Hi Galvanizado	5	41.60	208.00
18	HIE0344	Tubo 60 x 40 (2mm)	4	50.00	200.00
19	FAR0009	Faros esquineros rojos	2	92.26	184.52
20	SIK005	Sikaflex 211 us gris	20	9.16	183.20
21	INV0034	Inversor de 24 V a 110 V	1	180.00	180.00
22	SIK0009	Sika primer para vidrio	15	11.14	167.10
23	PAR0006	Parlantes	6	27.13	162.78
24	HI0340	Tubo de 100 x 50 (2mm)	5	31.27	156.35
25	PPP0001	Planchas acurrujadas Aluminio	13	11.49	149.37
26	PAR0299	Parasol eléctrico	1	134.79	134.79

27	PAR	Parasol	1	134.60	134.60
28	HIE0309	Tubo 40 x 40 (2mm)	8	16.42	131.36
29	CAM0023	Cámaras	4	32.56	130.24
30	FON0045	Fondo Gris + Catalizador	7	18.35	128.45
31	ALU0329	Aluminio de perfil J	2	59.00	118.00
32	POR0055	Porta Relays	9	12.85	115.65
33	CIN 0017	Cinta led blanca	22	5.25	115.50
34	CUE0011	Cuellos con tapas (Negras)	10	10.71	107.10
35	LUZ034	Luces de grada	10	10.00	100.00
36	LIJ0001	Lijas Orbitales #40	30	3.21	96.30
37	CAP023	Capsulas azules	8	12.00	96.00
38	HIE0332	Tubo 80 x 40 (2mm)	3	30.77	92.31
39	CAT002	Catalizador D 8302	6	15.00	90.00
40	MAS0012	Masking Automotriz 2	20	4.31	86.20
41	PAN0013	Pantalla 7	1	85.17	85.17
42	PPP0033	Plancha de acero inoxidable	1	81.88	81.88
43	COU002	Corosil gris	6	12.00	72.00
44	PER0251	Pernos para base 5/16 x 1 1/2	100	0.70	70.00
45	LUZ0023	Luces de placa led	2	34.56	69.12
46	CAB0011	Cable de antena	20	3.42	68.40
47	EPS003	Esponjas	5	13.39	66.95
48	FAR0670	Faros Posteriores	2	33.08	66.17
49	LIJ0002	Lijas Orbitales #80	40	1.63	65.20
50	DIS0002	Disco de esponja negra	2	31.12	62.24
51	BOT0010	Borneras de batería	20	2.92	58.40
52	LIJ0003	Lijas Orbitales #150	40	1.46	58.40
53	PPP0001	Plancha galvanizada	5	11.50	57.48
54	MIC0073	Micrófono	2	28.57	57.14
55	PIN0646	Pintura poliéster amarrillo	1	52.42	52.42
56	LIJ0004	Lijas Orbitales #240	40	1.27	50.80
57	PIN0452	Pintura poliéster blanco	2	24.62	49.24
58	HIE303	Tubo 30 x 30 (2mm)	4	12.28	49.12
59	HIE0320	Tubo 20 x 20 (2mm)	6	8.13	48.78
60	LIJ0090	Lijas Orbitales #400	40	1.20	48.00
61	HI0346	Plancha 6mm	1	47.63	47.63
62	LIJ0005	Lijas Orbitales #320	40	1.18	47.20
63	PIN0650	Pintura poliéster turquesa	1	45.00	45.00

64	DES0011	Desengrasante	3	14.77	44.31
65	HIE309	Tubo 40 x 40 (3mm)	2	20.67	41.34
66	THI0019	Thinner laca	10	4.13	41.30
67	PIN0701	Pintura poliéster verde oscuro	1	39.32	39.32
68	PIN0654	Pintura poliéster celeste	1	37.45	37.45
69	CAB0091	Cable #6	10	3.42	34.20
70	LUZ0083	Luz stop amarilla	2	16.20	32.40
71	BAS0046	Base normal grande	13	2.46	31.98
72	MAS	Masking 3/4 verde	10	3.16	31.60
73	EJE0114	Ejes de Apoyo	2	15.70	31.40
74	HIE0326	Tubo 40 x 20 (2mm)	9	3.48	31.32
75	PIN0387	Pintura poliéster verde claro	1	30.08	30.08
76	CIN0018	Cinta led roja	3	10.00	30.00
77	LIJ0040	Lijas Orbitales #24	18	1.63	29.34
78	CAU0019	Caucho J gris	2.7	10.00	27.00
79	LIJ0091	Lijas Orbitales #600	21	1.28	26.88
80	MAS0002	Masilla poliéster	6	4.37	26.22
81	INV0025	Inversor 24 V a 12 V	1	26.09	26.09
82	MAS0011	Masking Abro automotriz 3/4	20	1.30	26.00
83	ALU023	Aluminio sintético	2	12.35	24.70
84	TO0120	Touch y placa	1	24.30	24.30
85	EJE00115	Ejes principales	2	12.00	24.00
86	PER 0089	Pernos para asiento 3/18	60	0.40	24.00
87	HIE0069	Hierro platina 1* 1/2	1	23.08	23.08
88	CIN0014	Cinta doble faz	5	4.60	23.00
89	SIK0011	Sikas 552 (hibrido)	2	11.14	22.28
90	CER0006	Cera desmoldaste	1	20.65	20.65
91	VID0056	Vidrio faiten consola	1	20.52	20.52
92	ROU0056	Router Tp link	1	20.50	20.50
93	BPL0012	Brazos y plumas	2	10.00	20.00
94	GUA0056	Guaipe	4	5.00	20.00
95	HIE0080	Platina 1/4	2	9.86	19.72
96	REL0020	Relay de 24 V	6	3.23	19.38
97	BAS0045	Bases asiento	4	4.83	19.32
98	TAN0014	Tanque de agua más manguera	1	19.24	19.24
99	MAN0021	Manillas grandes	7	2.45	17.15
100	CHI0010	Chicharas Timbre y retro	2	8.51	17.02

101	PUL002	Pulsadores de timbre	6	2.50	15.00
102	SOK002	Sockets de dos pines	20	0.74	14.80
103	REM0001	Remaches 3/16 cabeza ancha	200	0.07	14.00
104	PIN0704	Pintura poliéster negro	1	13.79	13.79
105	NEB0002	Caja de alógenos (Neblinero)	1	13.75	13.75
106	REL0010	Relay de 12 V	3	4.38	13.14
107	REG0023	Regletas rojas posteriores	2	6.16	12.32
108	GRA045	Grapas 1/2	40	0.30	12.00
109	MAS0009	Masking fino	5	2.38	11.90
110	TER0030	Terminales hembra	200	0.06	11.60
111	HIE0121	Tubo Redondo 3/4	1	11.57	11.57
112	CUC0020	Cucullas laterales	2	5.68	11.36
113	SIK0131	Sika 552 negro salchicha	1	11.28	11.28
114	DIS0013	Disco de pulir	1	10.93	10.93
115	CAB0070	Cable #10	12	0.91	10.90
116	SIK0015	Sika pegar 256	1	10.47	10.47
117	ESP0057	Espejos redondos	2	5.11	10.22
118	VA0034	Vasos	10	1.00	10.00
119	REP012	Repuestos de chaveta	15	0.66	9.90
120	TAI0001	Tapes	10	0.96	9.59
121	CAB0030	Cable gemelo #14	10	0.96	9.59
122	CUC003	Cucullas direccional	2	4.52	9.04
123	MAS0008	Masilla plástica	6	1.45	8.70
124	MAS0012	Masking ancho	2	4.31	8.62
125	CAB0010	Cable de parlante	20	0.42	8.40
126	REJ0020	Rejilla aire redonda	1	7.03	7.03
127	HIE0070	Platina 3/4	1	7.00	7.00
128	AR0012	Arnés de retrovisores	1	7.00	7.00
129	MAS0011	Masking mediano	5	1.30	6.50
130	MAS0024	Masking 3/4 verde	2	3.16	6.32
131	MAS0024	Masking 3/4 verde	2	3.16	6.32
132	PER0241	Pernos para bastón 5/16 x 1	46	0.14	6.26
133	CAB0049	Cable #16	20	0.30	6.00
134	TAL003	Tacloud	10	0.60	6.00
135	CAB0029	Cable gemelo #20	20	0.28	5.60
136	MAN0022	Manillas pequeñas	2	2.67	5.34

137	SOK0040	Sockets de tres pines	4	1.30	5.20
138	HIE0191	Barrilla 3/8	1	5.00	5.00
139	HIE0076	Platina 1` 3/16	1	4.98	4.98
140	ST067	Espagueti Termo comprensible	1	4.90	4.90
141	DIS023	Disco de lija	3	1.60	4.80
142	CER0008	Cernideros	30	0.16	4.77
143	BRO0020	Broca de 1/8	5	0.85	4.25
144	BRU0026	Brujita adhesivo FAS 705 + 500	1	4.12	4.12
145	BRE0017	Breaker y Caja	1	3.75	3.75
146	BRO0025	Broca de cobalto 5/16	1	3.55	3.55
147	TOR0044	Tornillos de 11/4 x 11/2 avellanado	50	0.07	3.50
148	CAB 0091	Cable de batería	1	3.42	3.42
149	ISA003	Isarcoll cemento de contacto	1	3.42	3.42
150	TOR0015	Tornillos 8 x 1 Cabeza de lenteja	100	0.03	3.40
151	OJO0031	Ojos de buey	2	1.58	3.16
152	GRA001	Grapas 1	60	0.05	3.00
153	VA0034	Lustre	5	0.60	3.00
154	DIS0089	Disco de corte	2	1.50	3.00
155	TOR0180	Tornillos 14 x 1 auto rroscantes	35	0.08	2.70
156	DIS003	Discos Flap 4 1/2	1	2.60	2.60
157	TOR0040	Tornillos 8 x 3/4 cabeza de lenteja	200	0.01	2.60
158	TUE0142	Tuercas de 1/4	50	0.05	2.60
159	CHA0009	Chapa CEP Marco polo	1	2.60	2.60
160	USB0125	USB	1	2.50	2.50
161	CO0012	Funda de correas 10cm	1	2.50	2.50
162	CO0013	Fundas de correas 15 cm	1	2.50	2.50
163	CO0014	Fundas de correas 25 cm	1	2.50	2.50
164	CO0015	Fundas de correas 35 cm	1	2.50	2.50
165	FOC0013	Focos de 1 punto con base	4	0.57	2.28
166	SPR002	Spray Negro	1	1.97	1.97
167	MAS0020	Masking 140 cm	1	1.96	1.96
168	MAS0020	Masking Plástico 140 cm x 25 mm	1	1.96	1.96
169	TOR0040	Tornillos 8 x 3/4 cabeza lenteja	150	0.01	1.95
170	LIJ0002	Pliegos de lija 80	1	1.63	1.63
171	MAG0109	Manguera anillada 1	3	0.48	1.44

172	TER0123	Terminales macho	20	0.07	1.36
173	VIS0067	Bisagra pequeña reforzada	2	0.67	1.34
174	TOR0016	Tornillos 8 x 1 Avellanas	50	0.02	1.15
175	TOR0151	Triple pato 12 x 1	20	0.06	1.12
176	TOR0015	Tornillos 8 x 1-1/2 avellanados	30	0.04	1.05
177	GRA002	Grapas pequeñas	20	0.05	1.00
178	FUS0015	Fusibles de 15 amperios	11	0.09	0.99
179	MAG0108	Manguera anillada 1 1/2	2	0.48	0.96
180	PER0040	Pernos 1/4 x 1 completos	4	0.18	0.72
181	CAU0018	Caucho platina (sellar)	3	0.24	0.72
182	ROD0045	Rodelas	120	0.01	0.72
183	ROD0046	Rodelas para base	140	0.01	0.70
184	TOR0016	Tornillos 8 x 1 avellanados	20	0.02	0.46
185	TER0124	Terminales redondos 7/16	15	0.03	0.45
186	FUS0011	Fusibles de 10 amperios	5	0.09	0.45
187	REM0056	Remaches 5/32	30	0.02	0.45
188	MAG0110	Manguera anillada 1/2	2	0.22	0.44
189	TER0130	Terminales azules hembra	4	0.10	0.40
190	MAG0111	Manguera anillada 3/8	3	0.13	0.39
191	TOR0040	Tornillos 8 x 3/4 cabeza de lenteja	30	0.01	0.39
192	TOR0181	Tornillos 14 x 1/2	6	0.06	0.37
193	TER0125	Terminales redondos 3/16	11	0.03	0.33
194	POR0030	Portafusiles	1	0.22	0.22
195	REM0130	Remaches POP 1/8 *1	10	0.01	0.14
196	TOR0131	Tornillos triple pata 12 x 1	2	0.03	0.07
				COSTO TOTAL	$ 14,279.28

3.8 Factores que intervienen en la gestión de inventarios dentro de la empresa carrocera

3.8.1 Capacidad de Producción

En VARMA S.A., la capacidad productiva está directamente relacionada con la secuencia de procesos que intervienen en la fabricación de una carrocería, desde la construcción de la estructura metálica hasta los acabados finales. Cada una de estas etapas requiere coordinación, precisión y disponibilidad de insumos para evitar interrupciones. Durante el análisis se constató que, aunque la empresa cuenta con un personal calificado y una infraestructura adecuada, la capacidad instalada no siempre se utiliza al máximo, debido a factores como retrasos en el aprovisionamiento de materiales o tiempos ociosos entre una fase y otra del ensamblaje.

$$\boldsymbol{Unidades\ Elaboradas\ 2025} = 25\,\frac{u}{\text{año}} \rightarrow 2.083\,\frac{u}{mes}$$

3.8.2 Mano de Obra

La mano de obra constituye un componente esencial del proceso productivo. Durante el período de análisis se determinó que la planta cuenta con un total de 120 trabajadores, de los cuales 78 corresponden a personal operativo directo que participa en la construcción de carrocerías, mientras que los restantes 42 empleados pertenecen a las áreas de supervisión, administración, logística y control de calidad.

