



Escuela Superior Politécnica del Litoral

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

“Diseño de una bodega de productos terminados no perecederos de una empresa comercializadora por medio de un software de simulación para la optimización de espacios y tiempos de picking”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero/a en Logística y Transporte

Presentado por:

BALLADARES OCAÑA MARIUXI EVELYN

MAURATH PROAÑO WILLIAM ARYAM

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2023

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por el apoyo incondicional y palabras de aliento a lo largo de mi carrera universitaria. A mis padres por su sacrificio y esfuerzo en mi educación. A mis hermanas Anita y Evelyn que siempre creyeron en mi capacidad y talento, sus consejos fueron un soporte incondicional para no rendirme fácilmente.

A Dios por darme la sabiduría y fortaleza en estos años, por ponerme en el camino a personas buenas e incondicionales como mi amigo Misael. Juntos empezamos y juntos terminamos.

No puedo terminar el agradecimiento sin mencionar a la persona que me enseñó a no rendirme nunca. Él me impulsó a ser mi mejor versión, mi apoyo y compañero en los últimos 3 años de mi carrera Kevin N.

Mariuxi Evelyn Balladares Ocaña

Agradecimientos

Primero que todo a Dios porque sin Él, nada es posible.

A mis padres Mayra y William, a mis abuelos Gloria y Felipe, a mis tías Candy y Cindy, a mis tíos Felipe, Israel, Emilio y Danny, a mis primos Josué, Belén, Diego, Emilito y Jorge. Gracias por sus bendiciones, crianzas, apoyos, consejos y por haber estado conmigo en todos los momentos de mi vida. Siempre estarán en mi corazón y serán mi más grande tesoro donde sea que estemos.

A mi enamorada Dana por su ayuda indispensable en los últimos momentos de la carrera, por motivarme a superarme cada día más.

A Víctor P., Mario V. y Michael H. por su gran apoyo y brindarme sus conocimientos en el ámbito laboral. Además, a los profesores y a las amistades que hice en toda mi etapa universitaria y demás familiares por su confianza.

William Aryam Maurath Proaño

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución: Mariuxi Balladares y William Maurath le damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Mariuxi Evelyn Balladares Ocaña



William Aryam Maurath Proaño

EVALUADORES

Msc. Carlos Ronquillo

PROFESOR DE LA MATERIA

Msc. Guillermo Baquerizo

PROFESOR TUTOR

Resumen

Una empresa comercializadora presenta una deficiente distribución de productos almacenados y limitaciones de espacio. En consecuencia, genera problemas logísticos, operativos y largos tiempos de picking dentro de la bodega. La empresa necesita un nuevo diseño optimo que aumente la capacidad de almacenamiento y ayude a minimizar los tiempos de picking.

Para el desarrollo del proyecto fue necesario recolectar los datos de medidas y tiempos de picking reales, además de recopilar información de los históricos de producción y ventas en el intervalo de diciembre de 2022 a diciembre de 2023. Igualmente se plantearon diferentes propuestas, entre las que se seleccionó la propuesta de expansión vertical. En esta propuesta se aumentó dos nuevos niveles por estantería. Se hizo una clasificación de inventario ABC-XYZ, después se usó una herramienta de simulación, donde se simuló un día de trabajo aplicando el presente y propuesto. Con base a la simulación de la propuesta se consiguió un aumento de capacidad de almacenamiento significativa en 48% y la reducción de los tiempos de picking en un 15%. En conclusión, el reordenamiento de los productos aporta una eficiente localización de ítems para los operadores y minimiza los tiempos operacionales. La propuesta es factible por la disponibilidad de recursos existentes, la rapidez de implementación, el aumento de capacidad, la disminución de tiempos de picking y la viabilidad económica.

Palabras claves: Layout, Clasificación de inventario ABC -XYZ, tiempos de picking, simulación.

Abstract

A marketing company has a poor distribution of stored products and space limitations. Consequently, it generates logistical and operational problems and long picking times within the warehouse. The company needs a new optimal design that increases storage capacity and helps minimize picking times. For the development of the project, it was necessary to collect data on measurements and real picking times, in addition to collecting information on production and sales history in the period from December 2022 to December 2023. Likewise, different proposals were proposed, including which the vertical expansion proposal was selected. In this proposal, two new levels per shelf were increased. An ABC-XYZ inventory classification was carried out, subsequently a simulation tool was used, where a workday was simulated with the application of the present and proposed. Based on the simulation of the proposal, a significant increase in storage capacity by 48% and a reduction in picking times by 15% was achieved. In conclusion, the reordering of products provides efficient location of items for operators and minimizes operational times. The proposal is feasible due to the availability of existing resources, the speed of implementation, the increase in capacity, the reduction in picking times and the economic viability.

Keywords: Layout, ABC -XYZ inventory classification, picking times, simulation.

Contenido

Resumen.....	6
Abstract	7
Índice de Ilustraciones	10
Índice de Tablas	12
Glosario.....	13
Capítulo 1.....	14
1. Introducción.....	14
1.1. Descripción del problema	15
1.2. Justificación del problema	15
1.3. Objetivos	17
1.3.1. Objetivo General	17
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
1.4. Marco teórico.....	17
1.4.1. Antecedentes	17
1.4.2. Estado del arte	18
1.4.2.1. Warehouses without aisles: Layout Desing of a Multi-deep Rack Climbing Robotic System	18
1.4.2.2. Heuristic Comparative Assessment of Non-Conventional Warehouse Designs.....	19
1.4.2.3. Spare Parts Inventory Management In the Warehouse: A Lean Approach	21
1.5. Definición de términos básicos	22
1.5.1. Marco Conceptual.....	22
Capítulo 2.....	28
2. Metodología.....	28
2.1. Técnicas De Investigación	28
2.1.1. Levantamiento De Información	29
2.1.2. Recopilación De Los Datos	32
2.1.3. Características de la Bodega Actual	34
2.2. Análisis De La Información Levantada: Situación Actual	41
2.3. Descripción Del Modelo	47
2.3.1. Análisis ABC-XYZ.....	47
2.3.2. Fishbone Layout	51
2.3.3. Propuestas en base a los modelos expuestos.....	55

2.4.	Uso de Software	60
2.5.	Diagrama de flujo de las simulaciones.....	61
2.6.	Consideraciones Legales Y Éticas	61
2.7.	Fases Del Proyecto	62
2.8.	Cronograma De Trabajo	64
Capítulo 3.....		66
3.	Análisis y resultados.....	66
3.1.	Propuesta seleccionada	66
3.1.1.	Justificación.....	66
3.1.2.	Layout de la bodega	66
3.2.	Clasificación ABC - XYZ de los productos	70
3.3.	Resultado de las simulaciones	75
3.3.1.	Ajuste de parámetros.....	75
3.3.2.	Flujo del proceso (Process Flow).....	76
3.3.3.	Resultados Bodega Actual.....	81
3.3.4.	Resultados Propuesta	85
3.4.	Comparación de resultados	89
3.5.	Análisis financiero	92
Capítulo 4.....		95
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	95
4.1.	Conclusiones	95
4.2.	Recomendaciones	96
Bibliografía		98
Anexos		100
Anexo A		100
Anexo B		108

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Montacargas	27
Ilustración 2. Transpaleta	27
Ilustración 3. Mapa de actores	29
Ilustración 4. Mapa de empatía	30
Ilustración 5. Imagen real de la bodega	31
Ilustración 6. Área de la bodega representada en el software de simulación.....	36
Ilustración 7. Representación de racks.....	38
Ilustración 8. Racks Adicionales.....	39
Ilustración 9. Representación del rack D y E.....	39
Ilustración 10. Representación del rack F y G	40
Ilustración 11. Representación del rack H	40
Ilustración 12. Representación del rack K1 (adicional)	41
Ilustración 13. Gráfico de tiempos de procesos	42
Ilustración 14. Diseño en 2D de la bodega actual	44
Ilustración 15. Diseño tridimensional de espina de pescado (Fishbone)	52
Ilustración 16. Zonas del diseño de espina de pescado	53
Ilustración 17. Diagrama de flujo	61
Ilustración 18. Fases del proyecto	63
Ilustración 19. Cronograma de trabajo.....	65
Ilustración 20. Diseño del Layout propuesto en FlexSim	69
Ilustración 21. Diseño del Layout propuesto en 2D.....	69
Ilustración 22. Visualización del layout con clasificación ABC.....	72
Ilustración 23. Visualización del layout con clasificación ABC-XYZ	74
Ilustración 24. Process Flow	78
Ilustración 25. Cantidad de pedidos realizados por un operario	81
Ilustración 26. Cantidad de pedidos realizados por tres operarios.....	81
Ilustración 27. Distancia de viaje recorrida por hora en la bodega actual	82
Ilustración 28. Distancia de viaje 2 recorrida por hora en la bodega actual	82
Ilustración 29. Distancia total de viaje recorrida en la bodega actual.....	83
Ilustración 30. Distancia total de viaje 2 recorrida en la bodega actual.....	83
Ilustración 31. Gráfico de distancia de viaje por hora con un operador	84
Ilustración 32. Gráfico de distancia de viaje por hora con tres operadores	84
Ilustración 33. Cantidad de pedidos realizados por un operario	85
Ilustración 34. Cantidad de pedidos realizados por tres operarios.....	85
Ilustración 35. Distancia de viaje recorrida por hora en la bodega propuesta	86
Ilustración 36. Distancia de viaje 2 recorrida por hora en la bodega propuesta	86
Ilustración 37. Distancia total de viaje recorrida en la bodega propuesta.....	87
Ilustración 38. Distancia total de viaje 2 recorrida en la bodega propuesta.....	87
Ilustración 39. Gráfico de distancia de viaje por hora con un operador	88
Ilustración 40. Gráfico de distancia de viaje por hora con tres operadores	88
Ilustración 41. Gráfico comparativo de los espacios de almacenamiento	89

Ilustración 42. Gráfico comparativo del rendimiento de los operadores	90
Ilustración 43. Gráfico comparativo del tiempo de picking por operador	91

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos en bruto	32
Tabla 2. Datos en bruto de los históricos	33
Tabla 3. Tiempos de procesos de picking y despacho	42
Tabla 4. Tiempo de procesos de picking y despacho y cálculo del promedio	43
Tabla 5. Características de racks	44
Tabla 6. Detalle de tiempos en el proceso de picking.....	45
Tabla 7. Detalle de tiempos en el proceso de despacho.....	46
Tabla 8. Nivel de servicio según matriz ABC-XYZ	50
Tabla 9. Ventajas y Desventajas de los escenarios propuestos.....	57
Tabla 10. Comparación de escenarios.....	58
Tabla 11. Especificaciones de las dimensiones de la bodega	68
Tabla 12. Número de pallets por categoría del Grupo 1	70
Tabla 13. Representación porcentual por categoría del Grupo 1	70
Tabla 14. Número de pallets por categoría del Grupo 2	71
Tabla 15. Representación porcentual por categoría del Grupo 2	71
Tabla 16. Espacios de almacenamiento	74
Tabla 17. Parámetros de simulación	76
Tabla 18. Tabla comparativa de aspectos generales	92
Tabla 19. Costos de la propuesta	92
Tabla 20. Valor de inventario	93
Tabla 21. Análisis de la inversión	94
Tabla 22. VNA de la propuesta.....	94

Glosario

FLEXSIM	Software que permite simular procesos.
LAYOUT	Diseño y disposición de la bodega.
PALLET	Estructura para mover cargas.
RACK	Estructura donde se almacena la mercancía.
ANÁLISIS ABC/XYZ	Herramienta para gestionar los productos de la bodega.

Capítulo 1

1. Introducción

El diseño de una bodega y la distribución de los productos dentro de la misma es una parte esencial para las operaciones o procesos de cualquier tipo de industria. El mal diseño y distribución de una bodega tiende a aumentar los costos logísticos. Antes del siglo 21, muchas empresas manejaban sus depósitos o bodegas de forma errónea ya que no contaban con un correcto sistema de almacenamiento, no existía una correcta metodología de operaciones ni herramientas tecnológicas de apoyo, lo que dificultaba el control de inventario y generaba una condición interna precaria. Hoy en día las empresas modernas son conscientes de la importancia del uso de una logística integral y las ventajas competitivas que éstas traen. Poseer un buen sistema de almacenamiento es un factor clave para el control de inventario y reducción de niveles de inventario.

Hoy en día, las empresas ecuatorianas presentan este problema del siglo pasado, un ejemplo de ellas es la empresa fabricante y comercializadora de conductores eléctricos muy popular en el mercado, que, a pesar de ser una empresa en constante crecimiento, cuenta con problemas en su sistema de almacenamiento, y requieren conocimientos técnicos logísticos para un nuevo diseño y redistribución de la bodega.

El presente trabajo está enfocado en el área de la bodega de productos terminados no perecederos de una empresa comercializadora, donde por medio de un software de simulación se realizará el diseño de la bodega. Dentro del estudio se aplicará conocimientos de logística y transporte con el objetivo de mejorar la distribución de la bodega aplicando métodos de clasificación, optimizando los tiempos operacionales y los espacios de almacenamiento.

1.1. Descripción del problema

La empresa en este estudio pertenece a la industria de almacenamiento y transporte dentro del sector manufacturero. Las operaciones principales que maneja la empresa es la fabricación, almacenamiento y distribución de sus productos. El principal problema de la empresa es la falta de espacio y la no optima distribución de los productos almacenados en la bodega. Cabe señalar que la empresa cuenta con una sola bodega para el almacenamiento de todos los productos terminados. Se requiere una optimización de las variables de interés, como los son el tiempo dedicado a la selección de productos (picking) y la asignación eficiente de los espacios de almacenamiento.

Es relevante mencionar que la bodega carece de restricciones en el manejo de sus productos, garantizando la libertad en su ubicación. Sin embargo, el espacio y diseño existentes no son adecuados para los niveles de producción actual. La empresa ha empezado a tener más salida al mercado en el presente año, aunque esto ha sido de forma irregular en sus ventas, presentando variaciones en la demanda. Esta situación les generó una reducción del espacio disponible en la bodega, lo que los llevó a tomar la decisión de improvisar espacios no asignados para el almacenamiento del exceso de producción que tuvieron.

La no óptima distribución de los productos terminados y el limitado espacio de almacenamiento con el que cuentan provocó un desorden significativo dentro de la bodega. A consecuencia, se vieron afectados los tiempos de operaciones, especialmente en el proceso de picking.

1.2. Justificación del problema

La presente investigación tiene como finalidad desarrollar el diseño de una bodega de productos terminados no perecederos de una empresa comercializadora la cual presenta un

problema de mala distribución de productos almacenados a causa de su limitado espacio. Para la empresa estudiada es importante solucionar el problema detallado anteriormente, ya que no cuentan con una correcta distribución del área de bodega y administración de su inventario. El estudio tendrá un impacto positivo para la empresa, ya que constantemente se encuentran con problemas de almacenamiento a causa de una demanda fluctuante.

Un aspecto relevante que se destaca en el presente estudio es su contribución y aportación a los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS). Específicamente en el ODS 9 que tiene por nombre “Industria, Innovación e Infraestructura. La elección de este ODS no solo refleja un compromiso con el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de las personas, sino que también reconoce la importancia de la innovación tecnológica dentro y fuera de las infraestructuras, la contribución de la industria al generar empleo y la modernización de las infraestructuras para que sean accesibles y sostenibles.

Se busca la optimización en espacios disponibles y usados, optimizar la distancia recorrida y tiempo de ejecución de las operaciones, enfocándose principalmente en el tiempo de picking. Además, con el nuevo diseño de la bodega y distribución de sus productos se facilita los controles de inventario ya que se obtiene una ubicación más precisa de los productos. Para lograr todo esto, una herramienta clave dentro del estudio será la implementación de un software de simulación. Además, esta herramienta es nueva dentro de la empresa y será de gran impacto ya que se podrá visualizar las mejoras en las operaciones.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Diseñar una bodega de productos terminados no perecibles aplicando los conocimientos logísticos y de optimización para mejorar los procesos operacionales de una empresa comercializadora.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Recolectar los datos inherentes a los tiempos de los procesos logísticos y las dimensiones de la bodega.
- Realizar la respectiva clasificación ABC-XYZ a los productos por grupo de familia para el reordenamiento de los ítems dentro de la bodega.
- Utilizar un software de simulación para la elaboración de un escenario propuesto que involucre la optimización de los tiempos de picking y los espacios de almacenamiento.
- Evaluar los tiempos de los diferentes procesos y espacios disponibles para comparar la situación actual con la futura propuesta.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Antecedentes

El correcto layout de una bodega es un desafío para muchas empresas porque el diseño debe ser acorde a los objetivos de la empresa, éste es un factor clave para garantizar el buen funcionamiento y optimización de los tiempos operacionales ya que éste tiene un impacto directo en su eficiencia y productividad. El reto que presenta el diseñar una bodega es la optimización del

espacio disponible, ya que éste determina la capacidad de almacenamiento que puede llegar a tener. Sin embargo, se debe considerar también el error humano que tendrán en la gestión manual de procesos como lo es el proceso de picking. La investigación no solo ayudará a resolver un problema específico en la empresa, sino que también tiene potencia de ser guía para encontrar solución a futuros problemas de inventario que pueden llegar a tener empresas con problemas similares en la bodega.

1.4.2. Estado del arte

Este estudio toma como referencia tres trabajos escogidos previamente para recopilar información, metodologías, y resultados para relacionarlos con el estudio actual.

1.4.2.1. *Warehouses without aisles: Layout Desing of a Multi-deep Rack Climbing Robotic System*

(Chen et al., 2023) Dentro del presente proyecto no se implementará el sistema de MRR en la bodega de estudio, sin embargo, se tomará de referencia y guía en base a los resultados que se obtienen en base a los tipos de bodegas mencionadas anteriormente. El artículo se obtuvo como resultado, por medio de la aplicación de una metodología matemática, como lo es la distancia de Manhattan. Esta metodología se aplicó a los robots analizados en el artículo, en la cual, nos puede ayudar a nuestro proyecto a utilizar la misma distancia en los tiempos de picking que se están estudiando. Los resultados mostraron que el sistema MRR parece consumir menos energía además de una reducción en los tiempos de picking. Adicional a eso se mostró que hubo una disminución

en los tiempos con respecto al diseño compacto ya que, tiene la capacidad de rendimiento más alta y a su vez los costos operativos anuales bajaron.

1.4.2.2. *Heuristic Comparative Assessment of Non-Conventional Warehouse Designs*

(Esmero et al., 2021) En este artículo se menciona que uno de los principales problemas en el diseño de almacenes de carga unitaria es el diseño de los pasillos en relación con la distribución del espacio. Adicionalmente, plantea la importancia de la variable “picking run-time”, que no se ha tomado con tanta importancia en los trabajos anteriores, ya que no presentan los mismos resultados. Este artículo realiza la comparación entre 3 diseños de almacenes, convencional y no convencionales, con ayuda del software FlexSim para simular el diseño real y los diseños propuestos no convencionales para la empresa que fue realizada el estudio.

Esta fuente emplea 3 factores que se usaran para realizar la comparación entre los diseños, y son tiempo de ejecución de selección (“picking run-time”), distancia de viaje y capacidad. El artículo menciona las variables de diseños de almacenes como los convencionales, no convencionales y generales. Según Esmero et al. (2021), la estructura de los almacenes convencionales obliga a los trabajadores a recorrer distancias rectilíneas, por ejemplo, norte-sur y este-oeste. Mientras que, los no convencionales, disponen de una disposición diferente de los pasillos para facilitar la entrada a otras áreas del almacén o para mejorar el espacio. Por otro lado, se presentan la elección de los dos diseños no convencionales los cuales son el “Flying-V” y “Fishbone”. El Flying-V consiste en pasillos paralelos verticalmente con dos pasillos que conectan en un vértice en forma de V, todos los pasillos de la parte céntrica, izquierda y derecha son

paralelos verticalmente. Mientras que, el Fishbone consiste en pasillos paralelos horizontal y verticalmente que conectan con un vértice en forma de V, los pasillos de la parte céntrica son paralelos verticalmente y los pasillos de la parte izquierda-derecha son paralelos horizontalmente. Además, en el artículo se hace referencia que para almacenes grandes es más eficiente los diseños no convencionales mientras que para almacenes pequeños lo más eficientes son los convencionales.

La metodología empleada del artículo fue base para la resolución de este proyecto, se destaca la utilización del software FlexSim para visualización en 3D por medio de una simulación. Es importante mencionar que primer input desarrollado fue el diseño de los planos del almacén. Posteriormente se procedió a la estimación de los parámetros relevantes como la pendiente de la diagonal, el ángulo, altura y base del triángulo con ayuda de las ecuaciones que se plantean en el artículo. Por último, se menciona la configuración de las condiciones empleadas para la simulación.

Es importante destacar que los resultados obtenidos en el artículo con respecto a la variable de tiempo de ejecución de selección muestran que el diseño Fishbone es mejor que el diseño Flying-V y el convencional. Con respecto a la variable de distancia viajada el diseño Fishbone es el mejor, el diseño convencional es segundo y por último el diseño Flying-V. Concluyendo así que el diseño Fishbone es el más apropiado para la empresa estudiada obteniendo mejoras con un 53% de tiempo de ejecución de selección, 33% en distancia viajada y aumentado la capacidad en un 8%.

