



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

"Diseño de Bodega de Materia Prima e insumos para una empresa  
importadora en Guayaquil"

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

Luis Andrés Baste Suárez-Avilés

Andrés Paúl Ulloa Valencia

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme fuerza, sabiduría, salud y perseverancia durante toda mi carrera.

Le doy gracias a mis padres y a Jenny Guillén por todo el apoyo que me brindaron durante este proceso y en toda mi carrera.

Un agradecimiento especial a la M.Sc. Sofía López que nos permitió realizar este proyecto con su guía y nos brindó su apoyo en todo momento para que sea un trabajo excelente.

A Paúl Ulloa, mi compañero en este gran proyecto; persona inteligente, responsable, que siempre brindó su punto de vista para conseguir este logro alcanzado.

También agradecerle al Arq. Enrique Gómez y al Lcdo. Mauricio Salazar por sus contribuciones en este proyecto.

Luis Andrés Baste Suárez-Avilés

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica del Litoral por brindarme una educación de primer nivel, con profesores de calidad; en especial a la M.Sc. Sofía López por su brillante ayuda, orientación y apoyo en este proyecto, así como a Ingrid Adanaqué, Cristian Arias, María Elena Murrieta y Denisse Rodríguez.

A Luis Baste, mi compañero en este gran proyecto; persona amable, responsable, inteligente y con una gran personalidad, lo que permitió que podamos hacer un excelente grupo y formar una gran amistad.

Finalmente, a mi familia y compañeros que demostraron de diferentes formas su apoyo, tanto emocional como intelectual hacia este gran proyecto y a lo largo de mi vida universitaria.

Andrés Paúl Ulloa Valencia

## DEDICATORIAS

A mi madre Minda, mujer noble, honesta, luchadora incansable, a quien amo y admiro; y, me ha enseñado que hacer el bien a los demás es cuestión de amor.

A mi padrino Ecuador, hombre recto, ejemplo de superación que ha sido más que un padre, a quien agradezco el hombre que soy y su esposa Alba, quien es la definición misma del amor, mi segunda madre.

A mi madrina Miriam y su hija Vanessa, a pesar de todo siempre serán un ejemplo para mí.

Andrés Paúl Ulloa Valencia

## DEDICATORIAS

Le dedico este trabajo a mis padres, Luis Baste y Flor María Suárez-Avilés, quienes son mi gran admiración y siempre se han sentido orgullosos de mí.

A mi hijo, Carlos Emilio Baste Barberán, a quien amo con toda mi vida y deseo se sienta orgulloso de mí.

A mi novia Jenny Estefanía Guillén Chica, quien a pesar de todo ha sido paciente y un apoyo incondicional para mí en todo este tiempo juntos.

También al grupo de amigos de: "Trollcenter" y "Amigos de la Van".

Luis Andrés Baste Suárez-Avilés

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y 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".



---

Luis Andrés Baste Suárez-Avilés  
AUTOR 1



---

Andrés Paúl Ulloa Valencia  
AUTOR 2



---

M.Sc. Sofía Anabel López Iglesias  
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA

## RESUMEN

La multinacional con 13 años de experiencia en el suministro de productos para el sector químico, alimenticio y minero se enfrenta a problemas de almacenamiento debido a la falta de capacidad de su bodega en Guayaquil. Se plantea diseñar la bodega de materias primas, que establezca una eficiente distribución de almacenamiento; que cumpla con las restricciones de compatibilidad del producto; seguridad, almacenamiento y manipulación de materiales peligrosos.

Se realiza un análisis de utilización del espacio para tres opciones, de esta forma se valida cual tiene el mayor porcentaje de utilización para después desarrollar varias alternativas de diseño de layout en Autocad, en donde se aplica la metodología de clasificación ABC, junto con los principios de rotación y volumen de demanda anual. Se detallan diversas consideraciones que le permitirán a la nueva bodega tener una mejor performance; así como propuestas de inversión, las mismas que se incluyen dentro del análisis financiero.

Mediante un modelo de programación lineal en Gams y varios modelos de simulación en ProModel se tiene como resultado que la mejor alternativa de diseño de la bodega le permitirá reducir 4 veces el tiempo de picking del producto; y, se reduce 7 veces el tiempo promedio de despacho anual (2358.08 horas), considerando el crecimiento de la demanda, en comparación con la bodega anterior.

En conclusión, se logra cumplir con las limitaciones de la empresa, tales como: compatibilidad de productos, configuración de muelle de camiones, almacenamiento, transporte y manipulación de materiales peligrosos; así como reducir el tiempo de despacho y la distancia recorrida por el personal. Finalmente se realizó el prototipo de la bodega con la mejor alternativa propuesta en Autocad.

Palabras Clave: diseño de bodega, almacenamiento, bodega, despacho, tiempo de recogida.

## **ABSTRACT**

*The multinational company with 13 years of experience in the supply of products for chemical, food and mining sector is facing storage problems due to the lack of capacity of its warehouse in Guayaquil. It is proposed to design the warehouse of raw materials, which establish an efficient distribution of storage; that accomplishes with product compatibility; security, storage and handling of hazardous materials restrictions. A space utilization analysis is performed for three options, in this way it is validated which one has the highest percentage of use to later develop several layout design alternatives in Autocad, where the ABC classification methodology is applied, along with the principles of turnover and annual demand volume. There are considerations detailed that will allow the new warehouse to have a better performance; as well as investment proposals, which are included in the financial analysis. By means of a linear programming model in Gams and several models of simulation in ProModel has as result that the best alternative of design of the warehouse will allow the company to reduce 4 times the picking time of the product; and the average annual dispatch time is reduced by 7 times (2358.08 hours), considering the new demand, compared to the previous warehouse.*

*In conclusion, it is possible to accomplish with the limitations of the company, such as: product compatibility, dock truck configuration, storage, transport and handling of hazardous materials; as well as reduce the dispatch time and the space traveled in dispatch operation. Finally, the develop of a prototype of the warehouse was realized with the best alternative proposed in Autocad.*

*Keywords: Design of warehouse, storage, dispatch, picking time.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE PLANOS .....	XI
CAPÍTULO 1 .....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	2
1.1.1    Equipo de Trabajo .....	3
1.1.2    Alcance .....	4
1.2    Restricciones .....	5
1.2.1    Definición de Variables de Diseño.....	6
1.3    Objetivos.....	7
1.3.1    Objetivo General .....	7
1.3.2    Objetivos Específicos .....	7
1.4    Marco teórico .....	7
CAPÍTULO 2.....	10
2.    Metodología .....	10
2.1    Funciones de la bodega.....	10
2.2    Características de productos .....	12
2.3    Riesgo de zonas .....	15

2.4	Utilización del espacio .....	15
2.4.1	Análisis de utilización del espacio .....	17
2.5	Principios de recolección de pedidos.....	24
2.6	Planificación de capacidad de almacenamiento .....	25
2.7	Propuestas de Mejora.....	27
2.7.1	Grupos de productos.....	27
2.7.2	Montacargas .....	28
2.7.3	Seguridad Industrial .....	29
2.7.4	Pasillos.....	30
2.7.5	Identificación de grupos de productos.....	31
2.8	Principios de Clasificación de Productos .....	32
2.8.1	Principio de rotación.....	33
2.8.2	Principio de volumen de demanda anual .....	34
2.9	Modelo de asignación para distribución de productos .....	35
2.9.1	Formulación del modelo .....	35
2.10	Diseño de layout .....	37
2.11	Despacho de productos .....	54
2.12	Simulación .....	58
CAPÍTULO 3.....		61
3.	Resultados .....	61
3.1	Análisis Financiero.....	64
CAPÍTULO 4.....		66
4.	Discusión y Conclusiones .....	66
4.1	Conclusiones .....	66
4.2	Recomendaciones .....	67
BIBLIOGRAFÍA.....		68

APÉNDICES ..... 69

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SKU	Stock Keeping Unit
NFPA	National Fire Protection Association
MSDS	Material Safety Data Sheet
NTP	Notas Técnicas de Prevención
VOC	Voice of Customer
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

## **SIMBOLOGÍA**

Kg.	Kilogramo
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m.	Metro
min.	Minutos
ton.	Toneladas
Alt.	Alternativa

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Equipo de Trabajo.....	3
Figura 1.2. SIPOC.....	4
Figura 1.3. Variables del Proyecto .....	6
Figura 2.1. Gestión de inventario .....	10
Figura 2.2. Procesos que maneja la compañía.....	11
Figura 2.3. Descripción de colores utilizados en matriz de compatibilidad .....	14
Figura 2.4. Matriz de Compatibilidad de Productos .....	14
Figura 2.5. Área y Categorías de la nueva bodega.....	15
Figura 2.6. Foto del interior de la parte frontal de la bodega. ....	16
Figura 2.7. Foto del interior de la parte posterior de la bodega. ....	16
Figura 2.8. Medidas de los rectángulos para análisis de utilización del espacio. ....	17
Figura 2.9. Color de categorías para análisis de utilización.....	19
Figura 2.10. Distribución Alternativa 1 .....	20
Figura 2.11. Porcentaje Utilización Alternativa 1.....	20
Figura 2.12. Distribución Alternativa 2 .....	21
Figura 2.13. Porcentaje Utilización Alternativa 2.....	22
Figura 2.14. Distribución Alternativa 3 .....	23
Figura 2.15. Porcentaje Utilización Alternativa 3.....	23
Figura 2.16. Grupos de productos .....	28
Figura 2.17. Características del Montacargas .....	29
Figura 2.18. Sistema contra Incendio .....	29
Figura 2.19. Extintores.....	30
Figura 2.20. Manguera contra Incendio .....	30
Figura 2.21. Banderas identificación de grupos de productos .....	31
Figura 2.22. Principios de clasificación para las diferentes alternativas .....	32
Figura 2.23. Ilustración bodega alternativa 0 .....	41
Figura 2.24. Pallets de cuatro entradas .....	41
Figura 2.25. Estanterías tipo acumulativos .....	42
Figura 2.26. Pallets ubicados a doble y triple posición .....	42

Figura 2.27. Ilustración bodega alternativa 1 .....	44
Figura 2.28. Ilustración bodega alternativa 2 .....	46
Figura 2.29. Ilustración bodega alternativa 3 .....	48
Figura 2.30. Ilustración bodega alternativa 4 .....	50
Figura 2.31. Ilustración bodega alternativa 5a .....	52
Figura 2.32. Ilustración bodega alternativa 5b .....	54
Figura 2.33. Inclinación del muelle de despacho .....	54
Figura 2.34. Localización de pallets sobre muelle .....	55
Figura 2.35. Movimiento de montacargas por la rampa.....	55
Figura 2.36. Ubicar el montacargas frente al muelle.....	56
Figura 2.37. Llevar pallet del muelle hacia el camión o furgón .....	56
Figura 2.38. Plataforma ayuda al camión a tener el mismo nivel del muelle .....	57
Figura 2.39. Operación de despacho con plataforma .....	57
Figura 2.40. Locaciones de la simulación en programa ProModel.....	58
Figura 2.41. Entidades de la simulación en programa ProModel.....	58
Figura 2.42. Montacargas como recurso en simulación en programa ProModel .....	59
Figura 2.43. Tiempo de picking del montacargas para cada producto en programa ProModel .....	59
Figura 2.44. Locaciones de la simulación de despacho en rampa en programa ProModel .....	60
Figura 2.45. Entidades utilizadas en la simulación en programa ProModel.....	60
Figura 3.1. Resultados del modelo de asignación por Alternativa .....	61
Figura 3.2. Resultados de la simulación para el tiempo de Picking .....	62
Figura 3.3. Resultados de la simulación del proceso de carga de camiones con rampa y con plataforma .....	63
Figura 3.4. Resultados de la simulación del tiempo de despacho .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características de los productos .....	13
Tabla 2.2. Resumen del porcentaje de utilización por alternativa. ....	24
Tabla 2.3. Clasificación ABC de los productos según el principio de rotación .....	25
Tabla 2.4. Información de almacenamiento de productos .....	26
Tabla 2.5. Asignación de espacio a pasillos .....	31
Tabla 2.6 Resumen de alternativas propuestas.....	33
Tabla 2.7. Clasificación de productos según el principio de rotación.....	34
Tabla 2.8. Clasificación de productos según el principio de volumen de demanda anual .....	34
Tabla 2.9. Códigos establecidos para cada producto .....	37
Tabla 2.10. Resumen de características y consideraciones de las Alternativas de Diseño.....	38
Tabla 3.1. Tabla de Inversión.....	64
Tabla 3.2. Flujo de caja a cinco años con un incremento del 2% de demanda anual	65

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Layout de bodega alternativa 0.....	40
PLANO 2 Layout de bodega alternativa 1.....	43
PLANO 3 Layout de bodega alternativa 2.....	45
PLANO 4 Layout de bodega alternativa 3.....	47
PLANO 5 Layout de bodega alternativa 4.....	49
PLANO 6 Layout de bodega alternativa 5a.....	51
PLANO 7 Layout de bodega alternativa 5b.....	53

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La multinacional con 13 años de experiencia en el suministro de productos para el sector químico, alimenticio y minero; ofrece una gama de materias primas que satisfacen las especificaciones técnicas del cliente en calidad, además del control logístico del producto y la atención personalizada. Teniendo aproximadamente dos años de operaciones dentro de las instalaciones del Parque California en la ciudad de Guayaquil, han sabido ajustarse a las diferentes exigencias del país, tales como: legales, culturales y de mercado.

Actualmente la compañía cuenta con una cartera de 17 productos importados, los cuales son distribuidos para diferentes industrias de diversos sectores en el país. Al haberse asentado en el mercado e incrementado sus clientes en el 2016, sumándole un panorama alentador hacia el 2017, según sus proyecciones; han decidido incrementar el número de productos a ofertar.

Como consecuencia de lo anteriormente mencionado, es vital tomar otras decisiones que permitan que la compañía siga creciendo en el mercado ecuatoriano; por lo que decidieron cambiar la sede de su bodega y oficinas, debido a que la anterior iba a imposibilitar la expansión proyectada.