La jornada laboral establecida es de 8 horas diarias con un promedio anual de 250 días laborables, lo que equivale a una disponibilidad total de horas-hombre calculada mediante la fórmula:

$$H_{Total} = N_{trabajadores} * \ h_{diarias} * D_{laborales} \qquad (8)$$

$$H_{Total} = 120 * 8 * 250 = 240\,000\,\frac{horas_hombre}{\text{año}}$$

3.8.3 Maquinaria

En la empresa VARMA S.A.**,** el área productiva cuenta con maquinaria especializada para las fases de estructura metálica, ensamblaje, pintura, eléctricos y acabados. Se registró un total de 28 equipos principales en operación, distribuidos de la siguiente forma: 12 en el área de estructuras (equipos de soldadura MIG y cortadoras de perfil), 5 en pintura (cabinas presurizadas y compresores), 6 en eléctricos (equipos de medición, taladros, prensas) y 5 en acabados (lijadoras, pistolas, herramientas manuales).

En el análisis realizado dentro de la empresa carrocera VARMA S.A. se identificaron los factores que más influyen en la forma en que se administran los inventarios de materia prima e insumos. Este proceso permitió comprender cómo interactúan diferentes aspectos operativos, técnicos y humanos que, en conjunto, determinan la disponibilidad de materiales y la continuidad del proceso productivo.

3.9 Clasificación ABC de artículos de materia prima

Para llevar a cabo el análisis de los diferentes factores que intervienen dentro de la gestión actual se hará uso de un estudio ABC, a fin de determinar cuáles son los productos más críticos dentro de los establecidos en la tabla 6.

Como primer paso se tomará la información del inventario de materia prima, luego se ordenará los artículos de manera descendiente en base al costo total, para ello se calcula el porcentaje de inversión.

$$\%\ inversión = \frac{Costo\ total\ material}{Costo\ total} \tag{9}$$

A continuación, se calcula el porcentaje acumulado de cada material, siendo la suma del porcentaje de inversión anterior, más el porcentaje de inversión de ese material.

$$\%inversión\ acumulado = \%inversión\ anterior + \%inversión\ artículo$$

Se muestra los diferentes cálculos realizados para cada material empleado para la fabricación de una carrocería en el modelo Urbano City Bus.

Tabla 13 Clasificación ABC

Lista de Materiales



Nº	Detalles							
	Código	**Nombre**	**Unidad**	**Costo unitario**	**Costo total**	**% Inversión**	**% Inversión Acumulado**	**Categoría**
1	HI0345	Tubos de 50 x 50 (3mm)	24	$62.89	$1,509.36	10.57%	10.57%	**A**
2	HIE0032	Tubos 50 x 50 (2mm)	16	$65.04	$1,040.64	7.29%	17.86%	
3	BAR003	Barniz D 8173	12	$73.39	$880.68	6.17%	24.03%	
4	HI0341	Tubos 100 x 50 (3mm)	10	$60.08	$600.80	4.21%	28.23%	
5	PL0122	Planchas G (2mm)	22	$25.50	$561.00	3.93%	32.16%	
6	VE0140	Velocímetro	1	$400.00	$400.00	2.80%	34.96%	
7	ASI0011	Asiento de chofer	1	$390.00	$390.00	2.73%	37.69%	
8	ASI0010	Asientos azules	20	$18.74	$374.80	2.62%	40.32%	
9	ALU0361	Filo de grada de aluminio	8	$45.32	$362.56	2.54%	42.86%	
10	ALU0301	Aluminios	8	$43.80	$350.40	2.45%	45.31%	
11	MIC0007	Micas	4	$86.19	$344.76	2.41%	47.73%	
12	THI0022	Thinner V200	10	$31.31	$313.10	2.19%	49.92%	
13	ASI0036	Asientos de pasajeros	3	$100.00	$300.00	2.10%	52.02%	
14	HI0342	Tubos 80 x 40 (3mm)	9	$30.77	$276.93	1.94%	53.96%	
15	AMP0041	Amplificador	2	$119.89	$239.78	1.68%	55.64%	
16	CUE0010	Cuellos con tapas (plumas)	20	$10.71	$214.20	1.50%	57.14%	
17	PPP0008	Planchas Hi Galvanizado	5	$41.60	$208.00	1.46%	58.60%	
18	HIE0344	Tubo 60 x 40 (2mm)	4	$50.00	$200.00	1.40%	60.00%	

19	FAR0009	Faros esquineros rojos	2	$92.26	$184.52	1.29%	61.29%	
20	SIK005	Sikaflex 211 us gris	20	$9.16	$183.20	1.28%	62.57%	
21	INV0034	Inversor de 24 V a 110 V	1	$180.00	$180.00	1.26%	63.83%	
22	SIK0009	Sika primer para vidrio	15	$11.14	$167.10	1.17%	65.00%	
23	PAR0006	Parlantes	6	$27.13	$162.78	1.14%	66.14%	
24	HI0340	Tubo de 100 x 50 (2mm)	5	$31.27	$156.35	1.09%	67.24%	
25	PPP0001	Planchas acurrujadas Aluminio	13	$11.49	$149.37	1.05%	68.28%	
26	PAR0299	Parasol eléctrico	1	$134.79	$134.79	0.94%	69.23%	
27	PAR	Parasol	1	$134.60	$134.60	0.94%	70.17%	
28	HIE0309	Tubo 40 x 40 (2mm)	8	$16.42	$131.36	0.92%	71.09%	
29	CAM0023	Cámaras	4	$32.56	$130.24	0.91%	72.00%	
30	FON0045	Fondo Gris + Catalizador	7	$18.35	$128.45	0.90%	72.90%	
31	ALU0329	Aluminio de perfil J	2	$59.00	$118.00	0.83%	73.73%	
32	POR0055	Porta Relay	9	$12.85	$115.65	0.81%	74.54%	
33	CIN 0017	Cinta led blanca	22	$5.25	$115.50	0.81%	75.35%	
34	CUE0011	Cuellos con tapas (Negras)	10	$10.71	$107.10	0.75%	76.10%	
35	LUZ034	Luces de grada	10	$10.00	$100.00	0.70%	76.80%	
36	LIJ0001	Lijas Orbitales #40	30	$3.21	$96.30	0.67%	77.47%	
37	CAP023	Capsulas azules	8	$12.00	$96.00	0.67%	78.14%	
38	HIE0332	Tubo 80 x 40 (2mm)	3	$30.77	$92.31	0.65%	78.79%	
39	CAT002	Catalizador D 8302	6	$15.00	$90.00	0.63%	79.42%	
40	MAS0012	Masking Automotriz 2	20	$4.31	$86.20	0.60%	80.02%	
41	PAN0013	Pantalla 7	1	$85.17	$85.17	0.60%	80.62%	
42	PPP0033	Plancha de acero inoxidable	1	$81.88	$81.88	0.57%	81.19%	B
43	COU002	Corosil gris	6	$12.00	$72.00	0.50%	81.70%	

44	PER0251	Pernos para base 5/16 x 1 1/2	100	$0.70	$70.00	0.49%	82.19%	
45	LUZ0023	Luces de placa led	2	$34.56	$69.12	0.48%	82.67%	
46	CAB0011	Cable de antena	20	$3.42	$68.40	0.48%	83.15%	
47	EPS003	Esponjas	5	$13.39	$66.95	0.47%	83.62%	
48	FAR0670	Faros Posteriores	2	$33.08	$66.17	0.46%	84.08%	
49	LIJ0002	Lijas Orbitales #80	40	$1.63	$65.20	0.46%	84.54%	
50	DIS0002	Disco de esponja negra	2	$31.12	$62.24	0.44%	84.98%	
51	BOT0010	Borneras de batería	20	$2.92	$58.40	0.41%	85.38%	
52	LIJ0003	Lijas Orbitales #150	40	$1.46	$58.40	0.41%	85.79%	
53	PPP0001	Plancha galvanizada	5	$11.50	$57.48	0.40%	86.20%	
54	MIC0073	Micrófono	2	$28.57	$57.14	0.40%	86.60%	
55	PIN0646	Pintura poliéster amarrillo	1	$52.42	$52.42	0.37%	86.96%	
56	LIJ0004	Lijas Orbitales #240	40	$1.27	$50.80	0.36%	87.32%	
57	PIN0452	Pintura poliéster blanco	2	$24.62	$49.24	0.34%	87.66%	
58	HIE303	Tubo 30 x 30 (2mm)	4	$12.28	$49.12	0.34%	88.01%	
59	HIE0320	Tubo 20 x 20 (2mm)	6	$8.13	$48.78	0.34%	88.35%	
60	LIJ0090	Lijas Orbitales #400	40	$1.20	$48.00	0.34%	88.69%	
61	HI0346	Plancha 6mm	1	$47.63	$47.63	0.33%	89.02%	
62	LIJ0005	Lijas Orbitales #320	40	$1.18	$47.20	0.33%	89.35%	
63	PIN0650	Pintura poliéster turquesa	1	$45.00	$45.00	0.32%	89.67%	
64	DES0011	Desengrasante	3	$14.77	$44.31	0.31%	89.98%	
65	HIE309	Tubo 40 x 40 (3mm)	2	$20.67	$41.34	0.29%	90.27%	
66	THI0019	Thinner laca	10	$4.13	$41.30	0.29%	90.55%	

67	PIN0701	Pintura poliéster verde oscuro	1	$39.32	$39.32	0.28%	90.83%	
68	PIN0654	Pintura poliéster celeste	1	$37.45	$37.45	0.26%	91.09%	
69	CAB0091	Cable #6	10	$3.42	$34.20	0.24%	91.33%	
70	LUZ0083	Luz stop amarilla	2	$16.20	$32.40	0.23%	91.56%	
71	BAS0046	Base normal grande	13	$2.46	$31.98	0.22%	91.78%	
72	MAS	Masking 3/4 verde	10	$3.16	$31.60	0.22%	92.00%	
73	EJE0114	Ejes de Apoyo	2	$15.70	$31.40	0.22%	92.22%	
74	HIE0326	Tubo 40 x 20 (2mm)	9	$3.48	$31.32	0.22%	92.44%	
75	PIN0387	Pintura poliéster verde claro	1	$30.08	$30.08	0.21%	92.65%	
76	CIN0018	Cinta led roja	3	$10.00	$30.00	0.21%	92.86%	
77	LIJ0040	Lijas Orbitales #24	18	$1.63	$29.34	0.21%	93.07%	
78	CAU0019	Caucho J gris	2.7	$10.00	$27.00	0.19%	93.26%	
79	LIJ0091	Lijas Orbitales #600	21	$1.28	$26.88	0.19%	93.45%	
80	MAS0002	Masilla poliéster	6	$4.37	$26.22	0.18%	93.63%	
81	INV0025	Inversor 24 V a 12 V	1	$26.09	$26.09	0.18%	93.81%	
82	MAS0011	Masking Abro automotriz 3/4	20	$1.30	$26.00	0.18%	93.99%	
83	ALU023	Aluminio sintético	2	$12.35	$24.70	0.17%	94.17%	
84	TO0120	Touch y placa	1	$24.30	$24.30	0.17%	94.34%	
85	EJE00115	Ejes principales	2	$12.00	$24.00	0.17%	94.51%	
86	PER 0089	Pernos para asiento 3/18	60	$0.40	$24.00	0.17%	94.67%	
87	HIE0069	Hierro platina 1* 1/2	1	$23.08	$23.08	0.16%	94.84%	
88	CIN0014	Cinta doble faz	5	$4.60	$23.00	0.16%	95.00%	
89	SIK0011	Sikas 552 (hibrido)	2	$11.14	$22.28	0.16%	95.15%	
90	CER0006	Cera desmoldaste	1	$20.65	$20.65	0.14%	95.30%	

91	VID0056	Vidrio faiten consola	1	$20.52	$20.52	0.14%	95.44%	
92	ROU0056	Router Tp link	1	$20.50	$20.50	0.14%	95.58%	
93	BPL0012	Brazos y plumas	2	$10.00	$20.00	0.14%	95.72%	
94	GUA0056	Guaipe	4	$5.00	$20.00	0.14%	95.86%	
95	HIE0080	Platina 1/4	2	$9.86	$19.72	0.14%	96.00%	C
96	REL0020	Relay de 24 V	6	$3.23	$19.38	0.14%	96.14%	
97	BAS0045	Bases asiento	4	$4.83	$19.32	0.14%	96.27%	
98	TAN0014	Tanque de agua más manguera	1	$19.24	$19.24	0.13%	96.41%	
99	MAN0021	Manillas grandes	7	$2.45	$17.15	0.12%	96.53%	
100	CHI0010	Chicharas Timbre y retro	2	$8.51	$17.02	0.12%	96.65%	
101	PUL002	Pulsadores de timbre	6	$2.50	$15.00	0.11%	96.75%	
102	SOK002	Sockets de dos pines	20	$0.74	$14.80	0.10%	96.86%	
103	REM0001	Remaches 3/16 cabeza ancha	200	$0.07	$14.00	0.10%	96.95%	
104	PIN0704	Pintura poliéster negro	1	$13.79	$13.79	0.10%	97.05%	
105	NEB0002	Caja de alógenos (Neblinero)	1	$13.75	$13.75	0.10%	97.15%	
106	REL0010	Relay de 12 V	3	$4.38	$13.14	0.09%	97.24%	
107	REG0023	Regletas rojas posteriores	2	$6.16	$12.32	0.09%	97.33%	
108	GRA045	Grapas 1/2	40	$0.30	$12.00	0.08%	97.41%	
109	MAS0009	Masking fino	5	$2.38	$11.90	0.08%	97.49%	
110	TER0030	Terminales hembra	200	$0.06	$11.60	0.08%	97.57%	
111	HIE0121	Tubo Redondo 3/4	1	$11.57	$11.57	0.08%	97.66%	
112	CUC0020	Cucullas laterales	2	$5.68	$11.36	0.08%	97.74%	
113	SIK0131	Sika 552 negro salchicha	1	$11.28	$11.28	0.08%	97.81%	
114	DIS0013	Disco de pulir	1	$10.93	$10.93	0.08%	97.89%	
115	CAB0070	Cable #10	12	$0.91	$10.90	0.08%	97.97%	
116	SIK0015	Sika pegar 256	1	$10.47	$10.47	0.07%	98.04%	