1.4.2.3. *Spare Parts Inventory Management In the Warehouse: A Lean Approach*

(Mor et al., 2021). En este artículo se menciona que uno de los papeles vitales para alcanzar un nivel de servicio adecuado, evitar que el exceso de capital quede inmovilizado y eliminar el “stock muerto” es una buena gestión de inventarios (Mor et al., 2021). Este artículo realiza técnicas de gestión de inventario utilizando tres métodos para priorizar los artículos en una bodega de producto terminado de repuestos automotrices con el fin de minimizar los costos de inventario.

Este artículo presenta como metodología empleada 3 tipos de análisis, el ABC, XYZ y el FSN. De los cuales, dos de los mencionados anteriormente están propuestos como metodología a usar en el proyecto integrador actual a presentar. El artículo redacta las tres componentes para la cuenta de inventario, los cuales son Materia Prima (MP), Trabajo en curso (conocido como Producto Semielaborado, PS) y Productos Terminados (PT). La gestión del inventario tiene que ver con la cantidad de existencias de artículos que se necesitan para satisfacer la demanda de los clientes incluso cuando esta fluctúa (Mor et al., 2021). Este artículo será de gran aporte para la clasificación ABC-XYZ del proyecto actual, en la cual nos muestra los datos relevantes a obtener, los pasos detallados a seguir y el significado de cada uno de los tres tipos de análisis.

El análisis ABC es una forma sencilla de separación de materiales que se basa en el principio de Pareto del 80-20, en gestión de inventarios quiere decir que el 80% de la inversión anual es consumida por el 20% de los SKU's, estos se clasifican en función de su valor anual. El análisis XYZ es una técnica para organizar productos de acuerdo con la variación de la demanda. Por último, el análisis FSN clasifica los artículos en base a la tasa de movimiento en el almacén, donde, F significa movimiento rápido (Fast-moving), S significa movimiento lento (Slow-moving) y N significa inmóvil (Non-moving).

Los resultados obtenidos en este artículo muestran que, de 1952 artículos en el año 2016, la clasificación ABC muestra; el porcentaje de elementos de 10,4%, 26,6% y 67%, el porcentaje de valor de uso anual de 75%, 20% y 5%, y un consumo de nivel Alto, Medio y Bajo para la clase A, B y C respectivamente. La clasificación XYZ muestra; el porcentaje de elementos de 21,6%, 25,7% y 52,7% y la fluctuación de la demanda de nivel Bajo, Medio y Alto para la clase X, Y y Z respectivamente. Se muestra los valores que tiene los 9 diferentes grupos AX, BY, CZ, BX, BY, BZ, CX, CY y CZ. Además, se muestran los resultados del análisis FSN y estos se los incorpora a los resultados mostrados con el análisis ABC-XYZ, es decir 27 subclases a estudiar, en los cuales se muestra que los artículos en la clase CZ-S y CZ-N, aproximadamente 93 artículos, es un “deadstock” o stock muerto, es decir que no tienen movimiento y no deberían estar en el almacén.

1.5. Definición de términos básicos

1.5.1. Marco Conceptual

Habiendo revisado literatura relacionada con la problemática a tratar, se presentan algunos conceptos esenciales que ayudan a la comprensión del desarrollo de este trabajo.

Layout de una bodega

Es el diseño o la distribución de la bodega sobre el plano, este debe ser creado en base a las necesidades que presente la bodega y encaminada con los objetivos de la empresa. El layout de bodega tiene como objetivos:

- Optimiza el espacio disponible.
- Reducir los tiempos operacionales.
- Facilitar el control de inventario y acceso de mercancía.

Ítems dinámicos

Son aquellos ítems que presentan una alta rotación dentro de la bodega. En su mayoría son ítems que se compran en grandes volúmenes y tienen una demanda constante. Representan un gran porcentaje del flujo del inventario, su mala gestión puede impactar significativamente a la parte de operaciones de la empresa.

Clasificación del inventario

La clasificación de inventario consiste en un proceso de clasificar o categorizar productos almacenados dentro de una bodega. Este sistema de clasificación facilita el manejo y la gestión eficiente del inventario. Además de esto la clasificación del inventario:

- Mejora la organización dentro de la bodega.
- Logra un mejor control y seguimiento más preciso.
- Ayuda en la planificación de compras y producción.
- Reducción de costos operativos.

La clasificación ABC es un tipo de análisis que se realiza de acuerdo con la importancia relativa de sus productos. Esta se segmenta por tres categorías A, B y C, esta clasificación se realiza utilizando como criterio la rotación de productos. Los productos que se encuentran en la categoría

A son aquellos que tienen un alto valor de inventario, tienen mayor rotación, necesitan un mayor control y aportan un 80% de los ingresos de la empresa por lo que deben ser ubicados en un área de mayor disponibilidad.

Los productos que se encuentran en la categoría B son aquellos que tienen una rotación moderada, estos aportan el 15% de ingresos a la empresa y deben de revisar periódicamente su estado ya que son fácilmente pueden cambiar de categoría.

Los productos que se encuentran en la categoría C son aquellos que tienen una rotación baja y representan un 5% de los ingresos de la empresa.

Clasificación de inventario ABC/XYZ

El método de clasificación de inventario ABC/XYZ es una extensión de la clasificación ABC, esta combina dos sistemas de clasificación de inventario los cuales son el ABC y XYZ. Esta combinación permite a las empresas identificar los productos de más valor en base a su nivel de rotación con la finalidad de tener un mayor enfoque y control del inventario. El objetivo de esta clasificación es segmentar los productos según la variabilidad de su demanda, para así identificar cuales productos tienen una demanda constante e impredecibles con la finalidad de crear estrategias de compras y almacenamiento.

Los productos que se encuentran en la categoría X son aquellos que presentan una demanda constante.

Los productos que se encuentran en la categoría Y son aquellos que presentan una demanda fluctuante, en esta categoría se puede identificar una tendencia de la clasificación.

Los productos que se encuentran en la categoría Z son aquellos que presentan una demanda impredecible.

La clasificación ABC y XYZ son métodos complementarios, es decir que uno no puede sustituir al otro. Es de saber que la clasificación ABC se basa en la importancia de los productos mientras que la clasificación XYZ se basa en la variabilidad de la demanda. La combinación de estos métodos crea 9 diferentes grupos, AX, BX, CX, AY, BY, CY, AZ, BZ y CZ.

Mor et al (2021) plantean las siguientes definiciones para estos 9 diferentes grupos:

- La categoría AX son aquellos que poseen un valor y/o volumen alto con consumo constante.
- Los productos que se encuentran en la categoría BX poseen un valor y/o volumen moderado con un consumo constante.
- La categoría CX son aquellos que poseen un valor y/o volumen bajo con un consumo constante.
- La categoría AY tienen un alto valor y/o volumen alto con una demanda fluctuante.
- Los productos de la categoría BY poseen un alto valor y/o volumen moderado con una demanda fluctuante.
- Los productos que se encuentran en la categoría CY son aquellos que poseen un alto valor y/o volumen bajo con una demanda fluctuante.
- Los productos que se encuentran en la categoría AZ son aquellos que poseen un alto valor y/o volumen con demanda inestable.
- En la categoría BZ están los productos que poseen un valor y/o volumen moderado con demanda inestable.

- Por último, los productos que se encuentran en la categoría CZ son aquellos que poseen un bajo valor y/o volumen con demanda inestable.

Zonas del almacén

Es el área designada en la bodega, donde se deposita la mercancía para su almacenamiento.

Esta área tiene diferentes zonas destinadas a un trabajo operativo de la bodega.

Zonas de carga y descarga

Es el área designada en la bodega, donde se realiza la carga y descarga de la mercancía.

Zona de almacenamiento

Es el área designada en la bodega, donde se almacena la mercancía y éste abarca desde su llegada hasta su despacio. La mercancía puede ser almacenada en estanterías o al nivel del piso.

Zona de picking

Es el área designada en la bodega, donde los operadores preparan los pedidos. Esto abarca desde que el operador reciba la orden del pedido y termina cuando él lo coloca en la zona de carga.

Zona de despacho

Es el área designada en la bodega, donde se encuentran los pedidos terminados y están listos para cargar a los camiones.

Montacarga

Maquina especializada para la carga y transporte de materiales de gran peso y tamaño, en las bodegas, centros de distribución y/o almacenes.

Ilustración 1

Montacargas



Nota: Ilustración de un montacarga. Adaptada de (Raymond, 2022).

Transpaletas

Herramienta utilizada para mover pallets a nivel del suelo con la finalidad de un transporte horizontal de mercancías.

Ilustración 2

Transpaleta



Nota: Ilustración de un transpaleta manual. Tomada de (Disset Odiseo, 2019).

Capítulo 2

2. Metodología

2.1. Técnicas De Investigación

La recolección de información es una parte fundamental para el desarrollo de este proyecto. Por consiguiente, en la preparación de este capítulo, se implementaron diferentes técnicas de investigación para obtención y análisis de datos relevantes y completos.

Para empezar, cobran especial importancia las sesiones de intercambio de información con el personal clave en la bodega, siendo el jefe de bodega el principal entrevistado en esta etapa. La coordinación directa con este colaborador permitió llevar a cabo las entrevistas de forma presencial, lo que hizo posible obtener información detallada y precisa de los múltiples procesos que realizan en la bodega, como lo son: recepción, almacenamiento, picking y despacho. Cabe mencionar que las reuniones se realizaron durante las visitas técnicas programadas, permitiendo de esta manera la visualización del escenario actual que presenta la bodega.

Otro punto por destacar es la base de datos en Excel proporcionada por la empresa, la cual contiene la nómina de los productos que se almacenan en la bodega. En esta se detalla características específicas como grupo de familias, código, dimensiones y peso. De igual forma, la empresa proporcionó datos de registro histórico de ventas y producción de los mismos productos. Es de mencionar que, la base de datos cuenta con una nómina de 337 productos que se almacenan en bodega, detallando características específicas como dimensiones y peso. Así mismo, proporcionó tres bases históricas desde enero del 2021 hasta noviembre del 2023, éstas se solicitaron con la finalidad de la obtención de datos relevantes para el análisis ABCXYZ.

2.1.1. Levantamiento De Información

A continuación, se detallan las actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos propuestos, aplicando las técnicas de metodología de investigación, permitiendo obtener insights significativos para el desarrollo del proyecto. Posterior a la realización de las entrevistas, se define los actores claves que intervienen en la problemática. A continuación, se detalla el desarrollo de un mapa de actores para una mejor visualización.

Ilustración 3

Mapa de actores



Nota: La fuente de elaboración de esta ilustración es propia.

Se presenta el mapa de actores como una herramienta para la identificación de los usuarios involucrados y las relaciones que estos tienen con la problemática. El mapa refleja como actores

principales a los colaboradores que trabajan como bodegueros, el servicio que brinda afecta directamente a los tiempos de operativos. Sin embargo, no son los únicos que intervienen en el proceso, se destacan los montacarguistas y ayudantes con lo que cuentan dentro de bodega. Se debe mencionar también que todas las acciones que tomen los actores previamente mencionados son dirigidas por el jefe de bodega y su supervisor directo, el gerente general.

Gracias a la herramienta visual, se logró comprender las conexiones entre colaboradores y los roles definidos que se tienen. Se observa claramente la cadena de interacciones que tienen entre ellos y el comportamiento de la comunicación establecida. Se destaca la implementación de esta herramienta visual para establecer los actores claves que nos ayuden a encontrar una mejor solución para el diseño de la bodega.

Ilustración 4

Mapa de empatía



Nota: La fuente de elaboración de esta ilustración es propia.

De igual manera, se implementó un mapa de empatía como otra herramienta visual con el propósito de identificar los desafíos, necesidades y aspiraciones. El mapa está centralizado en el jefe de bodega, ya que este actor tiene la principal conexión entre los todos los actores identificados.

Se debe conocer, que la limitación más notable es el espacio que presenta la bodega en comparación al número de productos que tienen en nómina. Sin embargo, se menciona fuera de la entrevista que no existe restricciones en la ubicación de productos siendo esto una oportunidad para una nueva distribución de los productos. Como observación, se notó que el tiempo de picking depende del tamaño de orden de compra sin embargo presenta variación debido a la falta de un sistema de localización de productos establecida.

Ilustración 5

Imagen real de la bodega



Nota: En la imagen se puede visualizar que algunos productos se encuentran en el piso debido que las estanterías se encuentran llenas.

Cabe mencionar, como actividades para el levantamiento de información la visita a la bodega de la empresa para observar los procesos operativos, diagnosticar las necesidades que tiene la misma. Dentro de las visitas, se destaca la realización de toma de medidas en físico de la bodega, áreas designadas y estanterías. En aspecto general, los productos ubicados en la estantería se encuentran ubicados por grupos de familia, pero sin considerar su rotación. Es de mencionar que en no contaban con los planos ni dimensiones de lo mencionado posterior.

2.1.2. Recopilación De Los Datos

A continuación, se presenta todos los datos recopilados necesarios para el correcto desarrollo de este proyecto. Es importante conocer que la empresa cuenta con 337 productos. Estos datos fueron adquiridos por medio de las visitas técnicas, las reuniones de intercambio de información con el personal de toda el área y por medio de la empresa.

Tabla 1

Datos en Bruto

<i>Código</i>	<i>Altura (cm)</i>	<i>Ancho(cm)</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Peso(kg)</i>
08000401	3.5	24	24	2.3205
08000500	4.5	24	24	3.4915
08000600	6.5	24	24	5.563

Fuente: Empresa Comercializadora

La tabla 1 representa una muestra de la información proporcionada por la empresa. La información alberga la nómina de los productos almacenados en bodega. Es de mencionar que cada producto posee su propia información como el código único del producto, registro de precio unitario, stock y dimensiones que posee. Dentro de esta data se detalla el modelo de almacenaje

que presenta cada producto, debido a que existen producto que cuentan con un sistema de almacenamiento de forma unitaria y/o en máster pack.

Como parte de la data recopilada, se encuentra históricos de cada producto clasificado por cada departamento como producción, bodega y ventas. Es imprescindible mencionar que la información de los datos está organizada de forma mensual y son del año 2021 al 2023. Los históricos proporcionados son clave para el desarrollo de la clasificación de inventario implementada, ya que con ellos se logró la realización del pronóstico para el siguiente trimestre del año 2024, posteriormente se procedió a realizar la clasificación ABC.

Tabla 2

Datos en bruto de los históricos

<i>Histórico De Producción</i>	• Dentro del histórico de producción se analizó el nivel de producción que tuvo en los tres años. Los datos presentaron comportamientos irregulares sin embargo se presenta un comportamiento similar en los dos últimos trimestres de cada año. • Cabe mencionar la existencia de productos que su producción fue nula por meses y luego se retomó a causa de falta de materia prima.
<i>Histórico De Ventas</i>	• Como hallazgo importante, se observó un crecimiento de las ventas entre el año 2021 al 2023. Sin embargo, este comportamiento no se presentó en todos los productos, se destaca la existencia de productos que redujeron sus números en

ventas. Esto se debió a la escasez de materia prima en el departamento de producción

Es de mencionar que, dentro de la recolección de datos se obtuvo el inventario inicial con los datos proporcionados donde se observó la existencia de valores negativos en los productos dentro del inventario inicial esto puede deberse a errores en el registro de inventario o pérdidas.

2.1.3. Características de la Bodega Actual

Una vez aplicada las técnicas de información se recolectó información sobre las dimensiones de la bodega. La infraestructura usada como bodega de productos terminados, tiene 44.5 metros de ancho, 19.76 metros de largo y una altura de almacenamiento mínima de 5.31 metros y máxima de 5.75 metros. Cabe mencionar que la bodega cuenta con un área aladaña en la parte superior con una dimensión de 3.25 metros de largo, 14.14 metros de ancho y una altura máxima de almacenamiento de 4.93 metros, la cual sólo es usada para almacenar productos de un cliente específico. Como última característica general, se debe conocer que dentro de toda el área de bodega cuentan con 11 estanterías (racks), etiquetados desde la “A” hasta la “K” y con dos espacios designados para el almacenamiento en piso.

Es de mencionar que la bodega cuenta con una báscula, la cual es utilizada en los procesos de almacenamiento, picking y despacho la cual tiene una dimensión 1.5 metros de ancho y largo. Además, se dispone de una máquina de embalaje la que es utilizada en el proceso de despacho que tiene una dimensión de 1.2 metros de ancho y largo, la cual es utilizada sólo en el proceso de despacho. También dispone de un área de verificación y revisión para los procesos de picking y despacho denominado “Revisión PD”, con un área de 9.20 metros de ancho y 8.40 metros de largo.

Es importante mencionar que el jefe de bodega tuvo que improvisar un área designada para los productos devueltos, denominado “Devoluciones L”, con dimensiones de 9 y 2.8 metros de ancho y largo respectivamente, se menciona este dato debido a que no se encontraba en el plano general sin embargo se tomó en cuenta para el diseño propuesto. Adicionalmente la oficina se encuentra en la parte inferior derecha con una dimensión de 9.36 metros de ancho y 4.02 metros de largo.

La empresa almacena sus productos en las estanterías con ayuda de pallets, en otras palabras, la empresa tiene un almacenamiento paletizado. La ilustración 6 muestra, desde una vista superior, la descripción de la bodega con ayuda del software FlexSim.

A continuación, se presenta una descripción detallada de la estructura de estanterías que usadas en la bodega de la empresa.

- Todos los racks cuentan con 4 niveles (filas) y se los conoce como Pallet Rack, a excepción del rack H, éste es una estantería normal en la cual los productos no se almacenan con pallets.
- Los racks A, B, C, D, E, F y G cuentan con 8 bahías (columnas) y 2 espacios de almacenamiento en cada bahía. (Ilustración 7)
- El rack I, J y K tienen 4, 5 y 1 bahías respectivamente, con los mismos espacios de almacenamiento que se mencionaron anteriormente. (Ilustración 8)
- El rack H tiene 9 bahías con un solo espacio de almacenamiento.
- Los racks A, D, E y K tienen una bahía adicional, denominadas A1, D1, E1 y K1, que cuenta con un solo espacio de almacenamiento. Todos ellos tienen 3 niveles de almacenamiento, excepto el rack K, que tiene 4 niveles. (Ilustración 9)

Área de la bodega representada en el software de simulación



Nota: Vista superior del área de la bodega representada en el software de simulación (FlexSim)

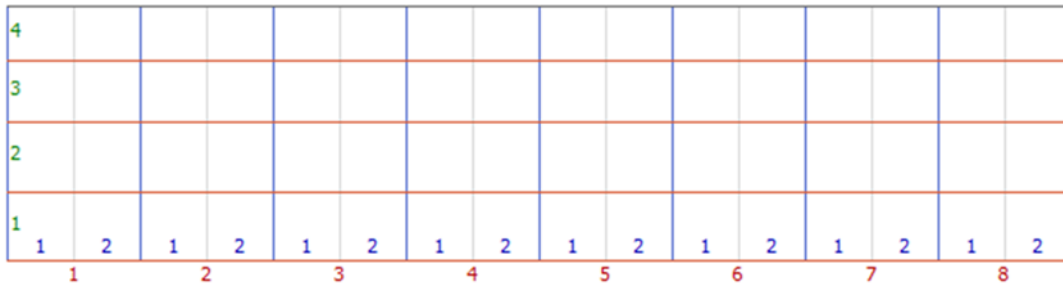
- Las bahías adicionales de los racks A1 y K1 poseen una anchura de 1.16 metros, mientras que las de los racks D1 y E1 tienen 1.42 metros.
- La profundidad de todos los racks es de 0.91 metros, excepto el rack H, que es de 1.20 metros.
- El primer espacio designado para el almacenamiento en el piso (denominada como “Piso”) tiene 4 bahías con una anchura de 5 metros cada una, 3 espacios de almacenamiento por bahía y tiene 1 metro de largo.

- El segundo espacio designado para el almacenamiento en el piso (denominado como “Piso H”) tiene 2 bahías de un único espacio para almacenar con una anchura de 1.22 metros cada una y 1.20 metros de largo.
- La altura para los niveles 1, 2, 3, 4 del Rack A son de 1.31, 1.38, 1.16 y 1.16 metros respectivamente. (Ilustración 7 como guía)
- La altura para los niveles del rack A1 son de 1.31, 1.38 y 1.20 metros respectivamente. (Ilustración 8 como guía)
- La altura para los niveles 1, 2 y 3 en los racks B y C es la misma a la del rack A. La altura del nivel 4 es de 1.54 metros.
- La altura de los niveles de la primera bahía de los racks D y E son de 1.31, 1.38, 1.04 y 1.54 metros respectivamente. Mientras que, para el resto de las bahías son idénticas que en los racks B y C. (Ilustración 9)
- La altura para los niveles de los racks D1 y E1 son de 1.31, 1.38 y 1.16 metros respectivamente. (Ilustración 8 como guía)
- La altura de los niveles de bahía 1, 2 y 3 de los racks F y G son de 1.24, 1.38, 1.0 y 1.54 metros respectivamente. Mientras que, para el resto de las bahías son de 1.24, 1.38, 1.22 y 1.54 metros respectivamente. (Ilustración 10 como guía)
- El Rack H tiene 4 niveles operacionales, de los cuales las 5 primeras bahías tienen una altura de 0.95, 1.15, 1.15 y 0.95 metros respectivamente. El resto de las bahías tienen una altura de 1.15, 1.15, 1.10 y 0.79 metros respectivamente.
- La altura para los niveles 1, 2, 3 y 4 del rack I son de 1.32, 1.31, 1.16 y 1.16 metros respectivamente. (Ilustración 7 como guía, con 4 bahías)

- La altura de los niveles del rack J es de 1.30, 1.31, 1.27 y 1.16 metros respectivamente. (Ilustración 7 como guía, con 5 bahías)
- La altura de los niveles del rack K es de 1.24, 1.31, 1.35 y 1.0 metros respectivamente. (Ilustración 7 como guía, con 1 bahías)
- La altura para los niveles del rack adicional K1 es de 1.25, 1.42, 1.22 y 1.0 metros respectivamente, recordando que este rack adicional es el único con 4 niveles. (Ilustración 12 como guía)

Ilustración 7

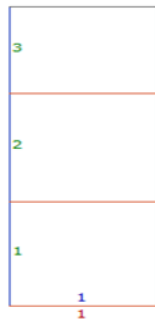
Representación de racks



Nota: Representación de los racks, presentando sus niveles (verde), bahías (rojo) y espacios de almacenamiento por bahía (azul).