Ante esta situación, la empresa ha planteado un proyecto que le permita resolver la problemática surgida, por lo que ha decidido trabajar conjuntamente con un grupo de estudiantes de Materia Integradora de la carrera de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Actualmente el portafolio de la compañía está compuesto por los siguientes productos: Ácido Ascórbico, Ácido Cítrico Anhidro, Eritorbato de Sodio, Sorbato de Potasio Grado Alimenticio, Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio, Benzoato de Sodio, Ácido Fosfórico, Lauril Éter Sulfato Sódico, Butil Glicol, Crisoles ASSAY, Crisoles Colorado, Caja de Herramientas de Minería y Soda Caustica 99%.

La industria alimentaria tiene un papel importante dentro de la producción nacional y su desempeño económico, ya que según el INEC en 2014 representa el 7,20% del Producto Interno Bruto teniendo un continuo crecimiento después de la crisis económica que sufrió el país en 1999 (INEC, 2014). Debido a estas proyecciones, la empresa ofrece a este

mercado las mejores materias primas utilizadas para el procesamiento de los alimentos en las distintas áreas industriales.

La industria manufacturera es la que más aporta a la economía del país después del comercio y es la que mayor espacio de empleo directo da habiendo sectores de alta, baja y media intensidad tecnológica (INEC, 2014). La experiencia que maneja la compañía importadora le permite ofrecer y ubicar las mejores materias primas utilizadas en los diversos procesos industriales.

El Gobierno Nacional desde el 2015 que creó el Ministerio de Minería, decidió apoyar el desarrollo de la industria minera y atraer capitales hacia este sector considerando que el Ecuador tiene un potencial minero que supera los \$150,000 millones según datos oficiales sólo con el 8% del territorio explotado, ya que tiene reservas de oro, plata y cobre; y, una variada oferta de productos mineros (Minería, 2015). A pesar de que el país aún sigue una etapa artesanal, la experiencia internacional en el sector minero por parte de la empresa le permite también ofrecer las mejores materias primas e insumos utilizados en los diferentes procesos mineros; sabiendo que es un sector que no se ha explotado por completo.

Todos los clientes que reciben la materia prima exigen diferentes estándares de calidad, de logística y almacenamiento por lo que la empresa debe tener altos estos niveles, dándole toda la facilidad al cliente de que pueda adquirirlos. De esta forma, la compañía busca ser una empresa líder en Ecuador como lo es en Venezuela, buscando también expandirse en Perú y Colombia con los mismos objetivos.

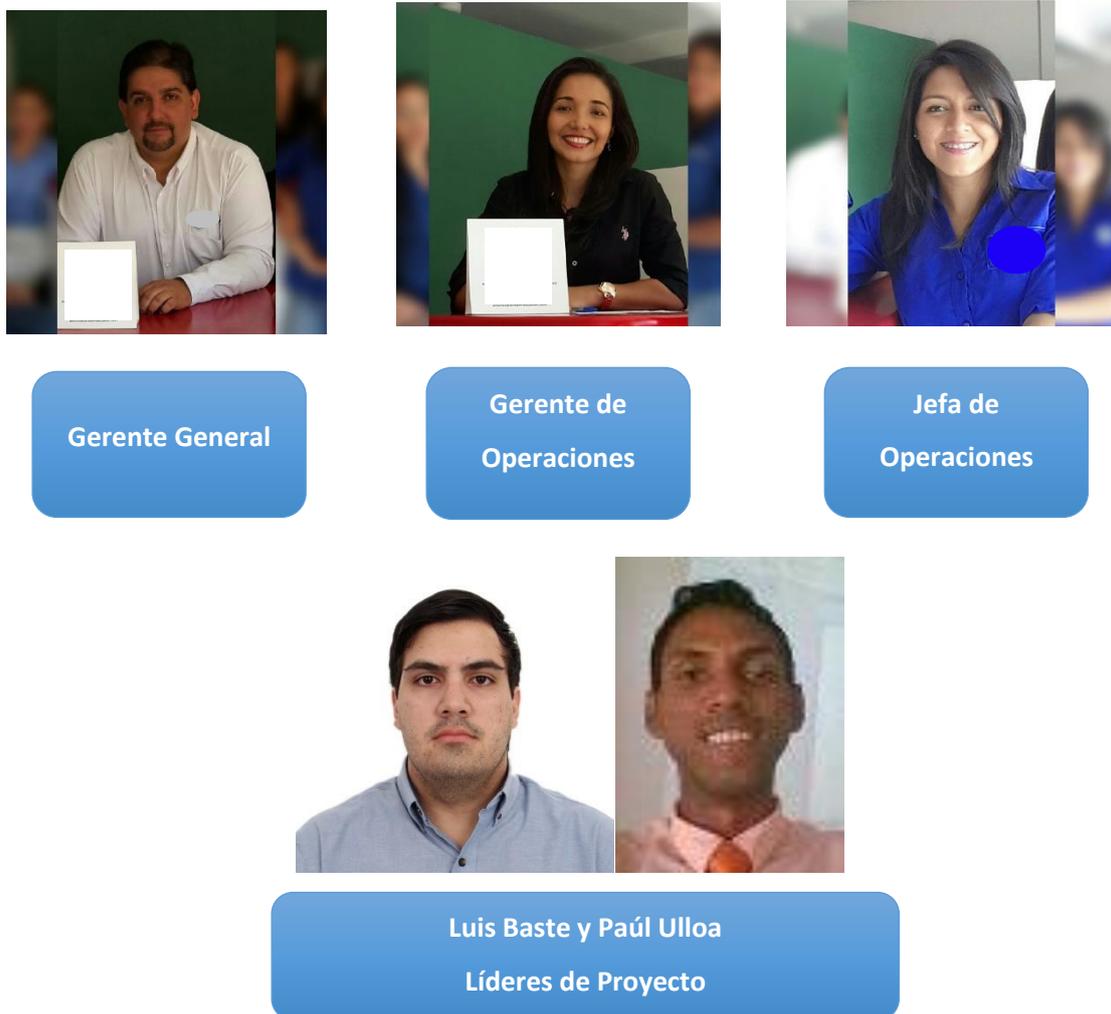
La empresa cuenta con una red de distribución, que consiste en la recepción de la materia prima importada seguida de la entrega directa hacia el cliente, mediante furgón brindado por los clientes o camioneta propia de la empresa, lo que les permite tener un mayor contacto con los clientes sin intermediarios.

## **1.1 Descripción del problema**

La cartera de productos de la compañía se duplicará y diversificará a partir de enero de 2017, por lo que la empresa se enfrenta a problemas debido a la falta de capacidad de almacenamiento de su bodega en Guayaquil, para enfrentar el crecimiento de la demanda.

### 1.1.1 Equipo de Trabajo

Es importante definir cuál va a ser el equipo dentro de la empresa con el que se va a trabajar, ya que ellos serán los canales de comunicación que permitirán conocer la organización, recopilar información y conjuntamente ver las posibles soluciones al problema. Por tal motivo presentaremos el equipo de trabajo de la empresa como se muestra en la Figura 1.1:



**Figura 1.1. Equipo de Trabajo**

Fuente: Elaboración propia.

Al establecer reuniones con los miembros del equipo de trabajo de la empresa, se definieron las necesidades del cliente, ya que la misma se encuentra en proceso de expansión y está próxima a trasladarse a nuevas instalaciones.

### 1.1.2 Alcance

El alcance se rige en base a los datos y requerimientos que la empresa pueda brindarnos, de modo que se pueda realizar acertadamente el cumplimiento de los objetivos que se planteen.

Se presenta el análisis SIPOC en donde se muestran los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes que están envueltas en la empresa. Con ayuda del SIPOC se pudo entender el flujo que siguen los procesos manejados por la compañía y qué procesos debemos considerar para el diseño de la bodega, como se muestra en la Figura 1.2:

Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Cliente
Wiltshire Ecuador	Orden de Pedido	Reposición de materia prima	Orden de Compra	Wiltshire Holding
Wiltshire Holding, Aduana	Materia Prima, transporte, Puerto de Aduana	Recepción	Contenedor	Personal Subcontratado
Personal subcontratado	Operarios, materia prima, montacargas, orden de compra y palets	verificación y almacenamiento	Materia prima lista para almacenamiento	Wiltshire Ecuador
Cliente	Solicitud de muestra	Muestreo	Muestras de materia prima	Cliente
Cliente	Orden de Compra	Pedido	Factura, operación de despacho	Wiltshire Ecuador
Wiltshire Ecuador	Operarios, materia prima, montacargas orden de compra y palets	Despacho	Factura, certificado de analisis, guia de remision, orden de compra y transporte	Cliente

**Figura 1.2. SIPOC**

Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar el análisis SIPOC tenemos que los procesos que mayor influencia tienen con respecto al diseño de la nueva bodega son: reposición, verificación, almacenamiento y despacho de la materia prima.

## 1.2 Restricciones

Considerando que su portafolio de productos se incrementará, la firma requiere el diseño de la nueva bodega, de tal forma que cumpla con las restricciones de manipulación de productos y seguridad industrial. También se determinó que es importante que se minimice la distancia recorrida en la instalación.

Las limitaciones del proyecto radican en el número de productos que se va a manejar, ya que al estar en crecimiento e importar nueva materia prima, el pronóstico de la empresa debe tener siempre un panorama alentador y seguro, el mismo que es proporcionado por las diferentes Gerencias. Al tener un mercado cambiante no se puede predecir cómo se comportará el mismo, de esta forma la cantidad de producto importado puede variar elevando el porcentaje de error.

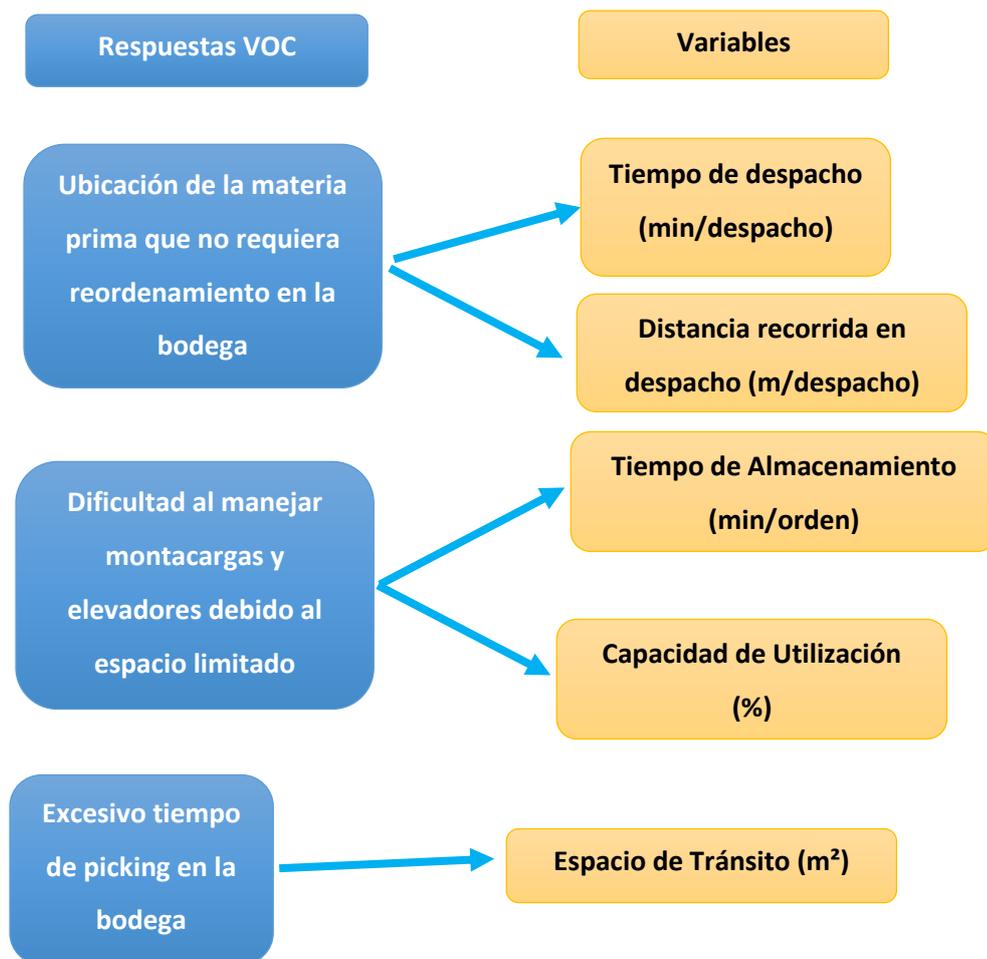
Debido a las limitaciones, se plantearon las restricciones que va a tener el proyecto, teniendo claro que esto no impide la realización del mismo. Estas son las siguientes:

- **Dimensión de la bodega.** – La bodega ya fue seleccionada por parte de la compañía por este motivo las dimensiones de la misma ya están dadas.
- **Demanda.** – El pronóstico de la misma es incierto y cambiante.
- **Compatibilidad entre productos.** – Algunos productos químicos no son peligrosos cuando son almacenados solos, pero se vuelven volátiles si entran en contacto con otros productos.
- **Capacidad de almacenamiento.** – La capacidad está limitada debido a que todos los productos no pueden ser apilados a más de dos niveles de altura.
- **Área disponible para el operador y montacargas.** – Para el diseño hay que considerar el área disponible para los pasillos peatonales y el área para que el montacargas pueda maniobrar.
- **Transporte, almacenamiento y manipulación de materiales peligrosos con sus requisitos.** – Ciertos productos químicos son peligrosos al entrar en contacto con la piel; por lo tanto, se deben cumplir requisitos de seguridad al momento del transporte, almacenamiento y manipulación de los mismos.
- **Puntos de entrada y salida de la bodega.**
- **Configuración del Muelle de Carga.** – Modificaciones en la infraestructura no están permitidas por parte del dueño de la bodega.

### 1.2.1 Definición de Variables de Diseño

Para la definición de las variables decidimos utilizar la metodología VOC entrevistando al equipo de trabajo por parte de la empresa. Se realizaron preguntas para poder determinar los diferentes requerimientos y deseos de la compañía.