117	ESP0057	Espejos redondos	2	$5.11	$10.22	0.07%	98.11%	
118	VA0034	Vasos	10	$1.00	$10.00	0.07%	98.18%	
119	REP012	Repuestos de chaveta	15	$0.66	$9.90	0.07%	98.25%	
120	TAI0001	Taype	10	$0.96	$9.59	0.07%	98.32%	
121	CAB0030	Cable gemelo #14	10	$0.96	$9.59	0.07%	98.39%	
122	CUC003	Cucullas direccional	2	$4.52	$9.04	0.06%	98.45%	
123	MAS0008	Masilla plástica	6	$1.45	$8.70	0.06%	98.51%	
124	MAS0012	Masking ancho	2	$4.31	$8.62	0.06%	98.57%	
125	CAB0010	Cable de parlante	20	$0.42	$8.40	0.06%	98.63%	
126	REJ0020	Rejilla aire redonda	1	$7.03	$7.03	0.05%	98.68%	
127	HIE0070	Platina 3/4	1	$7.00	$7.00	0.05%	98.73%	
128	AR0012	Arnés de retrovisores	1	$7.00	$7.00	0.05%	98.78%	
129	MAS0011	Masking mediano	5	$1.30	$6.50	0.05%	98.82%	
130	MAS0024	Masking 3/4 verde	2	$3.16	$6.32	0.04%	98.87%	
131	MAS0024	Masking 3/4 verde	2	$3.16	$6.32	0.04%	98.91%	
132	PER0241	Pernos para bastón 5/16 x 1	46	$0.14	$6.26	0.04%	98.95%	
133	CAB0049	Cable #16	20	$0.30	$6.00	0.04%	99.00%	
134	TAL003	Tacloud	10	$0.60	$6.00	0.04%	99.04%	
135	CAB0029	Cable gemelo #20	20	$0.28	$5.60	0.04%	99.08%	
136	MAN0022	Manillas pequeñas	2	$2.67	$5.34	0.04%	99.11%	
137	SOK0040	Sockets de tres pines	4	$1.30	$5.20	0.04%	99.15%	
138	HIE0191	Barrilla 3/8	1	$5.00	$5.00	0.04%	99.19%	
139	HIE0076	Platina 1` 3/16	1	$4.98	$4.98	0.03%	99.22%	
140	ST067	Espagueti Termo comprensible	1	$4.90	$4.90	0.03%	99.26%	
141	DIS023	Disco de lija	3	$1.60	$4.80	0.03%	99.29%	
142	CER0008	Cernideros	30	$0.16	$4.77	0.03%	99.32%	
143	BRO0020	Broca de 1/8	5	$0.85	$4.25	0.03%	99.35%	

144	BRU0026	Brujita adhesivo FAS 705 + 500	1	$4.12	$4.12	0.03%	99.38%	
145	BRE0017	Breaker y Caja	1	$3.75	$3.75	0.03%	99.41%	
146	BRO0025	Broca de cobalto 5/16	1	$3.55	$3.55	0.02%	99.43%	
147	TOR0044	Tornillos de 11/4 x 11/2 avellanado	50	$0.07	$3.50	0.02%	99.46%	
148	CAB0091	Cable de batería	1	$3.42	$3.42	0.02%	99.48%	
149	ISA003	Iusacell cemento de contacto	1	$3.42	$3.42	0.02%	99.50%	
150	TOR0015	Tornillos 8 x 1 Cabeza de lenteja	100	$0.03	$3.40	0.02%	99.53%	
151	OJO0031	Ojos de buey	2	$1.58	$3.16	0.02%	99.55%	
152	GRA001	Grapas 1	60	$0.05	$3.00	0.02%	99.57%	
153	VA0034	Lustre	5	$0.60	$3.00	0.02%	99.59%	
154	DIS0089	Disco de corte	2	$1.50	$3.00	0.02%	99.61%	
155	TOR0180	Tornillos 14 x 1 auto rroscantes	35	$0.08	$2.70	0.02%	99.63%	
156	DIS003	Discos Flap 4 1/2	1	$2.60	$2.60	0.02%	99.65%	
157	TOR0040	Tornillos 8 x 3/4 cabeza de lenteja	200	$0.01	$2.60	0.02%	99.67%	
158	TUE0142	Tuercas de 1/4	50	$0.05	$2.60	0.02%	99.69%	
159	CHA0009	Chapa CEP Marco polo	1	$2.60	$2.60	0.02%	99.71%	
160	USB0125	USB	1	$2.50	$2.50	0.02%	99.72%	
161	CO0012	Funda de correas 10cm	1	$2.50	$2.50	0.02%	99.74%	
162	CO0013	Fundas de correas 15 cm	1	$2.50	$2.50	0.02%	99.76%	
163	CO0014	Fundas de correas 25 cm	1	$2.50	$2.50	0.02%	99.78%	
164	CO0015	Fundas de correas 35 cm	1	$2.50	$2.50	0.02%	99.79%	
165	FOC0013	Focos de 1 punto con base	4	$0.57	$2.28	0.02%	99.81%	
166	SPR002	Spray Negro	1	$1.97	$1.97	0.01%	99.82%	

167	MAS0020	Masking 140 cm	1	$1.96	$1.96	0.01%	99.84%	
168	MAS0020	Masking Plástico 140 cm x 25 mm	1	$1.96	$1.96	0.01%	99.85%	
169	TOR0040	Tornillos 8 x 3/4 cabeza lenteja	150	$0.01	$1.95	0.01%	99.86%	
170	LIJ0002	Pliegos de lija 80	1	$1.63	$1.63	0.01%	99.88%	
171	MAG0109	Manguera anillada 1	3	$0.48	$1.44	0.01%	99.89%	
172	TER0123	Terminales macho	20	$0.07	$1.36	0.01%	99.89%	
173	VIS0067	Bisagra pequeña reforzada	2	$0.67	$1.34	0.01%	99.90%	
174	TOR0016	Tornillos 8 x 1 Avellanas	50	$0.02	$1.15	0.01%	99.91%	
175	TOR0151	Triple pato 12 x 1	20	$0.06	$1.12	0.01%	99.92%	
176	TOR0015	Tornillos 8 x 1-1/2 avellanados	30	$0.04	$1.05	0.01%	99.93%	
177	GRA002	Grapas pequeñas	20	$0.05	$1.00	0.01%	99.93%	
178	FUS0015	Fusibles de 15 amperios	11	$0.09	$0.99	0.01%	99.94%	
179	MAG0108	Manguera anillada 1 1/2	2	$0.48	$0.96	0.01%	99.95%	
180	PER0040	Pernos 1/4 x 1 completos	4	$0.18	$0.72	0.01%	99.95%	
181	CAU0018	Caucho platina (sellar)	3	$0.24	$0.72	0.01%	99.96%	
182	ROD0045	Rodelas	120	$0.01	$0.72	0.01%	99.96%	
183	ROD0046	Rodelas para base	140	$0.01	$0.70	0.00%	99.97%	
184	TOR0016	Tornillos 8 x 1 avellanados	20	$0.02	$0.46	0.00%	99.97%	
185	TER0124	Terminales redondos 7/16	15	$0.03	$0.45	0.00%	99.97%	
186	FUS0011	Fusibles de 10 amperios	5	$0.09	$0.45	0.00%	99.98%	
187	REM0056	Remaches 5/32	30	$0.02	$0.45	0.00%	99.98%	
188	MAG0110	Manguera anillada 1/2	2	$0.22	$0.44	0.00%	99.98%	
189	TER0130	Terminales azules hembra	4	$0.10	$0.40	0.00%	99.99%	
190	MAG0111	Manguera anillada 3/8	3	$0.13	$0.39	0.00%	99.99%	

191	TOR0040	Tornillos 8 x 3/4 cabeza de lenteja	30	$0.01	$0.39	0.00%	99.99%	
192	TOR0181	Tornillos 14 x 1/2	6	$0.06	$0.37	0.00%	99.99%	
193	TER0125	Terminales redondos 3/16	11	$0.03	$0.33	0.00%	100.00%	
194	POR0030	Portafusiles	1	$0.22	$0.22	0.00%	100.00%	
195	REM0130	Remaches POP 1/8 *1	10	$0.01	$0.14	0.00%	100.00%	
196	TOR0131	Tornillos triple pata 12 x 1	2	$0.03	$0.07	0.00%	100.00%	
COSTO TOTAL					$14,279.28	100.00%		

Al analizar los materiales utilizados para fabricar una carrocería, se nota que algunos tienen un costo unitario bastante alto en comparación con el resto. También hay materiales que, aunque no son caros individualmente, se usan en grandes cantidades por cada unidad fabricada, lo que hace que su impacto en el costo total sea importante. Se muestra cómo se agrupan los insumos: la clase A reúne cerca del 80% del costo total por unidad, la clase B representa aproximadamente el 15% y la clase C completa el 5% restante.

Se obtiene los porcentajes de materiales en el inventario, inversión, costos de cada categoría, donde los artículos A alcanzan un 20.9 %, con un mayor porcentaje del costo total en comparación con las clases B y C.

Tabla 14 Resumen Clasificación ABC

Categoría	**%**	**Nº Materiales**	**% Materiales**	**% Artículos Acumulados**	**% Inversión**	**Costo Total**
A	0-80 %	41	20.9%	20.9%	80.62%	$11,512.00
B	80 - 95 %	53	27.0%	48.0%	15.24%	$ 2,176.83
C	95- 100 %	102	52.0%	100.0%	4.14%	$ 590.45
	Total	196	100%		100.0%	$14,279.28

Es importante analizar de manera gráfica el inventario de materia prima y el costo total acorde a cada clase como señala la figura 23.

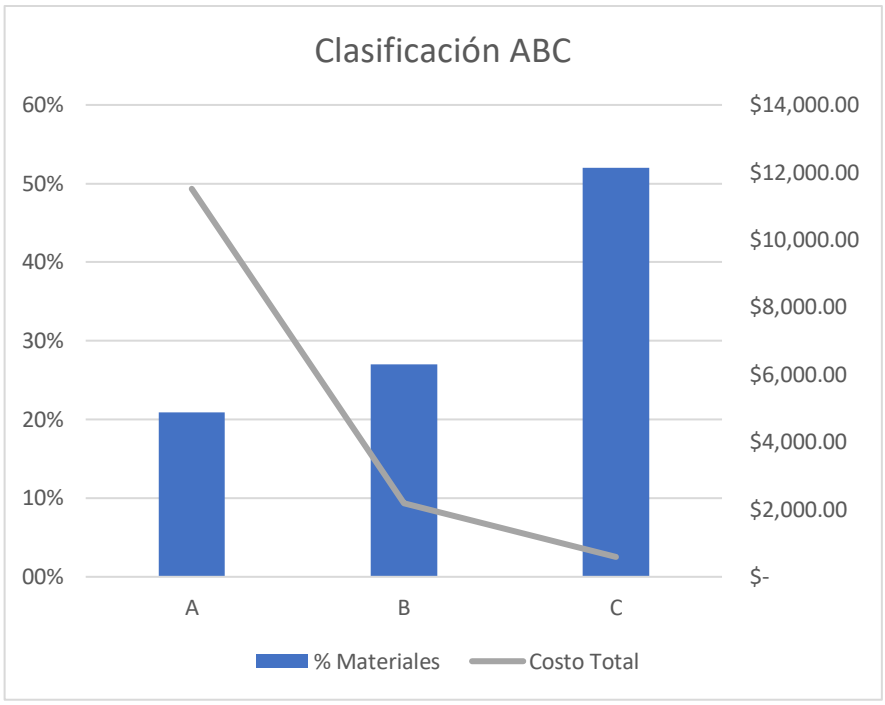


Figura 23 Clasificación ABC de artículos de materia prima

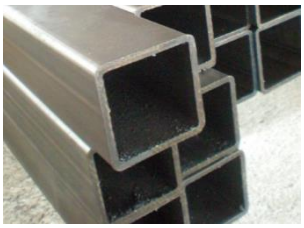
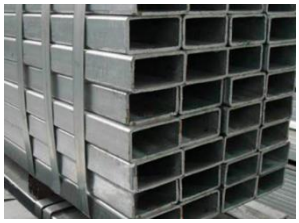
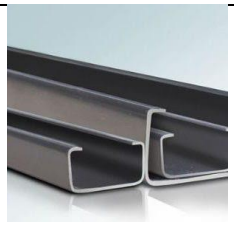
3.10 Materiales seleccionados según la criticidad categoría A

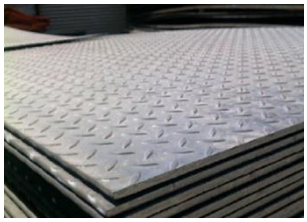
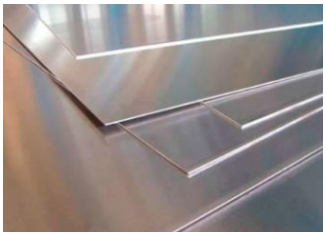
Luego de aplicar una clasificación ABC, al inventario principal, empleados en la fabricación de la carrocería Scania K250, donde se obtuvo que 41 materiales conforman la categoría A y contienen el 80.62 % del valor total de la inversión, siendo aquellos que representan el mayor impacto económico.