Ilustración 8

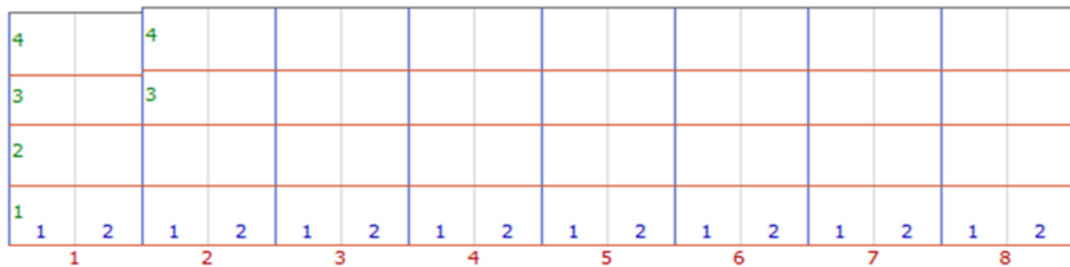
Racks Adicionales



Nota: Representación visual de los racks adicionales, presentando sus niveles (verde), bahía (rojo) y espacio de almacenamiento (azul)

Ilustración 9

Representación del rack D y E



Nota: Representación visual del rack D y el rack E, presentando sus niveles (verde), bahía (rojo) y espacio de almacenamiento (azul)

Ilustración 10

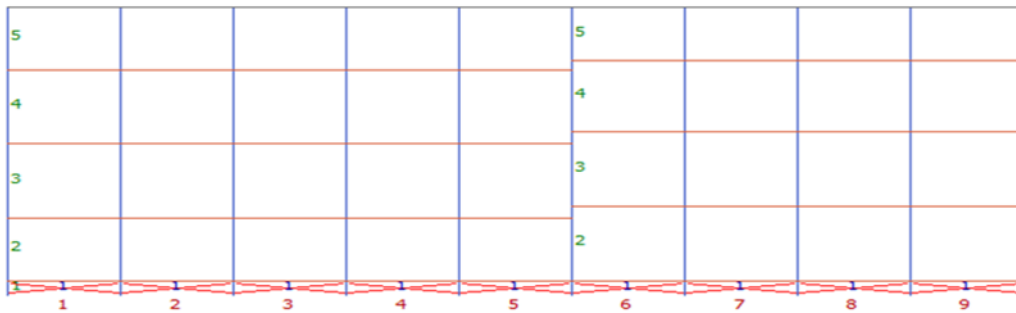
Representación del rack F y G



Nota: Representación visual del rack F y el rack G, presentando sus niveles (verde), bahía (rojo) y espacio de almacenamiento (azul)

Ilustración 11

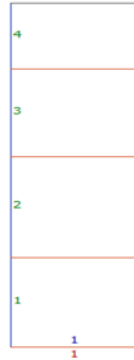
Representación del rack H



Nota: Representación visual del rack H, presentando sus niveles (verde), bahía (rojo) y espacio de almacenamiento (azul)

Ilustración 12

Representación del rack K1 (adicional)



Nota: Representación visual del rack K1 (adicional), presentando sus niveles (verde), bahía (rojo) y espacio de almacenamiento (azul)

Como se mencionó, la empresa brindó un archivo en Excel con datos de los 337 productos que se encuentran en la bodega. La data proporcionada cuenta con información esencial para el desarrollo del proyecto, éstas incluyen el histórico de: producción, ventas e inventario.

2.2. Análisis De La Información Levantada: Situación Actual

Una vez obtenida toda la información relevante de la situación actual de la empresa en cuestión, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los datos. Es importante resaltar que este análisis fue fundamental para una visualización más detallada y precisa de la situación actual de la empresa. A continuación, se detalla los análisis realizados con una breve descripción de estos.

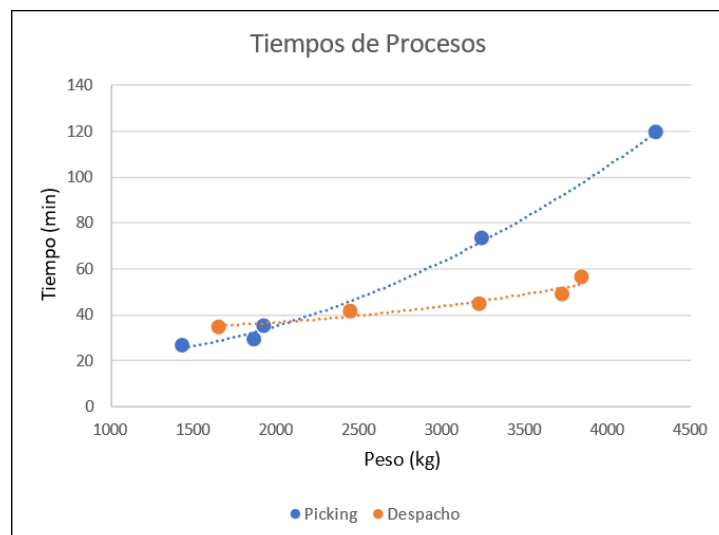
Para empezar, se realizó la toma de tiempos operacionales de picking y despacho con la finalidad de analizar los tiempos con respecto al peso que se maneja en las órdenes.

Tabla 3.*Tiempos de procesos de picking y despacho*

Picking					Despacho				
No.	Peso (kg)	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (min)	Tasa (kg/min)	No.	Peso (kg)	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (min)	Tasa (kg/min)
1	1.865,05	0:29:11	29.183	63.908	1	3.844,58	0:56:22	56.367	68.207
2	1.927,41	0:35:06	35.100	54.912	2	3.725,88	0:48:59	48.983	76.064
3	1.435,24	0:26:44	26.733	53.687	3	2.451,15	0:41:23	41.383	59.230
4	3.244,68	1:13:12	73.200	44.326	4	1.654,37	0:34:41	34.683	47.699
5	4.293,77	1:59:29	119.483	35.936	5	3.227,46	0:44:21	44.350	72.772

La siguiente tabla muestra los 5 datos tomados siendo estos: el peso de cada orden, el tiempo real tomado en medidas de hora: minuto: segundo, el tiempo convertido a minuto en la cual se usó la siguiente formula en Excel = $HORA(B3) * 60 + MINUTOS(B3) + SEGUNDOS(B3)/60$ y la última columna la tasa de cambio del peso por minuto $Peso (kg)/Tiempo (min)$.

Segundo, se elaboró un gráfico de los tiempos tomados con el propósito de analizar el comportamiento y obtener una perspectiva más clara de los mismos.

Ilustración 13*Gráfico de tiempos de procesos*

En la siguiente imagen se muestra un gráfico del tipo de dispersión (x , y) con los 5 tiempos tomados para el proceso de picking (color azul) y el de despacho (color naranjado). El eje x representa el peso de la orden en kilogramos (kg). Mientras que el eje y representa el tiempo en minutos (min) que se demora un operador en completar una orden. Adicionalmente, se presenta una línea de tendencia para los diferentes procesos identificados por sus colores respectivos.

Tercero, con los mismos datos de los tiempos totales de los procesos obtenidos se realizó un promedio para estimar cuanto se demora un operador en realizar un proceso dependiendo del peso de la orden.

Tabla 4

Tiempo de procesos de picking y despacho y cálculo del promedio

Picking					Despacho				
No.	Peso (kg)	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (min)	Tasa (kg/min)	No.	Peso (kg)	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (min)	Tasa (kg/min)
1	1.865,05	0:29:11	29.183	63.908	1	3.844,58	0:56:22	56.367	68.207
2	1.927,41	0:35:06	35.100	54.912	2	3.725,88	0:48:59	48.983	76.064
3	1.435,24	0:26:44	26.733	53.687	3	2.451,15	0:41:23	41.383	59.230
4	3.244,68	1:13:12	73.200	44.326	4	1.654,37	0:34:41	34.683	47.699
5	4.293,77	1:59:29	119.483	35.936	5	3.227,46	0:44:21	44.350	72.772
Promedio				50.554	Promedio				64.795

Nota: Actualización de la tabla 1

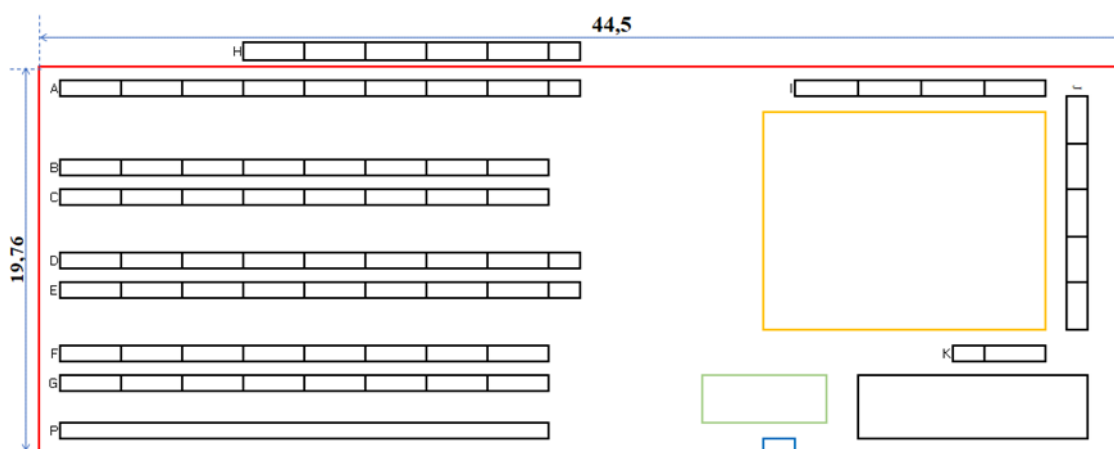
Con el análisis de estos tiempos se puede decir que, en promedio y con los datos obtenidos y trabajados se mueven o se evalúan 50.554 kg y 64.795 kg cada minuto para picking y despacho respectivamente. Adicionalmente, por medio de la gráfica se puede observar que a mayor peso en las ordenes, mayor será el tiempo de ejecución. Esto es debido a que tiene una pendiente positiva

creciente. La pendiente del proceso de despacho es mayor, indicando una tasa de cambio más pronunciada entre las variables de tiempo y peso.

Cuarto, con los datos obtenidos de las dimensiones de la bodegas y dimensiones y capacidades de los racks se realizó los cálculos para sacar la capacidad de almacenaje en pallets de la bodega en la situación actual. Es importante mencionar, dentro de los hallazgos se hace mención del método FIFO, (primero en entrar, primero en salir). Esta metodología de gestión logística sirve para disponer de forma más accesibles aquellos productos de salida prioritaria.

Ilustración 14

Diseño en 2D de la bodega actual



Nota: Las unidades de las medidas están dadas en metros (m).

Tabla 5

Características de racks

Rack	Bahías	Niveles	Pallet x Nivel	Total de Pallets
A	8	4	2	64
	1	3	1	3
B	8	4	2	64

C	8	4	2	64
D	8	4	2	64
	1	3	1	3
E	8	4	2	64
	1	3	1	3
F	8	4	2	64
G	8	4	2	64
H	9	4	1	36
I	4	4	2	32
J	5	4	2	40
K	1	4	2	8
	1	4	1	4
P	4	1	3	12
Capacidad de Bodega (pallets)				589

En la tabla se puede observar al detalle la capacidad de cada rack. La capacidad de cada rack incluye la cantidad de bahías, cantidad de niveles, y espacios de pallets por nivel/bahía. Se calcula multiplicando cada variable de cada rack y al final se suma la capacidad de cada rack. La bodega en esta situación cuenta con 589 espacios para almacenar pallets.

Por último, se realizó un promedio de los tiempos de ciertas actividades distintivas dentro los respectivos procesos. Estas actividades no afectarían mucho al tiempo del proceso como tal, pero aun así se los considero en los tiempos tomados.

Tabla 6

Detalle de tiempos en el proceso de picking

Acción Distintiva en Proceso Picking	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (min)
Pallet y Transpaleta	0:00:44	0.733
Analizar Pedido	0:00:38	0.633
Camina hacia Productos	0:00:36	0.600
Camina hacia Rutas	0:00:47	0.783

La tabla 6 muestra las actividades distintivas del proceso de Picking, las cuales son: buscar y coger un pallet y un transpaleta, analizar el pedido del proceso de picking, caminar una vez teniendo el pallet y transpaleta hacia la ubicación de los primeros productos a recoger en la bodega y caminar desde la última ubicación de los productos recogidos hasta el área de Rutas (Revisión PD). Estas actividades tienen en promedio 0.73, 0.63, 0.6 y 0.78 minutos respectivamente. La actividad de caminar hacia la ruta es la de mayor tiempo ya que el pallet tiene peso y se dificultara más el empuje inicial para mover el transpaleta.

Tabla 7

Detalle de tiempos en el proceso de despacho

Acción Distintiva en Proceso Despacho	Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (min)
Verificación / Etiquetación / Pistoleo	0:17:19	17.317
Embalaje del Pallet	0:07:48	7.800
Pesaje del Pallet	0:01:45	1.750
Camina hacia Camión	0:01:10	1.167

De igual manera, la tabla 7 muestra las actividades distintivas del proceso de Despacho, las cuales son: verificar / etiquetar / pistolear el pedido (estas se realizan al mismo tiempo), embalar los pallets en la zona designada (con ayuda de la maquinaria correspondiente), pesar el pallet en la báscula y caminar desde la ubicación de la báscula hasta los puertos de entrega a los camiones. Estas actividades tienen en promedio 17.32, 7.8, 1.75 y 1.17 minutos respectivamente.

2.3. Descripción Del Modelo

2.3.1. Análisis ABC-XYZ

El inventario representa un activo esencial para un negocio, ya que un buen rendimiento de este podrá generar ingresos y ganancias posteriores para cada accionista (Mor et al., 2021). El análisis ABC-XYZ es una herramienta de clasificación de materiales y gestión de inventario. Esta herramienta es la combinación de los análisis ABC y XYZ.

El análisis ABC se basa en la regla de Pareto, el cual establece que el 80% de los resultados provienen del 20% de las causas. En términos de gestión de inventario, esto se puede interpretar como que el 80% de los ingresos totales provienen del 20% de los productos en el inventario. De acuerdo con este análisis, las unidades de mantenimiento de inventario, SKU por sus siglas en inglés, se clasifican los artículos en 3 categorías en función a su valor anual.

1. Categoría A: en esta categoría se encuentran los artículos de alto valor que contribuyen alrededor del 80% del valor anual. Por lo general, estos artículos representan entre un 10% y 20% de todos los artículos del inventario.
2. Categoría B: en esta categoría se encuentran los artículos de valor intermedio que contribuyen del 15% al 25% del valor anual. Estos artículos representan entre un 25% y 35% de todos los artículos del inventario.
3. Categoría C: en esta categoría se encuentran los artículos de valor más bajo que contribuyen alrededor del 5% del valor anual. Estos artículos representan alrededor del 50% de los artículos totales en el inventario.

Por otro lado, el análisis XYZ es una extensión del análisis ABC en el que se clasifican los artículos del inventario en base a su variación en la demanda. Su principal objetivo es organizar

los artículos según su consumo para desarrollar una estrategia de inventario optima (Mor et al., 2021). De igual forma, se clasifican los artículos en 3 categorías.

1. Categoría X: en esta categoría se encuentran los artículos con demanda predecible. La demanda de estos artículos varia ligeramente o tienen una demanda estable.
2. Categoría Y: en esta categoría se encuentran los artículos con una demanda en modo de fluctuaciones. Es difícil tener un pronóstico preciso de la demanda de estos artículos.
3. Categoría Z: en esta categoría se encuentran los artículos con una demanda altamente variable e impredecibles. La demanda de estos artículos puede presentar cambios significativos y esporádicos.

A continuación, se detalla los pasos para realizar el Análisis ABC-XYZ en base a su rotación y ventas. Es importante destacar que se mantener el método fifo.

1. Datos Inputs.

- a. Calcular la rotación de todos los artículos.

$$Rotación = \frac{Ventas\ de\ un\ Periodo\ Anual}{Inventario\ Prom.\ de\ un\ Periodo\ Anual}$$

$$Ventas\ de\ un\ Periodo\ Anual = \sum ventas\ de\ un\ periodo\ anual$$

$$Inventario\ Prom.\ de\ un\ Periodo\ Anual = \frac{Inv.\ Inicio\ Periodo + Inv.\ Fin\ Periodo}{2}$$

- b. Calcular promedio de ventas en un periodo anual de todos los artículos.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n x_i$$

- c. Calcular la desviación estándar de ventas en un periodo anual de todos los artículos.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

- d. Calcular el coeficiente de variación de ventas en un periodo anual de todos los artículos.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

2. Ordenar.

Ordenar los elementos de mayor a menor según su *Rotación*.

3. Calcular los porcentajes.

- a. Porcentaje de contribución.

$$\% \text{ Cont.} = \frac{\text{Rotación del artículo}}{\text{Suma de Rotación de todos los artículos}} \times 100$$

- b. Porcentaje acumulado.

$$\% \text{ Acum}_i = \begin{cases} \% \text{ Cont.}_i & ; i = 1 \\ \% \text{ Cont.}_i + \% \text{ Cont.}_{i-1} & ; i = 2 \end{cases}$$

4. Clasificar

- a. ABC.

Si $\% \text{ Acum}_i \leq 80\%$ entonces

artículo i pertenece a categoría A

Sino

Si $\% \text{ Acum}_i \leq 95\%$ entonces

artículo i pertenece a categoría B

Sino

artículo i pertenece a categoría C

b. XYZ.

Si $CV_i \leq 0,5$ entonces

artículo i pertenece a categoría X

Sino

Si $CV_i \leq 1$ entonces

artículo i pertenece a categoría Y

Sino

artículo i pertenece a categoría Z

5. Concatenar.

Juntar las categorías del análisis ABC y XYZ de todos los artículos respectivamente.

6. Categorizar por nivel de servicio.

Establecer el nivel de servicio de cada artículo según la siguiente matriz.

Tabla 8

Nivel de servicio según matriz ABC-XYZ

NIVEL DE SERVICIO SEGÚN MATRIZ ABC- XYZ			
	X	Y	Z
A	98%	97%	95%
B	90%	85%	85%
C	85%	80%	80%

2.3.2. Fishbone Layout

Dentro de las literaturas usadas como guía en el estudio, se menciona “Detailed design of fishbone warehouse layouts with vertical travel” (Cardona, Soto, Rivera & Martínez, 2015). El artículo proporciona un detallado diseño poco convencional en comparación al diseño que “se caracteriza por la disposición de naves paralelas, ortogonales a los muros” (Cardona, Soto, Rivera & Martínez, 2015), es decir el diseño tradicional.

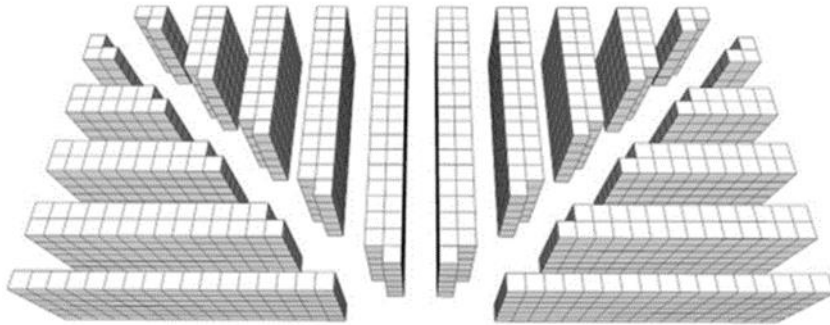
El diseño de espina de pescado, traducción de Fishbone, es un diseño poco convencional que se destaca por dos características. La primera es el uso de dos pasillos principales cruzados en diagonal y la segunda es que los pasillos situados en el área inferior son perpendiculares a los pasillos situados en el área superior. Se debe dar a conocer que el artículo posee supuestos que se optarían a la solución de este proyecto. Estos supuestos son: las estanterías o racks son del mismo tipo y tienen las mismas dimensiones, el sistema de manejo de materiales consta del uso único de montacargas y cuenta con política de almacenamiento aleatorio que se mejoraría con el análisis ABCXYZ a implementar. De esta manera, el artículo brinda un soporte esencial para el desarrollo del layout de la bodega.