Después de la recolección de información, requerimientos y limitaciones, se presentarán a continuación las variables de interés al proyecto; las mismas que servirán para el posterior análisis de los datos, ya que de esta forma enfocaremos los resultados en base a las mismas. Las diferentes variables se muestran en la Figura 1.3:



**Figura 1.3. Variables del Proyecto**

Fuente: Elaboración propia.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar la bodega de materias primas de una empresa importadora en la ciudad de Guayaquil, que establezca una eficiente distribución de almacenamiento; que cumpla con las restricciones de compatibilidad del producto; seguridad, almacenamiento y manipulación de materiales peligrosos.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Reducir la distancia recorrida por los operadores.
- Categorizar la materia prima de la bodega de acuerdo a las restricciones de compatibilidad.
- Analizar costo de equipos de la bodega con el fin de reducir la inversión.
- Realizar el diseño y el prototipo seleccionado en el Software Autocad.
- Simular las operaciones de picking y despacho en el Software Promodel.

## **1.4 Marco teórico**

Una compañía que tiene un incremento considerable en sus SKU's, da como resultado una escasez en el espacio dentro de la bodega. En ciertos casos las compañías deciden adquirir una bodega con mayor capacidad de almacenamiento. Para poder obtener un diseño eficiente de una bodega, los factores críticos a considerarse son: la configuración de la bodega y la localización de los ítems en bodega.

Existen objetivos específicos que deben ser determinados para el diseño de una bodega. En general estos objetivos son: el uso eficiente del espacio, permitir el manejo eficiente del material, proveer el almacenamiento más económico en relación a los costos de equipos, uso de espacio, daño de materiales y seguridad operacional. [1].

La clasificación del inventario almacenados por popularidad, consiste en utilizar la ley de Pareto, La ley de Pareto a menudo es aplicada a la popularidad de los materiales almacenados. La ley aplicada dice que el 85% de la rotación está dada sólo por el 15% de los materiales almacenados. Para maximizar la salida de productos, el 15% de los materiales más populares deben ser almacenados de tal manera que la distancia

recorrida sea minimizada. De este modo los materiales deben ser almacenados dado que la distancia recorrida está inversamente relacionada a la popularidad de los materiales.

Los materiales almacenados tienen características que usualmente deben ser consideradas. Algunas de estas características incluyen:

1. Materiales peligrosos: Materiales como pinturas, propano, y químicos inflamables requieren almacenamiento separado. Ácidos y otras sustancias peligrosas deben ser tratadas con precaución y minimizar la exposición hacia los empleados.
2. Materiales asegurados: Algunos productos necesitan un área de almacenamiento seguro para prevenir que éstos sean robados o que estén regidos bajo ciertas leyes que permitan una forma segura de almacenarse.
3. Compatibilidad: Algunos químicos no son peligrosos cuando son almacenados solos, pero se vuelven volátiles si es que éstos entran en contacto con otros químicos. Ciertos materiales no necesitan almacenamiento especial, pero se vuelven fácilmente contaminantes si éstos entran en contacto con otros productos.

En cuanto a los principios que se deben seguir dentro del diseño de una bodega hay que considerar factores que ayuden a la clasificación de los productos dentro de la misma, según los objetivos que siga la compañía.

Aplicar la ley de Pareto es una herramienta muy útil para clasificar los productos por popularidad. En las operaciones de una bodega, un pequeño número de SKU's representa una larga porción de las salidas. Esto puede ser medido en volumen cúbico despachado o en la cantidad de veces vendidas. Si se agrupan los productos que son populares, se puede reducir el tiempo de viaje en bodega durante el picking.

La propuesta para el problema de clasificación de los productos dentro de la bodega es utilizar dos criterios y una restricción.

El primer criterio y el que tiene prioridad es el índice de rotación mensual, el cual es la cantidad de veces que se realizan despachos de un determinado producto por mes. Esto permitirá poder ubicar los productos que tienen mayor rotación en la parte frontal de la bodega.

El segundo criterio a considerar es despachos anuales, que es la cantidad de volumen que se despacha de manera anual por cada producto; esto permitirá ubicar los productos que tiene mayor volumen de despacho en la parte frontal de bodega, minimizando las distancias recorridas para los despachos de los productos con mayor volumen.

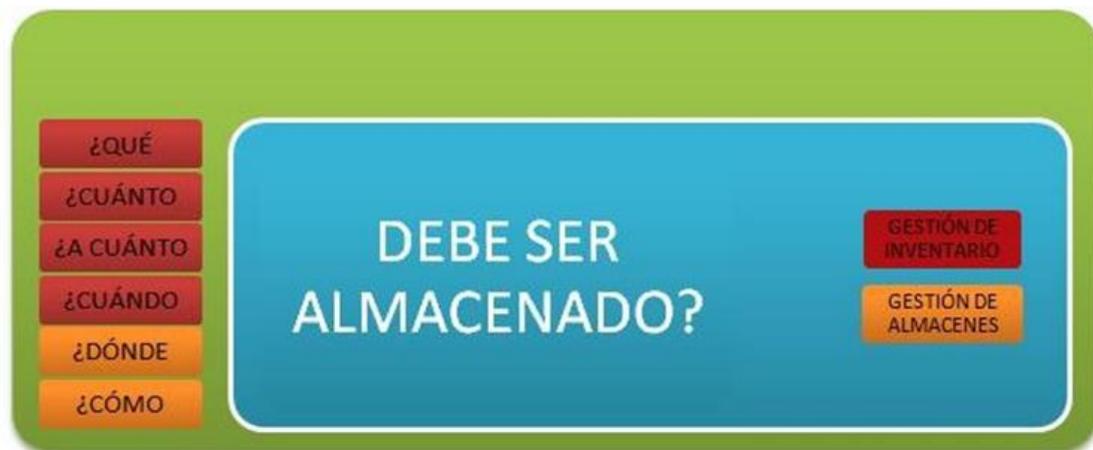
Cuando ya se tiene una clasificación ABC utilizando los 2 criterios anteriores y la ley de Pareto, se debe revisar la compatibilidad de los productos, permitiendo que la clasificación no incurra en que un producto se vuelva volátil al ser almacenado junto a otro.

También se decidió utilizar dentro de la clasificación ABC el principio de volumen de demanda anual, según el volumen de demanda esperada por parte de la compañía. Este principio será aplicado para todos los productos incluidos los nuevos que la compañía espera vender. Se tomó la decisión de usar este criterio ya que no existe información histórica de los nuevos productos, lo cual no nos permitiría encontrar un valor para el índice de rotación.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La empresa realiza la planificación de los productos a importar, posteriormente la bodega recibe la materia prima, en donde la almacena y la mantiene en las mejores condiciones para su posterior despacho; el cual estará determinado por la demanda del mercado y la gestión de inventario; así como se muestra en la Figura 2.1:



**Figura 2.1. Gestión de inventario**

Fuente: Elaboración propia.

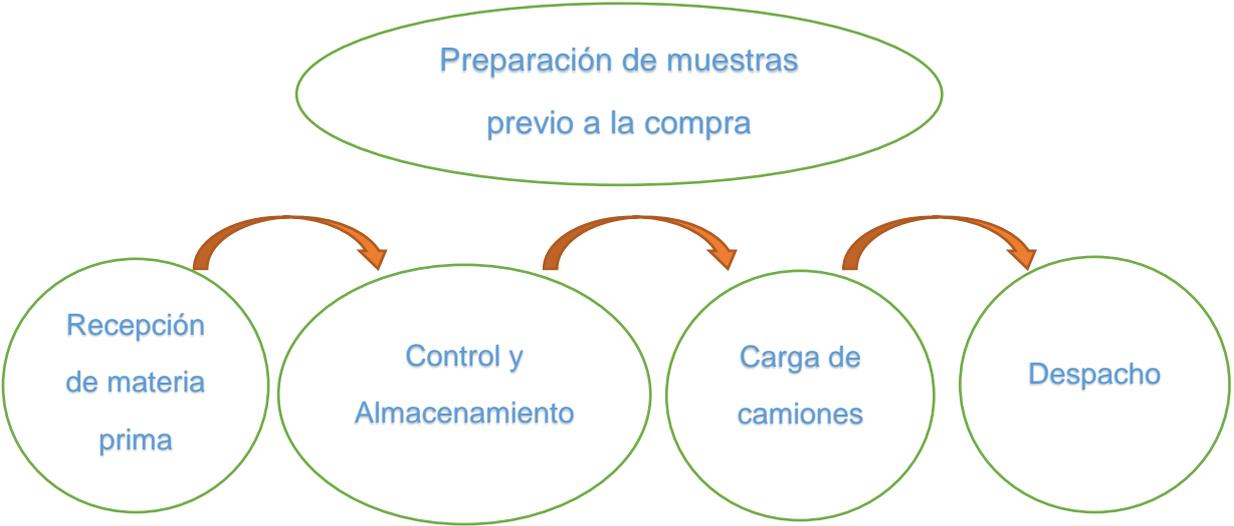
### 2.1 Funciones de la bodega

Al tener claro cómo y dónde los productos se deben almacenar es importante saber cuáles serán las funciones de la bodega, ya que de esta forma el proceso de almacenamiento estará regido por las mismas; así como en el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Rapidez de entregas.
- Fiabilidad.
- Reducción de costos.
- Maximización del volumen disponible.
- Minimización de las operaciones de manipulación y transporte.

De esta forma se va a reducir tareas administrativas, mejorar la calidad del producto, optimizar costos, reducir tiempos de procesos innecesarios y de esta forma la satisfacción del cliente mejorará.

Los procesos que maneja la compañía en su bodega de almacenamiento se muestran a continuación en la Figura 2.2 y son las siguientes:



**Figura 2.2. Procesos que maneja la compañía**

Fuente: Elaboración propia.

Algunos clientes requieren una muestra, previo a la compra, para poder comprobar si las características del producto son las requeridas por ellos.

**Recepción de materia prima**

Es el proceso planificado para la descarga y verificación del producto solicitado, comprobando el mismo en la orden de compra.

**Control y almacenamiento**

Proceso en el que se realiza el registro del pedido receptado, se lo ubica en la zona de almacenamiento determinada para posteriormente ser despachada al cliente.

**Carga de camiones**

Proceso en el que personal de la compañía con ayuda de un elevador llevan los pallets a la camioneta o furgón para ser despachados.

## **Despacho**

Es el proceso final en donde el producto almacenado es entregado al cliente.

### **2.2 Características de productos**

La compañía como ya se ha mencionado importa materia prima para la industria alimenticia, minera y química, por lo que el conocer las características de sus productos es vital para determinar posteriormente su almacenamiento, de acuerdo a zonas, presentación, unidad de carga, temperatura y humedad; las mismas que son:

- **Materiales peligrosos:** Los ácidos y los productos químicos inflamables requieren almacenamiento separado.
- **Elementos de seguridad:** Son los productos que deben recibir protección adicional y especial dentro del área de almacenamiento.
- **Compatibilidad:** Productos químicos que al almacenarse solos no son peligrosos, pero se vuelven volátiles si se les permite entrar en contacto con otros productos químicos de la misma o diferente familia.

A continuación, se muestra la Tabla 2.1, en donde se enlista los productos que desea manejar la compañía en la nueva bodega, con características como: el tipo de sustancia, la presentación, a qué industria pertenecen y las dimensiones de las unidades de carga; las cuales nos ayudarán en el diseño de las estanterías y en la distribución de los productos en el espacio de almacenamiento.

**Tabla 2.1. Características de los productos**

Producto	Características de los Productos						Dimensiones de la Unidad de carga (cm)			
	Presentación	Tipo de Industria	Tipo de Sustancia	Unidad de carga (kg)	Demanda Anual (kg)	Despacho promedio mensual (%)	Alto	Ancho	Largo	Diámetro
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Caja	Alimenticia	Neutro	900	14,525	34.71%	101	104	120	-
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Saco	Alimenticia	Irritante	1,000	27,600	27.49%	104	130	114	-
Ácido Fosfórico USP 85%	Caneca Plástica	Alimenticia / Química	Corrosivo	35	22,955	14.89%	50	30	40	-
CRISOLES ASSAY	Caja	Minera	-	2,304	0	0.00%	118	113	103	-
CRISOLES COLO	Caja	Minera	-	2,304	0	0.00%	118	113	103	-
Eritorbato de Sodio FCCIV	Caja	Alimenticia	Irritante	875	25	0.00%	113	105	125	-
Herramientas de Minería (Caja)	Caja	Minera	-	-	0	0.00%	30	375	50	-
Lauril Éter Sulfato Sódico	Tanque Plástico	Química	Irritante	850	20,160	18.52%	98	-	-	46
Soda Caustica 99%	Saco	Química	Corrosivo	1,000	3,525	-	104	130	114	-
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Caja	Alimenticia	Irritante	600	1,575	4.38%	168	100	120	-
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Saco	Alimenticia	Irritante	1,000	25	0.00%	124	104	125	-
Ácido Sulfónico Lineal		Química								
Benzoato de Sodio		Alimenticia								
Borax o Borato de Sodio		Minera								
Butil Glicol	Tanque Plástico	Química	Inflamable	760						
Carbón Activado		Minera								
Cianuro de Sodio		Minera								
Cuerpos Moledores		Minera								
Dioxido de Titanio		Química								
Propianato de Calcio		Alimenticia								

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la matriz de compatibilidad se utilizó la matriz guía de sustancias químicas dada por la NFPA y los MSDS de cada uno de los productos, para identificar el tipo de sustancias químicas que son cada una.

A continuación, tenemos la Figura 2.3 que indica la descripción, el valor y el color que utilizamos en la matriz de compatibilidad. Se utilizó el color verde para el par de productos que no se recomienda separación especial entre ellas y el color rojo si el par de productos deben estas totalmente separados.

Descripción	Valor
No se recomienda separacion especial	1
Totalmente Separado	-1

**Figura 2.3. Descripción de colores utilizados en matriz de compatibilidad**

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la siguiente Figura 2.4 se muestra la matriz de compatibilidad, donde se encuentran enlistado todos los productos y se puede apreciar las comparaciones de compatibilidad entre los mismos.

	PRODUCTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	Ácido Ascórbico BP2010/USP32		1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24			-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1		
3	Ácido Fosfórico USP 85%				-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
4	CRISOLES ASSAY					1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1		
5	CRISOLES COLO						1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1		
6	Eritorbato de Sodio FCCIV							1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
7	Herramientas de Minería (Caja)								1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1		
8	Lauril Éter Sulfato Sódico									-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9	Soda Caustica 99%										-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		
10	Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio											1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1		
11	Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio													-1	1	1	-1	1	1	1	1		
12	Ácido Sulfónico Lineal														-1	1	-1	1	1	-1	1		
13	Benzoato de Sodio															1	1	1	1	1	1		
14	Borax o Borato de Sodio																1	1	1	1	1		
15	Butil Glicol																	1	1	1	1		
16	Carbón Activado																		1	1	1		
17	Cianuro de Sodio																			1	1		
18	Cuerpos Moledores																				1		
19	Dioxido de Titanio																					1	
20	Propianato de Calcio																						1

**Figura 2.4. Matriz de Compatibilidad de Productos**

Fuente: Elaboración propia.