De manera que trabajar con los 41 materiales de la categoría A dentro del modelo de optimización no es necesario, dado que muchos presentan valores de inversión similares o marginales entre sí, y su análisis conjunto aumentaría la complejidad del modelo.

Por este motivo se decidió reducir la muestra a 10 materiales, seleccionados con base en criterios de representatividad, con el fin de mantener la relevancia económica y operativa de los materiales críticos.

Tabla 15 Materiales Seleccionados “A”

Nº	Código	Nombre	Imagen
1	**HI0345**	**Tubos de 50 x 50 (3mm)**	 Figura 24 Tubo de 50 x 50 3mm
2	**HIE0032**	**Tubos 50 x 50 (2mm)**	 Figura 25 Tubos 50 x 50 (2mm
3	**BAR003**	**Barniz D 8173**	 Figura 26 Barniz D 8173
4	**HI0341**	**Tubos 100 x 50 (3mm)**	 Figura 27 Tubos 100 x 50 (3mm)
5	**PL0122**	**Planchas G (2mm)**	 Figura 28 Planchas G (2mm)

6	**VE0140**	**Velocímetro**	 Figura 29 Velocímetro
7	**ASI0011**	**Asiento de chofer**	 Figura 30 Asiento del chofer
8	**ASI0010**	**Asientos azules**	 Figura 31 Asiento de pasajeros
9	**ALU0361**	**Filo de grada de aluminio**	 Figura 32 Plancha de aluminio grada
10	**ALU0301**	**Aluminios**	 Figura 33 Plancha de aluminio lisa

3.10.1 Aporte Económico:

Se priorizaron los materiales con mayor costo total dentro de la categoría A. Los 10 seleccionados concentran alrededor del 45.31 % del valor total del inventario, lo que garantiza que representan la porción más significativa de la inversión.

Tabla 16 Aporte Económico

Nº	Código	Nombre	Cantidad /Unidad	Costo unitario	Costo total	% Inversión
1	HI0345	Tubos de 50 x 50 (3mm)	24	$62.89	$1,509.36	10.57%
2	HIE0032	Tubos 50 x 50 (2mm)	16	$65.04	$1,040.64	7.29%
3	BAR003	Barniz D 8173	12	$73.39	$880.68	6.17%
4	HI0341	Tubos 100 x 50 (3mm)	10	$60.08	$600.80	4.21%
5	PL0122	Planchas G (2mm)	22	$25.50	$561.00	3.93%
6	VE0140	Velocímetro	1	$400.00	$400.00	2.80%
7	ASI0011	Asiento de chofer	1	$390.00	$390.00	2.73%
8	ASI0010	Asientos azules	20	$18.74	$374.80	2.62%
9	ALU0361	Filo de grada de aluminio	8	$45.32	$362.56	2.54%
10	ALU0301	Aluminios	8	$43.80	$350.40	2.45%
					SUMA	45.31%

3.10.2 Criticidad operativa

Se eligieron los ítems cuya ausencia afectaría directamente la continuidad del proceso de fabricación.

3.10.3 Frecuencia o rotación de consumo

Se consideraron los materiales de uso recurrente o con alta demanda.

3.10.4 Representatividad por familia

La selección final incluyó al menos un elemento de cada familia principal (estructurales, eléctricos, pintura y acabados), lo que permitió mantener una visión integral del proceso de producción.

De tal manera que la muestra de 10 materiales permite conservar la esencia del grupo A, al mismo tiempo que reduce la complejidad del modelo matemático de optimización [47].

3.11 Cálculos de las Variables

Demanda trimestral D_i

$$\boldsymbol{Buses\ por\ trimestre} = \frac{25\frac{unidades}{año}}{4} = 6.25 \qquad (10)$$

3.11.1 Demanda Trimestral del material i:

$$\boldsymbol{D_i(trimestral)} = (Cantidad\ por\ bus\ del\ item\ i) * 6.25 \qquad (11)$$

Tabla 17 Demanda Trimestral

Nº	Código	Nombre	Cantidad de material por bus	Di trimestral
1	HI0345	Tubos de 50 x 50 (3mm)	24	150
2	HIE0032	Tubos 50 x 50 (2mm)	16	100
3	BAR003	Barniz D 8173	12	75
4	HI0341	Tubos 100 x 50 (3mm)	10	63
5	PL0122	Planchas G (2mm)	22	138
6	VE0140	Velocímetro	1	6
7	ASI0011	Asiento de chofer	1	6
8	ASI0010	Asientos azules	20	125
9	ALU0361	Filo de grada de aluminio	8	50
10	ALU0301	Aluminios	8	50

3.11.2 Costo fijo por pedir:

En este punto se cuantifica todo lo que ocurre una vez por orden, desde que la orden es emitida, hasta que bodega registra e inspecciona, es todo el gasto que la empresa incurre cada vez que realiza un pedido de un material**,** sin importar cuántas unidades compre.

Matemáticamente, el costo fijo total de un pedido se expresa así:

$$K_i = \sum_{a=1}^{m} \left(\frac{t_a}{60} * C_a\right) + C_{transporte} + C_{documental} \qquad (12)$$

Actividades Administrativas y logísticas:

El costo fijo por pedir se obtuvo a través de la suma de los costos administrativos y logísticos por pedido, se construye mediante un enfoque por costeo de actividades, en el cual se identificaron las tareas necesarias para la gestión de un pedido de materiales y se cuantifico el tiempo y costo asociado a cada una.

Identificación de las actividades

Primero se identificaron las principales actividades administrativas y logísticas que intervienen en el proceso de compra y recepción de materiales en bodega:

- Preparación de cotizaciones y orden de compra
- Aprobación y firma de la orden
- Comunicación y coordinación con proveedores
- Recepción y verificación del pedido en bodega
- Inspección de calidad
- Registro contable y archivo

Estas actividades representan el flujo completo desde la generación del pedido hasta su registro final.

Estimación del tiempo por actividad

Para cada actividad se estimó el tiempo promedio requerido por pedido, expresado en minutos, considerando observación directa y experiencia operativa del área, estos tiempos reflejan una duración estándar bajo condiciones normales de trabajo.

Determinación del costo por hora (USD/h)

El costo por hora de la mano de obra se calculó a partir del salario mensual del personal involucrado, se considera un salario mensual de 470, acorde al salario unificado establecido en el ecuador.

Jornada Laboral legal en Ecuador

Se debe considerar que la jornada ordinaria de trabajo es de 8 horas diarias, que equivale a un máximo de 40 horas a la semana, según el código de trabajo en el Art. 47 para calcular el valor de la hora de trabajo se divide el sueldo básico del trabajador

para 30 que corresponde a los días del mes y luego para 8 que corresponde a las horas que se cumplen diariamente.

$$Costo\ por\ Hora = \frac{470}{30} = 15.66 \tag{13}$$

$$Costo\ por\ Hora = \frac{15.66}{8} = \ 1.9583\ USD/h \tag{13}$$

Costo por actividad

$$Costo\ por\ actividad = \frac{Tiempo\ por\ pedido\ (min)}{60} * Costo - hora \tag{14}$$

Tabla 18 Costo fijo por pedir

Actividades administrativas y logísticas	**Tiempo por pedido (min)**	**Costo-hora (USD/h)**	**Costo por actividad**
Preparar cotizaciones y orden de compra	120	1.9583	$ 3.92
Aprobación y firma de la orden	57	1.9583	$ 1.86
Comunicación y coordinación con proveedor	65	1.9583	$ 2.12
Recepción y verificación del pedido en bodega	70	1.9583	$ 2.28
Inspección de calidad	65	1.9583	$ 2.12
Registro contable y archivo	92	1.9583	$ 3.00
Subtotal mano de obra			$ 15.32
Costo fijo total por pedido (Ki)			$ 15.32

La estimación se realizó con base en entrevistas al personal de compras, bodega y contabilidad de la empresa VARMA S.A., obteniéndose un costo promedio de aproximadamente 15.32 USD por pedido, el cual se utilizó como valor de K_i en el modelo de optimización de inventarios, los pedidos se realizan en base a la orden de producción, el bodeguero es quien realiza la gestión cada jueves en este caso se realizan 4 pedidos por mes.

3.11.4 Costo Trimestral de mantener una unidad de material

El costo de mantener una unidad en inventario se calcula multiplicando el costo unitario del material por una tasa de mantenimiento anual (ρ), que refleja los costos asociados con el almacenamiento, obsolescencia, y deterioro del material, así como el costo del capital invertido en el inventario.

$$h_{ianual} = p * c_i \tag{15}$$

El valor obtenido corresponde al costo anual de mantener una unidad. Para ajustar a un horizonte trimestral, se divide este valor entre 4, dado que el modelo de optimización opera a nivel trimestral.

$$h_{i\ trimestral} = \frac{h_i}{4} \tag{16}$$

Se utilizó una tasa de mantenimiento promedio del 20 % para los materiales de alta rotación, y 25 % para los materiales con mayor obsolescencia o costo de almacenamiento.

Tabla 19 Costo Trimestral de mantener una unidad de material

Nº	Nombre	Costo unitario	Tasa de Mantenimiento	Costo anual de mantenimiento	Costo trimestral de mantenimiento
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	$62.89	$0.20	$12.58	$3.14
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	$65.04	$0.20	$13.01	$3.25
3	Barniz D 8173	$73.39	$0.20	$14.68	$3.67
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	$60.08	$0.20	$12.02	$3.00
5	Planchas G (2mm)	$25.50	$0.20	$5.10	$1.28
6	Velocímetro	$400.00	$0.25	$100.00	$25.00
7	Asiento de chofer	$390.00	$0.25	$97.50	$24.38
8	Asientos azules	$18.74	$0.25	$4.69	$1.17
9	Filo de grada de aluminio	$45.32	$0.20	$9.06	$2.27
10	Aluminios	$43.80	$0.20	$8.76	$2.19

3.11. 5 El tiempo de reposición L_i

El tiempo de reposición se calculó sumando el tiempo de procesamiento del proveedor, el tiempo de tránsito del material, y el tiempo de recepción y verificación en bodega. Cada uno de estos componentes se estimó a partir de datos históricos y promedios obtenidos de las órdenes de compra anteriores.

$$L_i = L_i + L_{transporte} + L_{recepción-bodega} \quad (17)$$

Tabla 20 Tiempo de Reposición

Nº	Nombre	L Proveedor días	L Transporte días	L Recepción días	Li
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	10	5	2	17
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	10	5	2	17
3	Barniz D 8173	12	5	2	19
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	8	5	3	16
5	Planchas G (2mm)	10	5	2	17
6	Velocímetro	10	5	2	17
7	Asiento de chofer	10	5	2	17
8	Asientos azules	10	5	2	17
9	Filo de grada de aluminio	8	5	2	15
10	Aluminios	10	5	2	17

3.11.6 Desviación Estándar diaria

La desviación estándar de la demanda diaria se estimó en función del coeficiente de variación (CV) de cada tipo de material, aplicando la relación.

$$\sigma = CV_i * D_{i,diaria} \quad (18)$$

Dado que no se dispone de registros diarios de consumo, el coeficiente de variación se asignó considerando la naturaleza del material: 0.30 para materiales estructurales, 0.50 para materiales de acabado o pintura, y 0.70 para componentes eléctricos [48].

Tabla 21 Desviación Estándar

Nº	Código	Nombre	Cantidad de material por bus	Di trimestral	Di Diaria	Coeficiente de variación	Desviación Estándar
1	HI0345	Tubos de 50 x 50 (3mm)	24	150	2.27	0.30	0.68
2	HIE0032	Tubos 50 x 50 (2mm)	16	100	1.52	0.30	0.45
3	BAR003	Barniz D 8173	12	75	1.14	0.50	0.57
4	HI0341	Tubos 100 x 50 (3mm)	10	63	0.95	0.30	0.28
5	PL0122	Planchas G (2mm)	22	138	2.08	0.30	0.63
6	VE0140	Velocímetro	1	6	0.09	0.30	0.03
7	ASI0011	Asiento de chofer	1	6	0.09	0.70	0.07
8	ASI0010	Asientos azules	20	125	1.89	0.50	0.95
9	ALU0361	Filo de grada de aluminio	8	50	0.76	0.50	0.38
10	ALU0301	Aluminio	8	50	0.76	0.30	0.23

3.11.7 Nivel de Servicio z

Es un dato numérico que se define técnicamente acorde al grado de confiabilidad que la empresa desea tener para tener un stock adecuado, durante el tiempo de reposición.

Para ello se define una meta del 95%, donde se emplea un factor de z= 1.65, lo que permite incrementar el stock de seguridad en los materiales con mayor variabilidad de consumo.

3.11.8 Cantidad económica de pedido

Se determinó empleando la ecuación 2

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i * K_i}{h_i}}$$

Tabla 22 Cantidad Económica de pedido

Nº	Nombre	Di trimestral	Costo por pedido	Consto de mantener trimestral	Cantidad económica de pedido
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	$150.00	$15.32	$3.14	39
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	$100.00	$15.32	$3.25	31
3	Barniz D 8173	$75.00	$15.32	$3.67	26
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	$62.50	$15.32	$3.00	26
5	Planchas G (2mm)	$137.50	$15.32	$1.28	58
6	Velocímetro	$6.25	$15.32	$25.00	3
7	Asiento de chofer	$6.25	$15.32	$24.38	3
8	Asientos azules	$125.00	$15.32	$1.17	58
9	Filo de grada de aluminio	$50.00	$15.32	$2.27	27
10	Aluminios	$50.00	$15.32	$2.19	27

3.11.9 Stock de seguridad

El stock de seguridad se determinó aplicando la ecuación 3.

$$SS_i = z * \sigma_i * \sqrt{L_i}$$

Tabla 23 Stock de Seguridad

Nº	Nombre	Nivel de servicio	Desviación estándar	Tiempo de reposición	Stock de Seguridad
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	1.65	0.68	17	5
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	1.65	0.45	17	4
3	Barniz D 8173	1.65	0.57	19	5
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	1.65	0.28	16	2
5	Planchas G (2mm)	1.65	0.63	17	5
6	Velocímetro	1.65	0.03	17	1
7	Asiento de chofer	1.65	0.07	17	1
8	Asientos azules	1.65	0.95	17	7
9	Filo de grada de aluminio	1.65	0.38	15	3
10	Aluminios	1.65	0.23	17	2

Este parámetro permite cubrir la incertidumbre de la demanda durante el periodo de reposición y evitar faltantes de materiales críticos.