Cabe mencionar que el diseño espina de pescando cuenta con un mejor rendimiento en comparación al convencional, debido a los dos pasillos principales que poseen y a las intersecciones que tiene con los pasillos perpendiculares, de esta forma se logra acercar las distancias de viaje que son euclidianas a diferencia del diseño recto que tienen los pasillos tradicionales. El artículo descubrió que la distancia recorrida esperada, es optimizada hasta en un 20% en comparación a los diseños tradicionales, siendo aplicadas en procesos de almacenamiento con carga unitaria. También se debe conocer que el diseño en particular tiene como objetivo maximizar su eficiencia operativa y para garantizar la meta se resaltan dos características

importantes, como los son las dimensiones del almacén y la pendiente de los pasillos cruzados de forma diagonal.

Ilustración 15

Diseño tridimensional de espina de pescado (Fishbone)



Nota: fuente de (Cardona, Soto, Rivera & Martínez, 2015; Dentro de las literaturas usadas como guía en el estudio, se menciona “Detailed design of fishbone warehouse layouts with vertical travel)

A continuación, se muestra los pasos a seguir para la realización del cálculo del modelo espina de pescado. Para empezar, se presenta la definición de variables a considerar

α : Longitud de la base del triángulo.

β : Longitud de la altura del triángulo.

a_p : Ancho del pasillo.

θ : Ángulo del pasillo diagonal.

n : Número de líneas.

n_i : Número de líneas de la zona i

w_{ij} : Número de posiciones en la línea j de la zona i.

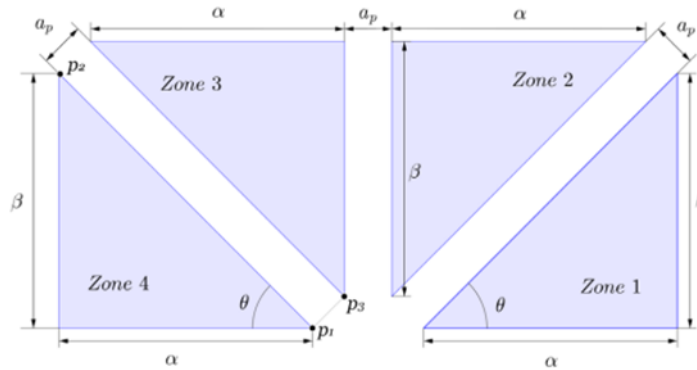
s : El número de aberturas de la primera línea.

I_2 : Incremento en el número de aberturas entre dos líneas impares consecutivas.

u : Longitud del segmento de recta que une el vértice superior del triángulo y la primera línea

Ilustración 16

Zonas del diseño de espina de pescado



Nota: fuente de (Cardona, Soto, Rivera & Martínez, 2015; Dentro de las literaturas usadas como guía en el estudio, se menciona “Detailed design of fishbone warehouse layouts with vertical travel)

Ahora, definimos un diseño tridimensional detallado de la distribución de un almacén Dw como un conjunto de aberturas que pertenecen al almacén W, donde se muestra una abertura con dimensiones ew (ancho de la abertura), el (largo de la abertura), y eh (alto de la abertura), definido por su ubicación (x; y; z).

1. Determinar la pendiente del pasillo diagonal:

$$m = \frac{2e_l + a_p}{I_2 e_w}$$

2. Determinar el ángulo:

$$\theta = \tan^{-1}(m)$$

3. Procedemos a determinar el incremento:

$$I_1 = \left\lfloor \frac{e_l}{m e_w} \right\rfloor$$

4. Calcular u como el máximo espacio entre el espacio mínimo que el montacargas necesita para recoger un artículo en las primeras aperturas de la primera línea ($a_p - a_p \cos(\theta)$) y este hace referencia al cateto de longitud de la primera línea ($s e_w m$).

$$u = \max(s e_w m, a_p - a_p \cos(\theta))$$

5. Determinar la longitud de la altura que tendrá en términos de u , n y e_l :

$$\beta = u + n e_l + \frac{a_p}{4} (2n + (-1)^n - 1)$$

6. Determinar la longitud de la base del triángulo:

$$\alpha = \frac{\beta}{m}$$

7. Determinar el ancho total del diseño:

$$A = 2\alpha + a_p + 2a_p \sin(\theta)$$

8. Determinar la longitud total del diseño:

$$B = \beta + a_p \cos(\theta)$$

2.3.3. Propuestas en base a los modelos expuestos

Una vez expuestos los modelos a usar, se propone tres posibles escenarios para la resolución del proyecto donde se mostrará superficialmente los componentes y las características que éstos tendrán, con la finalidad de cumplir los objetivos planteados y de presentar a la empresa tres diferentes alternativas ejecutables. Es importante mencionar que la decisión de la implementación del escenario recaerá sobre la empresa y esta será acorde a los beneficios económicos y operativos que tendrá. A continuación, se menciona los posibles escenarios:

- **Escenario 1: Expansión de forma vertical y adición de dos nuevos niveles de estanterías.**

Dentro del escenario 1 se plantea la expansión en vertical de la bodega actual y la adición de dos nuevos niveles por cada estantería, con el principal propósito de aumentar la capacidad de almacenamiento. Dentro del escenario propuesto interviene la construcción de un nuevo techo y la adquisición de nuevos montacargas de mayor alcance. Es de mencionar que dentro de este escenario se propone también la reducción del área de revisión con la finalidad de crear un nuevo espacio para uno o dos racks.

- **Escenario 2: Adquisición de una nueva bodega e implementación del diseño Fishbone**

Dentro del escenario 2 se plantea la adquisición de una nueva bodega cercana a la empresa donde se va a realizar el diseño en base al modelo Fishbone. Se debe mencionar que en el layout de la nueva bodega se implementará el diseño

poco convencional, espina de pescado. El layout de la bodega tendrá los supuestos establecidos de la bodega actual y será diseñada en base a las necesidades que presentan, como lo es el aumento de capacidad de almacenamiento, la bodega a adquirir deberá presentar las dimensiones del modelo establecido. Cabe mencionar que la adquisición y construcción de una nueva bodega es una inversión alta que se debe considerar para la toma de decisión.

Escenario 3: Aplicación del diseño Fishbone en la bodega actual

Dentro del escenario 3 se plantea la aplicación del diseño de espina de pescado a la bodega actual con la finalidad de utilizar los recursos existentes, además de que se mantendrán áreas conflictivas de movilizar, como la de embalaje y pesaje. Es importante mencionar que no se descarta la posibilidad de adquisición de nuevas estanterías ya que al rediseñar la bodega se logra aumentar su capacidad. Por último, se debe conocer que la reubicación de áreas como despacho y rutas serán obligatorias para este diseño ya que intervienen con el diseño Fishbone.

Como parte del análisis preliminar realizado para cada escenario propuesto, se presentan las siguientes tablas de comparación para una mejor visualización competitiva.

Tabla 9

Ventajas y Desventajas de los escenarios propuestos

	Ventajas	Desventajas
Escenario 1: Expansión de forma vertical y adición de dos nuevos niveles de estanterías	• Uso de los recursos actuales. • Se mantiene aéreas como pesaje y embalaje. • Mejora la circulación de aire por el incremento de altura. • Los productos del rack H se encuentran de la bodega con los demás productos. • Aumento de capacidad de almacenamiento. • La redistribución de los productos será más fácil por el aumento de espacios para almacenar.	• Se debe adquirir montacargas nuevos de mayor alcance. • Se debe analizar la compra de nuevas estanterías debido a que se desconoce si la actual estructura soporte el peso que ganará.
Escenario 2: Adquisición de una nueva bodega e implementación del diseño Fishbone	• Nuevo diseño de la bodega donde satisface las necesidades actuales que tienen. • Mayor aumento de capacidad de almacenamiento. • La implementación del diseño Fishbone es innovador. • Se reduce el tiempo de los operadores en proceso de tiempos de picking.	• La inversión es mayor debido a la adquisición de una nueva bodega. • Se debe agregar las áreas como pesaje y embalaje, lo que implica costos de construcción. • Los operadores deberán adaptarse al proceso y el diseño poco tradicional.

Escenario 3:	• Uso de los recursos actuales. • Aumento la capacidad de almacenamiento. • La implementación del diseño Fishbone es innovador. • Reasignación de los espacios muertos como el área de revisión. • Se reduce el tiempo de los operadores en proceso de tiempos de picking. • Mejora la circulación de aire por el incremento de altura.	• Se debe analizar la compra de nuevas estanterías debido a que se desconoce si la actual estructura soporte el peso que ganará. • Los operadores deberán adaptarse al proceso y el diseño poco tradicional. • Se debe adquirir montacargas nuevos de mayor alcance.
---------------------	--	--

Tabla 10

Comparación de escenarios

	Escenario 1: Expansión de forma vertical y adición de dos nuevos niveles de estanterías	Escenario 2: Adquisición de una nueva bodega e implementación del diseño Fishbone	Escenario 3: Aplicación del diseño Fishbone en la bodega actual
Inversión	Costo de adquisición aproximadamente: Mayor a \$95,000	Costo de adquisición aproximadamente: Mayor a \$1.000,000	Costo de adquisición aproximadamente: Mayor a \$65,000
Capacidad	Capacidad de almacenamiento: 870	Capacidad de almacenamiento: 890	Capacidad de almacenamiento: 625

Consideraciones	Se mantiene el diseño de la bodega actual	El costo de adquisición de bodega varia	Se implementa el diseño Fishbone a la bodega actual
	Se requiere:	Se requiere:	Se requiere:
	• Adquisición de racks por niveles • Alquilar una bodega paralela por la construcción • Adquirir montacargas de mayor altura	• Construcción de zonas como pesaje y embalaje • Adquisición de racks por bahías • Implementar el diseño Fishbone	• Adquisición de racks por bahías • Alquilar una bodega paralela por la construcción • Adquirir montacargas de mayor altura

En las tablas presentadas se compara los escenarios propuestos donde se destaca que el escenario 3, aplicación del diseño Fishbone en la bodega actual, presenta menos costos de inversión sin embargo estos costos se analizaron de forma superficial y se desconoce si estos presenten variaciones. Es de mencionar que el escenario 1 es el más acercado a la solución inicial que brindó la empresa ya que su visión estaba encaminada a una expansión en vertical de la bodega actual. Además de se debe considerar que tanto para el escenario 1 y 3, se plantea la expansión vertical lo que implica la construcción de un nuevo techo, el alquiler de una bodega en paralelo durante la obra y la adquisición de un nuevo montacargas de mayor altura. Para el escenario 2 y 3, se plantea la aplicación del diseño Fishbone, se presentaron las ventajas como un diseño innovador y enfocado en mejorar los tiempos de picking debido a la reducción de distancia recorrida.

2.4. *Uso de Software*

Como parte de herramientas informáticas usadas como apoyo en el proyecto, se mencionan dos softwares, las cuales son: Microsoft Excel y FlexSim. La utilización de estas herramientas se justifica por la amplia gama de funcionalidades que ofrecen en procesamiento y análisis de datos.

Dentro del proyecto se menciona el uso de Microsoft Excel, se destaca y justifica el uso del programa por la eficacia que posee para la gestión de grandes cantidades de data. Además de que es una herramienta cuenta con una interfaz muy familiarizada para los usuarios. Se debe recordar que la data proporcionada por la empresa fue entregada en este software, por lo que facilitó el uso de las funciones presentes en Microsoft para la realización de cálculos, análisis, gráficos y tablas de contenido. Sin embargo, se debe mencionar que una de las desventajas que presenta el software es la falta de capacidad para manejar datas inmensas ya que tiende a demorar en arrojar los resultados.

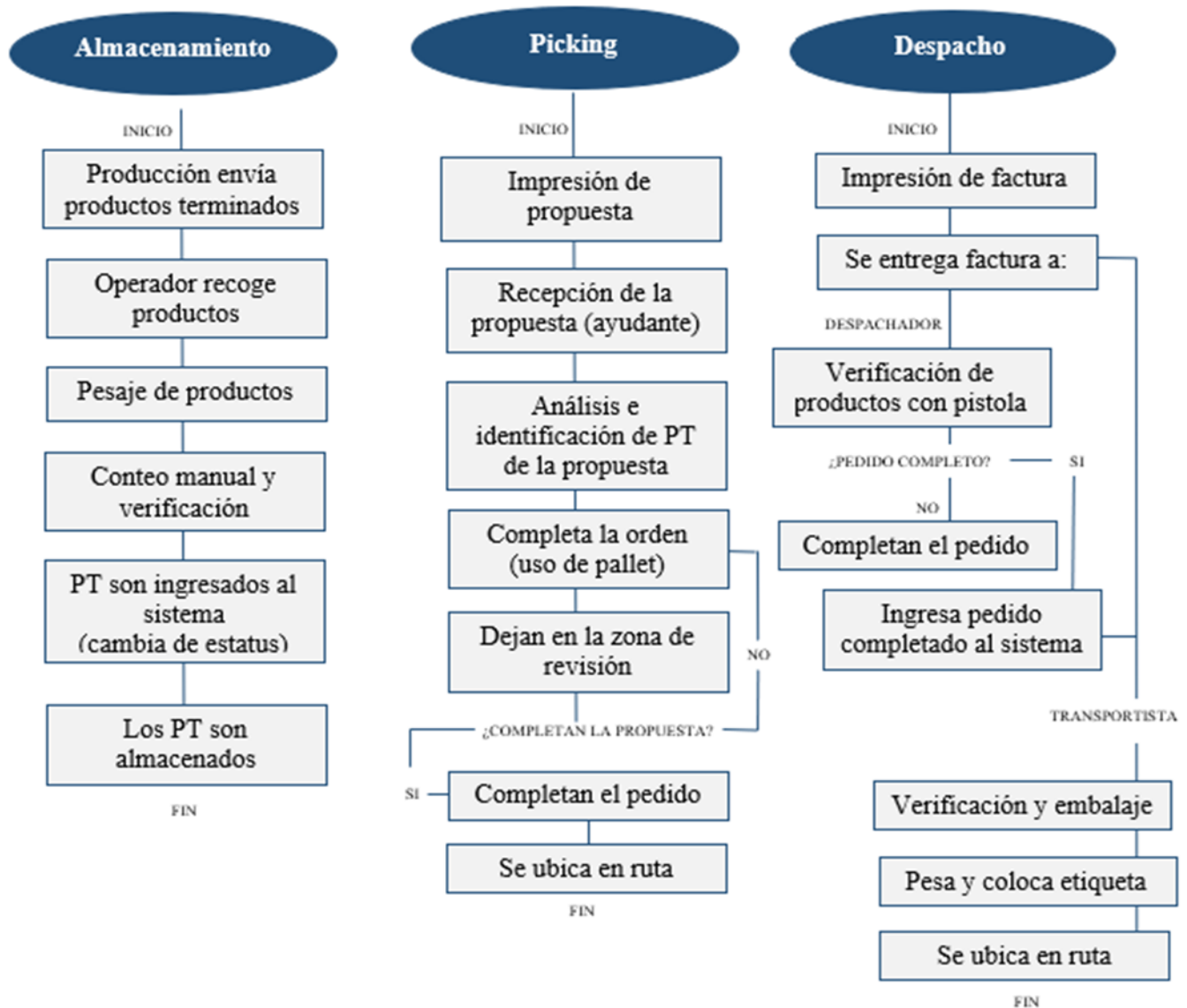
Otro software implementado fue el simulador FlexSim, éste ayuda a los usuarios a entender y mejorar el rendimiento de sus procesos operativos por medio de simulación y análisis de diferentes escenarios. Es importante conocer que el software de simulación permitió tener una visualización en 3D de la bodega, analizar el recorrido realizado y estimar el tiempo promedio de las actividades operativas. Se destaca del software, la herramienta de dashboard para la visualización de datos recopilados y solicitados específicamente. Sin embargo, se debe mencionar que el software posee limitaciones comerciales ya que tiene un límite de uso de herramientas gratuitas.

2.5. Diagrama de flujo de las simulaciones

A continuación, se presenta un diagrama de flujo de los procesos realizados dentro de la bodega, los cuales se han tomado como base para la simulación.

Ilustración 17

Diagrama de flujo



2.6. Consideraciones Legales Y Éticas

Dentro del proyecto se abordó consideración legales y éticas para garantizar la credibilidad y responsabilidad del estudio, éstas servirán como fundamentos para la ejecución de la propuesta de redistribución y mejora del sistema de almacenamiento presente. En primer lugar, se destaca la realización de un contrato de confiabilidad de parte de la empresa donde los autores del proyecto firmaron el documento con la finalidad de comprometerse a manejar toda la información brindada con discreción y sólo para uso del beneficio de la empresa y del proyecto.

Se debe tener en cuenta la normativa nacional presente en el reglamento de salud y seguridad de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo – decreto ejecutivo N° 2393 (Ministerio de Trabajo, 1998) en el Artículo 129 “Almacenamiento de Materiales”. Ésta especifica que los materiales deben ser almacenados de forma que no interfieran con la operación de maquinaria u otros equipos dejando el espacio adecuado para el paso libre en los pasillos, por lo que se restringe la reubicación de productos en aéreas donde se incumplan estas normativas.

De manera similar, se abordó el impacto económico que se tendrá en el desarrollo del diseño de la bodega. Esto implicó evaluar los costos asociados a la implementación de cada escenario propuesto, así como los beneficios económicos que llegaría a alcanzar la empresa con el nuevo diseño.

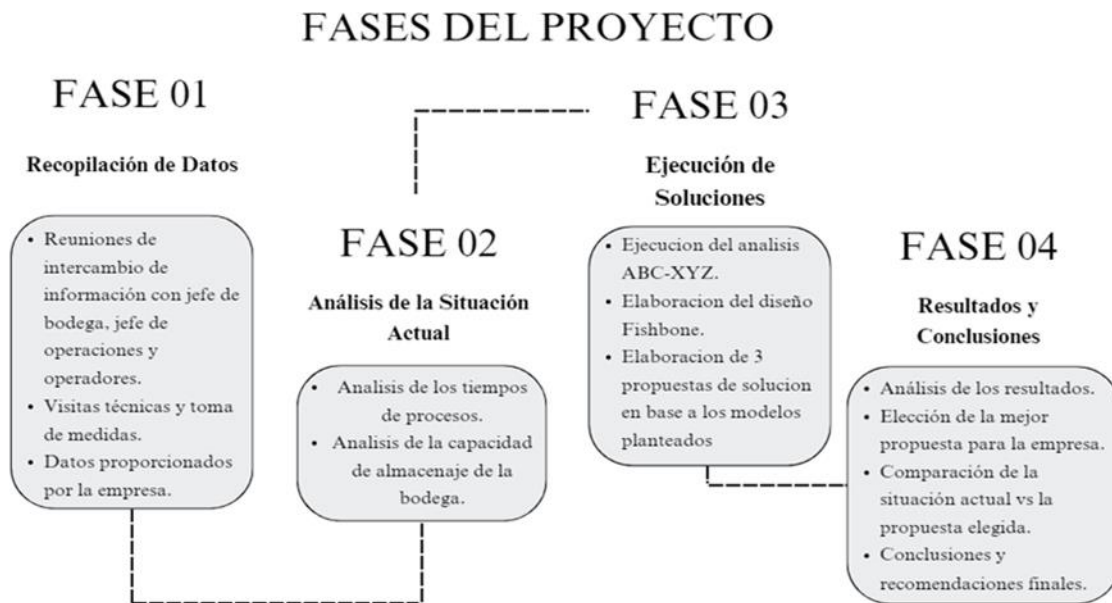
Por último, como compromiso ambiental se debe saber que la investigación se encamina hacia un diseño que cuente con un almacenaje donde se empleó prácticas sostenibles, mediante la modificación de algunas conductas en los procesos operativos y/o la implementación de estantería sustentable con el objetivo de proteger el medioambiente y reducir la contaminación

2.7. Fases Del Proyecto

Para alcanzar los objetivos planteados y la correcta ejecución del presente proyecto, fue necesaria una correcta organización en las fases que se deben de seguir.

Ilustración 188

Fases del proyecto



En la ilustración 18 se muestra las 4 fases a seguir del proyecto actual. La primera fase hace referencia a la recopilación de datos. Esta fase abarca todas las acciones realizadas para la obtención de los datos en bruto, también se menciona las reuniones con los colaboradores claves, las visitas técnicas para la toma de datos como: tiempos de los procesos operativos y medidas de la bodega y por último se menciona la data proporcionada por la empresa.

Como siguiente fase se encuentra el análisis de la situación actual. Dentro de esta fase se realizó el análisis de los datos en bruto obtenidos en la primera fase, por ejemplo, se analizó los tiempos tomados y la capacidad de almacenaje de la bodega para establecer un escenario de la situación real de la bodega presente.

Dentro de la tercera fase se encuentra la ejecución de soluciones. En esta fase se implementan los métodos a usar para la resolución del problema, es decir, la realización del análisis ABC-XYZ y el diseño de bodega Fishbone. Es importante mencionar que dentro de esta fase se presenta 3 posibles soluciones en base a los modelos planteados y mencionados previamente.

Por último, se presenta la fase final del proyecto donde se muestra los resultados y conclusiones. Dentro esta fase se menciona el análisis de las 3 soluciones planteadas para posteriormente presentar el análisis a la empresa. Como se mencionó previamente, la empresa será la encargada de la selección de la solución, ésta tendrá el escenario más favorable para la empresa. Es importante mencionar que la solución escogida ésta tendrá el escenario más favorable para la empresa, posteriormente se visualizará un análisis de los resultados y se comparará con la propuesta de la situación actual de la empresa con la finalidad de alcanzar los objetivos propuestos. Finalmente se presenta conclusiones y recomendaciones a los colaboradores, éstas se realizaron en base a las revelaciones obtenidas en todas las fases.