Esta matriz de compatibilidad nos ayudará en la clasificación de los productos para poder asignarlos dentro de la bodega, sin el riesgo de crear alguna reacción química peligrosa, lo cual resultaría desfavorable para la compañía. Por ejemplo, el ácido sulfónico no puede ser almacenado junto al ácido cítrico.

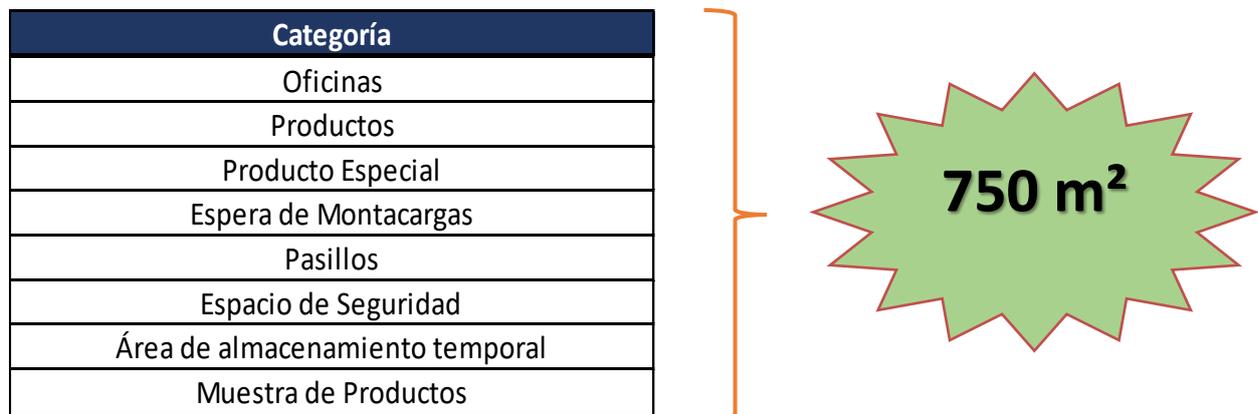
### 2.3 Riesgo de zonas

En toda empresa existirán zonas de peligro, poco seguras o de atención especial para los trabajadores. En la presente bodega el riesgo de las zonas es bajo, debido a que los productos almacenados se encuentran a una temperatura y humedad necesarias para no ocasionar algún problema a la empresa.

### 2.4 Utilización del espacio

Para la utilización del espacio, la empresa decidió cuáles serán las dimensiones de la nueva bodega por lo que el aprovechamiento de las mismas estará dado por las consideraciones del manejo de la materia prima y por la ubicación de las oficinas.

El área total y las categorías que tiene la nueva bodega escogida por la compañía se muestran en la siguiente Figura 2.5, las mismas que serán detalladas más adelante.



**Figura 2.5. Área y Categorías de la nueva bodega.**

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se muestran fotos del interior de la bodega en la Figura 2.6 y 2.7.



**Figura 2.6. Foto del interior de la parte frontal de la bodega.**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.7. Foto del interior de la parte posterior de la bodega.**

Fuente: Elaboración propia.

La bodega tendrá un área fija para cada tipo de producto; el espacio de seguridad existirá por reglamento y deberá ser respetado por cuestiones de mantener la integridad física de los operadores. Al realizar el respectivo almacenamiento en bodega las empresas deben tener en cuenta un espacio o zona destinada exclusivamente para el o los productos que no puedan estar cerca de otros por cuestiones de seguridad y en este

caso también por compatibilidad; así como sucede en la compañía, en donde existirá una zona exclusiva para productos por control de drogas, como lo es la soda cáustica.

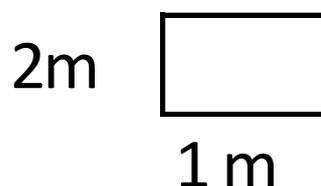
El montacargas debe tener espacio para transitar fácilmente evitando que obstruya el paso de los operadores, así mismo existirá un área de espera. Se espera contar con un área destinada al almacenamiento temporal de la materia prima que es receptada y que es despachada; así como una zona exclusiva para la preparación de muestras, una actividad importante para la compañía.

#### **2.4.1 Análisis de utilización del espacio**

Después de haber determinado las áreas que va a necesitar la compañía en su nueva bodega, es importante realizar el análisis respectivo de la distribución dentro de bodega para poder determinar el nivel de utilización de cada categoría, dependiendo de las funciones que se mencionaron anteriormente.

Para este análisis decidimos presentar diferentes distribuciones de los productos y los pasillos para luego evaluarlos y determinar qué distribución tiene el mayor porcentaje de utilización.

Para las diferentes alternativas decidimos realizar un esquema ilustrativo con rectángulos, cuyas medidas se muestran en la Figura 2.8:



**Figura 2.8. Medidas de los rectángulos para análisis de utilización del espacio.**

Fuente: Elaboración propia.

Se presentarán las alternativas de utilización del espacio para el almacenamiento de productos en donde ciertas áreas serán las mismas debido a las siguientes justificaciones:

### **Oficinas**

Ocuparán aproximadamente  $100m^2$  donde estará todo el personal de la empresa para realizar las diferentes actividades, recibir clientes y estar junto a la bodega. El área fue determinada por la compañía, ya que cuenta con baños y se adhiere a las necesidades del gerente.

### **Productos especiales**

Existirá un área exclusiva para el o los productos que deban tener un control con respecto a drogas, como es el caso de la Soda Caustica 99%, por lo que estarán dentro de una jaula, con acceso y control del personal autorizado.

### **Espera de montacargas**

El área designada siempre será cerca a la puerta de recepción o despacho de la materia prima.

### **Espacio de seguridad**

Por normas de seguridad en áreas de almacenamiento, los pallets con materia prima deben estar a un metro de la pared.

### **Muestra de Productos**

Área solicitada por la compañía cercana a las oficinas para preparar la muestra solicitada por clientes.

Las demás categorías sí serán parte del análisis y se someterán a cambios en las distintas alternativas.

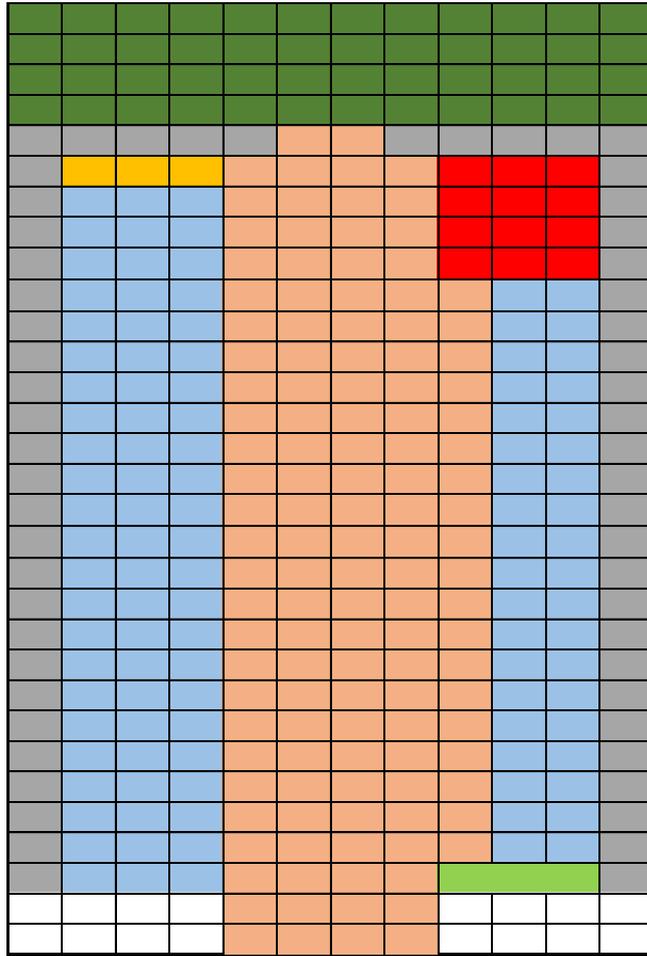
Luego a cada rectángulo ilustrativo mostrado anteriormente, se le agregó color según la categoría a la que corresponda, como se muestra en la Figura 2.9:

Color	Categorías
Verde	Oficinas
Azul	Productos
Rojo	Producto Especial
Verde claro	Espera de Montacargas
Naranja	Pasillos
Gris	Espacio de Seguridad
Blanco	Area de almacenamiento temporal
Amarillo	Muestra de Productos

**Figura 2.9. Color de categorías para análisis de utilización.**

Fuente: Elaboración propia.

La alternativa 1 se muestra en la siguiente Figura 2.10. En esta distribución decidimos ubicar los productos a los lados y dejar un solo pasillo en medio de la bodega, en donde el montacargas podrá circular.



**Figura 2.10. Distribución Alternativa 1**

Fuente: Elaboración propia.

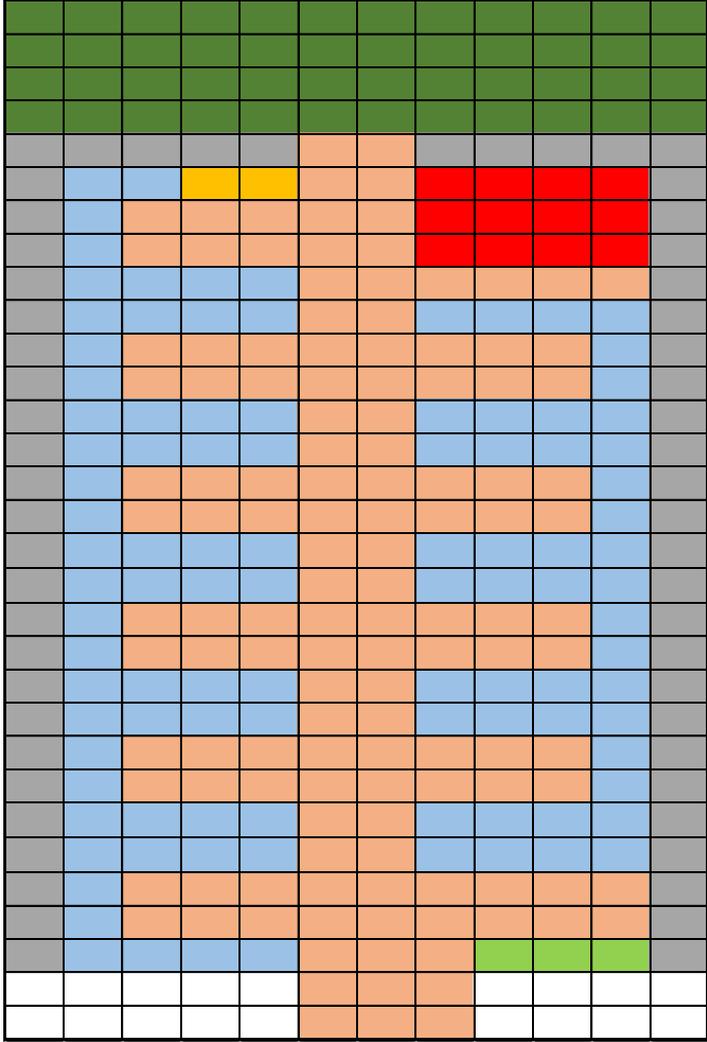
Luego se realizó el cálculo del porcentaje de utilización del espacio para esta alternativa como se muestra en la Figura 2.11:

Categoría	Utilización (%)
107	45.34%
12	5.08%
3	
16	
3	
128	
58	
<b>Total</b>	<b>50.42%</b>

**Figura 2.11. Porcentaje Utilización Alternativa 1**

Fuente: Elaboración propia.

La alternativa 2 se muestra en la siguiente Figura 2.12. En esta alternativa la distribución hace que el montacargas tenga que coger los productos desde los pasillos que se encuentran a los lados y no desde el pasillo central.



**Figura 2.12. Distribución Alternativa 2**

Fuente: Elaboración propia.

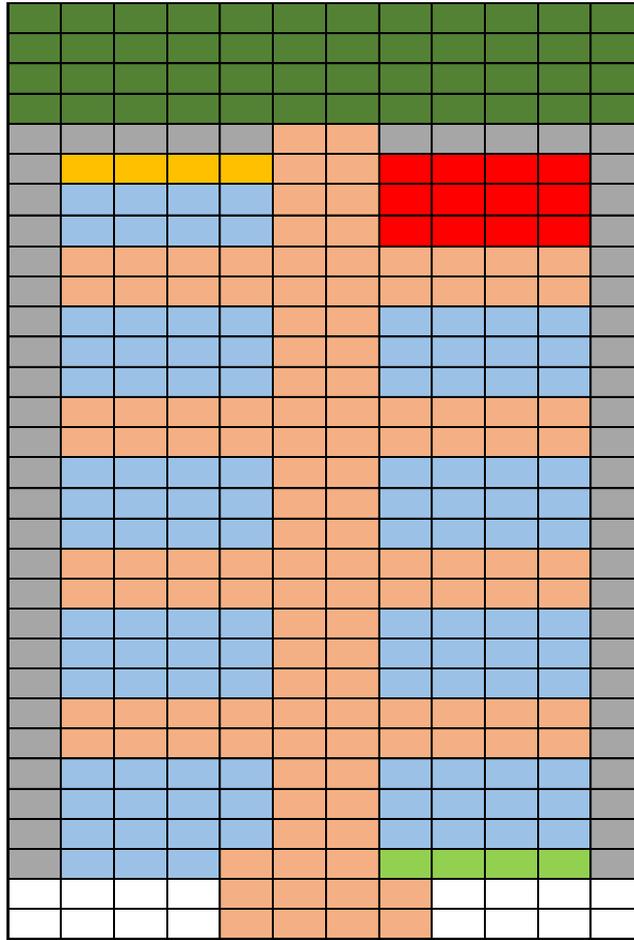
Luego se realizó el cálculo del porcentaje de utilización del espacio para esta alternativa como se muestra en la Figura 2.13:

Categoría	Utilización (%)
102	43.04%
12	5.06%
58	
2	
18	
3	
127	
<b>Total</b>	<b>48.10%</b>

**Figura 2.13. Porcentaje Utilización Alternativa 2**

Fuente: Elaboración propia.