Los resultados obtenidos muestran que los materiales con mayor variabilidad (por ejemplo, asientos azules, barniz D 8173 y planchas G) requieren mantener mayores cantidades de seguridad, mientras que los componentes de baja rotación (velocímetro, asiento de chofer) demandan reservas mínimas.

3.11.10 Punto de Reorden

Indica el nivel de inventario en el cual debe hacerse un nuevo pedido ecuación 4:

$$r_i = D_{i,diaria* L_i+SS}$$

Tabla 24 Punto de Reorden

Nº	Nombre	Di Diaria (unid)	Nivel de Servicio	Desviación Estándar (σ)	Tiempo de reposición (días)	Stock de Seguridad	Punto de reorden
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	2.27	1.65	0.68	17	5	44
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	1.52	1.65	0.45	17	4	30
3	Barniz D 8173	1.14	1.65	0.57	19	5	27
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	0.95	1.65	0.28	16	2	18
5	Planchas G (2mm)	2.08	1.65	0.63	17	4	41
6	Velocímetro	0.09	1.65	0.03	17	1	3
7	Asiento de chofer	0.09	1.65	0.07	17	1	3
8	Asientos azules	1.89	1.65	0.95	17	6	40
9	Filo de grada de aluminio	0.76	1.65	0.38	15	2	15
10	Aluminios	0.76	1.65	0.23	17	2	15

3.11.11 Restricción de Capacidad de Almacenamiento

Para garantizar que las cantidades óptimas de pedido propuestas en el modelo sean viables en la realidad se incorpora una restricción de la capacidad en la bodega que se verá expresada como ecuación 5:

$$\sum_{i=1}^{n} v_i \left(\frac{Q_i}{2} + SS_i\right) \leq V^{max}$$

Siendo v_i el volumen por unidad del material i y V^{max} que es la capacidad máxima efectiva de almacenamiento $\frac{Q_i}{2} + SS_i$ corresponde al inventario promedio por cada material, considerando el inventario cíclico y el stock de seguridad.

Tabla 25 Volumen ocupado por material

		Dimensiones (m)								
Nº	**Nombre**	**Largo**	**Ancho**	**Alto**	**Volumen**	**Cantidad Económica de pedido**	**Ssi**	**Qi/2**	**(Qi/2+Ssi)**	**Volumen ocupado**
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	6	0.05	0.05	0.015	39	5	20	25	0.36
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	6	0.05	0.05	0.015	31	4	16	20	0.28
3	Barniz D 8173	0.25	0.25	0.35	0.022	26	5	15	18	0.36
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	0.6	0.1	0.05	0.003	26	2	13	15	0.04
5	Planchas G (2mm)	2.44	1.22	0.002	0.006	58	5	29	34	0.19
6	Velocimetro	0.2	0.2	0.15	0.006	3	1	3	3	0.02
7	Asiento de chofer	0.6	0.6	1.2	0.432	3	1	2	3	1.08
8	Acientos azules	0.55	0.55	1.2	0.363	58	7	29	36	12.52
9	Filo de grada de aluminio	3	0.1	0.03	0.009	27	3	14	17	0.14
10	Aluminios	6	0.05	0.04	0.012	27	2	14	16	0.18
					0.883				**Volumen total**	**15.169**

El volumen total ocupado por los 10 materiales, calculado en función de las cantidades óptimas de pedido y los volúmenes por unidad, fue de 15.169 m³. Este valor se encuentra dentro de la capacidad disponible en la bodega

3.11.12 Restricción de Inversión promedio

El fin es que las políticas de inventario propuestas sean coherentes con la capacidad financiera que la empresa carrocera posee ecuación 6.

$$\sum_{i=1}^{n} C_i \left(\frac{Q_I}{2} + SS_i\right) \leq I^{max}$$

Donde C_i representa el costo unitario del material i, Q_i es la cantidad económica de pedido y SS_i es el stock de seguridad y $\frac{Q_i}{2} + SS_i$, I^{max} es el monto máximo que VARMA S.A, está dispuesta a inmovilizar en inventarios de materiales críticos para la fabricación del moldeo Scania K250.

El modelo de esta manera no solo minimiza el costo total del inventario, además respeta los límites de inversión.

Tabla 26 Inversión promedio de cada material

Nº	Nombre	Costo unitario	Qi	Ssi	Qi/2	I promedio	Inversión promedio
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	62.89	39	5	20	25	$ 1,572.25
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	65.04	31	4	16	20	$ 1,300.00
3	Barniz D 8173	73.39	26	5	15	18	$ 1,321.02
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	60.08	26	2	13	15	$ 901.20
5	Planchas G (2mm)	25.5	58	5	29	34	$ 867.00
6	Velocímetro	400	3	1	3	3	$ 1,200.00
7	Asiento de chofer	390	3	1	2	3	$ 1,170.00
8	Asientos azules	18.74	58	7	29	36	$ 674.00
9	Filo de grada de aluminio	45.32	27	3	14	17	$ 770.00
10	Aluminios	43.8	27	2	14	16	$ 700.00
TOTAL							$10,475.47

3.12 Optimización del inventario en la bodega de la empresa a través de un modelo matemático implementado en Python

La empresa VARMA S.A. administra materiales esenciales para la fabricación de carrocerías; sin embargo, su manejo de inventarios carecía de una política formal que permitiera planificar adecuadamente los niveles de reposición, proteger el flujo de producción y controlar los costos asociados al almacenamiento.

Siendo el propósito del proyecto de investigación, se aplicó un modelo cuantitativo de inventarios, que está basado en la política $(Q_{i,}r_i, SS_i)$, siendo parámetros que permiten determinar cuánto pedir y la cantidad adicional para mantener como reserva ante las variaciones de la demanda o retrasos de los proveedores.

3.12.1 Modelo Propuesto

El modelo tiene el objetivo de minimizar el costo total del inventario mediante la siguiente función objetivo con la ecuación 1:

$$CT = \sum_{i=1}^{n} \left(K_i \frac{Di}{Qi} + h_i \left(\frac{Q_i}{2} + SS_i \right) \right)$$

Donde se consideró las cantidades a pedir, el tiempo de reposición, el nivel de servicio deseado y los costos asociados a ordenar y mantener inventarios, estos factores son aquellos que influyen en los costos de inventarios.

Para la formulación se programó en Python empleando datos reales de la bodega específicamente de los cálculos realizados en los diferentes factores que intervienen en la gestión del inventario, específicamente para los diez materiales más críticos identificados previamente mediante el análisis ABC.

Con el fin de automatizar los cálculos del modelo de inventarios y asegurar la trazabilidad de los resultados, se desarrolló un script en el lenguaje de programación Python, el cual permitió procesar de manera sistemática la información de los diez materiales críticos utilizados en la fabricación del bus Scania K250.

3.12.2 Preparación de la base de datos

Como primer punto se estructuro la información en Excel donde se incorporaron los parámetros para el modelo:

```
# Importar pandas
import pandas as pd

# Ruta del archivo Excel
archivo = "DATOS.xlsx"  #

# Cargar el archivo Excel
df = pd.read_excel(archivo, header=0)

# Mostrar todas las filas y columnas
pd.set_option('display.max_rows', None)  # Mostrar todas las filas
pd.set_option('display.max_columns', None)  # Mostrar todas las
columnas

# Mostrar el dataframe completo
print(df)
```

Demanda trimestral y demanda diaria.

Desviación estándar.

Tiempo de reposición de cada proveedor.

Nivel de servicio definido para el análisis.

Costo unitario de cada material.

Costo por pedido y costo de mantener inventario.

Volumen ocupado por cada material.

Inversión promedio registrada en la empresa.

	Número	Codigo	Nombre	Demanda Trimestral	\
0	1	HI0345	Tubos de 50 x 50 (3mm)	150	
1	2	HIE0032	Tubos 50 x 50 (2mm)	100	
2	3	BAR003	Barniz D 8173	75	
3	4	HI0341	Tubos 100 x 50 (3mm)	63	
4	5	PL0122	Planchas G (2mm)	138	
5	6	VE0140	Velocimetro	6	
6	7	ASI0011	Asiento de chofer	6	
7	8	ASI0010	Acientos azules	125	
8	9	ALU0361	Filo de grada de aluminio	50	
9	10	ALU0301	Aluminios	50	

Figura 34 Ingreso de datos en Phyton

	Demanda Diaria	Desviación Estandar	Tiempo de Reposición	\
0	2.272727	0.681818	17	
1	1.515152	0.454545	17	
2	1.136364	0.568182	19	
3	0.946970	0.284091	16	
4	2.083333	0.625000	17	
5	0.094697	0.028409	17	
7	1.893939	0.946970	17	
8	0.757576	0.378788	15	
9	0.757576	0.227273	17	

Figura 35 Ingreso de datos en Phyton 2

	Nivel de Servicio	Costo Unitario	Costo por pedido	Costo de Mantener
0	1.65	62.89	15.32	3.14450
1	1.65	65.04	15.32	3.25200
2	1.65	73.39	15.32	3.66950
3	1.65	60.08	15.32	3.00400
4	1.65	25.50	15.32	1.27500
5	1.65	400.00	15.32	25.00000
6	1.65	390.00	15.32	24.37500
7	1.65	18.74	15.32	1.17125
8	1.65	45.32	15.32	2.26600
9	1.65	43.80	15.32	2.19000

Figura 36 Ingreso de datos en Phyton 3

	Volumen por unidad	Inversión promedio
0	0.36	1572.25
1	0.28	1300.00
2	0.36	1321.02
3	0.04	901.20
4	0.19	867.00
5	0.02	1200.00
6	1.08	1170.00
7	12.52	674.00
8	0.14	770.00
9	0.18	700.00

Figura 37 Ingreso de datos en Phyton 4

3.12.3 Cálculo automático de las variables del modelo

A partir de los datos registrados y calculados por cada material:

```
# ============================================================
# CÁLCULOS DEL MODELO DE INVENTARIOS (AÑADIDOS)
# ============================================================

# Limpieza de nombres de columnas
df.columns = df.columns.str.strip()

# DEFINIR columnas
COL_D_TRIM          = "Demanda Trimestral"
COL_D_DIARIA        = "Demanda Diaria"
COL_SIGMA           = "Desviación Estandar"
COL_LEAD_TIME       = "Tiempo de Reposición"
COL_Z               = "Nivel de Servicio"
COL_C_UNIT          = "Costo Unitario"
COL_K               = "Costo por pedido"
COL_H               = "Costo de Mantener"
COL_VOL_OCUPADO     = "Volumen por unidad"
COL_INV_PROM_EXCEL  = "Inversión promedio"
COL_NOMBRE          = "Nombre"

# Convertir a numéricas todas las columnas necesarias
columnas_numericas = [
    COL_D_TRIM, COL_D_DIARIA, COL_SIGMA, COL_LEAD_TIME,
    COL_Z, COL_C_UNIT, COL_K, COL_H, COL_VOL_OCUPADO,
```

```
    COL_INV_PROM_EXCEL
]

for c in columnas_numericas:
    df[c] = pd.to_numeric(df[c], errors="coerce")

# 1. Stock de seguridad (redondeo hacia el siguiente entero superior)
df["SS_calc"] = np.ceil(df[COL_Z] * df[COL_SIGMA] *
np.sqrt(df[COL_LEAD_TIME]))

# 2. Punto de reorden (redondeo hacia el siguiente entero superior)
df["r_calc"] = np.ceil(df[COL_D_DIARIA] * df[COL_LEAD_TIME] +
df["SS_calc"])

# 3. Cantidad económica de pedido (EOQ) (redondeo hacia el siguiente
entero superior)
df["Q_calc"] = np.ceil(np.sqrt((2 * df[COL_D_TRIM] * df[COL_K]) /
df[COL_H]))

# 4. Inventario promedio (redondeo hacia el siguiente entero superior)
df["I_prom_calc"] = np.ceil(df["Q_calc"] / 2 + df["SS_calc"])

# 5. Inversión promedio calculada (no redondeamos al entero, pero si
quieres, puedes)
df["Inv_prom_calc"] = (df["I_prom_calc"] * df[COL_C_UNIT])


# ------------------------------------------------------------
# Mostrar resultados calculados
# ------------------------------------------------------------
print("\n========== RESULTADOS CALCULADOS ==========\n")
print(df[[
    COL_NOMBRE,
    "SS_calc",
    "r_calc",
    "Q_calc",
    "I_prom_calc",
    "Inv_prom_calc"
]])
```

Stock de seguridad, empleando el nivel de servicio, la desviación estándar y el tiempo de reposición.

Punto de reorden, combinando la demanda trimestral durante el lead time con el stock de seguridad.

Cantidad económica de pedido, usando la relación entre demanda, costo de ordenar y costo de mantener.

Inventario promedio, como combinación del lote óptimo y el stock de seguridad.