2.8. Cronograma De Trabajo

Ilustración 19

Cronograma de trabajo

	inicio	fin	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	2/10/2023	9/10/2023	16/10/2023	23/10/2023	30/10/2023	6/11/2023	13/11/2023	20/11/2023	27/11/2023	4/12/2023	11/12/2023	18/12/2023	25/12/2023	1/1/2024	8/1/2024			
Programar reunión inicial con el jefe de bodega																		Completado
Visita a bodega para inducción																		Completado
Visita para toma de datos generales																		Completado
Visita para toma de datos específicos																		Completado
Solicitar base de datos a la empresa																		Completado
Definición de objetivos																		Completado
Análisis y clasificación de data																		Completado
Elección de metodología																		Completado
Presentación de avance 1																		Completado
Diseño de la bodega a estudio en Flexsim																		Completado
Calculos de inventario																		Completado
Clasificación de ABCXYZ																		Completado
Planteamiento de posibles diseños																		Completado
Análisis de características para los diseños																		Completado
Presentación de avance 2																		Completado
Construcción de modelos en 3D																		Pendiente
Presentación de posibles diseños a la empresa																		Pendiente
Desarrollo de modelo																		Pendiente
Análisis de resultados																		Pendiente
Comparación entre la situación actual vs la propuesta																		Pendiente
Elabrración de conclusiones y recomendaciones																		Pendiente
Presentación del proyecto final																		Pendiente

Capítulo 3

3. Análisis y resultados

3.1. *Propuesta seleccionada*

Dentro de este capítulo se tomó el escenario 1 como propuesta definitiva, siendo esta la expansión en vertical y adición de dos nuevos niveles por cada estantería. Cabe mencionar que la decisión de la elección de propuesta recayó netamente en el cliente.

3.1.1. Justificación

La propuesta seleccionada mitigó los problemas reales que tienen la bodega, como lo son la falta de espacio y mejora en los tiempos operacionales. Con el nuevo diseño, se destaca el aumento de capacidad en un 48% creando nuevos espacios para el almacenamiento de producto. De esta manera se agregó un nuevo rack dentro de la bodega, denominado ahora como rack H. Por otra parte, la propuesta resultó más factible para el cliente por la disponibilidad de recursos existentes, por la rapidez de implementación y por la viabilidad económica que ésta presenta. En adicción se recalcó como un beneficio extra la mejora de circulación de aire, convirtiendo a la bodega en un lugar más fresco.

3.1.2. Layout de la bodega

Para empezar, se debe recordar que el layout se realizó en base a la misma de bodega de estudio, donde las dimensiones de éstas son 44.5 metros de ancho, 19.76 metros de largo y una altura de almacenamiento mínima de 8.50 metros. Sin embargo, si se considera el espacio que se

debe tener entre estantería y tejado, la altura aproximada que tendría es de 11 metros. Además de que toda el área de bodega cuenta con 11 estanterías (racks), etiquetados desde la “A” hasta la “K”. Presenta una capacidad para 852 espacios de almacenamiento donde 411 bahías son de almacenamiento doble. Se tiene 6 niveles por estanterías y se dividen en dos tipos, simples y agregadas, las dimensiones son de 2.75 metros de anchura, 1.40 metros de altura, 0.91 metros de profundidad y 1.18 metros de anchura, 1.40 metros de altura, 0.91 metros de profundidad respectivamente. Es importante mencionar que las dimensiones de los pasillos se conservaron, sin embargo, el pasillo que conecta el rack I con el rack H tiene una dimensión de 2.90 metros y el pasillo que conecta el rack H y rack J tiene una dimensión de 2.85 metros. (Ilustración 20)

El layout cuenta con 4 áreas designadas para procesos específicos como devoluciones, embalaje, revisión, y pesaje. Las dimensiones de las áreas de devoluciones, embalaje y pesaje se mantuvieron, mientras que el área de revisión se redujo a 9 metros de ancho y 6 metros de largo, en dicha área encontramos 5 rutas donde se coloca los productos para el despacho.

En la siguiente tabla se detalla las dimensiones establecidas para el layout de la bodega.

Tabla 11*Especificaciones de las dimensiones de la bodega*

Dimensiones (m)				Observaciones
Bodega	Altura	11.00		Al ser un techo dos aguas, posee una altura máxima y mínima de 11 y 8.50 (m) respectivamente.
	Ancho	44.50		
	Largo	19.76		
Estanterías (por bahía)		Simple	Agregado	Todas las estanterías cuentan con 6 niveles
	Altura	1.40	1.40	
	Ancho	2.75	1.18	
	Profundidad	0.91	0.91	
Pasillos	A-B	3.60		Se conservaron las dimensiones de los pasillos, sin embargo, se crearon 2 nuevos pasillos.
	C-D	2.90		
	E-F	2.85		
	G-PARED	3.00		
	I-H	2.90		
	H-J	2.85		
Áreas		Largo	Ancho	Se redujo el área de revisión y se mantuvieron las otras áreas.
	Devoluciones	2.80	9.00	
	Embalaje	1.20	1.20	
	Oficina	4.02	9.36	
	Pesaje	1.50	1.50	
	Revisión	6.00	9.20	

Ilustración 200

Diseño del Layout propuesto en FlexSim

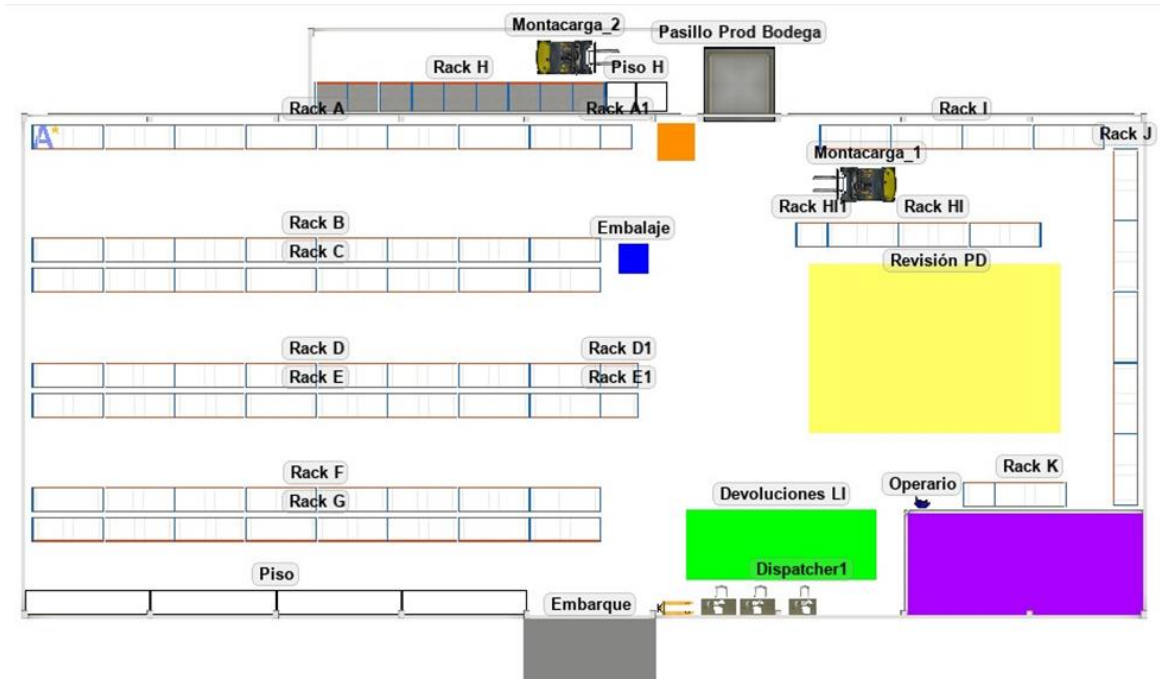
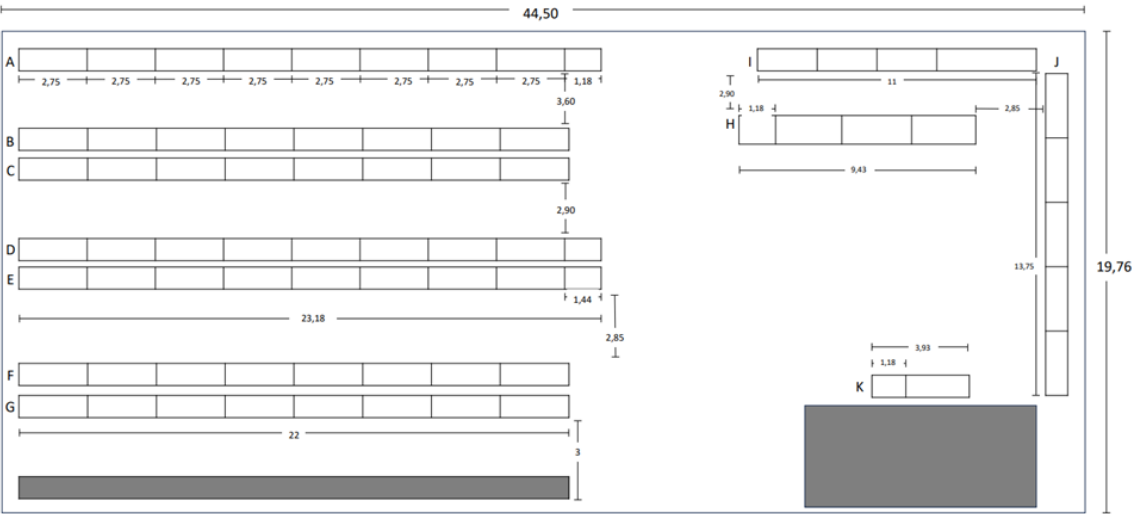


Ilustración 21

Diseño del Layout propuesto en 2D



3.2. Clasificación ABC - XYZ de los productos

Para del análisis ABC-XYZ se trabajó con los históricos de producción y ventas, en el intervalo de diciembre 2022 a diciembre 2023. Con éstos se obtuvieron los históricos de rotación e inventario.

De esta manera se clasificó los productos ABC, con el inventario e histórico de ventas, y XYZ, con el histórico de rotación. Por último, se debe de conocer que la clasificación se realizó por dos grupos diferentes de productos que maneja la empresa.

Dentro del Grupo 1 se tiene 284 productos almacenados. A continuación, se detalla la cantidad de productos almacenados y la representación porcentual que ocupa cada categoría.

Tabla 12

Número de pallets por categoría del Grupo 1

NÚMERO DE PALLETS POR CATEGORÍA					
A	104	X	67	AX	15
B	73	Y	151	AY	56
C	107	Z	66	AZ	33
TOTAL	284	TOTAL	284	BX	8
				BY	42
				BZ	23
				CX	44
				CY	53
				CZ	10
				TOTAL	284

Tabla 13

Representación porcentual por categoría del Grupo 1

REPRESENTACIÓN PORCENTUAL POR CATEGORÍA					
A	37%	X	24%	AX	5%
B	26%	Y	53%	AY	20%
C	38%	Z	23%	AZ	12%

BX	3%
BY	15%
BZ	8%
CX	15%
CY	19%
CZ	4%

Dentro del Grupo 2 se tiene 53 productos almacenados. A continuación, se detalla la cantidad de productos almacenados y la representación porcentual que ocupa cada categoría.

Tabla 14

Número de pallets por categoría del Grupo 2

NÚMERO DE PALLETS POR CATEGORÍA					
A	11	X	30	AX	4
B	9	Y	16	AY	5
C	33	Z	7	AZ	2
TOTAL	53	TOTAL	53	BX	2
				BY	5
				BZ	2
				CX	24
				CY	6
				CZ	3
				TOTAL	53

Tabla 15

Representación porcentual por categoría del Grupo 2

REPRESENTACIÓN PORCENTUAL POR CATEGORÍA					
A	21%	X	57%	AX	8%
B	17%	Y	30%	AY	9%
C	62%	Z	13%	AZ	4%
				BX	4%
				BY	9%
				BZ	4%
				CX	45%
				CY	11%

En la propuesta se realizó un sistema de clasificación de inventario ABC-XYZ para cada grupo, donde en el Grupo 1 se destinó para la categoría A 45 espacios de almacenamiento por nivel y 3 espacios de almacenamiento de piso, para la categoría B 32 espacios de almacenamiento por nivel y 4 espacios de almacenamiento de piso, y para la categoría C 48 espacios de almacenamiento por nivel y 5 espacios de almacenamiento de piso. Mientras que para el Grupo 2 se destinó para la categoría A 9 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría B 9 espacios de almacenamiento por nivel y para la categoría C 10 espacios de almacenamiento por nivel.

Ilustración 22

Visualización del layout con clasificación ABC



Posterior a la clasificación ABC se realizó la clasificación XYZ, donde en el Grupo 1 se destinó para la categoría AX 7 espacios de almacenamiento por nivel y 1 espacios de almacenamiento de piso, para la categoría AY 24 espacios de almacenamiento por nivel y 1 espacios de almacenamiento de piso, para la categoría AZ 14 espacios de almacenamiento por nivel y 1 espacios de almacenamiento de piso.

Mientras que para la categoría BX 6 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría BY 15 espacios de almacenamiento por nivel y 2 espacios de almacenamiento de piso, para la categoría BZ 11 espacios de almacenamiento por nivel y 2 espacios de almacenamiento de piso.

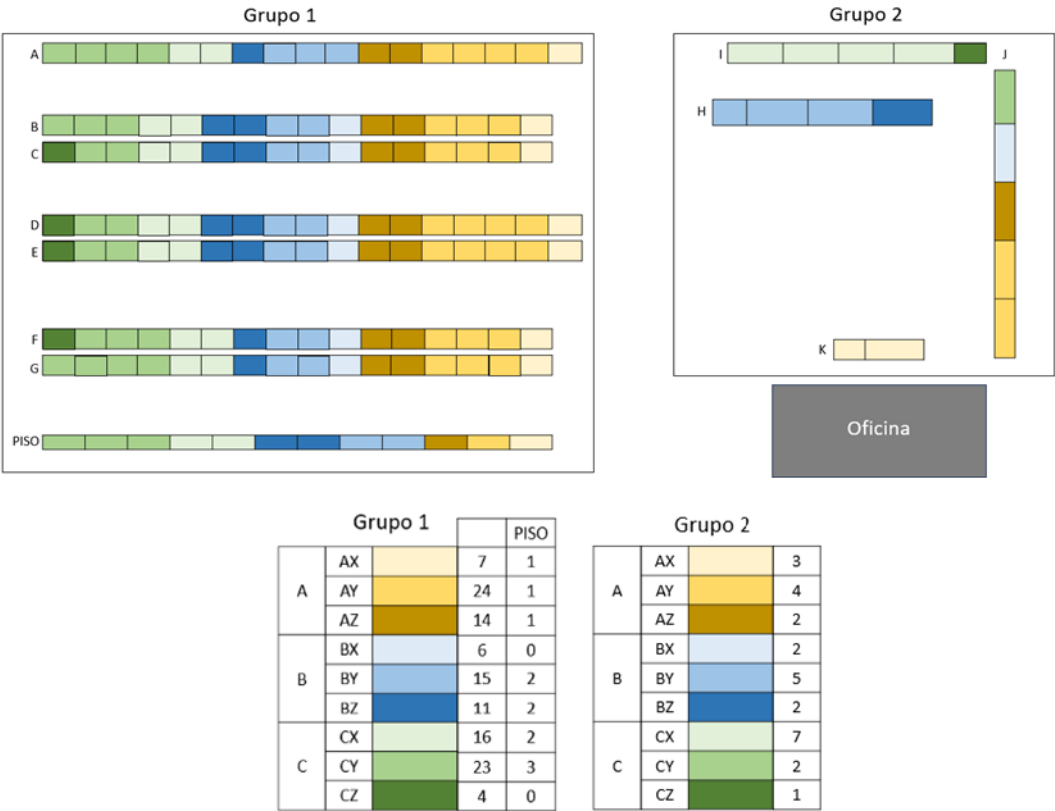
Por último, para la categoría CX 16 espacios de almacenamiento por nivel y 2 espacios de almacenamiento de piso, para la categoría CY 23 espacios de almacenamiento por nivel y 3 espacios de almacenamiento de piso, para la categoría CZ 4 espacios de almacenamiento por nivel.

Por otra parte, para el Grupo 2 se destinó para la categoría AX 3 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría AY 4 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría AZ 2 espacios de almacenamiento por nivel. Mientras que para la categoría BX 2 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría BY 5 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría BZ 2 espacios de almacenamiento por nivel.

Por último, para la categoría CX 7 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría CY 2 espacios de almacenamiento por nivel, para la categoría CZ 1 espacios de almacenamiento por nivel.

Ilustración 23

Visualización del layout con clasificación ABC-XYZ



En la siguiente tabla se detalla el total de espacio de almacenamiento que se obtuvo, se debe recordar que la propuesta presenta 6 niveles de estantería, dando un total de 870 espacios.

Tabla 16

Espacios de almacenamiento

Grupo 1				Grupo 2	
Categoría	Espacio de almacenamiento por nivel	Espacio de piso	Total (grupo 1)	Espacio de almacenamiento por nivel	Total (grupo 2)
A	45	3	273	9	54
B	32	4	196	9	54

C	38	5	233	10	60
Total de espacios de almacenamiento					870

3.3. Resultado de las simulaciones

Utilizando las herramientas internas del software de simulación FlexSim se analizó los datos generados mediante la simulación, tanto de la situación actual como de la propuesta. El software facilita la visualización de los datos a través de diversos paneles de control denominados “dashboard”, los cuales fueron esenciales para la elaboración de una comparativa entre los diferentes escenarios.

3.3.1. Ajuste de parámetros

A continuación, se detalla los parámetros usados en la simulación y el ajuste que se realizó para la obtención de los resultados.

Para empezar, se realizó el ajuste del parámetro de tiempo. La simulación se ejecutó en un periodo de 8 horas, desde las 08:00 hasta las 16:00. El intervalo usado representa un día de jornada laboral en la empresa de estudio. Este ajuste es el mismo para ambos escenarios, situación actual y la propuesta.

Posteriormente se realizaron varios ajustes de otros parámetros importantes para la simulación. En algunos de éstos, el parámetro tiene el mismo valor. La tabla 17 muestra los parámetros con su respectivo ajuste para ambos escenarios.

Tabla 17*Parámetros de simulación*

Parámetro	Ajuste de Simulación Actual	Ajuste de Propuesta
Velocidad de elevación de las horquillas de los montacargas	0.25 m/s	0.53 m/s
Tiempo de carga de los montacargas	33 s	33 s
Tiempo de descarga de los montacargas	26	26
Velocidad máxima de los montacargas	2.36 m/s	3.33
Aceleración y desaceleración de los montacargas	1 m/s/s	1 m/s/s
Velocidad máxima de los operarios	0.48 m/s/s	0.48 m/s/s
Aceleración y desaceleración de los operarios	1 m/s/s	1 m/s/s
Cantidad máxima ítems (pallets) que se puede transportar a la vez para montacargas y operario	1	1

En la tabla presentada se puede apreciar los diferentes parámetros a considerar para los procesos de picking y almacenamiento. Sin embargo, es de considerar que los únicos parámetros que presentaron cambios fueron los relacionados a los montacargas, debido a que en la nueva propuesta se adquieren nuevos. Estos parámetros solo afectaran considerablemente al proceso de almacenamiento. Por el contrario, los parámetros con respecto a los operarios son los mismos ya que se trabajó en base a los datos obtenidos de las visitas realizadas con respecto a la toma de tiempo.

3.3.2. Flujo del proceso (Process Flow)

Para la implementación del proceso del picking en software FlexSim, se usó la herramienta llamada Process Flow. Esta herramienta posee varias actividades que permitió la configuración del cambio de comportamiento en las actividades y objeto en cuestión, siendo este objeto el operario dentro de la bodega.

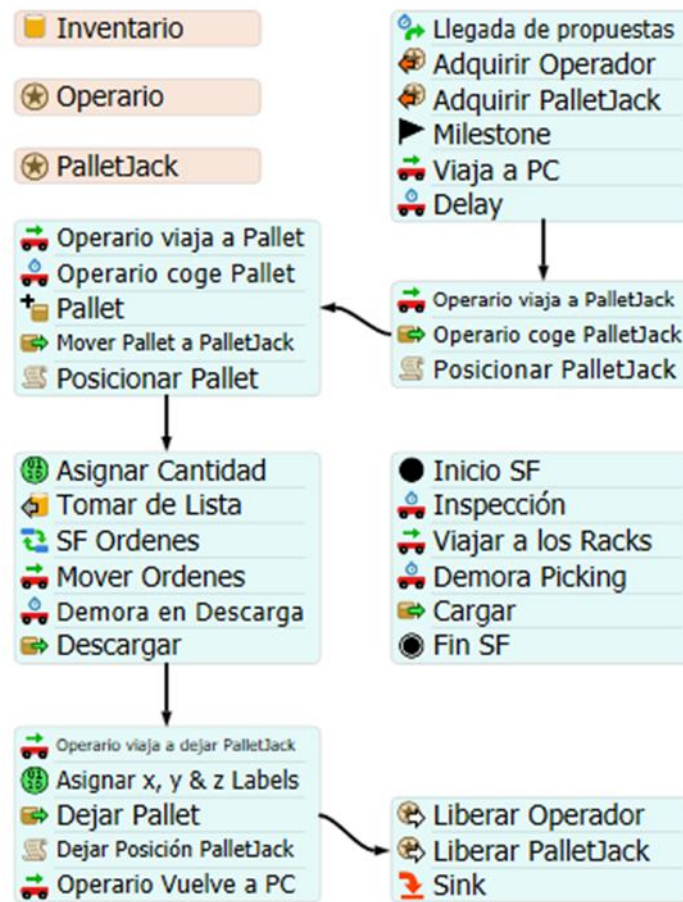
Para el escenario propuesto se plantearon supuestos reales, es decir que éstos se basaron en los mismos procedimientos que tienen la empresa en la actualidad. Lo que implica que, el Process Flow es el mismo para ambas situaciones.