La alternativa 3 se muestra en la siguiente Figura 2.14. En esta alternativa la cantidad de pasillos por donde puede ingresar el montacargas se disminuyó, pero se incrementó la cantidad de producto entre pasillos.



**Figura 2.14. Distribución Alternativa 3**

Fuente: Elaboración propia.

Luego se realizó el cálculo del porcentaje de utilización del espacio para esta alternativa como se muestra en la Figura 2.15:

Categoría	Utilización (%)
Blue	107 45.15%
Red	12 5.06%
Grey	58
Yellow	4
White	16
Green	4
Orange	123
<b>Total</b>	<b>50.21%</b>

**Figura 2.15. Porcentaje Utilización Alternativa 3**

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en la Tabla 2.2 el resumen del porcentaje de utilización del espacio de almacenamiento por alternativa.

**Tabla 2.2. Resumen del porcentaje de utilización por alternativa.**

Alternativas	Utilización %
1	50.42
2	48.10
3	50.21

Fuente: Elaboración propia.

Luego de haber propuesto las 3 alternativas, escogemos la primera debido a que tiene el mayor porcentaje de almacenamiento con un 50.42% de utilización del espacio, la cual es la variable analizada y que le interesa a la empresa conocer. En este análisis sólo se ha tenido en cuenta el número de rectángulos o el espacio disponible para los productos, ya que el de muestras y espera del montacargas siempre será el mismo, como se lo mencionó anteriormente.

## **2.5 Principios de recolección de pedidos**

Para definir la ubicación de los productos primero se definió cuántas veces al mes cada producto es vendido o cuál fue la rotación del mismo para así aplicar la ley de Pareto; esto nos permitirá ubicar los productos que más roten en el mes, representados en un 80% cerca de la zona de despacho y el 20% restante ubicados en una zona más lejana.

Se definieron los productos A dentro del 80% y los productos B y C dentro del 20%; adicionalmente se asignó la S para el producto especial como se muestra en la Tabla 2.3:

**Tabla 2.3. Clasificación ABC de los productos según el principio de rotación**

ITEM	Producto	SEGMENTO	Despachos Anuales (kg)	Veces vendidas por mes (veces/mes)	%	% Acumulado	Clasificación
1	Ácido Cítrico Anhidro	Alimentos	210,000	5.4	18.06%	18.06%	A
5	Ácido Ascórbico	Alimentos	153,000	5	16.72%	34.78%	A
8	Eritorbato de Sodio	Alimentos	75,000	5	16.72%	51.51%	A
6	Tripolifosfato de Sodio	Productos Químicos	98,500	4	13.38%	64.88%	A
2	Ácido Fosfórico USP 85%	Alimentos	198,000	3	10.03%	74.92%	A
3	Lauril Éter Sulfato Sódico	Productos Químicos	198,000	3	10.03%	84.95%	A
7	Sorbato de Potasio	Alimentos	86,500	1.5	5.02%	89.97%	B
9	Crisoles Assay	Minería	27,648	1	3.34%	93.31%	B
10	Crisoles Colorado	Minería	27,648	1	3.34%	96.66%	C
11	Caja Herramientas	Minería		1	3.34%	100.00%	C
4	Soda Caustica 99%	Productos Químicos	174,000	3			S

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6 Planificación de capacidad de almacenamiento

Al conocer cómo va estar distribuida la bodega se debe planificar, determinar y asignar la cantidad de productos en cada área. La política de pedidos de la empresa es controlada por su matriz que se encuentra fuera del Ecuador y se da únicamente en la medida que el inventario disminuye hasta que se acaben los productos; los mismos que llegan después de 38 días en contenedores totalmente llenos, dependiendo de las distintas presentaciones de la materia prima.

Los productos que vienen en contenedores pueden apilarse en dos niveles de altura, mientras que otros solamente en un nivel; además se muestra en la siguiente Tabla 2.4 toda la información sobre los productos y las necesidades de almacenamiento.

**Tabla 2.4. Información de almacenamiento de productos**

PRODUCTO	Producto por Contenedor (kg)	Producto por Pallet (kg)	Nivel de volumen de almacenamiento	Pallets por Contenedor	%	Asignación de rectángulos requeridos	Rectangulos requeridos	Pallets promedios por mes
Ácido Cítrico Anhidro	25,000	1,000	2	25	12%	17	13	35
Ácido Ascórbico	22,000	900	2	24	12%	17	13	25
Eritorbato de Sodio	22,000	875	1	25	12%	17	25	8
Tripolifosfato de Sodio	25,000	1,000	2	25	12%	17	13	11
Ácido Fosfórico USP 85%	25,900	1,120	2	23	11%	16	12	14
Lauril Éter Sulfato Sódico	19,380	850	2	23	11%	15	12	21
Sorbato de Potasio	22,000	600	1	37	18%	25	37	13
Crisoles Assay	2,304	2,304	1	1	0%	0.5	0.5	1
Crisoles Colorado		2,304	1	1	0%	0.5	0.5	1
Caja Herramientas			1		0%	1	1	1
Soda Caustica 99%	25,000	1,000	2	25	12%	12	12	12

Fuente: Elaboración propia.

En donde los siguientes ítems se explican a continuación:

Ecuación utilizada para calcular los pallets por contenedor:

$$Pallets\ por\ Contenedor = \frac{Producto\ por\ Contenedor}{Producto\ por\ Palet} \quad (2.1)$$

Ecuación utilizada para calcular el porcentaje que representa los pallets de un producto del total de pallets de todos los productos:

$$\%_{\text{Ácido Cítrico}} = \frac{Palets\ por\ Contenedor_{\text{Ácido Cítrico}}}{\sum Palets\ por\ Contenedor} \quad (2.2)$$

Ecuación utilizada para calcular la cantidad de cuadros que requiere un producto en la distribución que se obtuvo del análisis del espacio de utilización:

$$Cuadros\ requeridos_{\text{ác. cítrico}} = \frac{Palets\ per\ Contenedor_{\text{Ácido Cítrico}}}{Nivel\ de\ volumen\ de\ almacenamiento_{\text{Ácido Cítrico}}} \quad (2.3)$$

## **2.7 Propuestas de Mejora**

Habiendo determinado los sku's que se usarán en la distribución en base a los principios de almacenamiento ya mencionados, se procederá a detallar la clasificación de productos, consideraciones y las diferentes propuestas de mejora para tener el mejor diseño de distribución.

### **2.7.1 Grupos de productos**

Para un mejor análisis y distribución dentro de la bodega se procedió dividir los diferentes sku's de acuerdo a la industria en que son usados. En la siguiente Figura 2.16 se muestran todos los productos utilizados para los diferentes diseños, así como los productos que aún están siendo analizados por la empresa para su importación y posterior venta, siendo éstos resaltados de color amarillo.

<b>G1 (Alimenticia)</b>
Ácido Ascórbico BP2010/USP32
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24
Eritorbato de Sodio FCCIV
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio
Benzoato de Sodio
Acido Fosfórico
<b>Propianato de calcio</b>

<b>G2 (Química)</b>
Ácido Sulfónico Lineal
Lauril Éter Sulfato Sódico
Butil Glicol
<b>Dioxido de titanio</b>

<b>G3 (Minera)</b>
CRISOLES ASSAY
CRISOLES COLO
Herramientas de Minería (Caja)
<b>Borax o Borato de Sodio</b>
<b>Carbón Activado Granulado</b>
<b>Cianuro de Sodio</b>
<b>Cuerpos Moledores</b>

<b>G4 (Item de seguridad)</b>
Soda Caustica 99%

**Figura 2.16. Grupos de productos**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.7.2 Montacargas

La bodega requiere el uso de montacargas, debido a que por este medio de transporte se procederá a realizar las operaciones de recepción, ordenamiento de los pallets de materia prima; y, de los diferentes tipos de despacho a sus clientes.

El montacargas tendrá definido sus dimensiones, características de capacidad y poder para que pueda maniobrar correctamente dentro y fuera de la bodega, las mismas que se detallan en la Figura 2.17:

<b>Características</b>			
Capacidad	al centro de la carga nominal	2.5 ton.	
Poder		Gasolina/Diesel	
<b>Dimensiones</b>			
Montacargas	máxima altura de horquillas con carga nominal	4.12 m.	
Horquillas	espesor x ancho x largo	0.04 x 0.1 x 1.06 m.	
Dimensiones en General	largo a la cara de las horquillas	2.49 m.	
	largo incluido horquillas	3.55 m.	
	ancho	con llantas standares	1.16 m.
	altura	al tope de la cabina	2.11 m.
con mástil extendido		4.57 m.	

**Figura 2.17. Características del Montacargas**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.7.3 Seguridad Industrial

La nueva bodega cumple con las normas de seguridad, ya que posee un correcto sistema contra incendio, un número adecuado de extintores, manguera contra incendio, señalética; así como salidas de emergencia y puntos de reunión en caso de accidentes o incendios, como se muestran en las Figuras 2.18, 2.19 y 2.20:



**Figura 2.18. Sistema contra Incendio**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.19. Extintores**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.20. Manguera contra Incendio**

Fuente: Elaboración propia.

#### **2.7.4 Pasillos**

Según las normas de seguridad NTP-618 y la NTP-298, dentro de una bodega debe existir un espacio asignado para el libre tránsito del personal, así como de maniobra del montacargas; de este modo se determinó que los operadores deberán dirigirse en un solo sentido, para de esta forma aprovechar el mayor espacio posible. Las medidas asignadas a los diferentes pasillos se detallan en la Tabla 2.5:

**Tabla 2.5. Asignación de espacio a pasillos**

	Pasillo	Espacio Mínimo (m)		Espacio Asignado (m)
		Un sentido	Doble Sentido	Un Sentido
1	Cerca de la Pared	0,5	1	0,7
2	Entre Productos	0,7	1,2	0,7

Fuente: Elaboración propia.

### 2.7.5 Identificación de grupos de productos

Debido a que la empresa manejará más de un sku en sus diferentes familias, se decidió implementar banderas específicas por grupo de productos; las cuales tendrán diferentes colores asignados a los cuatro grupos anteriormente mencionados, los mismos que serán colocados al comienzo de cada familia mediante un sistema que es de fácil agarre y ajuste, como se muestran en la siguiente Figura 2.21. Esta es una medida totalmente visual, ya que permitirá a cualquier personal interno o externo de la bodega conocer y ubicar en donde se encuentra cada producto de forma rápida y sencilla.



**Figura 2.21. Banderas identificación de grupos de productos**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.8 Principios de Clasificación de Productos

Los panoramas de importación de la empresa son variados ya que dependen del comportamiento de cada producto en el mercado, por lo que se definieron diversos escenarios para cada uno de los mismos; de esta forma se procedió a clasificarlos por dos principios: por rotación, que son los productos que cuentan con un histórico de despacho; y, por volumen de demanda anual, que son los productos que se calcularon de acuerdo a la demanda esperada propuesta por el equipo de trabajo de la empresa. En la siguiente Figura 2.22 se muestran gráficamente los principios que se aplicarán a las diferentes alternativas de diseño.

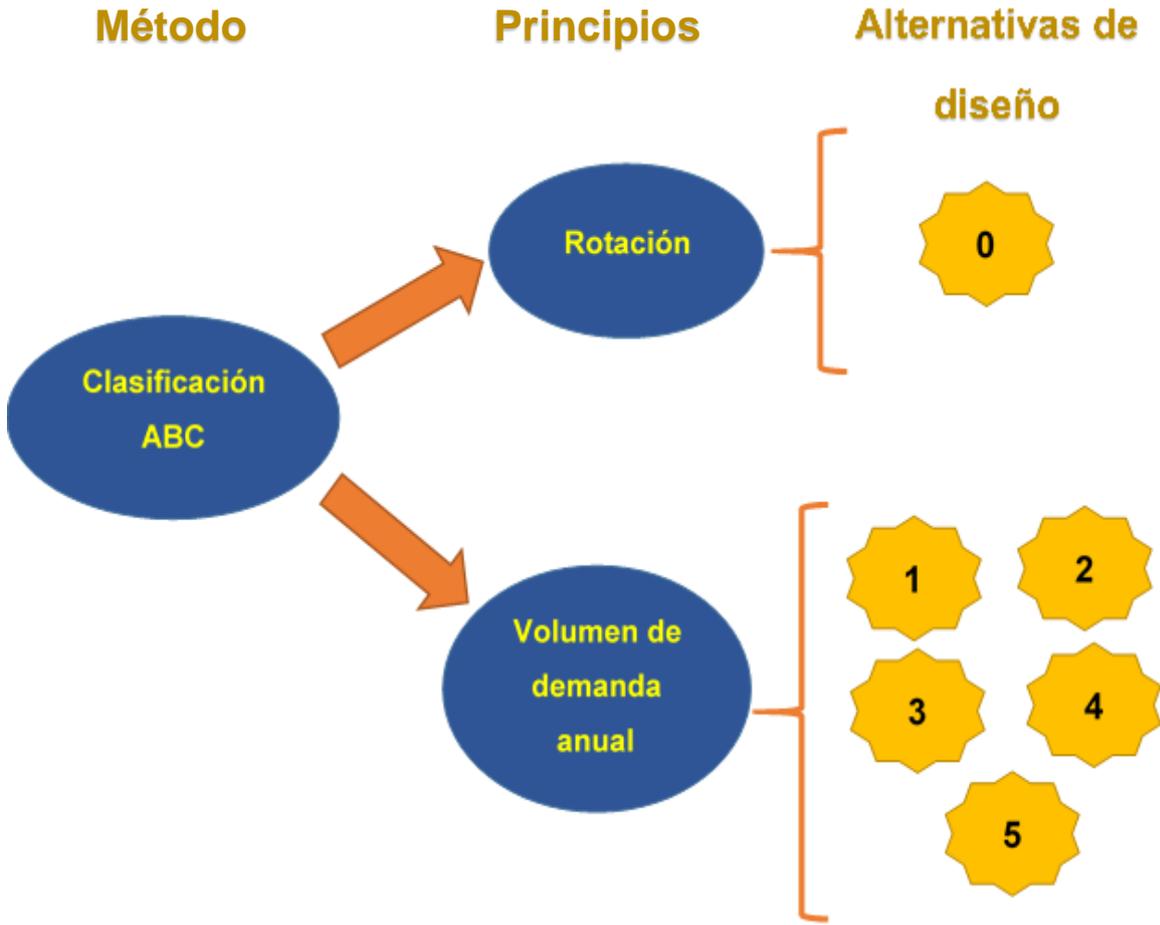


Figura 2.22. Principios de clasificación para las diferentes alternativas

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la Tabla 2.6 con un resumen de todas las alternativas con su descripción, período y características.