Inversión promedio calculada, multiplicando el inventario promedio por el costo unitario.

```
=== DETALLE POR MATERIAL ===

                    Nombre  SS_calc  r_calc  Q_calc  I_prom_calc  \
0     Tubos de 50 x 50 (3mm)      5.0    44.0    39.0         25.0
1        Tubos 50 x 50 (2mm)      4.0    30.0    31.0         20.0
2              Barniz D 8173      5.0    27.0    26.0         18.0
3       Tubos 100 x 50 (3mm)      2.0    18.0    26.0         15.0
4           Planchas G (2mm)      5.0    41.0    58.0         34.0
5                Velocimetro      1.0     3.0     3.0          3.0
6          Asiento de chofer      1.0     3.0     3.0          3.0
7            Acientos azules      7.0    40.0    58.0         36.0
8  Filo de grada de aluminio      3.0    15.0    27.0         17.0
9                  Aluminios      2.0    15.0    27.0         16.0
```

Figura 38 Calculo de variables

	Inv_prom_calc
0	1572.25
1	1300.80
2	1321.02
3	901.20
4	867.00
5	1200.00
6	1170.00
7	674.64
8	770.44
9	700.80

Figura 39 Calculo de variables

3.12.4 Cálculo del volumen

El programa además calculo el volumen ocupado por los diez materiales críticos, a partir del volumen asociado a cada uno y la inversión total promedio en inventarios.

```
# 1. Inversión Promedio Total
# ------------------------------------------------------------
# Ya tenemos la inversión promedio calculada por material.
# Ahora, sumamos la inversión promedio total
```

```
inversion_total = df["Inversión promedio"].sum()  # Suma de la
inversión promedio en el archivo original

# Mostrar la inversión total calculada
print(f"\nInversión total reportada en Excel: {inversion_total:,.2f}
USD")

# ------------------------------------------------------------
# 2. Volumen Total Ocupado
# ------------------------------------------------------------
# Calcular el volumen total ocupado
volumen_total = df["Volumen por unidad"].sum()  # Solo sumamos la
columna "Volumen por unidad"

# Mostrar el volumen total calculado
print(f"\nVolumen total ocupado por los materiales: {volumen_total:.2f}
m³")

# ------------------------------------------------------------
# 3. Comparación con la capacidad de la bodega (70 m³)
# ------------------------------------------------------------
V_MAX = 175  # Capacidad de bodega en m³

if volumen_total <= V_MAX:
    print(f"✅ El volumen ocupado ({volumen_total:.2f} m³) se encuentra
DENTRO de la capacidad de la bodega ({V_MAX} m³).")
else:
    print(f"❌ El volumen ocupado ({volumen_total:.2f} m³) EXCEDE la
capacidad de la bodega ({V_MAX} m³). Se requieren ajustes.")

# ------------------------------------------------------------
# 4. Mostrar el resumen de los cálculos
# ------------------------------------------------------------
print("\n=== DETALLE POR MATERIAL ===\n")
print(df[[
    COL_NOMBRE,
    "SS_calc",
    "r_calc",
    "Q_calc",
    "I_prom_calc",
    "Inv_prom_calc",
    "Volumen por unidad"
]])

# ------------------------------------------------------------
# 5. Mostrar los resultados finales
# ------------------------------------------------------------
print("\n=== RESULTADOS FINALES ===\n")
print(f"Volumen total ocupado: {volumen_total:.2f} m³")
```

```
print(f"Inversión total reportada en Excel: {inversion_total:,.2f}
USD")
```

```
Volumen total ocupado por los materiales: 15.17 m³
✅ El volumen ocupado (15.17 m³) se encuentra DENTRO de la capacidad de la bodega (175 m³).
```

Figura 40 Volumen e inversión trimestral de los articulos

Para determinar la viabilidad del almacenamiento de los materiales críticos, se comparó el volumen estimado de dichos materiales, equivalente a 15,17 m^3, con la capacidad de la bodega disponible. La bodega cuenta con un área de 70 m^2 y una capacidad volumétrica de 175 m^3, considerando la altura útil de almacenamiento. En consecuencia, el volumen ocupado por los materiales representa una fracción mínima de la capacidad total de la bodega, lo que confirma que el espacio disponible es suficiente para su almacenamiento sin afectar la operatividad del área.

3.12.5 Función objetivo:

```
=== FUNCIÓN OBJETIVO - Costo Total de Inventario (CT) ===

La función objetivo busca minimizar el Costo Total de Inventario (CT):
CT = Σ [ K_i * (D_i / Q_i) + h_i * (Q_i/2 + SS_i) ]

Resultados del costo por material:
                    Nombre  CT_ordenar  CT_mantener  CT_total_i
0     Tubos de 50 x 50 (3mm)   58.923077     77.04025  135.963327
1        Tubos 50 x 50 (2mm)   49.419355     63.41400  112.833355
2              Barniz D 8173   44.192308     66.05100  110.243308
3       Tubos 100 x 50 (3mm)   37.121538     45.06000   82.181538
4           Planchas G (2mm)   36.451034     43.35000   79.801034
5                Velocimetro   30.640000     62.50000   93.140000
6          Asiento de chofer   30.640000     60.93750   91.577500
7            Acientos azules   33.017241     42.16500   75.182241
8  Filo de grada de aluminio   28.370370     37.38900   65.759370
9                 Aluminios   28.370370     33.94500   62.315370

Costo Total de Inventario (CT) para todos los materiales: 909.00 USD

========== FIN DEL MODELO ==========
```

Figura 41 Calculo del costo total de inversión

El Costo Total de Inventario (CT) calculado para todos los materiales fue de USD 909.00, lo que refleja una gestión más eficiente del inventario. Este resultado muestra que el modelo no solo es rentable en términos de costos operativos, sino que también garantiza que los materiales estarán disponibles cuando sean necesarios sin incurrir en costos excesivos de almacenamiento. La optimización del modelo de inventarios es

crucial para la mejora de la rentabilidad de la empresa, pues reduce las inversiones innecesarias en stock y mejora la disponibilidad de materiales, contribuyendo al desempeño operativo y a la gestión de recursos de VARMA S.A.

3.13 Método tradicional

La empresa hace el requerimiento de los pedidos en base a la orden de producción, si la orden de producción posee un lote de 6.25 unidades los requerimientos se calculan en base a esa cantidad de manera que la cantidad económica es el resultado de:

$$Q_i = Cantiad * Orden\ de\ producción\ (Unidades\ buses)$$

El Stock de seguridad que la empresa maneja es de una unidad, donde se considera que puede requerirse si dentro del proceso puede faltar, por daños de manipulación o un uso inadecuado del mismo.

De tal manera que podemos obtener la inversión promedio por cada material y la suma total de los mismos donde se encuentra un valor de $ 21,404.26.

Tabla 27 Método Tradicional

Nº	Nombre	Costo unitario	Cantidad	Orden de producción (unidades)	Qi	Ssi	Qi/2	I promedio	Inversión promedio (USD)
1	Tubos de 50 x 50 (3mm)	62.89	24	6.25	150	1	75	76	4779.64
2	Tubos 50 x 50 (2mm)	65.04	16	6.25	100	1	50	51	3317.04
3	Barniz D 8173	73.39	12	6.25	75	1	37.5	38.5	2825.515
4	Tubos 100 x 50 (3mm)	60.08	10	6.25	62.5	1	31.25	32.25	1937.58
5	Planchas G (2mm)	25.5	22	6.25	137.5	1	68.75	69.75	1778.625
6	Velocímetro	400	1	6.25	6.25	1	3.125	4.125	1650
7	Asiento de chofer	390	1	6.25	6.25	1	3.125	4.125	1608.75
8	Asientos azules	18.74	20	6.25	125	1	62.5	63.5	1189.99
9	Filo de grada de aluminio	45.32	8	6.25	50	1	25	26	1178.32
10	Aluminios	43.8	8	6.25	50	1	25	26	1138.8
									$21,404.26

3.14 Tabla comparativa resultados obtenidos

Tabla 28 Método tradicional vs actual

Situación real vs modelo optimizado				
Indicador	**Situación actual**	**Modelo optimizado**	**Variación**	**Interpretación**
Cantidad Económica de pedido				La cantidad económica de pedido actual se deriva de las ordenes de producción con cálculos sencillos, sin embargo es importante considerar el espacio y el volumen que los mismos ocupan si el pedido se realiza acorde a la cantidad económica calculado con la propuesta actual se puede pedir una cantidad menor considerando un costo de inversión menor y sin pensar que los materiales faltarían para la producción, ya que el punto de reorden nos permitiría saber cuándo pedir más materiales
Tubos de 50 x 50 (3mm)	144	39	105	
Tubos 50 x 50 (2mm)	96	31	65	
Barniz D 8173	72	26	46	
Tubos 100 x 50 (3mm)	60	26	34	
Planchas G (2mm)	132	58	74	
Velocímetro	6	3	3	
Asiento de chofer	6	3	3	
Asientos azules	120	58	62	
Filo de grada de aluminio	48	27	21	
Aluminios	48	27	21	
Punto de reorden			0	La empresa no cuenta con un punto de reorden más bien disponen de un día especifico y la orden de producción para poder realizar el pedido de materiales, considerando que las cantidades a pedir se hacen acorde a cada área dentro de la línea de producción y a la secuencia con la que avanza.
Tubos de 50 x 50 (3mm)	0	44		
Tubos 50 x 50 (2mm)	0	30		
Barniz D 8173	0	27		
Tubos 100 x 50 (3mm)	0	18		
Planchas G (2mm)	0	41		
Velocímetro	0	3		
Asiento de chofer	0	3		
Asientos azules	0	40		
Filo de grada de aluminio	0	15		
Aluminios	0	15		
Stock de seguridad				El stock de seguridad es una reserva adicional que se mantiene para cubrir necesidades imprevistas o posibles daños en la materia prima. Su finalidad es garantizar la continuidad del trabajo sin interrupciones.
Tubos de 50 x 50 (3mm)	1	5	4	
Tubos 50 x 50 (2mm)	1	3	3	
Barniz D 8173	1	4	4	
Tubos 100 x 50 (3mm)	1	2	1	
Planchas G (2mm)	1	4	4	
Velocímetro	1	1	0	
Asiento de chofer	1	1	0	
Asientos azules	1	6	6	
Filo de grada de aluminio	1	2	2	
Aluminios	1	2	1	

Inversión promedio			$10,928.79	El capital inmovilizado disminuye, al realizar pedidos equilibrados donde la cantidad de materiales no de penda de un día en específico más bien del punto de reorden, se puede disminuir el precio por pedido y ahorrar gastos innecesarios.
Tubos de 50 x 50 (3mm)	$4,779.64	$ 1,572.25		
Tubos 50 x 50 (2mm)	$3,317.04	$ 1,300.00		
Barniz D 8173	$2,825.52	$ 1,321.02		
Tubos 100 x 50 (3mm)	$1,937.58	$ 901.20		
Planchas G (2mm)	$1,778.63	$ 867.00		
Velocímetro	$1,650.00	$ 1,200.00		
Asiento de chofer	$1,608.75	$ 1,170.00		
Asientos azules	$1,189.99	$ 674.00		
Filo de grada de aluminio	$1,178.32	$ 770.00		
Aluminios	$1,138.80	$ 700.00		
Costo total	$21,404.26	$ 10,475.47		

Análisis de resultados

Cantidad Económica de Pedido (EOQ)

Situación Actual: La cantidad económica de pedido se deriva de las órdenes de producción mediante cálculos sencillos, sin considerar otros factores como el espacio de almacenamiento ni el volumen de los materiales. Esto puede generar pedidos de materiales mayores a los necesarios, afectando la inversión en inventarios.

Modelo Optimizado

La propuesta optimizada permite calcular la cantidad económica de pedido basada en el EOQ, lo cual reduce la cantidad de materiales solicitados, considerando también el espacio disponible. Con este modelo, el costo de inversión se optimiza al pedir solo la cantidad necesaria, garantizando que no faltarán materiales para la producción gracias al punto de reorden, que indicará cuándo realizar un nuevo pedido. Esto genera un ahorro en términos de espacio y capital inmovilizado.

Punto de Reorden

Situación Actual: Actualmente, la empresa no tiene un punto de reorden definido. Los pedidos se realizan en función de un día específico y de acuerdo con la orden de producción, lo que depende del avance de la línea de producción y de las necesidades

específicas de cada área. Esto puede resultar en falta de previsión para futuras necesidades de materiales.

El modelo optimizado introduce un punto de reorden para cada material, lo que garantiza que el pedido se realice antes de que el material se agote, incluso si los plazos de producción cambian. Esto reduce el riesgo de interrupciones en la producción, mejorando la planificación y la disponibilidad continua de materiales. En todos los materiales analizados, el modelo optimizado asegura un reorden oportuno, lo que resulta en un flujo más fluido de la producción.

Stock de Seguridad

Situación Actual: La empresa mantiene un stock de seguridad muy limitado (1 unidad), lo que incrementa el riesgo de faltantes y puede interrumpir la producción si se agotan los materiales antes de recibir el siguiente pedido.

Modelo Optimizado: El modelo optimizado establece un stock de seguridad más adecuado para cada material, lo que reduce el riesgo de faltantes y asegura que la producción no se vea afectada por imprevistos en los tiempos de entrega o demanda. La mejora en el stock de seguridad (por ejemplo, un aumento de 1 a 4 unidades en los tubos de 50 x 50 (3mm)) mejora la estabilidad y continuidad operativa.

Inversión Promedio

Situación Actual: La inversión promedio en inventarios es alta, con un capital inmovilizado de USD 21,404.26, esto se debe a los pedidos en grandes cantidades sin un control adecuado del punto de reorden, lo que lleva a tener materiales almacenados innecesariamente durante largos períodos.

Modelo Optimizado: Con el modelo optimizado, la inversión promedio se reduce significativamente a USD 10,475.47, lo que representa un ahorro considerable de USD 10,928.79. Esta disminución en la inversión es posible gracias a los pedidos más equilibrados, realizados en función del punto de reorden y la cantidad económica de pedido. Al hacer pedidos más pequeños y frecuentes, se reduce la cantidad de capital inmovilizado, permitiendo una mejor gestión del flujo de efectivo y una optimización del espacio de almacenamiento.