Dentro de estos supuestos se tienen los siguientes:

1. El picking se lo realiza de forma manual y un producto a la vez.
2. El operario debe tener un pallet y pallet Jack para realizar el proceso.
3. Todos los productos seleccionados están a nivel del piso.
4. La capacidad de la bodega está al 99%.
5. Todos los productos de las ordenes/propuestas se encuentran en la bodega.

Ilustración 24

Process Flow



La ilustración 24 muestra el Process Flow realizado en el software de simulación FlexSim.

A continuación, se detalla el proceso.

1. La celda denominada 'Inventario' es una lista del inventario que se encuentra en los racks de la bodega. Esta lista ayudó a realizar las propuestas de picking generadas.
2. Las celdas denominadas 'Operario' y 'Pallet Jack' son recursos utilizados en el proceso. La cantidad de operarios y de palletjacks se ajustaron en base a los

parámetros estudiados. La empresa tiene 3 palletjacks y 5 operarios capacitados para realizar el proceso de picking, de los cuales 3 fueron asignados para este proceso.

3. El proceso inicia una vez corrida la simulación. La primera celda ‘Llegada de propuestas’ crea nuevos tokens de acuerdo con el intervalo de tiempo. En este caso, crea propuestas de picking cada 288 segundos.
4. Las celdas denominadas ‘Adquirir Operador’ y ‘Adquirir Pallet Jack’ habilita a los recursos en cuestión.
5. La celda ‘Milestone’ es una celda que realiza un hito y posteriormente almacena la información.
6. Una vez generada la propuesta, ésta la recibe un operador habilitado. La celda ‘Viaja a PC’ realiza el viaje del operador hasta su ordenador para analizar el pedido por medio de la celda ‘Delay’.
7. Las siguientes 3 celdas detallan los pasos en el que un operario viaja hacia un pallet Jack habilitado y lo selecciona.
8. Bajo el mismo razonamiento, las siguientes 5 celdas detallan los pasos en la cual el operario adquiere un pallet para realizar el picking. La adquisición de estos pallets se la realizan en la zona de Embarque.
9. La celda denominada ‘Asignar cantidad’ almacenan el dato de la cantidad. Para casos prácticos este número es 200.
10. La celda denominada ‘Tomar de Lista’ realiza la acción de proporcionar la propuesta de los productos con la cantidad asignada en la celda anterior, al operador.

11. La celda denominada ‘SF Ordenes’ es la creación de un subflujo asignado para el picking. Posterior a eso, empieza por la celda ‘Inicio SF’ y termina en la celda ‘Fin SF’. En este subflujo se realizaron las actividades de:

- a. Inspeccionar el pedido en segundos, el cual recibe una distribución estadística triangular con los parámetros de 35, 40 y 40 para los valores de mínimo, máximo y moda respectivamente.
- b. Viajar a la zona de pedidos.
- c. Demora del picking en segundos, el cual recibe una distribución estadística triangular con los parámetros de 660, 2100 y 960 para los valores de mínimo, máximo y moda respectivamente.
- d. Cargar los productos al pallet.

12. Las siguientes 3 celdas posterior al subflujo, son las celdas referentes a la movilización del pallet con los ítems y ubicación en la zona de revisión.

13. Las siguientes 5 celdas realizan la acción donde el operador deja el pallet Jack en una posición deseada. Para este caso se visualizó que el operario deja el pallet Jack en el punto más cercano al rack E1.

14. La celda denominada ‘Operario vuelve a PC’ realiza la acción de viaje del operador hacia su ordenador una vez dejado el pallet Jack.

15. Las 3 ultimas celdas deshabilita los recursos de ‘Operario’ y ‘Pallet Jack’ y termina el proceso.

Cabe mencionar que este proceso se realizó consecutivamente por el tiempo que dure la simulación.

3.3.3. Resultados Bodega Actual

En base a los parámetros y supuestos definidos para este escenario se obtuvieron los siguientes resultados:

La cantidad de pedidos realizados por un operario es de 16 pallets. Mientras que, para los 3 operarios de este proceso es de 52.

Ilustración 25

Cantidad de pedidos realizados por un operario

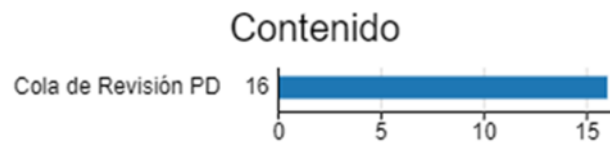
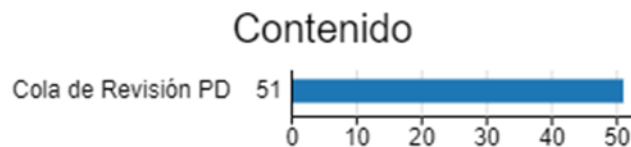


Ilustración 266

Cantidad de pedidos realizados por tres operarios



La distancia de viaje por hora para los dos montacargas en el proceso de almacenamiento es de 93.27 y 15.40 metros respectivamente. Mientras que para el operario en el proceso de picking es de 183.99 metros.

Ilustración 277

Distancia de viaje recorrida por hora en la bodega actual

Distancia de viaje por Hora

Objeto	Distancia
Montacarga_1	93.27
Montacarga_2	15.40
Operario	183.99

La distancia de viaje por hora para los 3 operarios que se encuentran en el proceso de picking es de 182.79, 152.32 y 178.09 metros para cada operario respectivamente.

Ilustración 28

Distancia de viaje 2 recorrida por hora en la bodega actual

Distancia de viaje por Hora_2

Objeto	Distancia
Operario	182.79
Operario_2	152.32
Operario_3	178.09

La distancia de viaje total para los dos montacargas en el proceso de almacenamiento es de 746.12 y 123.19 metros respectivamente. Mientras que para el operario en el proceso de picking es de 1471.88 metros.

Ilustración 29

Distancia total de viaje recorrida en la bodega actual

Distancia de Viaje Total

Objeto	Distancia
Montacarga_1	746.12
Montacarga_2	123.19
Operario	1471.88

Mientras que la distancia de viaje total para los 3 operarios es de 1462.31, 1218.54 y 1424.71 metros respectivamente.

Ilustración 30

Distancia total de viaje 2 recorrida en la bodega actual

Distancia de Viaje Total_2

Objeto	Distancia
Operario	1462.31
Operario_2	1218.54
Operario_3	1424.71

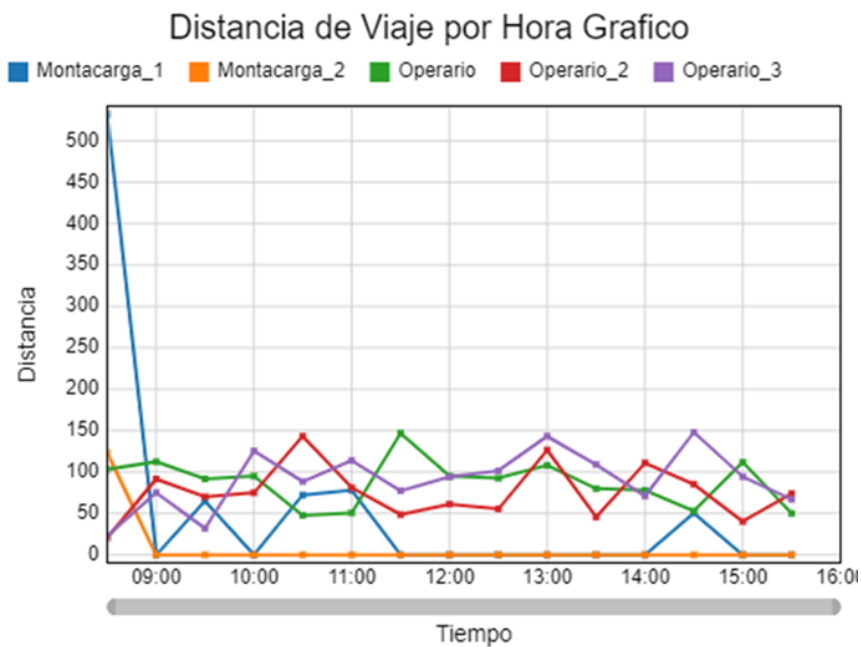
Ilustración 31

Gráfico de distancia de viaje por hora con un operador



Ilustración 32

Gráfico de distancia de viaje por hora con tres operadores



El siguiente gráfico de líneas y puntos muestra la distancia recorrida de los objetos en una jornada laboral de la empresa.

3.3.4. Resultados Propuesta

De igual manera, se definió los parámetros y los supuestos previamente establecidos. A continuación, se detalla los resultados obtenidos de la simulación.

La cantidad de pedidos realizados por un operario es de 16 pallets. Mientras que, para los 3 operarios involucrados en el proceso de picking es de 52.

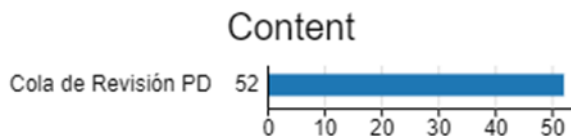
Ilustración 33

Cantidad de pedidos realizados por un operario



Ilustración 34

Cantidad de pedidos realizados por tres operarios



La distancia de viaje por hora para los dos montacargas en el proceso de almacenamiento es de 31.42 y 23.33 metros respectivamente. Mientras que para el operario en el proceso de picking es de 156.37 metros.

Ilustración 35

Distancia de viaje recorrida por hora en la bodega propuesta

Distancia de viaje por Hora

Objeto	Distancia
Montacarga_1	31.42
Montacarga_2	23.33
Operario	156.37

La distancia de viaje por hora para los 3 operarios que se encuentran en el proceso de picking es de 156.34, 170.72 y 180.39 metros para cada operario respectivamente.

Ilustración 36

Distancia de viaje 2 recorrida por hora en la bodega propuesta

Distancia de viaje por Hora_2

Objeto	Distancia
Operario	156.34
Operario_2	170.72
Operario_3	180.39

La distancia de viaje total para los dos montacargas en el proceso de almacenamiento es de 251.33 y 186.62 metros respectivamente. Mientras que para el operario en el proceso de picking es de 1250.96 metros.

Ilustración 37

Distancia total de viaje recorrida en la bodega propuesta

Distancia de Viaje Total

Objeto	Distancia
Montacarga_1	251.33
Montacarga_2	186.62
Operario	1250.96

Mientras que la distancia de viaje total para los 3 operarios es de 1250.71, 1365.75 y 1443.09 metros respectivamente.

Ilustración 38

Distancia total de viaje 2 recorrida en la bodega propuesta

Distancia de Viaje Total_2

Objeto	Distancia
Operario	1250.71
Operario_2	1365.75
Operario_3	1443.09

El siguiente gráfico de líneas y puntos muestra la distancia que recorren los objetos en una jornada laboral de la empresa.

Ilustración 39

Gráfico de distancia de viaje por hora con un operador



Ilustración 40

Gráfico de distancia de viaje por hora con tres operadores

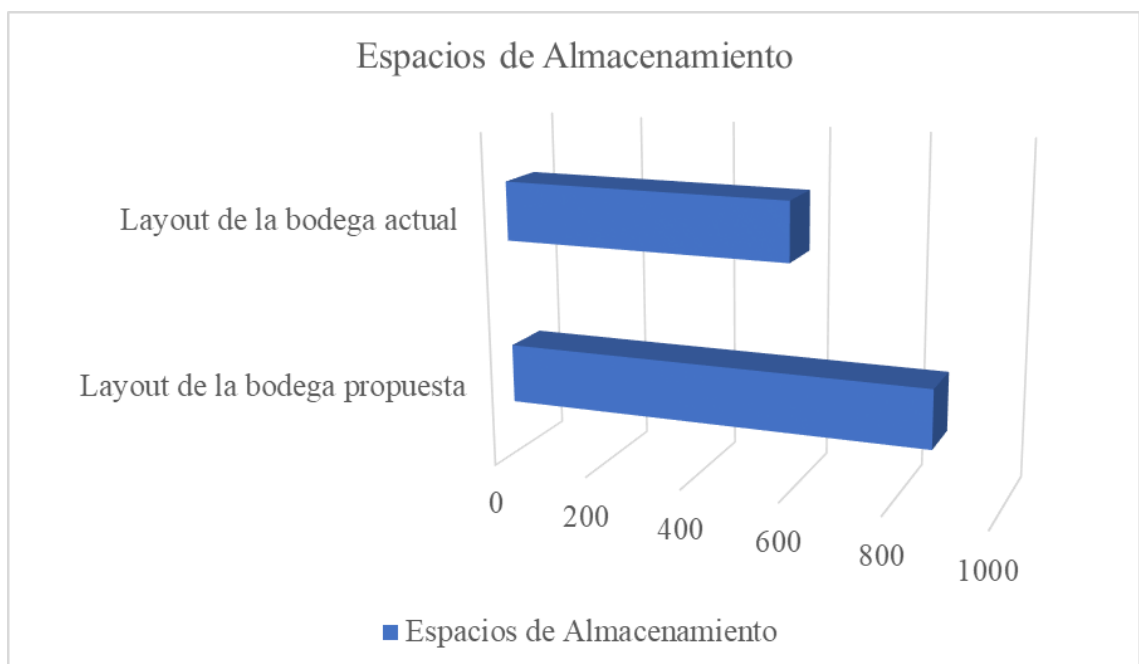


3.4. Comparación de resultados

El layout de la bodega actual cuenta con 11 estanterías de 4 niveles y 2 niveles únicamente los racks agregados, mientras que para el layout propuesto cuenta con 12 estanterías de 6 niveles. De igual manera, para la bodega actual se tiene una capacidad de almacenamiento de 589 espacios, mientras que para la propuesta se tiene una capacidad de almacenamiento de 870 espacios, existió un aumento de 281 nuevos espacios de almacenamiento.

Ilustración 41

Gráfico comparativo de los espacios de almacenamiento

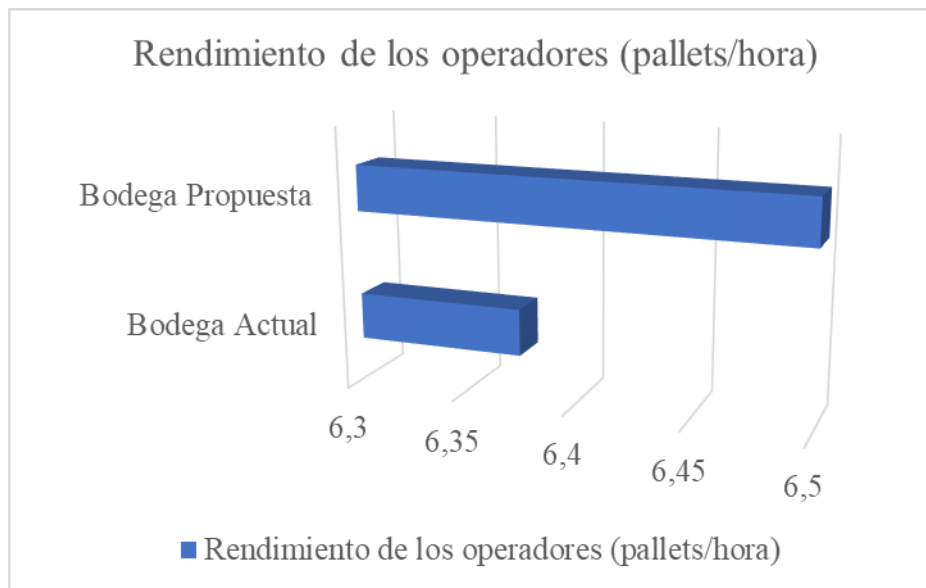


A continuación, se realizó una comparación de los resultados obtenidos de la simulación entre el layout de la bodega actual y la propuesta.

El rendimiento de los 3 operadores viene dado por la cantidad de pallets atendidos dentro de la jornada laboral de trabajo.

Ilustración 42

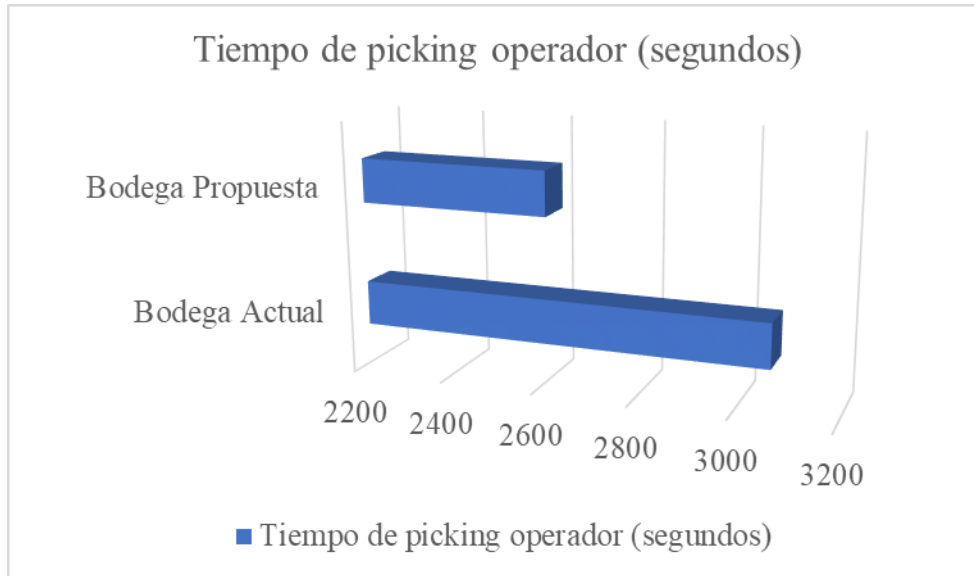
Gráfico comparativo del rendimiento de los operadores



Un sólo operador, con la misma velocidad y parámetros, realiza la misma cantidad de pallets dentro de la jornada laboral en ambos escenarios. Sin embargo, éste realizó menos recorrido. Por lo tanto, se realizó la comparación del tiempo de picking para un solo operador.

Ilustración 43

Gráfico comparativo del tiempo de picking por operador



Este tiempo fue calculado en base a la ecuación de cinemática $d = v * t$. Donde d es la distancia recorrida durante la simulación, v es la velocidad del operario y t el tiempo en cuestión. Este cálculo se hizo bajo los parámetros y los supuestos anteriormente mencionados.

Es de mencionar que para la comparación de tiempos picking, en aspectos generales con 3 operarios, se evidenció una disminución mínima de tiempos. Esto se justifica debido a que el aumento de capacidad de almacenamiento da oportunidad a generar más cantidades de pedidos por lo que los operadores recorrerán más distancia que la actual.

Por último, se presenta una tabla comparativa donde detalla aspectos generales más importantes desarrollados en el presente estudio. Es de mencionar que estos puntos van conectados a los objetivos generales y específicos del proyecto.

Tabla 18*Tabla comparativa de aspectos generales*

Comparativa General	Bodega Actual	Bodega Propuesta
Rendimiento de los operadores	6.375 pallets por hora	6.5 pallets por hora
Tiempo de Picking por pedidos de los operadores	3066.42 segundos por pedido	2606.17 segundos por pedido
Capacidad de almacenamiento	589 pallets	870 pallets
Capacidad en zona de revisión	63 pallets	45 pallets
Gestión de Inventario	Empíricamente	ABC-XYZ

3.5. Análisis financiero

Dentro del análisis financiero se evaluó la viabilidad económica de la propuesta. Para el análisis se consultó con profesionales especializados, donde se determinaron costos de asociados a la obra civil, adquisición de equipo y renta de una bodega en paralelo. Sin embargo, estos valores son aproximados y están respaldados por la cámara de construcción de Quito.

Tabla 19*Costos de la propuesta*

Costos de la propuesta	
Obra civil	
Estructura metálica	\$ 110,697.59
Cubierta acero estructural	\$ 14,018.72
Mano de obra	\$ 7,622.20
Instalaciones eléctricas	\$ 4,396.60
Desalojo de material con volqueta	\$ 4,142.50
Equipos	
Montacargas (2 unidades)	\$ 82,285.70
Otros	
Estanterías (288 bahía/nivel)	\$ 34,560.00
Alquiler de Bodega (3 meses)	\$ 6,000.00
Inversión Total	\$ 263,723.31

Para el siguiente análisis se tomó en cuenta el histórico de inventario proporcionado y calculado, el cual fue segregado en el último intervalo mensual (mes de diciembre 2023) con el fin de obtener el valor del inventario, en dólares, que presenta la empresa y así comparar el valor obtenido del actual y el propuesto.