**Tabla 2.6 Resumen de alternativas propuestas**

Alternativas	Período	Descripción de Escenarios
0	Desde 2016 hasta finales de primer trimestre del 2017.	Manteniendo los productos de la antigua bodega.
1	Desde inicios del primer trimestre del 2017 hasta finales del segundo trimestre del 2017.	Manteniendo los productos de la antigua bodega pero se incluye la Soda Cáustica.
2	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Se almacenan los productos anteriores y los nuevos según demanda esperada del 2017.
3	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Se almacenan los productos anteriores y los nuevos según demanda esperada del 2017.
4	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Se almacenan los productos anteriores y los nuevos según demanda esperada del 2017.
5	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Se almacenan los productos anteriores y los nuevos según demanda esperada del 2017.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.8.1 Principio de rotación

Para los productos en donde se aplicó este principio se calculó el número promedio de despachos mensuales para cada sku: luego según el porcentaje acumulativo se los clasificó como A, B o C. Los productos que corresponden al 85% acumulativo se les dio clasificación A, los productos del 85 al 95% se les dio clasificación B y los productos del 95 a 100% se les dio clasificación C. A la Soda Cáustica se le dio clasificación S debido a que tiene un área fija. A continuación, se muestra en la Tabla 2.7 lo antes mencionado:

**Tabla 2.7. Clasificación de productos según el principio de rotación**

Producto	Despacho Anual (kg)	Rotación	%	% Acumulativo	Clasificación
Ácido Cítrico Anhidro	210,000	5.4	18.06%	18.06%	A
Ácido Ascórbico	153,000	5	16.72%	34.78%	A
Eritorbato de Sodio	75,000	5	16.72%	51.51%	A
Tripolifosfato de Sodio	98,500	4	13.38%	64.88%	A
Ácido Fosfórico USP 85%	198,000	3	10.03%	74.92%	A
Lauril Éter Sulfato Sódico	198,000	3	10.03%	84.95%	A
Sorbato de Potasio	86,500	1.5	5.02%	89.97%	B
Crisoles Assay	27,648	1	3.34%	93.31%	B
Crisoles Colorado	27,648	1	3.34%	96.66%	C
Caja Herramientas		1	3.34%	100.00%	C
Soda Caustica 99%	174,000	3			S

Fuente: Elaboración propia.

## 2.8.2 Principio de volumen de demanda anual

Para los productos en donde se aplicó este principio se calculó el volumen anual de cada producto, de acuerdo a la cantidad de kilogramos que vienen en un contenedor totalmente lleno; el número de contenedores mensuales fue propuesta por la gerente de operaciones. Luego se procedió a calcular el porcentaje que representa la cantidad de volumen de demanda anual de un producto entre el total de volumen de demanda anual de todos los productos y así se fueron clasificando de mayor a menor porcentaje como se muestra en la Tabla 2.8:

**Tabla 2.8. Clasificación de productos según el principio de volumen de demanda anual**

Producto	Grupo	Contenedor	Volumen de Demanda Anual (kg)	%	% Acumulativo	Categorías	Frecuencia de Despacho (mensual)
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	G1	25,000	450,000	16.32%	16.32%	A	5.4
Ácido Fosfórico USP 85%	G1	25,900	440,300	15.97%	32.29%	A	3
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	G1	25,000	300,000	10.88%	43.17%	A	4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	G1	22,000	264,000	9.57%	62.32%	A	5
Ácido Sulfónico Lineal	G2	20,000	240,000	8.70%	71.02%	A	3
Lauril Éter Sulfato Sódico	G2	19,380	232,560	8.43%	79.46%	A	3
Butil glicol	G2	15,200	182,400	6.62%	86.07%	B	4
Eritorbato de Sodio FCCIV	G1	22,000	132,000	4.79%	90.86%	B	5
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	G1	22,000	132,000	4.79%	95.65%	B	1.5
Benzoato de Sodio	G1	20,000	120,000	4.35%	100.00%	C	3
Soda Caustica 99%	G4	25,000	900,000	24.61%	24.61%	S	3

Fuente: Elaboración propia.

## 2.9 Modelo de asignación para distribución de productos

Para asignar la ubicación de los productos dentro de los diferentes diseños de la bodega se realizó un modelo de programación lineal utilizando el software GAMS. Esto permitió ubicar los productos de tal forma que se minimice el tiempo de picking y se cumpla con la compatibilidad entre productos.

Los parámetros utilizados para este modelo de asignación son:

- Capacidad de cada nivel (número de pallets).
- Inventario en pallets de cada producto.
- Tiempo de picking desde los diferentes niveles a la zona temporal de despacho.

El parámetro “Tiempo de picking” es el tiempo que le toma al montacargas llevar un pallet de los diferentes productos desde cada nivel a la zona temporal de almacenamiento.

Según las distintas alternativas que presentamos para las distribuciones, cada nivel presentará diferentes capacidades de almacenamiento.

Calculamos el inventario en pallets de cada producto, según la demanda esperada por parte de la compañía y dado que ellos reciben contenedores llenos, pudimos calcular el total de espacio para pallets que necesitarían por cada producto.

La capacidad de los diferentes niveles según cada una de las distintas alternativas que presentamos se muestran en el APÉNDICE A.

### 2.9.1 Formulación del modelo

La función objetivo del modelo de asignación busca minimizar el tiempo de picking de los productos hacia la zona temporal de almacenamiento en la parte frontal de la bodega.

#### Variables:

Se define una variable binaria:

$$X_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{si el producto } i \text{ es asignado al nivel } j \\ 0; & \text{si el producto } i \text{ no es asignado al nivel } j \end{cases}$$

**Parámetros:**

$P_{i,j}$ : Numero de pallets del producto  $i$  asignados al nivel  $j$

$T_{i,j}$ : Tiempo de picking del producto  $i$  localizado en el nivel  $j$

$D_{i,j}$ : Numero de pallets del producto  $i$  que pueden ser asignados al nivel  $j$

$C_j$ : Capacidad de almacenamiento en pallets del nivel  $j$

$S_i$ : Pallets del producto  $i$  que deben ser almacenados

**Se define la función objetivo:**

$$\min z = \sum_{i \in \text{Productos}} \sum_{j \in \text{Niveles}} T_{i,j} X_{i,j} P_{i,j}$$

**Restricciones:**

$$\sum_{j \in \text{Niveles}} X_{i,j} = 1 \quad ; \forall i \in \text{Productos}$$

Restricción que nos dice que un producto sólo puede ser asignado a un nivel.

$$\sum_{j \in \text{Niveles}} P_{i,j} = S_i \quad ; \forall i \in \text{Productos}$$

Restricción que nos dice que la cantidad de pallets asignados es igual al nivel de inventario que debe tener la compañía.

$$\sum_{i \in \text{Producto}} P_{i,j} \leq C_j \quad ; \forall j \in \text{Niveles}$$

Restricción que nos dice que la suma de los pallets de los productos ubicados en un mismo nivel no exceda la capacidad de los niveles.

## 2.10 Diseño de layout

Para que la bodega cuente con el mejor diseño de layout se propusieron 7 alternativas; debido a que el equipo de trabajo de la empresa planteó los diversos comportamientos de todos los productos, a partir del 2017. Los diversos layouts se podrán apreciar en el programa SketchUp, el cual permite visualizar en 3D la distribución de toda la bodega. Para la “alternativa 0” se debe tener en cuenta que se están considerando sólo los productos de la bodega anterior. Adicionalmente para todas las alternativas se establecieron códigos para los diferentes sku’s detallados a continuación en la Tabla 2.9, de esta forma se tendrá una mejor visualización en los diferentes layouts.

**Tabla 2.9. Códigos establecidos para cada producto**

Productos	Código
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	AC
Ácido Fosfórico USP 85%	AF
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	TRI
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	AA
Ácido Sulfónico Lineal	AS
Lauril Éter Sulfato Sódico	LE
Butil glicol	BU
Eritorbato de Sodio FCCIV	ERI
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	SOR
Benzoato de Sodio	BEN
Soda Caustica 99%	SC

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta un resumen de las características y consideraciones de cada una de las alternativas propuestas en la Tabla 2.10:

**Tabla 2.10. Resumen de características y consideraciones de las Alternativas de Diseño**

Alt.	Período	Descripción	Pallets		Racks (Driven-in) - Worst Case			Capacidad		Jaula (Soda Cáustica) Dimensiones (m)	Tiempo promedio de picking por mes (horas)	Distancia promedio en picking por mes (km)
			Unidades	Costo	Productos	Niveles	Espacios	En pallets	% de utilización			
<b>0</b>	Desde 2016 hasta finales de primer trimestre del 2017.	Pallets ubicados a doble posición con una entrada.	210	\$ -			0		221	95%	9,60x3,70x4	4.66
<b>1</b>	Desde inicios del primer trimestre del 2017 hasta finales del segundo trimestre del 2017.	Pallets de doble entrada ubicados a doble y triple posición.	324	\$ 2,268.00	Eri - Sor - Ben	2	78	333	97%	9,60x3,70x4	8.42	7.28
<b>2</b>	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Pallets de doble entrada ubicados a doble y triple posición.	376	\$ 2,632.00	Bu - Eri - Sor - Ben - S.C.	3	195	401	94%	16,5x3,70x6	9.02	7.76
<b>3</b>	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Pallets de doble entrada ubicados a doble y triple posición.	376	\$ 2,632.00	Todos menos S.C.	3	381	456	82%	23,70x3,70x4	8.39	5.76
<b>4</b>	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Pallets de doble entrada ubicados a doble y triple posición.	376	\$ 2,632.00	Todos	3	501	501	75%	16,5x3,70x6	8.71	8.07
<b>5</b>	Desde inicios del tercer trimestre del 2017 en adelante.	Oficina con altito y pallets de doble entrada ubicados a doble y triple posición.	376	\$ 2,632.00	Todos	3	501	513	73%	16,5x3,70x6	8.48	7.54

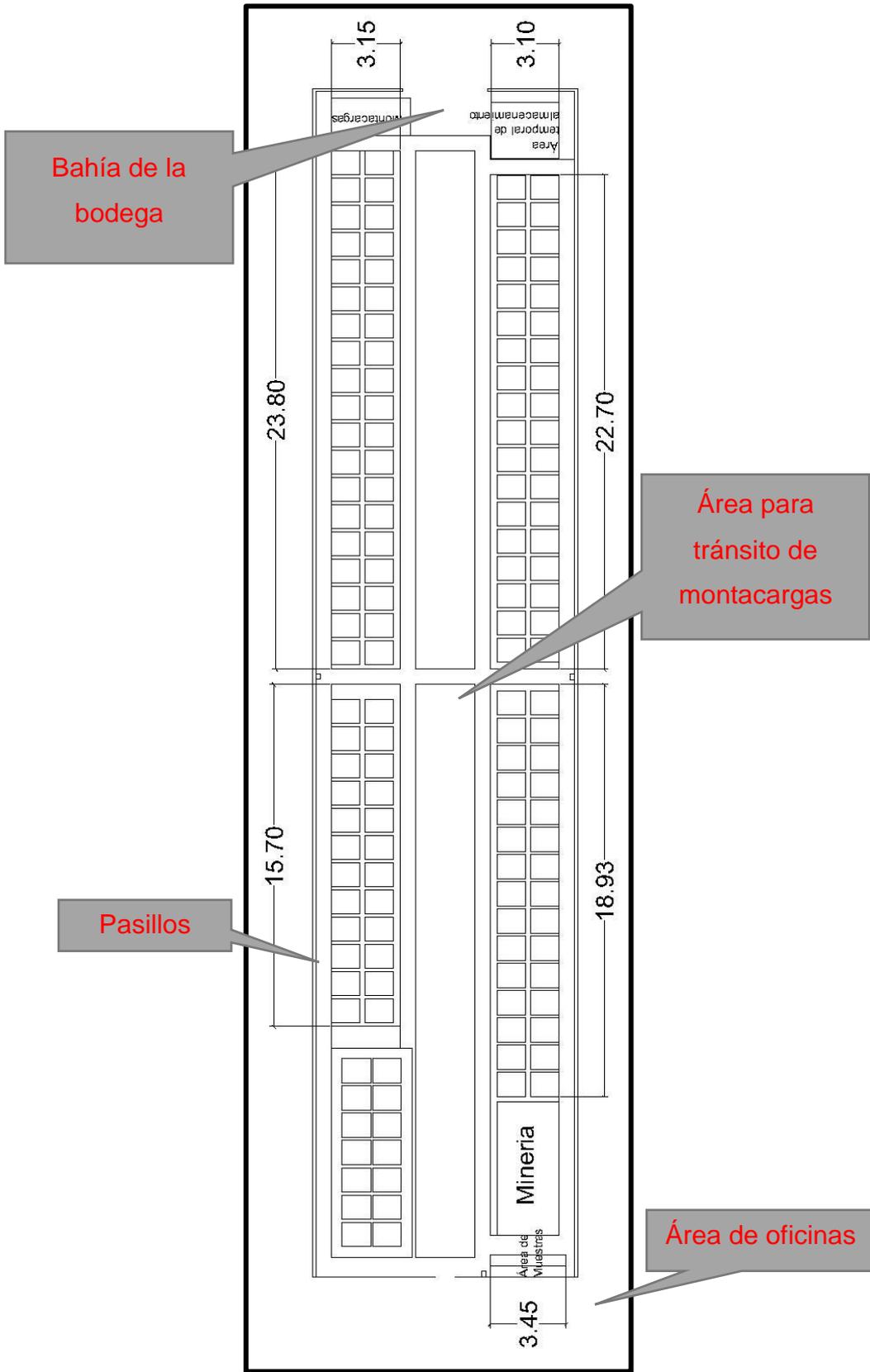
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se procederá a detallar todas las alternativas mencionadas anteriormente:

### **Alternativa 0**

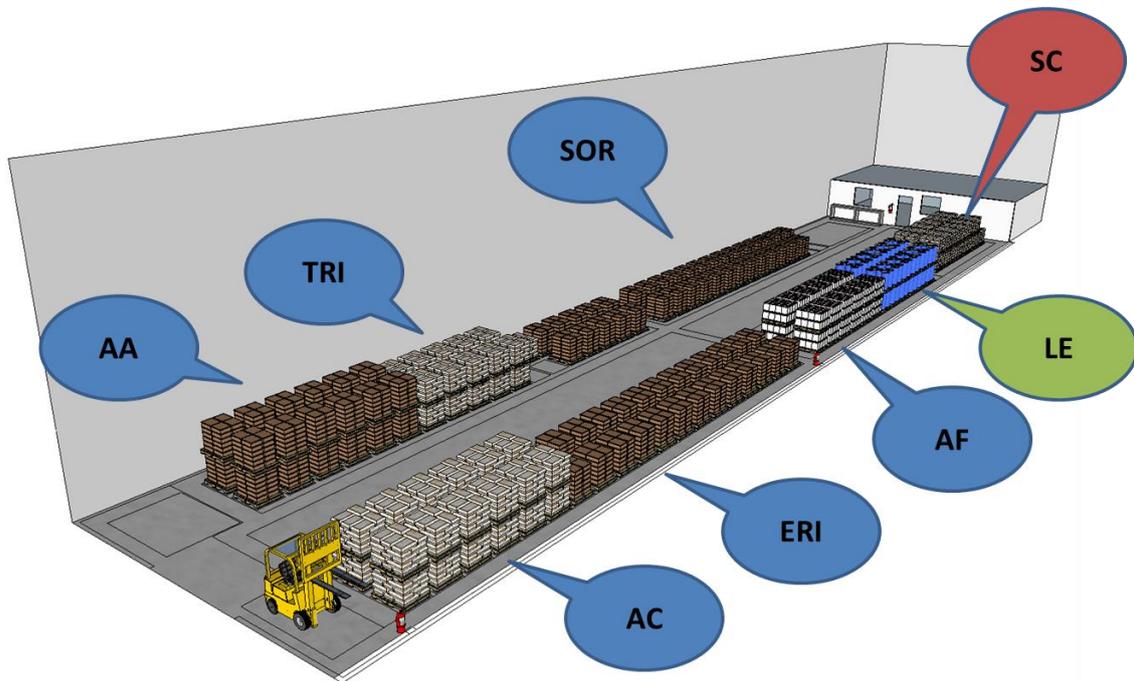
El periodo de análisis para esta alternativa es desde el 2016, hasta el primer trimestre del 2017. Los pallets son de doble entrada para los productos de la bodega anterior ubicados a doble posición, como se muestra en el PLANO 1.

Los productos estarán distribuidos en base al principio de rotación, ya explicado anteriormente, como se muestra en la Figura 2.23:



**PLANO 1 Layout de bodega alternativa 0**

Fuente: Elaboración propia.



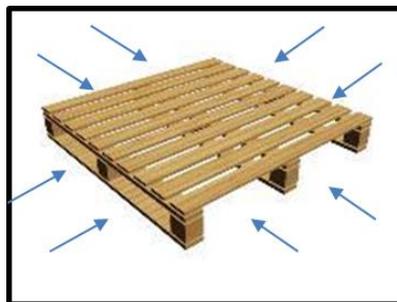
**Figura 2.23. Ilustración bodega alternativa 0**

Fuente: Elaboración propia.

### Consideraciones para el diseño de Configuraciones incluyendo el incremento de la demanda

Para las alternativas de la 1 a la 5 se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se utilizaron pallets de 4 entradas de 1 metro de largo por 1.20 metros de ancho, como se muestra en la siguiente Figura 2.24. Esto permitirá que se pueda ubicar el pallet aprovechando el mayor espacio de almacenamiento.



**Figura 2.24. Pallets de cuatro entradas**

Fuente: Elaboración propia.

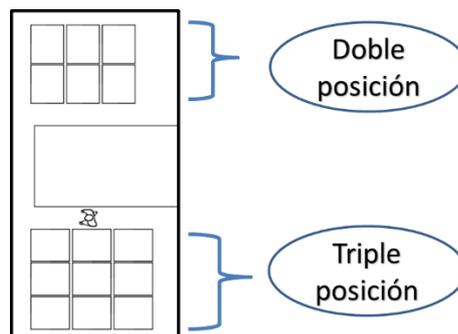
- Las estanterías consideradas para los diseños son de tipo acumulativo, como se muestra en la siguiente Figura 2.25. Se decidió utilizar este tipo de estantería, cuyo beneficio es maximizar el uso del espacio tanto en superficie como en altura.



**Figura 2.25. Estanterías tipo acumulativos**

Fuente: <http://www.serviaceroalmacenaje.com.mx>.

- La ubicación de los pallets podrá estar hecha a doble y triple posición como se muestra en la Figura 2.26:



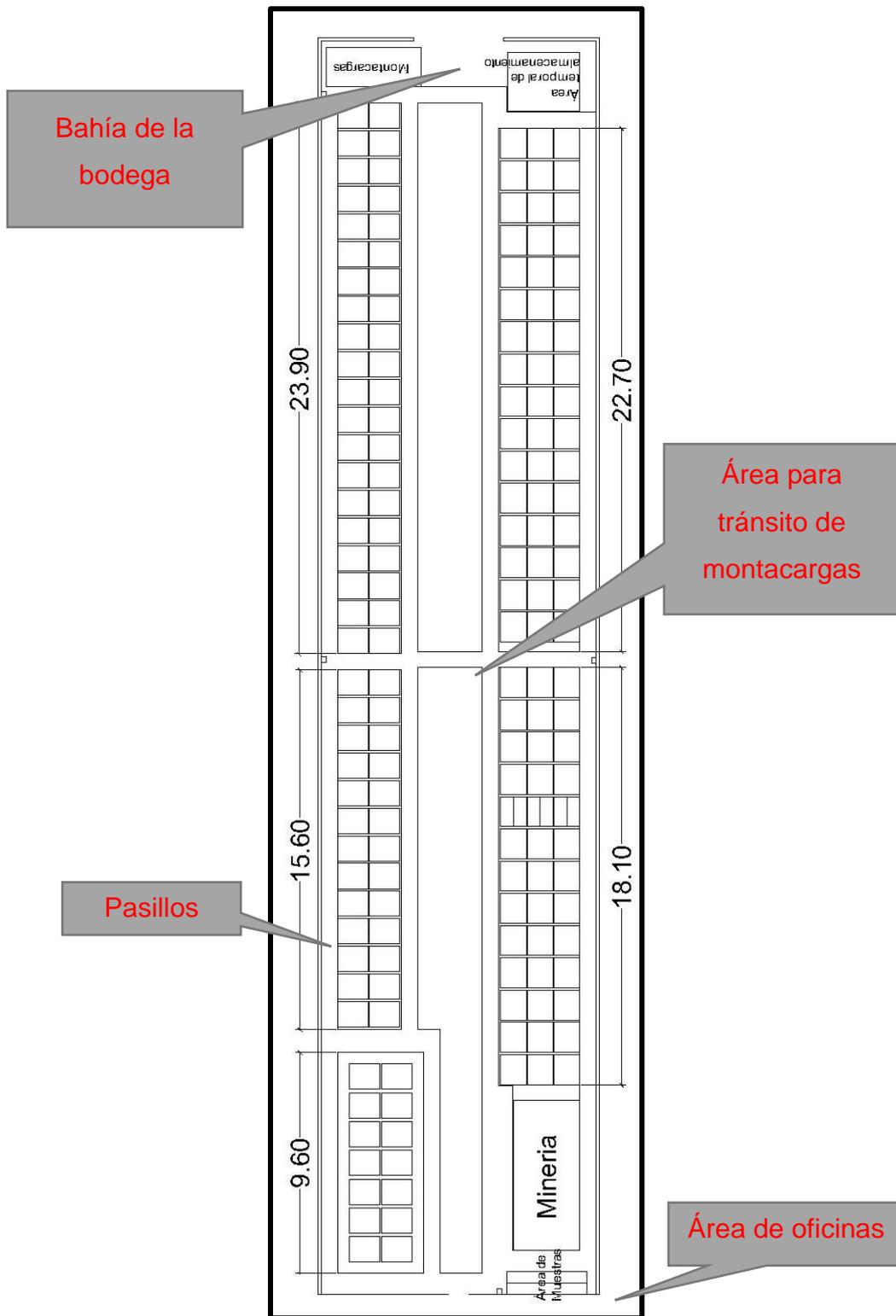
**Figura 2.26. Pallets ubicados a doble y triple posición**

Fuente: Elaboración propia.

### **Alternativa 1**

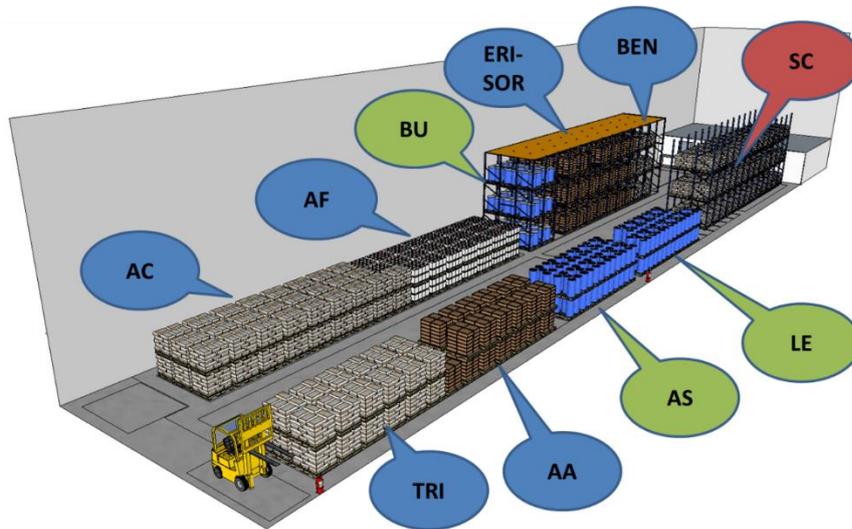
El periodo de análisis para esta alternativa es desde el comienzo del primer trimestre del 2017 hasta el final del segundo trimestre del 2017. Los pallets son de cuatro entradas para todos los productos, ubicados a doble y triple posición, como se muestra en el PLANO 2.

Los productos estarán distribuidos en base al principio de volumen de demanda anual, ya explicado anteriormente, como se muestra en la Figura 2.27:



**PLANO 2 Layout de bodega alternativa 1**

Fuente: Elaboración propia.



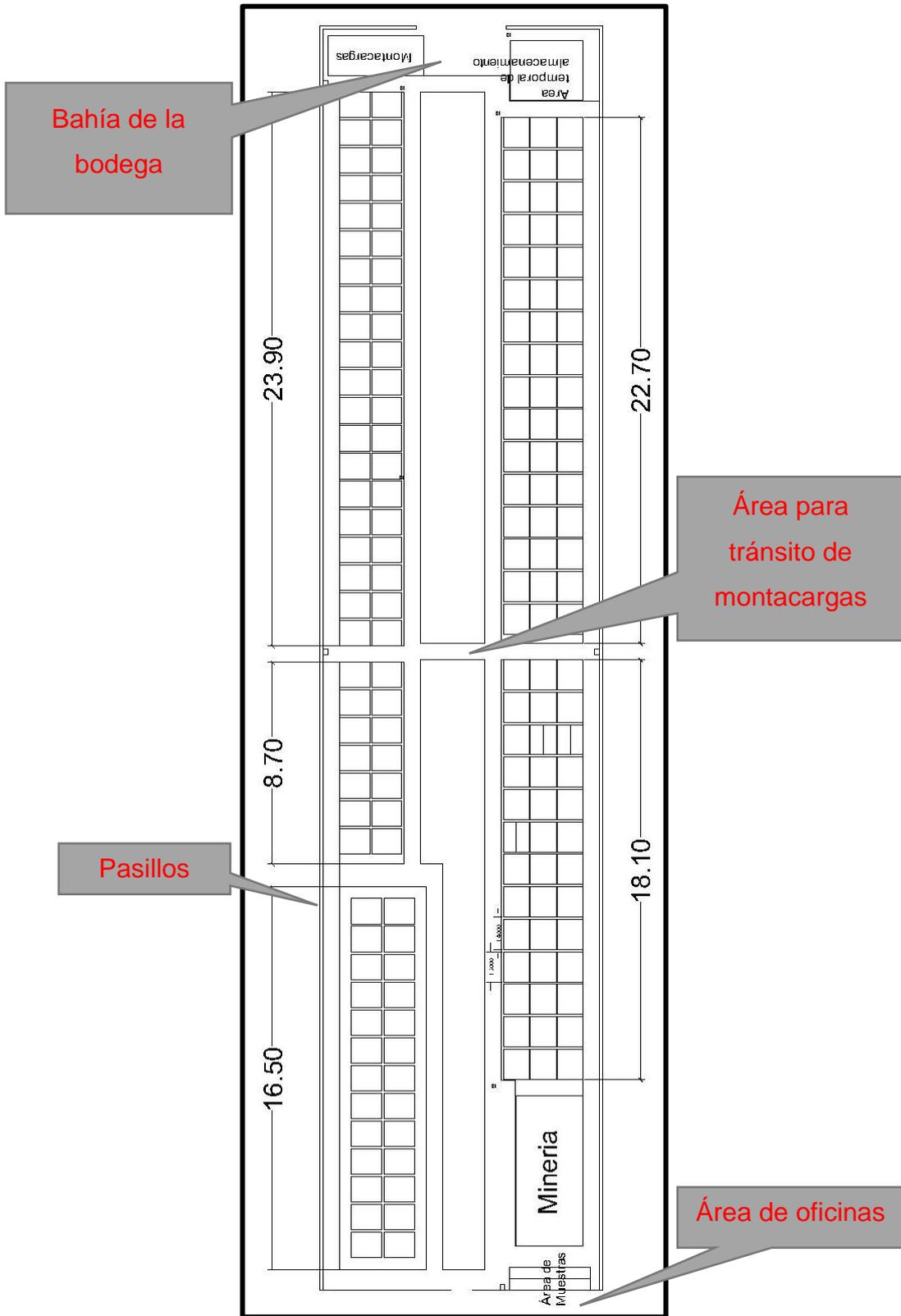
**Figura 2.27. Ilustración bodega alternativa 1**

Fuente: Elaboración propia.