3.15 Política de reposición de materiales críticos basada en el modelo de optimización

Tabla 29 política de reposición

Aspecto	Definición
Tipo de política de reposición	Revisión continua.
Modelo aplicado	EOQ multi-item.
Nivel de Control	Permanente, mediante monitoreo del inventario disponible.
Criterio de activación	La reposición se activa cuando el inventario alcanza el punto de reposición calculado.
Punto de Reposición	Determinado por la demanda promedio durante el tiempo de abastecimiento y el stock de seguridad obtenido del modelo.
Cantidad de reposición	Cantidad óptima de pedido resultante del modelo de optimización.
Stock de Seguridad	Calculado a partir de la variabilidad del consumo diario estimada mediante el coeficiente de variación.
Volumen total de materiales críticos	15.17 m^3
Capacidad disponible de la bodega	175 m^3
Objetivo de la Política	Garantizar la disponibilidad continua de materiales críticos y minimizar los costos de inventario

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El análisis del proceso de adquisición y control de materias primas en la empresa Carrocerías VARMA S.A. permitio identificar que, si bien la gestión en general es adecuada, existen deficiencias importantes en la formalización de políticas clave, tales como la determinación del nivel óptimo de inventario, los puntos de reorden y los niveles críticos de reposición. Estas carencias resultan en registros incompletos y variaciones no controladas en los niveles de stock, lo que genera una dependencia excesiva de los criterios operativos del personal. En el estudio de los procesos actuales, se observó que la adquisición de materiales comienza con la orden de producción, teniendo en cuenta el modelo de bus a fabricar, específicamente el modelo URBANO/CITYBUS, cuya demanda anual es de 25 unidades, independiente de los otros modelos fabricados. Este modelo utiliza el chasis Scania K250 importado de Suecia, ideal para el transporte de pasajeros debido a su motor trasero.

  Es crucial considerar las actividades desarrolladas en el área de bodega, que incluyen el procesamiento de pedidos, la recepción de suministros, y la disposición y almacenamiento de materiales. Estas actividades son fundamentales para garantizar la eficiencia en el control de inventarios y el cumplimiento de la operación de producción, involucrando a diversos responsables en cada etapa del proceso. Además, se identificaron un total de 196 materiales necesarios para la fabricación de la unidad, los cuales componen el total de los requerimientos indispensables. El costo total de estos materiales asciende a USD 14,279.28.

- El Análisis ABC permitió identificar los críticos siendo la categoría “A” quienes concentran alrededor del 45% del valor total del inventario, (Tubos de 50 x 50 (3mm), Tubos de 50 x 50 (2mm), Barniz D 8173, Tubos 100 x 50 (3mm) Planchas G (2mm), Velocímetro, Asiento de chofer, Asientos azules, Filo de grada de aluminio, Aluminios), para el análisis matemático se evalúan

varios factores que intervienen como la demanda trimestral, siendo 6.25 unidades fabricadas, el costo fijo por pedir considerando actividades administrativas y logísticas un total de USD 15.32, el costo de mantener una unidad de material en inventario, el tiempo de reposición, la desviación estándar, el nivel de servicio para el cual se empleó un valor porcentual del 95 % lo que incrementa el stock de seguridad, la restricción de almacenamiento identifico un valor de almacenamiento acorde a cada material en conclusión se obtuvo un total ocupado de 15.17 metros cúbicos siendo una fracción mínima del espacio disponible los cual valida que la empresa cuenta con un espacio suficiente para operar bajo un esquema optimizado y una inversión de USD10,475.47, para un total de 6.25 unidades y para los materiales de la categoría A.

- El modelo matemático EOQ multi-item con restricciones implementado, con ayuda de cálculos y mediante programación en Python permitió automatizar los cálculos, de manera que la incertidumbre se reduce y se pudo definir políticas de reposición basadas en datos reales, el modelo generó las cantidades económicas de pedido, niveles de seguridad y puntos de reorden acordes al comportamiento de la demanda actual y a los tiempos de reposición, el valor monetario del costo total de inventario fue de USD 909, siendo el resultado de la función objetivo, lo que garantiza la disponibilidad continua de materiales esenciales.

- El método tradicional emplea una inversión promedio de USD 21.404,26 para 6.25 unidades mientras que el método optimizado con ayuda de la política de reposición, teniendo en cuenta las unidades a pedir, punto de reorden y un stock de seguridad el costo de inversión promedio es de USD 10.475,47 la diferencia es de USD 10.928,79, esta diferencia se da porque ahora los pedidos serán realizados de manera controlada y con cantidades adecuadas evitando espacios innecesarios.

4.2 Recomendaciones

- El modelo EOQ tratado en el presente proyecto constituye una herramienta recomendada para su adopción por parte de la empresa, ya que permite definir, para cada material su cantidad económica de pedido, sctock de seguridad y punto de reorden, de manera que permita que los procesos de abastecimiento se ejecuten bajo criterios técnicos, evitando improvisaciones y reduciendo el riesgo de quiebres del stock en especial los materiales del grupo A, pero teniendo en cuenta que el modelo permite tomar en cuenta toda la lista de materiales.

- Es fundamental fortalecer la exactitud del registro de datos en bodega mediante la implementación de controles diarios, así como adoptar la herramienta desarrollada en Python, integrada a una base de datos interna de la empresa para mantener los cálculos actualizados de la demanda, la variabilidad y además la frecuencia de los pedidos, siendo este método un control preventivo del inventario y una respuesta oportuna ante desviaciones.

- Un punto importante que se debe tener en cuenta es la demanda de buses, la cual puede variar a lo largo del tiempo y de igual manera cambios en los modelos de carrocerías, la disponibilidad de los proveedores y el ritmo de producción, los tiempos de reposición, para garantizar que los parámetros del modelo sigan siendo válidos y permita ajustar el inventario a condiciones reales y manteniendo costos bajos de inventarios y el flujo continuo de la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] D. Simchi-Levi, P. Kaminsky y E. Simchi-Levi, «Supply chain management and inventory coordination,» Journal of Business Logistics, vol. 22, nº 1, pp. 259–262, 2001.

[2] J. Freeman, «Inventory control and management,» Journal of the Operational Research Society, vol. 44, nº 3, pp. s/p, 1993.

[3] R. Lewis y F. Voehl, «Supply chain management,» Taylor & Francis Group, vol. 2, nº 1, pp. 150, 2020.

[4] M. Spearman, «Of physics and factory physics,» Production and Operations Management, vol. 23, nº 11, pp. 1875–1885, 2014.

[5] N. Agustina, «Demand-driven forecasting,» Demand Driven Institute, vol. 2, nº 1, pp. 1–30, 2019.

[6] Á. Andrade, «Análisis de la industria metalmecánica carrocera del Ecuador durante el período 2006–2013,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, vol. 1, nº 2, pp. 1–127, 2016.

[7] J. Santamaría, L. Carreño-Avendaño y S. Turgeman-Barrero, «Implementación de nuevos procesos de fabricación y ensamble de carrocerías para buses tipo BRT,» Ingeniería y Competitividad, vol. 24, nº 1, pp. 1–15, 2021.

[8] E. Moreno-Robalino y W. Jiménez-Castro, «El posicionamiento de marca en empresas carroceras de Tungurahua,» 593 Digital Publisher CEIT, vol. 2, nº 5, pp. 81–92, 2020.

[9] J. Jinez Condori, «Gestión de inventarios en empresas comerciales,» Universidad Privada de Tacna, vol. 1, nº 2, pp. 1–149, 2020.

[10] B. Moreno-Ramírez, «Gestión de adquisiciones de materiales en el sector construcción,» Revista Científica Anfibios, vol. 5, nº 1, pp. 105–116, 2022.

[11] G. Espinoza Beltrán y J. Hidalgo Pacheco, «Caracterización de materiales compuestos para aplicación en carrocerías,» Universidad Politécnica Salesiana, vol. 2, nº 2, pp. 1–184, 2016.

[12] V. Parrales Carvajal, M. Aguirre Sanabria, D. Gómez Costain y V. Merchán Jácome, «Control de inventario para la toma de decisiones gerenciales,» Journal of Scientific Research, vol. 6, nº 2, pp. 24–36, 2021.

[13] J. Álvarez, «Supply chain management analysis in agriculture: A systematic review, » Scientific Review Journal, vol. 3, nº 2, pp. 1, 2025.

[14] Facultad de Ingeniería y Ciencias, «Estrategias de integración en la gestión de inventarios,» Universidad Técnica del Norte, vol. 1, nº 1, pp. 1–190, 2020.

[15] N. Morales y C. Contreras, «Psicología educativa aplicada a la gestión organizacional,» Revista Psicología Educativa, vol. 27, nº 1, pp. 130, 2021.

[16] J. Patricia, "Reseña del Software disponible en Colombia para la gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento," Univ. ICESI Estud. Gen., vol. 1, p. 29, 2009.

[17] N. Ariadne Jazmín, «Gestión de repuestos automotrices,» Universidad del Perú, vol. 2, nº 2, pp. 1–120, 2022.

[18] A. Cordovilla, «Gestión industrial aplicada,» Universidad Técnica de Ambato, vol. 1, nº 2, pp. 1–150, 2021.

[19] E. Hijar y D. Quinto, «Sistema de gestión de inventarios para reducir costos logísticos,» Universidad Privada del Norte, vol. 1, nº 1, pp. 1–100, 2020.

[20] Y. Orozco Yarasqui y T. Salazar Pillpe, «Gestión logística en organizaciones industriales,» Universidad Andina del Cusco, vol. 1, nº 1, pp. 1–118, 2022.

[21] J. Aldaz, «Gestión logística empresarial,» Universidad de las Américas, vol. 1, nº 1, pp. 1–90, 2020.

[22] H. Akkermans, P. Bogerd, E. Yucesan y L. N. van Wassenhove, «Impacto de los ERP en la gestión de la cadena de suministro,» European Journal of Operational Research, vol. 146, nº 2, pp. 284–301, 2003.

[23] N. Marulanda Grisales y H. González Gaitán, «Decisiones estratégicas operacionales como apoyo al lean manufacturing,» Suma de Negocios, vol. 8, nº 18, pp. 106–114, 2017.

[24] C. González, J. Martínez, J. Malcón y J. Cavazos, «Metodología de gestión logística para pequeñas empresas,» Revista Internacional de Administración y Finanzas, vol. 6, nº 5, pp. 1–9, 2013.

[25] A. Tejada, M. Prado, A. Cárdenas, G. Janampa, N. Janampa y R. Grijalva, «Gestión de stock y mejora continua,» Editorial Académica, vol. 1, nº 2, pp. 1–180, 2022.

[26] H. Guerrero Salas, «Inventarios: manejo y control,» Editorial UNAD, vol. 5, nº 2, pp. 1–250, 2009.

[27] C. López, «Optimización de inventarios en empresas importadoras,» Universidad Técnica, pp. 1–145, 2021.

[28] A. Ollague, «Optimización de la gestión de inventarios,» Universidad Politécnica Salesiana, pp. 1–130, 2019.

[29] G. Navarro, D. Almeida, M. Duarte, L. Reyes y D. Lesmes, «Gestión logística industrial,» Editorial Técnica, pp. 1–200, 2020.

[30] J. Anderson, División de Ciencias Exactas e Ingeniería, «Modelos básicos para la gestión de inventarios,» Universidad Técnica, pp. 1–95, 2025.

[31] D. Zhaxi, «Predicción de demanda en la cadena de suministro mediante EMD-SOFTS,» Proceedings of SPIE, pp1–105, 2025.

[32] R. Ballou, «Logística y administración de la cadena de suministro,» Pearson Educación, pp. 1–720, 2004.

[33] E. Causado Rodríguez, «Modelo de inventarios para el control económico de pedidos,» Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 14, nº 27, pp. 163–178, 2015.

[34] A. Rachmayani, «Administración y logística en la cadena de suministros,» Editorial Académica, pp. 1–210, 2015.

[35] H. Chávez, «Inventarios con restricciones,» Documento académico, pp. 1–40, 2024.

[36] S. Pokhrel, «Inventory systems analysis,» Academic Research Journal, vol. 15, nº 1, pp. 37–48, 2024.

[37] V. Bravo Aguilar, «Just in time para optimizar la productividad,» Horizonte Empresarial, vol. 10, nº 1, pp. 138–146, 2023.

[38] J. Muyulema, F. Aguirre, A. Santana y V. Matías, «Gestión de inventarios bajo la metodología Demand Driven MRP,» Arandu UTIC, vol. 11, nº 1, pp. 211–229, 2024.

[39] P. Olivos, F. Carrasco, J. Flores, J. Moreno y G. Nava, «Modelo de gestión logística para pymes,» Contaduría y Administración, vol. 60, nº 1, pp. 181–203, 2015.

[40] A. Ramírez, «Indicadores de gestión logística,» Logística del Comercio Internacional, pp. 316–330, 2019.

[41] D. Power, «Integración e implementación de la gestión de la cadena de suministro,» Supply Chain Management, vol. 10, nº 4, pp. 252–263, 2005.

[42] A. Edward y F. David, «Inventory and production management in supply chains,» Academic Press, vol. 32, nº 3, pp. s/p, 2021.

[43] A. Núñez, «Optimización de la gestión de inventarios mediante análisis predictivo,» Revista Tecnológica, vol. 32, nº 3, pp. 167–186, 2021.

[44] C. Arango Cuartas, «Programa en Excel para la gestión de inventarios,» Universidad Tecnológica, pp. 1–110, 2011.

[45] M. Espejo, Gestión de inventarios Métodos Cuantitativos, Primera Ed. Perú, 2017

[46] R. Rongcai, W. Guoxiong y C. Ming, «Diseño del tablero de bus Hino AK,» Documento técnico industrial, pp 120, 2020.

[47] V. Gondkar y H. Vardhan, «Operations research and inventory management models, » International Journal of Engineering Research, vol. 7, nº 2, pp. 75–80, 2025.

[48] A. Silva, M. Silva y A. Ferreira, “Inventory Management and Its Influence on the Supply of High-Value Products: Case Study Evidence,” Logistics, vol. 9, no. 4, p. 170, 2025.