Es de mencionar que, al contar con un valor de inventario mayor, implica una mayor disponibilidad de productos a ofrecer. Lo que implica que la empresa cuenta con una gama completa de productos y es capaz de satisfacer la demanda de los clientes, lo que trae como beneficio en ventas y una mejor posición competitiva.

Tabla 20

Valor de inventario

Valor de inventario		
Actual	\$	8,435,270.31
Propuesta	\$	12,459,567.36
Incremento	\$	4,024,297.04

Para el inventario actual se tiene un valor de \$ 8,435,270.31, esto representa a todos los ítems que se encuentran almacenados en la bodega actual. Sin embargo, al aplicar la propuesta, existió un aumento de capacidad por lo que el valor del inventario incrementó a un valor de \$12,459,567.36. Lo que implica un aumento de beneficios de 47.71%. Por otro lado, se debe conocer que al tener este incremento la empresa genera una mayor inversión y puede presentar problemas de obsolescencia.

Para el siguiente análisis se presenta una tabla con estimaciones de los costos involucrados en la ejecución del proyecto y los beneficios obtenidos dentro de un periodo de 5 años y con una tasa de descuento anual del 8%.

Tabla 21

Análisis de la inversión

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Beneficios		\$3.760.573,69	\$3.760.573,69	\$3.760.573,69	\$3.760.573,69	\$3.760.573,69
Propuesta	\$263.723,31	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
Ganancias	\$-263.723,31	\$3.757.073,69	\$3.757.073,69	\$3.757.073,69	\$3.757.073,69	\$3.757.073,69

Para el año 0 se señalan todos los costos involucrados en la inversión que se detallan posteriormente, mientras que para los siguientes años se toman costos aproximados de los pagos de servicios públicos. Sin embargo, es importante mencionar que dentro de estos costos no se involucran los salarios de los operadores. Para la sección de beneficios se considera la diferencia total del valor de inventario actual contra el diseño propuesto y el monto de la inversión aproximada. Es de mencionar que la tasa de descuento anual se calculo en base al promedio del mercado ecuatoriano en desarrollar un proyecto de mediano plazo de retorno.

Tabla 22

VNA de la propuesta

	VA	VAN
Propuesta	\$15.000.905,83	\$14.737.182,52

Para la evaluación la rentabilidad de la inversión se hace uso de la herramienta VNA, siendo éste el criterio de viabilidad del desarrollo del proyecto. A continuación, se presenta los parámetros:

$VAN < 0$ No se recomienda invertir, de lo contrario provocará pérdidas financieras.

$VAN = 0$ El proyecto no generará beneficios.

$VAN > 0$ Se recomienda invertir porque habrá beneficios.

Como se puede observar en la tabla 22, el valor del VNA es mayor a cero lo que significa la recuperación de la inversión inicial y la obtención de beneficios adicionales. Además de que indica que el proyecto tiene un buen potencial para un retorno positivo de la inversión.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

El presente trabajo proporciona a la empresa una comprensión clara del funcionamiento del nuevo layout de la bodega garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados.

Como resultado de la recolección de datos, se observó que el área de revisión cuenta con dimensiones desproporcionadas en relación con su ocupación. Por lo que su reducción crea la posibilidad de incorporar el rack H, dentro de la bodega, obteniendo un aumento de 42 espacios de almacenamientos nuevos.

A partir de la clasificación ABC-XYZ realizada, se destinó 284 productos al grupo 1 y 53 productos al grupo 2. El reordenamiento de los productivos ayudó a la localización rápida de ítems para los operadores, disminuyendo así la distancia total recorrida en promedio de un operario en el proceso de picking es de 1250.96 metros, siendo un 14,8% más rápida que la actual.

Con base a la simulación de la propuesta desarrollada se consiguió un aumento de capacidad de almacenamiento de 48%. También se observó que para los procesos de picking, la distancia recorrida promedio fue más corta, por lo que se asume que la duración del proceso se redujo en paralelo. Un operador tarda en promedio 43.44 minutos en realizar un picking y en comparación a la situación actual mejoró un 15,1%.

Con lo anterior mencionado y comparación a la propuesta actual, se concluye que la implementación de la propuesta es viable ya que agiliza el proceso de picking y aumenta la capacidad de almacenamiento en la zona de racks.

4.2. Recomendaciones

Dado la variabilidad de la demanda que presenta la empresa se sugiere realizar la clasificación ABC-XYZ de forma trimestral con el objetivo de garantizar los beneficios que se obtuvieron con la propuesta.

Dentro de la data proporcionada, se observó que muchos ítems presentan una cantidad de 0 por intervalos de tiempo, tanto en la venta como producción por lo que se recomienda realizar un análisis de inventario con estos productos estacionarios para así obtener cálculos más precisos del inventario y a su vez evitar el uso innecesario de espacio que presentan estos productos.

Se recomienda el uso de señalizaciones o carteles intercambiables por estantería, donde se detalla los ítems que se encuentran en la zona, con el fin de ser un apoyo visual para los operadores y sea de fácil localización.

En vista del aumento de productividad de los operadores en layout propuesto, se recomienda la reasignación de tareas por el tiempo de holgura creado.

Para asegurar una correcta visualización de la simulación se recomienda la instalación del software FlexSim versión 2024.

Bibliografía

- Cardona, L. F., Soto, D. F., Rivera, L., & Martínez, H. J. (2015). Detailed design of fishbone warehouse layouts with vertical travel. *International Journal of Production Economics*, 170, 825–837. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.03.006>
- Chen, W. A., De Koster, R., & Gong, Y. (2023). Warehouses without aisles: Layout design of a multi-deep rack climbing robotic system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103281>
- Esmero, A. T., Branzuela, Q. R. S., Paypa, J. T., Rojo, S. M. S., Sacay, E. S., Selerio, E. F., & Ocampo, L. A. (2021). Heuristic comparative assessment of non-conventional warehouse designs. *Engineering Management in Production and Services*, 13(1), 89–103. <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0007>
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Kharka, V., & Kharub, M. (2021). Spare Parts Inventory Management in the Warehouse: A Lean Approach. *International Journal of Industrial Engineering and Production Research*, 32(3). <https://doi.org/10.22068/ijiepr.1110>
- Ministerio de Trabajo. (3 de febrero del 1998). Reglamento de Salud y Seguridad de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Obtenido de <https://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- González Borges, A. (2020). Rediseño del proceso de adquisiciones y bodegas en AINEL Ltda.

Raymond. (2022). *Montacargas*. Obtenido de Raymond: <https://raymond.mx/lift-trucks/reach-fork-trucks/7530-high-capacity-reach-truck.php>

Anexos

Anexo A

Clasificación ABC-XYZ Grupo 1 (Cables)

Código Producto	Inv. Prom	Ventas Último Año	Rotación	Promedio Dia	Desv. Estándar	Coef. Variabilidad	% de Contribución	% Acumulado	ABC	XYZ	ABC-XYZ	Nivel de Servicio
17000301	200	27800,000	139,000	0,077	0,136	177%	4,561%	4,561%	A	Z	AZ	95%
34602801	250	25152,000	100,608	0,009	0,014	156%	3,301%	7,862%	A	Z	AZ	95%
29230104	500	48000,000	96,000	0,054	0,043	79%	3,150%	11,012%	A	Y	AY	97%
44400401	5890	507600,000	86,180	0,032	0,024	74%	2,828%	13,839%	A	Y	AY	97%
08000405	4050	309000,000	76,296	0,059	0,022	37%	2,503%	16,343%	A	X	AX	98%
44400701	9031,5	672047,000	74,411	1,705	4,052	238%	2,442%	18,784%	A	Z	AZ	95%
44400801	5474	353300,000	64,541	0,000	0,000	0%	2,118%	20,902%	A	X	AX	98%
44401301	4200	242300,000	57,690	0,068	0,057	84%	1,893%	22,795%	A	Y	AY	97%
44401401	5700	321000,000	56,316	0,048	0,030	62%	1,848%	24,643%	A	Y	AY	97%
29091600	3000	155750,000	51,917	0,024	0,025	103%	1,703%	26,346%	A	Z	AZ	95%
20101501	900	43100,000	47,889	0,000	0,000	0%	1,571%	27,917%	A	X	AX	98%
29231201	3500	160000,000	45,714	0,060	0,034	57%	1,500%	29,417%	A	Y	AY	97%
44402001	250	11400,000	45,600	0,076	0,088	116%	1,496%	30,914%	A	Z	AZ	95%
15040121	50	2100,000	42,000	0,044	0,058	133%	1,378%	32,292%	A	Z	AZ	95%
34002125	1500	57250,000	38,167	0,061	0,044	72%	1,252%	33,544%	A	Y	AY	97%
17000201	3660	131400,000	35,902	0,148	0,453	306%	1,178%	34,722%	A	Z	AZ	95%
08000503	10200	329500,000	32,304	0,097	0,062	64%	1,060%	35,782%	A	Y	AY	97%
20100101	1450	43000,000	29,655	0,194	0,329	169%	0,973%	36,755%	A	Z	AZ	95%
09000100	38800	1138700,000	29,348	0,022	0,025	114%	0,963%	37,718%	A	Z	AZ	95%
23200105	59750	1728200,000	28,924	0,039	0,015	39%	0,949%	38,667%	A	X	AX	98%
08000505	10700	306400,000	28,636	0,078	0,077	100%	0,940%	39,606%	A	Y	AY	97%
29231205	2750	73500,000	26,727	0,059	0,065	110%	0,877%	40,483%	A	Z	AZ	95%
17000401	140,5	3740,000	26,619	0,070	0,112	159%	0,873%	41,357%	A	Z	AZ	95%
08000504	16850	445900,000	26,463	0,073	0,060	83%	0,868%	42,225%	A	Y	AY	97%
29230103	4000	100000,000	25,000	0,018	0,012	69%	0,820%	43,045%	A	Y	AY	97%
29230101	5000	124000,000	24,800	0,059	0,113	193%	0,814%	43,859%	A	Z	AZ	95%
08000502	23600	585100,000	24,792	0,085	0,137	161%	0,813%	44,673%	A	Z	AZ	95%

23200202	147350	3648000,000	24,757	0,047	0,018	39%	0,812%	45,485%	A	X	AX	98%
07000804	2250	50900,000	22,622	0,769	1,829	238%	0,742%	46,227%	A	Z	AZ	95%
08000401	24700	539100,000	21,826	0,041	0,046	113%	0,716%	46,943%	A	Z	AZ	95%
44400101	12744	259900,000	20,394	0,001	0,000	38%	0,669%	47,612%	A	X	AX	98%
44401101	26680	543340,000	20,365	0,116	0,092	79%	0,668%	48,281%	A	Y	AY	97%
44400201	5650	113300,000	20,053	0,000	0,000	0%	0,658%	48,939%	A	X	AX	98%
23200103	134650	2690900,000	19,984	0,001	0,001	79%	0,656%	49,594%	A	Y	AY	97%
09000500	65850	1313000,000	19,939	0,044	0,029	65%	0,654%	50,248%	A	Y	AY	97%
23200203	115750	2206500,000	19,063	0,053	0,021	40%	0,625%	50,874%	A	X	AX	98%
08000402	23350	441400,000	18,904	0,111	0,196	176%	0,620%	51,494%	A	Z	AZ	95%
23200205	112900	2122400,000	18,799	0,130	0,152	117%	0,617%	52,111%	A	Z	AZ	95%
34001650	12600	235300,000	18,675	0,026	0,014	54%	0,613%	52,724%	A	Y	AY	97%
23200305	19650	362300,000	18,438	0,067	0,062	92%	0,605%	53,329%	A	Y	AY	97%
44400501	7642	134500,000	17,600	0,273	0,797	292%	0,577%	53,906%	A	Z	AZ	95%
23200102	123950	2123100,000	17,129	0,048	0,013	28%	0,562%	54,468%	A	X	AX	98%
23200204	154400,05	2561999,900	16,593	0,073	0,053	73%	0,544%	55,013%	A	Y	AY	97%
15000201	2550	41800,000	16,392	0,013	0,011	88%	0,538%	55,551%	A	Y	AY	97%
08000501	41900	686000,000	16,372	0,074	0,049	66%	0,537%	56,088%	A	Y	AY	97%
23200104	111950	1819100,000	16,249	0,042	0,019	45%	0,533%	56,621%	A	X	AX	98%
29231202	8750	142000,000	16,229	0,045	0,025	55%	0,532%	57,153%	A	Y	AY	97%
08000500	46550	747000,000	16,047	0,057	0,023	40%	0,527%	57,680%	A	X	AX	98%
44401001	39758	627900,000	15,793	0,100	0,173	173%	0,518%	58,198%	A	Z	AZ	95%
07000401	50900	788500,000	15,491	0,033	0,015	46%	0,508%	58,706%	A	X	AX	98%
17000200	4750	73100,000	15,389	0,572	1,305	228%	0,505%	59,211%	A	Z	AZ	95%
29231204	3750	56500,000	15,067	0,060	0,055	91%	0,494%	59,706%	A	Y	AY	97%
29230105	3500	52000,000	14,857	0,055	0,063	114%	0,487%	60,193%	A	Z	AZ	95%
15020135	1350	19700,000	14,593	0,023	0,013	56%	0,479%	60,672%	A	Y	AY	97%
29230102	6000	87000,000	14,500	0,021	0,015	73%	0,476%	61,148%	A	Y	AY	97%
08000400	38300	553400,000	14,449	0,113	0,180	159%	0,474%	61,622%	A	Z	AZ	95%
07000310	5900	84700,000	14,356	0,026	0,016	61%	0,471%	62,093%	A	Y	AY	97%
15000101	3700	52100,000	14,081	0,021	0,021	98%	0,462%	62,555%	A	Y	AY	97%
07000402	47550	662300,000	13,928	0,052	0,082	157%	0,457%	63,012%	A	Z	AZ	95%
09000400	130900	1819600,000	13,901	0,016	0,011	69%	0,456%	63,468%	A	Y	AY	97%
07000410	7750	106900,000	13,794	0,050	0,027	55%	0,453%	63,921%	A	Y	AY	97%
09000600	51300	689300,000	13,437	0,030	0,016	55%	0,441%	64,361%	A	Y	AY	97%
07000805	3250	43600,000	13,415	0,207	0,542	261%	0,440%	64,802%	A	Z	AZ	95%
08000601	13400	178300,000	13,306	0,044	0,034	78%	0,437%	65,238%	A	Y	AY	97%
07000800	7700	102100,000	13,260	0,004	0,003	69%	0,435%	65,673%	A	Y	AY	97%
23200304	39600	523800,000	13,227	0,051	0,033	65%	0,434%	66,107%	A	Y	AY	97%
07000304	25850	334500,000	12,940	0,032	0,017	54%	0,425%	66,532%	A	Y	AY	97%
23200201	325900	4192800,000	12,865	0,060	0,030	50%	0,422%	66,954%	A	X	AX	98%

15020235	825	10500,000	12,727	0,026	0,021	80%	0,418%	67,372%	A	Y	AY	97%
23200300	63750	801200,000	12,568	0,051	0,014	28%	0,412%	67,784%	A	X	AX	98%
23200200	346350	4343400,000	12,540	0,046	0,023	51%	0,411%	68,195%	A	Y	AY	97%
08000403	34700	428100,000	12,337	0,034	0,020	58%	0,405%	68,600%	A	Y	AY	97%
29231200	11500	140500,000	12,217	0,047	0,049	105%	0,401%	69,001%	A	Z	AZ	95%
08000404	32850	399500,000	12,161	0,060	0,033	56%	0,399%	69,400%	A	Y	AY	97%
29091500	25860	312750,000	12,094	0,027	0,021	78%	0,397%	69,797%	A	Y	AY	97%
29091400	29875	357250,000	11,958	0,024	0,015	61%	0,392%	70,189%	A	Y	AY	97%
15000302	900	10700,000	11,889	0,032	0,019	58%	0,390%	70,579%	A	Y	AY	97%
17000204	2800	32900,000	11,750	0,028	0,025	89%	0,386%	70,965%	A	Y	AY	97%
07000305	17600	205800,000	11,693	0,069	0,091	132%	0,384%	71,349%	A	Z	AZ	95%
44400901	5700	66100,000	11,596	0,051	0,047	93%	0,380%	71,729%	A	Y	AY	97%
23200101	206200	2378000,000	11,532	0,020	0,011	56%	0,378%	72,107%	A	Y	AY	97%
23200303	39400	445800,000	11,315	0,066	0,092	140%	0,371%	72,479%	A	Z	AZ	95%
08000602	11350	127200,000	11,207	0,066	0,052	78%	0,368%	72,846%	A	Y	AY	97%
29090100	10500	117000,000	11,143	0,020	0,015	78%	0,366%	73,212%	A	Y	AY	97%
08000600	14050	155300,000	11,053	0,049	0,028	58%	0,363%	73,575%	A	Y	AY	97%
15000202	2700	29100,000	10,778	0,006	0,004	62%	0,354%	73,928%	A	Y	AY	97%
17000101	29950	319000,000	10,651	0,016	0,013	82%	0,349%	74,278%	A	Y	AY	97%
34602701	500	5300,000	10,600	0,000	0,000	0%	0,348%	74,626%	A	X	AX	98%
07000403	48100	502100,000	10,439	0,024	0,016	67%	0,343%	74,968%	A	Y	AY	97%
15000301	1850	19200,000	10,378	0,036	0,022	62%	0,341%	75,309%	A	Y	AY	97%
07000801	11150	114200,000	10,242	0,008	0,007	87%	0,336%	75,645%	A	Y	AY	97%
17000202	4900	50100,000	10,224	0,062	0,068	110%	0,335%	75,980%	A	Z	AZ	95%
44400601	3335	33600,000	10,075	0,021	0,013	62%	0,331%	76,311%	A	Y	AY	97%
29081600	1000	10000,000	10,000	0,023	0,016	69%	0,328%	76,639%	A	Y	AY	97%
29231203	6880	68500,000	9,956	0,045	0,032	72%	0,327%	76,966%	A	Y	AY	97%
07000400	56550	558900,000	9,883	0,041	0,014	35%	0,324%	77,290%	A	X	AX	98%
29231302	7000	69000,000	9,857	0,041	0,036	88%	0,323%	77,613%	A	Y	AY	97%
15010135	600	5900,000	9,833	0,016	0,015	96%	0,323%	77,936%	A	Y	AY	97%
15000102	3200	31400,000	9,813	0,017	0,016	95%	0,322%	78,258%	A	Y	AY	97%
23200302	77600	757100,000	9,756	0,063	0,059	93%	0,320%	78,578%	A	Y	AY	97%
07000301	96450	940000,000	9,746	0,007	0,003	45%	0,320%	78,898%	A	X	AX	98%
17000102	14200	136800,000	9,634	0,017	0,015	89%	0,316%	79,214%	A	Y	AY	97%
07000404	49050	470000,000	9,582	0,035	0,025	72%	0,314%	79,528%	A	Y	AY	97%
20100201	1950	18500,000	9,487	0,055	0,015	28%	0,311%	79,840%	A	X	AX	98%
44401601	1050	9900,000	9,429	0,023	0,022	99%	0,309%	80,149%	B	Y	BY	85%
23200100	269350	2504800,000	9,299	0,000	0,000	0%	0,305%	80,454%	B	X	BX	90%
09000700	15790	145420,000	9,210	0,034	0,022	64%	0,302%	80,756%	B	Y	BY	85%
29230100	12000	109000,000	9,083	0,089	0,166	187%	0,298%	81,054%	B	Z	BZ	85%
34001625	10625	94500,000	8,894	0,025	0,016	65%	0,292%	81,346%	B	Y	BY	85%

09000200	76150	658700,000	8,650	0,029	0,017	58%	0,284%	81,630%	B	Y	BY	85%
29171100	3625	31250,000	8,621	0,043	0,026	61%	0,283%	81,913%	B	Y	BY	85%
44400301	3950	33900,000	8,582	0,070	0,067	96%	0,282%	82,194%	B	Y	BY	85%
07000302	56900	479700,000	8,431	0,043	0,036	82%	0,277%	82,471%	B	Y	BY	85%
29100100	5500	46000,000	8,364	0,168	0,266	158%	0,274%	82,745%	B	Z	BZ	85%
07000802	11050	91300,000	8,262	0,000	0,000	55%	0,271%	83,016%	B	Y	BY	85%
15030235	550	4500,000	8,182	0,031	0,053	169%	0,268%	83,285%	B	Z	BZ	85%
07000405	51250	418900,000	8,174	0,053	0,048	90%	0,268%	83,553%	B	Y	BY	85%
08000603	7200	58700,000	8,153	0,038	0,025	67%	0,268%	83,821%	B	Y	BY	85%
09000300	177470,65	1446358,700	8,150	0,034	0,022	66%	0,267%	84,088%	B	Y	BY	85%
07000803	6250	50400,000	8,064	0,000	0,000	64%	0,265%	84,353%	B	Y	BY	85%
44401501	1850	14800,000	8,000	0,000	0,000	0%	0,262%	84,615%	B	X	BX	90%
29231300	9376	70500,000	7,519	0,049	0,048	97%	0,247%	84,862%	B	Y	BY	85%
17000100	24000	179900,000	7,496	0,010	0,014	133%	0,246%	85,108%	B	Z	BZ	85%
34002101	7300	54000,000	7,397	0,129	0,208	161%	0,243%	85,350%	B	Z	BZ	85%
29091300	38375	280750,000	7,316	0,022	0,015	69%	0,240%	85,591%	B	Y	BY	85%
29171103	2375	17250,000	7,263	0,031	0,027	87%	0,238%	85,829%	B	Y	BY	85%
17000103	10700	77500,000	7,243	0,019	0,014	72%	0,238%	86,066%	B	Y	BY	85%
07000409	16350	118100,000	7,223	0,076	0,120	157%	0,237%	86,303%	B	Z	BZ	85%
08000604	11150	80300,000	7,202	0,078	0,139	177%	0,236%	86,540%	B	Z	BZ	85%
34011400	1253,25	9006,000	7,186	0,080	0,106	133%	0,236%	86,776%	B	Z	BZ	85%
07000309	11800	83600,000	7,085	0,033	0,014	43%	0,232%	87,008%	B	X	BX	90%
17000104	12700	89700,000	7,063	0,094	0,208	221%	0,232%	87,240%	B	Z	BZ	85%
39500100	157,5	1085,000	6,889	0,018	0,020	114%	0,226%	87,466%	B	Z	BZ	85%
15010121	475	3250,000	6,842	0,015	0,009	56%	0,224%	87,690%	B	Y	BY	85%
15000501	1000	6800,000	6,800	0,039	0,026	67%	0,223%	87,913%	B	Y	BY	85%
44401801	550	3600,000	6,545	0,184	0,170	93%	0,215%	88,128%	B	Y	BY	85%
07000303	47750	307300,000	6,436	0,577	0,160	28%	0,211%	88,339%	B	X	BX	90%
29081601	1750	11000,000	6,286	0,013	0,010	82%	0,206%	88,546%	B	Y	BY	85%
29080502	1500	9000,000	6,000	0,007	0,003	52%	0,197%	88,742%	B	Y	BY	85%
34601700	500	3000,000	6,000	0,000	0,000	0%	0,197%	88,939%	B	X	BX	90%
29231303	6250	37000,000	5,920	0,038	0,029	76%	0,194%	89,134%	B	Y	BY	85%
34001601	20642	122100,000	5,915	0,037	0,031	83%	0,194%	89,328%	B	Y	BY	85%
15040135	277	1600,000	5,776	0,057	0,098	171%	0,190%	89,517%	B	Z	BZ	85%
15020121	1237,5	7050,000	5,697	0,025	0,017	68%	0,187%	89,704%	B	Y	BY	85%
15010235	725	4100,000	5,655	0,020	0,015	74%	0,186%	89,890%	B	Y	BY	85%
17000105	13150	74300,000	5,650	0,057	0,056	98%	0,185%	90,075%	B	Y	BY	85%
23200301	179250	1009000,000	5,629	0,045	0,020	44%	0,185%	90,260%	B	X	BX	90%
15030121	1237,5	6825,000	5,515	0,025	0,013	52%	0,181%	90,441%	B	Y	BY	85%
17000203	4300	23700,000	5,512	0,401	1,119	279%	0,181%	90,622%	B	Z	BZ	85%
15030221	1062,5	5725,000	5,388	0,018	0,012	71%	0,177%	90,798%	B	Y	BY	85%

07000300	64550	344900,000	5,343	0,016	0,004	28%	0,175%	90,974%	B	X	BX	90%
15010221	337,5	1800,000	5,333	0,016	0,011	68%	0,175%	91,149%	B	Y	BY	85%
07000702	5200	27200,000	5,231	0,008	0,009	114%	0,172%	91,320%	B	Z	BZ	85%
29231304	8250	43000,000	5,212	0,029	0,021	71%	0,171%	91,491%	B	Y	BY	85%
08000605	11750	61000,000	5,191	0,036	0,029	79%	0,170%	91,662%	B	Y	BY	85%
07000601	9700	50100,000	5,165	0,017	0,018	103%	0,169%	91,831%	B	Z	BZ	85%
29171105	2875	14250,000	4,957	0,093	0,197	212%	0,163%	91,994%	B	Z	BZ	85%
29091200	21500	105000,000	4,884	0,024	0,016	67%	0,160%	92,154%	B	Y	BY	85%
29171101	6625	32250,000	4,868	0,057	0,068	120%	0,160%	92,314%	B	Z	BZ	85%
29171104	3500	17000,000	4,857	0,022	0,017	79%	0,159%	92,473%	B	Y	BY	85%
39500200	194,5	911,000	4,684	0,000	0,000	0%	0,154%	92,627%	B	X	BX	90%
29080401	3000	14000,000	4,667	0,054	0,034	62%	0,153%	92,780%	B	Y	BY	85%
29231305	5750	26500,000	4,609	0,026	0,011	42%	0,151%	92,931%	B	X	BX	90%
15030135	1575	7200,000	4,571	0,036	0,016	45%	0,150%	93,081%	B	X	BX	90%
35601801	142312,5	649952,000	4,567	1,935	0,537	28%	0,150%	93,231%	B	X	BX	90%
29231301	18402	84000,000	4,565	0,332	0,805	243%	0,150%	93,381%	B	Z	BZ	85%
05001601	575	2600,000	4,522	0,000	0,000	0%	0,148%	93,529%	B	X	BX	90%
29080403	2500	11000,000	4,400	0,056	0,044	79%	0,144%	93,673%	B	Y	BY	85%
29171102	5625	24750,000	4,400	0,020	0,017	86%	0,144%	93,818%	B	Y	BY	85%
29080501	3000	13000,000	4,333	0,025	0,015	60%	0,142%	93,960%	B	Y	BY	85%
29091700	8300	35600,000	4,289	0,025	0,011	46%	0,141%	94,101%	B	X	BX	90%
07000501	23150	98800,000	4,268	0,434	1,403	323%	0,140%	94,241%	B	Z	BZ	85%
44401201	13800	55000,000	3,986	0,044	0,059	132%	0,131%	94,372%	B	Z	BZ	85%
15040235	425	1650,000	3,882	0,021	0,014	64%	0,127%	94,499%	B	Y	BY	85%
17000205	6150	23800,000	3,870	0,065	0,084	130%	0,127%	94,626%	B	Z	BZ	85%
34602101	1798	6938,000	3,859	0,038	0,011	28%	0,127%	94,752%	B	X	BX	90%
39230220	1105	4250,000	3,846	0,000	0,000	0%	0,126%	94,879%	B	X	BX	90%
29080500	4500	17000,000	3,778	0,014	0,011	75%	0,124%	95,003%	C	Y	CY	80%
07000503	16650	61700,000	3,706	0,032	0,020	63%	0,122%	95,124%	C	Y	CY	80%
29081602	2750	10000,000	3,636	0,028	0,019	67%	0,119%	95,244%	C	Y	CY	80%
29081605	2000	7000,000	3,500	0,033	0,018	56%	0,115%	95,358%	C	Y	CY	80%
15000502	900	3100,000	3,444	0,030	0,039	130%	0,113%	95,471%	C	Z	CZ	80%
15020221	1612,5	5525,000	3,426	0,022	0,018	82%	0,112%	95,584%	C	Y	CY	80%
29081604	3000	10000,000	3,333	0,030	0,018	60%	0,109%	95,693%	C	Y	CY	80%
34601601	1500	5000,000	3,333	0,175	0,214	122%	0,109%	95,803%	C	Z	CZ	80%
44401901	300	1000,000	3,333	0,032	0,034	106%	0,109%	95,912%	C	Z	CZ	80%
07000602	12650	41500,000	3,281	0,013	0,011	86%	0,108%	96,020%	C	Y	CY	80%
07000600	11900	38600,000	3,244	0,016	0,008	51%	0,106%	96,126%	C	Y	CY	80%
10000100	157500	510800,000	3,243	0,045	0,034	76%	0,106%	96,232%	C	Y	CY	80%
44402101	250	800,000	3,200	0,091	0,063	69%	0,105%	96,337%	C	Y	CY	80%
29080504	4500	14000,000	3,111	0,030	0,016	54%	0,102%	96,439%	C	Y	CY	80%

15000401	1850	5700,000	3,081	0,033	0,017	51%	0,101%	96,541%	C	Y	CY	80%
10001319	39000	119700,000	3,069	0,033	0,020	61%	0,101%	96,641%	C	Y	CY	80%
14000310	7700	23600,000	3,065	0,000	0,000	0%	0,101%	96,742%	C	X	CX	85%
07000504	16600	50500,000	3,042	0,021	0,034	165%	0,100%	96,842%	C	Z	CZ	80%
45000201	46650	141600,000	3,035	0,009	0,005	51%	0,100%	96,941%	C	Y	CY	80%
34602201	5100	15400,000	3,020	0,026	0,007	28%	0,099%	97,040%	C	X	CX	85%
07000502	23600	70100,000	2,970	0,027	0,012	45%	0,097%	97,138%	C	X	CX	85%
07000603	7450	22000,000	2,953	0,012	0,012	94%	0,097%	97,235%	C	Y	CY	80%
15040221	531,5	1525,000	2,869	0,027	0,014	52%	0,094%	97,329%	C	Y	CY	80%
07000500	24650	69900,000	2,836	0,080	0,158	197%	0,093%	97,422%	C	Z	CZ	80%
29080400	2500	7000,000	2,800	0,066	0,044	67%	0,092%	97,514%	C	Y	CY	80%
07000505	16400	45900,000	2,799	0,013	0,008	60%	0,092%	97,606%	C	Y	CY	80%
44402301	867,5	2400,000	2,767	0,060	0,072	120%	0,091%	97,696%	C	Z	CZ	80%
15050235	550	1500,000	2,727	0,023	0,018	77%	0,089%	97,786%	C	Y	CY	80%
29081603	2750	7500,000	2,727	0,014	0,011	79%	0,089%	97,875%	C	Y	CY	80%
15050135	625	1650,000	2,640	0,027	0,023	87%	0,087%	97,962%	C	Y	CY	80%
29080402	3500	9000,000	2,571	0,068	0,045	66%	0,084%	98,046%	C	Y	CY	80%
07000604	7800	20000,000	2,564	0,019	0,013	65%	0,084%	98,130%	C	Y	CY	80%
07000701	15250	39000,000	2,557	0,005	0,002	43%	0,084%	98,214%	C	X	CX	85%
22005100	2	5,000	2,500	0,023	0,013	56%	0,082%	98,296%	C	Y	CY	80%
13000101	43600	106400,000	2,440	0,024	0,028	118%	0,080%	98,376%	C	Z	CZ	80%
07000605	5700	13700,000	2,404	0,012	0,006	50%	0,079%	98,455%	C	Y	CY	80%
34602225	2000	4500,000	2,250	0,033	0,013	38%	0,074%	98,529%	C	X	CX	85%
15000402	1400	3000,000	2,143	0,027	0,011	41%	0,070%	98,599%	C	X	CX	85%
29080503	7000	15000,000	2,143	0,003	0,002	54%	0,070%	98,670%	C	Y	CY	80%
07000509	7900	16400,000	2,076	0,027	0,049	177%	0,068%	98,738%	C	Z	CZ	80%
14000410	10450	21600,000	2,067	0,042	0,028	66%	0,068%	98,806%	C	Y	CY	80%
39230320	804	1624,000	2,020	0,127	0,096	75%	0,066%	98,872%	C	Y	CY	80%
34601701	650	1300,000	2,000	0,000	0,000	0%	0,066%	98,938%	C	X	CX	85%
34602301	2000	4000,000	2,000	0,025	0,015	59%	0,066%	99,003%	C	Y	CY	80%
39230120	1398	2748,000	1,966	0,000	0,000	0%	0,064%	99,068%	C	X	CX	85%
39230121	1548	2824,000	1,824	0,000	0,000	0%	0,060%	99,128%	C	X	CX	85%
39230221	2223	3906,000	1,757	0,000	0,000	0%	0,058%	99,185%	C	X	CX	85%
07000705	5250	9100,000	1,733	0,022	0,014	63%	0,057%	99,242%	C	Y	CY	80%
15050221	750	1275,000	1,700	0,017	0,014	83%	0,056%	99,298%	C	Y	CY	80%
07000609	3300	5400,000	1,636	0,020	0,012	62%	0,054%	99,352%	C	Y	CY	80%
39070421	705	1086,000	1,540	0,001	0,000	48%	0,051%	99,402%	C	X	CX	85%
14000510	3450	5300,000	1,536	0,000	0,000	0%	0,050%	99,453%	C	X	CX	85%
29080505	8500	13000,000	1,529	0,025	0,016	63%	0,050%	99,503%	C	Y	CY	80%
39230321	799	1222,000	1,529	0,016	0,009	57%	0,050%	99,553%	C	Y	CY	80%
07000510	5500	8200,000	1,491	0,020	0,021	109%	0,049%	99,602%	C	Z	CZ	80%

07000703	9500	13600,000	1,432	0,004	0,003	82%	0,047%	99,649%	C	Y	CY	80%
29080404	9500	13000,000	1,368	0,024	0,013	53%	0,045%	99,694%	C	Y	CY	80%
07000700	11400	15200,000	1,333	0,019	0,018	97%	0,044%	99,737%	C	Y	CY	80%
39070420	1722	2156,000	1,252	0,000	0,000	47%	0,041%	99,779%	C	X	CX	85%
15050121	1212,5	1475,000	1,216	0,171	0,134	78%	0,040%	99,818%	C	Y	CY	80%
07000704	8550	10300,000	1,205	0,005	0,003	69%	0,040%	99,858%	C	Y	CY	80%
05001801	760	800,000	1,053	0,000	0,000	0%	0,035%	99,892%	C	X	CX	85%
07000610	5400	4600,000	0,852	0,014	0,012	85%	0,028%	99,920%	C	Y	CY	80%
35001950	3250	2500,000	0,769	0,000	0,000	0%	0,025%	99,946%	C	X	CX	85%
05001701	3200	1600,000	0,500	0,000	0,000	0%	0,016%	99,962%	C	X	CX	85%
22005200	334,5	103,000	0,308	0,023	0,014	61%	0,010%	99,972%	C	Y	CY	80%
29080405	18500	5000,000	0,270	0,025	0,016	64%	0,009%	99,981%	C	Y	CY	80%
39015621	87,5	15,000	0,171	0,000	0,000	0%	0,006%	99,987%	C	X	CX	85%
39015521	2190	300,000	0,137	0,014	0,020	144%	0,004%	99,991%	C	Z	CZ	80%
39015520	550	40,000	0,073	0,035	0,028	81%	0,002%	99,994%	C	Y	CY	80%
39440224	78	4,000	0,051	0,009	0,004	49%	0,002%	99,995%	C	X	CX	85%
39090520	570	24,000	0,042	0,000	0,000	0%	0,001%	99,997%	C	X	CX	85%
07000709	37450	1500,000	0,040	0,021	0,017	81%	0,001%	99,998%	C	Y	CY	80%
07000710	20750	700,000	0,034	0,005	0,004	80%	0,001%	99,999%	C	Y	CY	80%
39015421	1104	32,000	0,029	0,051	0,116	226%	0,001%	100,000%	C	Z	CZ	80%
00000200	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
02000800	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
02002200	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
05000501	262	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
05001901	0	300,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
10000201	156600	0,000	0,000	0,039	0,030	76%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
10001501	8000	0,000	0,000	0,033	0,025	76%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
17000901	248	0,000	0,000	0,152	0,249	164%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
20100100	0	2080,000	0,000	0,128	0,342	267%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
20100301	0	4600,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
34001901	0	0,000	0,000	0,045	0,050	111%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
34002201	200	0,000	0,000	0,123	0,191	155%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
34002225	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
34602200	0	3500,000	0,000	0,029	0,012	41%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
35001901	10850	0,000	0,000	0,018	0,013	74%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
35002100	200	0,000	0,000	0,088	0,025	28%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39015420	456	0,000	0,000	0,000	0,000	50%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
39070520	20	0,000	0,000	0,001	0,001	97%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
39070521	170	0,000	0,000	0,002	0,001	44%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39070720	30	0,000	0,000	0,030	0,020	67%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
39080420	18	0,000	0,000	0,032	0,021	66%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%

39081220	6	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39090323	24	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39090523	30	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39090620	256	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39090623	60	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39090720	76	0,000	0,000	0,000	0,000	48%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
39440220	12	0,000	0,000	0,313	0,286	91%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
39440624	6	0,000	0,000	0,062	0,051	83%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
44400500	0	272,000	0,000	0,183	0,325	177%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
44401200	0	272,000	0,000	0,145	0,175	121%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
44401701	0	115200,000	0,000	0,315	0,380	121%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%

Anexo B

Clasificación ABC-XYZ Grupo 2 (Extensiones)

Código Producto	Inv. Prom	Ventas Último Año	Rotación	Promedio Día	Desv. Estándar	Coef. Variabilidad	% de Contribución	% Acumulado	ABC	XYZ	ABC-XYZ	Nivel de Servicio
36001800	100	11000,000	110,000	0,048	0,018	38%	45,307%	45,307%	A	X	AX	98%
36112000	0,5	6,000	12,000	0,000	0,000	0%	4,943%	50,249%	A	X	AX	98%
36014500	3574	33455,000	9,361	0,030	0,030	98%	3,855%	54,105%	A	Y	AY	97%
36011800	117	1094,000	9,350	0,000	0,000	0%	3,851%	57,956%	A	X	AX	98%
36014600	1763,5	16075,000	9,115	0,020	0,009	46%	3,754%	61,710%	A	X	AX	98%
36005900	5127	45506,000	8,876	0,000	0,000	0%	3,656%	65,366%	A	X	AX	98%
36005800	5033	41088,000	8,164	0,027	0,032	121%	3,362%	68,728%	A	Z	AZ	95%
36006300	2278,5	14028,000	6,157	0,808	0,591	73%	2,536%	71,264%	A	Y	AY	97%
36014400	8162,5	49761,000	6,096	0,000	0,000	0%	2,511%	73,775%	A	X	AX	98%
36011900	331,5	1921,000	5,795	0,003	0,002	84%	2,387%	76,162%	A	Y	AY	97%
36161000	1172	6396,000	5,457	0,009	0,010	112%	2,248%	78,410%	A	Z	AZ	95%
36160703	761	4128,000	5,424	0,000	0,000	0%	2,234%	80,644%	B	X	BX	90%
36006400	1474	7792,000	5,286	0,000	0,000	0%	2,177%	82,821%	B	X	BX	90%
36020414	1785	8430,000	4,723	0,000	0,000	0%	1,945%	84,766%	B	X	BX	90%
36012000	719,5	3317,000	4,610	0,000	0,000	0%	1,899%	86,665%	B	X	BX	90%
36160500	1695,5	7162,000	4,224	0,007	0,007	96%	1,740%	88,405%	B	Y	BY	85%
36020514	3575	13940,000	3,899	0,000	0,000	0%	1,606%	90,011%	B	X	BX	90%
36015100	2209,5	8077,000	3,656	0,027	0,018	66%	1,506%	91,517%	B	Y	BY	85%
36015400	2864,5	8921,000	3,114	0,007	0,005	65%	1,283%	92,799%	B	Y	BY	85%
36112100	1360	4234,000	3,113	0,000	0,000	0%	1,282%	94,082%	B	X	BX	90%
36014700	1169	2788,000	2,385	0,019	0,016	84%	0,982%	95,064%	C	Y	CY	80%
36015000	3550,5	7883,000	2,220	0,015	0,009	58%	0,914%	95,978%	C	Y	CY	80%
36160300	3771,5	7943,000	2,106	0,231	0,064	28%	0,867%	96,846%	C	X	CX	85%
36161500	479	868,000	1,812	0,014	0,008	58%	0,746%	97,592%	C	Y	CY	80%
36020314	14866,5	24401,000	1,641	0,007	0,002	28%	0,676%	98,268%	C	X	CX	85%
36014900	4903,5	7823,000	1,595	0,028	0,028	100%	0,657%	98,925%	C	Z	CZ	80%
36020214	13744	12736,000	0,927	0,007	0,002	28%	0,382%	99,307%	C	X	CX	85%
36011000	443	368,000	0,831	0,000	0,000	0%	0,342%	99,649%	C	X	CX	85%
36017400	1698	600,000	0,353	0,005	0,001	28%	0,146%	99,795%	C	X	CX	85%
36017500	1698	600,000	0,353	0,009	0,007	70%	0,146%	99,940%	C	Y	CY	80%

36015300	7,5	1,000	0,133	0,008	0,012	161%	0,055%	99,995%	C	Z	CZ	80%
36160503	1870	22,000	0,012	0,000	0,000	0%	0,005%	100,000%	C	X	CX	85%
36001700	0	2850,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36004500	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36009663	0	0,000	0,000	0,024	0,012	50%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36009800	50	0,000	0,000	0,028	0,010	35%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36010400	25	0,000	0,000	0,031	0,035	111%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
36010463	0	0,000	0,000	0,016	0,009	54%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
36010900	0	7,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36011500	46	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36011700	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36015500	100	0,000	0,000	0,011	0,010	90%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
36016900	14	0,000	0,000	0,023	0,029	122%	0,000%	100,000%	C	Z	CZ	80%
36018900	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36019800	50	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36021700	0	0,000	0,000	0,014	0,014	99%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
36022563	0	500,000	0,000	0,007	0,007	98%	0,000%	100,000%	C	Y	CY	80%
36022700	0	0,000	0,000	0,029	0,012	39%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36023700	0	0,000	0,000	0,035	0,015	41%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36023900	0	1500,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36111500	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36113900	25	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%
36123000	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0%	0,000%	100,000%	C	X	CX	85%