ANEXOS

Anexo A Ficha Técnica Chasis SCANIA K250

En la Figura A1 se observa las especificaciones técnicas de chasis SCANIA K250

SCANIA

Tipo de chasis : K 250 UB4x2LB

00 Generalidades

Nivel de montaje	Completamente montado	Altura del chasis	L, bajo
Classe de producto	Omnibus	Ubicación del motor	K
Nivel de desarrollo	5	Idioma del Manual del operador	Español latinoamérica
Configuracion de ejes	4x2	Idioma de placa	Español
Distancia entre ejes	3000 mm	Presion eje delantero	7100 KG
Ubicacion volante de direccion	LHD, izquierdo	Presion eje trasero	12000 kg
Chasis clase	U	Peso total	19100 kg (bus)
Chasis adaptacion	B, Básico		

01 Motor

Clase de motor	B	Control de NOx	Con, reforzado
Tipo de motor	DC09 102/250 hp	Control de NOx mediante la reducción del par	Con, reforzado
Símbolo de tipo motor	DC09 102 K01	Prefiltro de eyector	Sin
No. de serie actual	8184971	Toma de fuerza, motor	Con, reforzado
Nr. de serie original	8184971	Limitador de humo blanco	Sin
Generación de bloque motor	2	Turbocompresor de clase de servicio	Normal
Límite régimen motor con presión de aceite baja	Sin	Filtro de aire obstruido	Mecánica
Sistema EGR	Sin	Insonorización	83 DBA
Refrigeración del EGR	No v lido	Tipo de ventilación del cárter	Abierto
Nivel de emisiones	Euro 4	Material do cárter de óleo	Aluminio
Sistema de control del motor	S6		

02 Sistema de refrigeración

Núcleo	Capacidad PB	Regulador de temperatura	80°
Llenado de refrigerante	Trasero	Polea de correa para AC	Sin
Ventilador, desmultiplicación	2.0:1		

03 Sistemas combustible y escape

Combustible	Gasoil	Volumen de combustible	Sin
Combustible, adaptación de gasoil alternativo	Sin	Filtro combust. montado chasis	Con (separador de agua)
Sistema de inyección	PDE	Salida de escape, dirección	Hacia atrás
Sistema de control del motor	S6	Sensor del filtro de partículas	No v lido

04 Embrague

Advertencia de sobrecarga de embrague	Sin		

05 Caja de cambios

Caja de cambios	5HP594C N /5	Control de aceleración	Sin
No. de serie actual	711533	Señal de kickdown	Con, reforzado
Nr. de serie original	711533	Electrónica del mecanismo actuador del cambio	No v lido

Gearbox management system ZF2

SCANIA

Tipo de chasis : K 250 UB4x2LB

Altura bastidor centro del.	Sin	Dispositivo de remolcado delantero	Sin
Beam distance frame part fr	1330 mm	Splash guard	Sin
Alt. predefinir niveles de chasis	Sin	Soporte rueda de repuesto	Sin
Alt.del chasis, lado del cond.	Z0-205		

12 Suspensión

Suspension type designation	B	Pantalla de presión de ejes	No v lido
Suspension delantera	Neumatico	Protección antivuelco	Sin
Suspension trasera	Neumatico	Susp. neumática, desc. parcial	Sin
Suspensión neumática, detrás	4 muelles	Elevación, descenso total	Con, reforzado
Estab.eje delant..	Con, reforzado	Amort. eje delantero, modelo	Normal
Estab:eje trasero	Con, reforzado	Amort. eje trasero, modelo	Normal

13 Dirección

Mecanismo de la servodirección	ZF 8098	Tipo de volante	Normal
No. de serie actual	001373	Ángulo de giro del volante	25-45 deg
Desmulti. mecanismo dirección	17-20:1	Inmovilizador	Sin
Sistema de dirección	1 circuito		

16 Sistema eléctrico

Alternador	100A+100A	Entorno del sistema de visibilidad	3
Batería	180 Ah	Lámpara de faro principal	24V
Caja de batería	Sin	Tipo de faro principal	H4
Tipo con. de carga de batería	Sin	Luz de largo alcance	Sin
Control del int. princ. bat.	Con interruptor	Luz diurna	Sin
Posición de batería	Delante	Luz antiniebla delante	Sin
Fusibles eléctricos	Fusible de cuchilla	Luz antiniebla trasera	Sin
Función de arranque	Código individual	Activación intermit. dirección	1 bombillas delante
Parada de emergencia	Sin	Programa de estabilidad electr. ESP	Sin

17 Instrumentos

Tacógrafo	1 día con hoja de registro 1390	Pantalla de presión de ejes	No v lido
Limitación de velocidad	70 km/h	Instrumento combinado	Pantalla de km/h
Segundo limitador de velocidad	70 km/h	Salpicadero	Fijo, de montaje en placa
Botones de programador de velocidad	Sin	Información de carrocería en ICL	Sin
Identificación del conductor	Sin	Communicator	Sin
Indicador de temperatura exterior	Con, reforzado	Scania FMS Vehicle interface	Sin
Indicador de temp. interior	Sin		

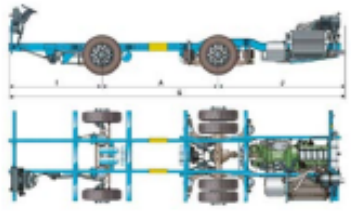
18 Carrocería

Carrocero	Otro	Sist. calef. adic. agua-aire	Sin
Modelo de carrocería	Desconocido	Paso de rueda ancho delerantera	325 mm
Refuerzos de carrocería	Con, reforzado	Abertura de puertas de salida	No v lido
Preparación para aire acondicionado	Sin	Salpicadero	Fijo, de montaje en placa

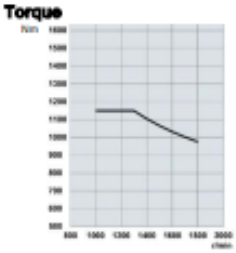
19 Equipo complementario

Soporte rueda de repuesto	Sin	Triángulo advertencia autobús	Sin funda

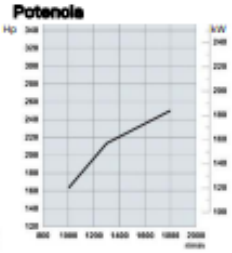
SCANIA K 250 IB 4X2



Torque



Potencia



I: Voladizo delantero	2340 mm
J: Voladizo trasero	3090/3290 mm
A: Distancia entre ejes de transporte	3000 mm
G: Largo total (transporte)	8430/8630 mm
Máximo ángulo de giro	52°
Ancho delantero de chasis	2475 mm
Ancho trasero de chasis	2467 mm

Puesto de conducción

- Volante regulable
- Puesto de conducción de altura normal /rebajado (Low Driver).
- El tablero es a color y posee controles y herramientas combinadas, indicador de temperatura de refrigerante, velocímetro, tacómetro (franja verde dinámica) computadora de abordo y pantalla de diagnóstico.
- Tacógrafo de 7 días.

Chasis

- Bastidor de 8 mm de espesor.
- Suspensión neumática con 2 cámaras delate y 4 atrás.
- Suspensión reforzada.

Caja de cambios	GR GB75 Tipo automatizado de 8 marchas con sistema Scania Opticruise 1 marcha atrás
Diferencial	R660 de simple reducción.
Reducción	2.73:1
Arrastre máximo	40.000 Kg.
Opcionales	Varias relaciones disponibles.
Suspensión	Delantera: neumática, capacidad máxima de eje de 7.500 Kg y barra estabilizadora. Trasera: neumática, capacidad máxima en el eje de 12.000 Kg y barra estabilizadora. Elevación y descenso total 100 mm.

Motor	Scania DC 09 – 109 Euro 5
Cilindrada	9.300 cm3
Potencia máx.	250 HP a 1900 rpm
Torque máx.	1.150 Nm entre 1.100 y 1.350 rpm
Descripción	Diesel turbo sobrealimentado de 4 tiempos y 5 cilindros en línea, Tapas de cilindros individuales con 4 válvulas por cilindro y unidades individuales de inyectores bomba con gerenciamiento electrónico. Sistema de reducción catalítica Scania SCR.
Potencia máxima total de freno auxiliar	251 HP
Ancho trasero de chasis	2.467 mm

Sistema eléctrico	24 volts. Batería de 180 Ah. Alternadores de 100 A + 100 A. Compartimiento de motor con interruptores de parada, iluminación y selector de partida trasero o frontal. Corte general de corriente en la batería en el tablero.
Opcionales	Alternadores de 150 A + 150 A Baterías de 230 Ah.

Neumáticos y llantas	
Delanteros	295/80 R22.5 con llantas 9.00x22,5 de acero.
Traseros	295/80 R22,5 con llantas 9.00x22,5 de acero.
Repuesto	295/80 R22,5 con llantas 9.00x22,5 de acero.
Opcional	Diversas medidas de neumáticos y llantas.

Frenos a tambor	Control de freno electrónico EBS (incluye ABS y control de tracción). Asistencia de arranque en pendiente Hill Hold
Opcionales	Freno auxiliar: Scania Retarder. Sistema de control de estabilidad ESP.

Anexo B Tipos de carrocerías

En la Tabla B1 se observa el tipo de carrocerías que se elabora en la planta de producción VARMA S.A

Turismo	
	Características: Asientos reclinables Cabina con Puerta y Booster Claraboyas Superiores Luz Individual de lectura
Interprovincial	

	Características: Asientos reclinables Cabina con puerta y Booster Claraboyas Superiores Luz individual de lectura Versiones en Básica, semifull y full
Urbano	
	Características: Asientos reclinables Cabina con Puerta y Booster Claraboyas Superiores Luz Individual de lectura Versiones con 2,3,4
Interprovincial	
	Características: Asientos reclinables Cabina con Puerta y Booster Claraboyas Superiores Luz Individual de lectura Versiones en Básico y Full

Escolar	
	Características: Asientos reclinables Cabina con Puerta y Booster Claraboyas Superiores Luz Individual de lectura

Anexo C Plantillas de SketchUp

En la Figura C1 se observa la plantilla de Escritorio 3d en SketchUp



En la Figura C2 se observa la plantilla de Estantes 3d en SketchUp



En la Figura C3 se observa la plantilla de ventana 3d en SketchUp



Anexo D Formato de entrevistas estructuradas

En la Tabla D1 se observa el formato para la recolección de información al personal del área de bodega.

Encuesta Semi estructurada dirigida al área de bodega de la empresa VARMA S.A	
Nombre:	
Cargo:	
Preguntas	
1. ¿Con qué frecuencia se presentan faltantes inesperados de materiales o repuestos en el inventario? • Nunca • Rara vez • Algunas veces • Frecuentemente • Muy frecuentemente	
Interpretación: El jefe de bodega indica que los faltantes se presentan *algunas veces*, lo cual refleja que no es un problema crítico permanente, pero sí ocurre con cierta frecuencia que puede afectar la gestión.	
2. Cuando se generan faltantes de materiales, ¿qué impacto tienen en la continuidad de la producción? • Ninguno • Bajo • Moderado • Alto • Muy alto (se detiene totalmente la producción)	
Interpretación: Los faltantes generan un impacto moderado, lo que significa que, si bien no siempre detienen la producción, sí ocasionan retrasos o ajustes que afectan la eficiencia	
3. ¿Con qué precisión considera que actualmente se planifica el stock en la bodega? • Muy precisa • Precisa • Regular • Poco precisa • Nada precisa	
Interpretación: La planificación del stock se califica como *regular*, lo que evidencia oportunidades de mejora en el control y previsión de materiales.	
4. ¿Ha sido necesario detener o reprogramar la producción debido a problemas en la disponibilidad de materiales? • Nunca • Rara vez	

- Algunas veces
- Frecuentemente
- Muy frecuentemente

Interpretación: La producción se ha visto afectada *algunas veces*, lo cual confirma que los faltantes han obligado a detener o reprogramar procesos.

5. ¿Con qué frecuencia los proveedores entregan materiales incompletos o con errores (cantidad equivocada, producto incorrecto, etc.)?

- Nunca
- Rara vez
- Algunas veces
- Frecuentemente
- Muy frecuentemente

Interpretación: Los errores de los proveedores se presentan *rara vez*, por lo que no constituyen un problema recurrente.

6. ¿Se presentan cambios en la calidad o en las especificaciones de los materiales recibidos respecto a lo solicitado?

- Nunca
- Rara vez
- Algunas veces
- Frecuentemente
- Muy frecuentemente

Interpretación: Los cambios en la calidad o especificaciones suceden raramente, lo cual indica que los proveedores en general cumplen con lo solicitado.

7. ¿Con qué frecuencia se experimentan retrasos en la entrega de materiales críticos para la producción?

- Nunca
- Rara vez
- Algunas veces
- Frecuentemente
- Muy frecuentemente

Interpretación: Se experimentan algunas veces retrasos, lo que representa un riesgo puntual pero importante para la continuidad productiva.

8. ¿Qué tan preparado considera que está el sistema de inventario actual para anticipar y prevenir faltantes de materiales?

- Muy preparado
- Preparado
- Regular
- Poco preparado
- Nada preparado

Interpretación: El sistema se percibe como regularmente preparado, lo que sugiere que no siempre es eficiente para anticipar problemas.

9. ¿Cuenta la bodega con información clara y actualizada sobre los niveles de inventario disponibles?

- Siempre

- Casi siempre
- A veces
- Rara vez
- Nunca

Interpretación: La bodega casi siempre cuenta con información actualizada, lo que respalda la toma de decisiones, aunque aún podría mejorarse la constancia.

10. En general, ¿qué tan satisfecho está con la gestión de inventarios en la empresa?

- Muy satisfecho
- Satisfecho
- Neutral
- Insatisfecho
- Muy insatisfecho

Interpretación: El encuestado se muestra neutral, lo que significa que reconoce tanto aspectos positivos como negativos en la gestión de inventarios.