## **Alternativa 2**

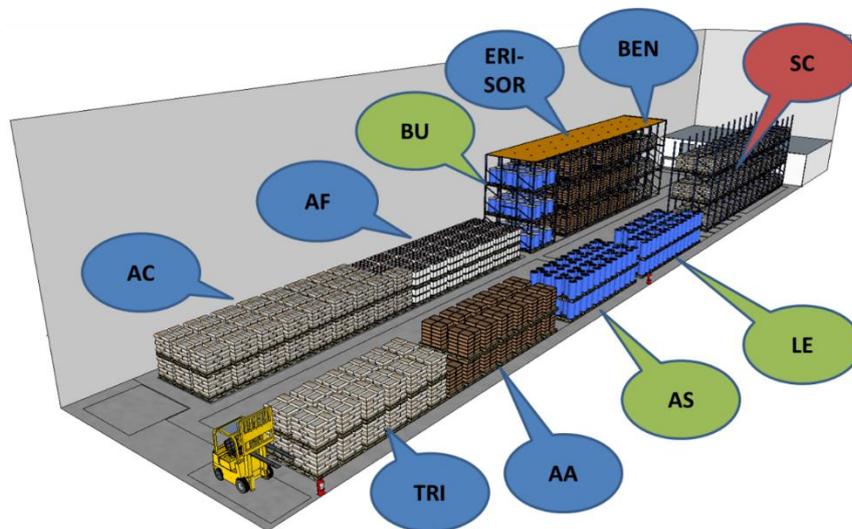
El periodo de análisis para esta alternativa es desde el final del segundo trimestre del 2017 en adelante. Los palets son de cuatro entradas para todos los productos, ubicados a doble y triple posición, como se muestra en el PLANO 3.

Los productos estarán distribuidos en base al principio de volumen de demanda anual, ya explicado anteriormente, como se muestra en la Figura 2.28:



**PLANO 3 Layout de bodega alternativa 2**

Fuente: Elaboración propia.



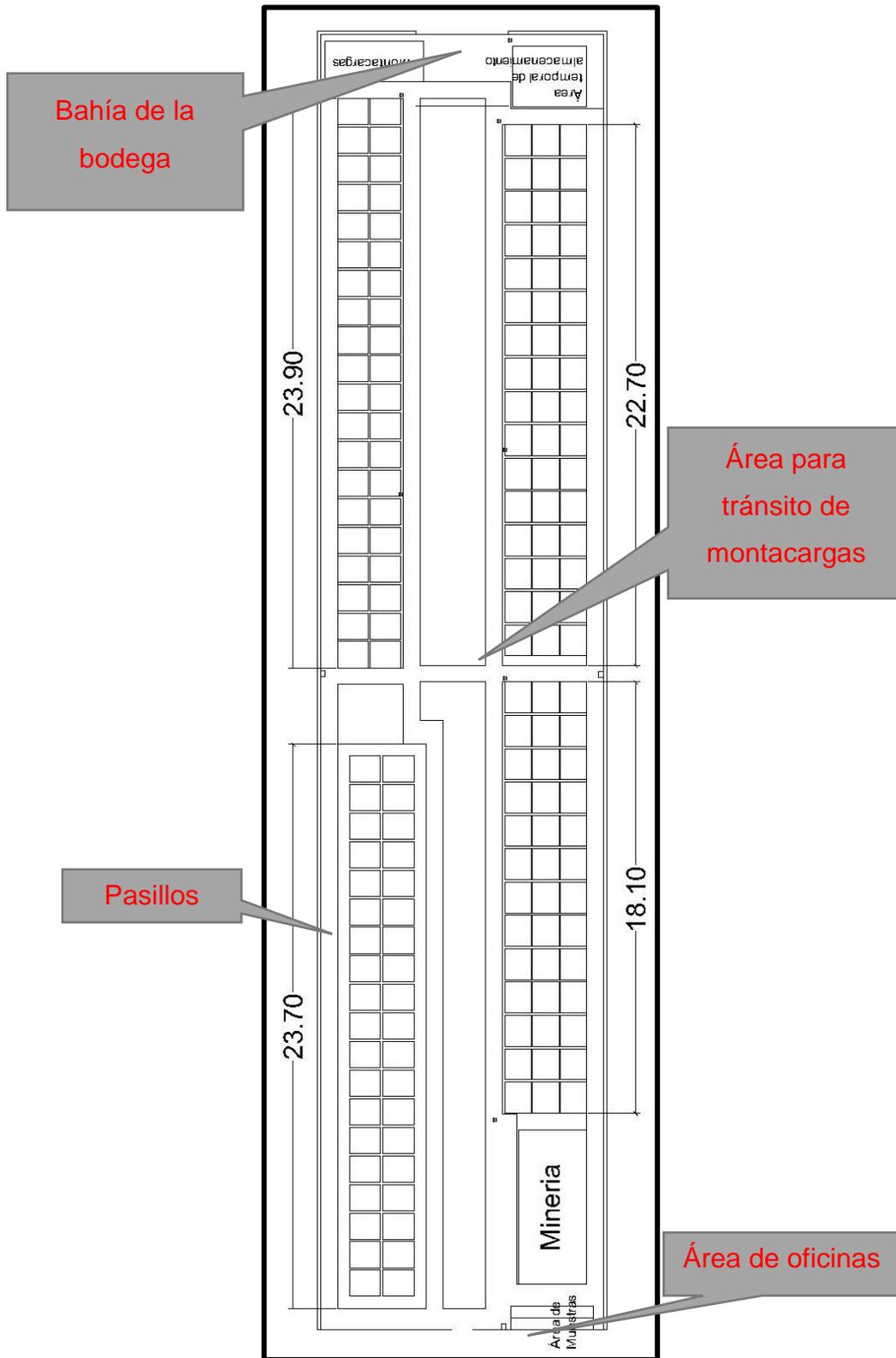
**Figura 2.28. Ilustración bodega alternativa 2**

Fuente: Elaboración propia.

### Alternativa 3

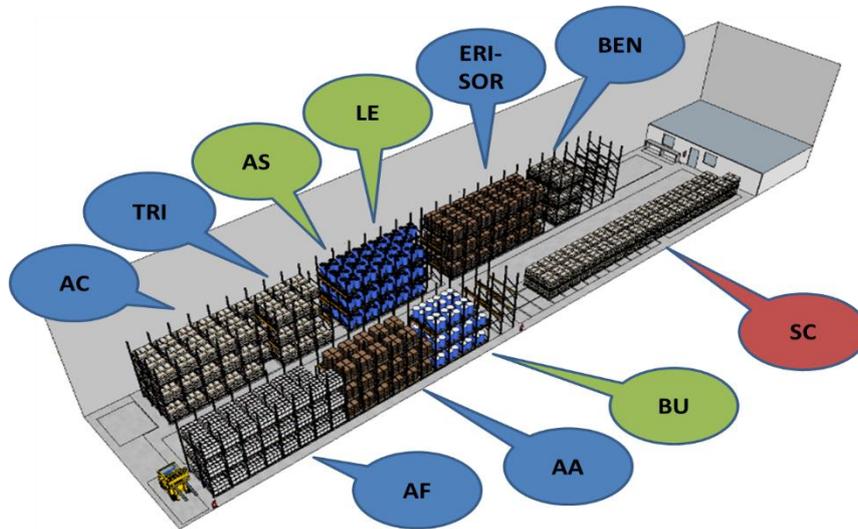
El periodo de análisis para esta alternativa es desde el final del segundo trimestre del 2017 en adelante. Los pallets son de cuatro entradas para todos los productos, ubicados a doble y triple posición, como se muestra en el PLANO 4.

Los productos estarán distribuidos en base al principio de volumen de demanda anual, ya explicado anteriormente, con estanterías a 3 niveles para todos los productos menos la SC, como se muestra en la Figura 2.29.



**PLANO 4** Layout de bodega alternativa 3

Fuente: Elaboración propia.



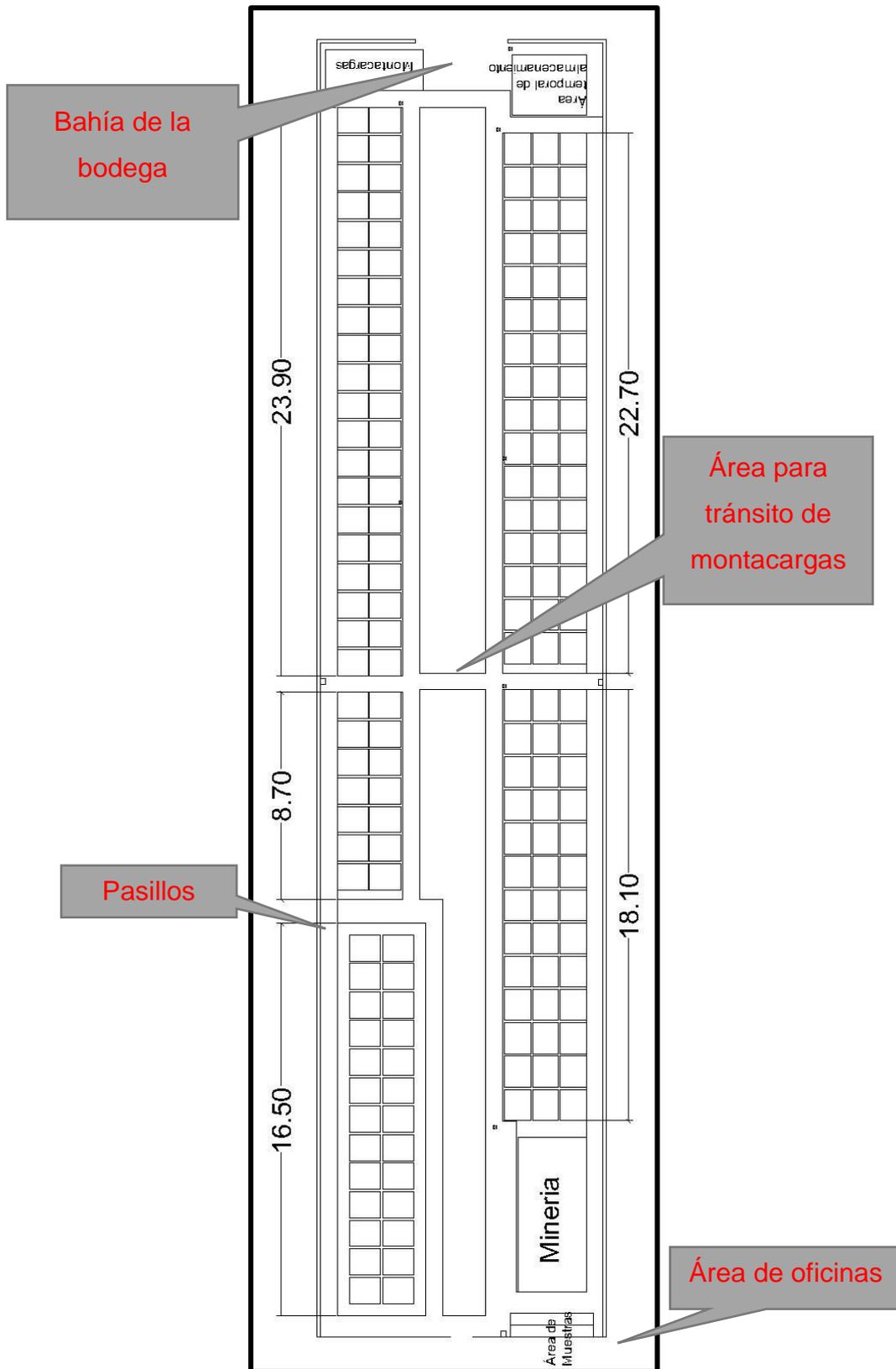
**Figura 2.29. Ilustración bodega alternativa 3**

Fuente: Elaboración propia.

#### **Alternativa 4**

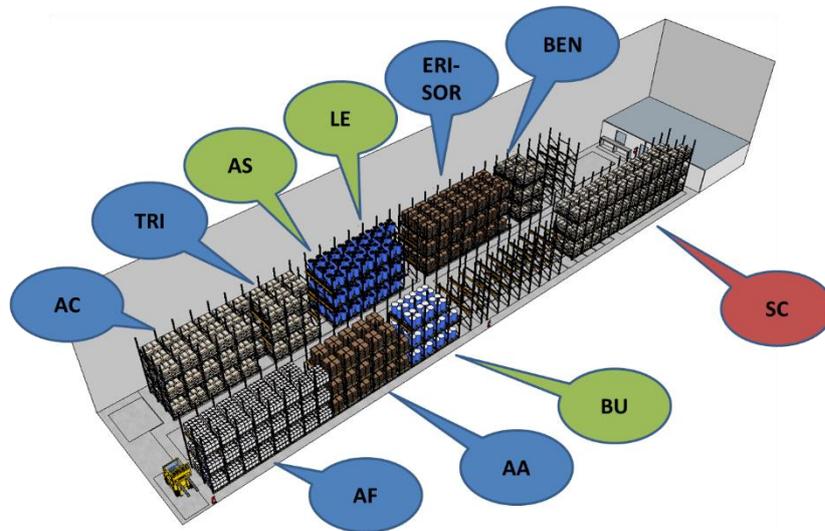
El periodo de análisis para esta alternativa es desde el final del segundo trimestre del 2017 en adelante. Los pallets son de cuatro entradas para todos los productos, ubicados a doble y triple posición, como se muestra en el PLANO 5.

Los productos estarán distribuidos en base al principio de volumen de demanda anual, ya explicado anteriormente, con estanterías a 3 niveles para todos los productos, en la Figura 2.30:



**PLANO 5 Layout de bodega alternativa 4**

Fuente: Elaboración propia.



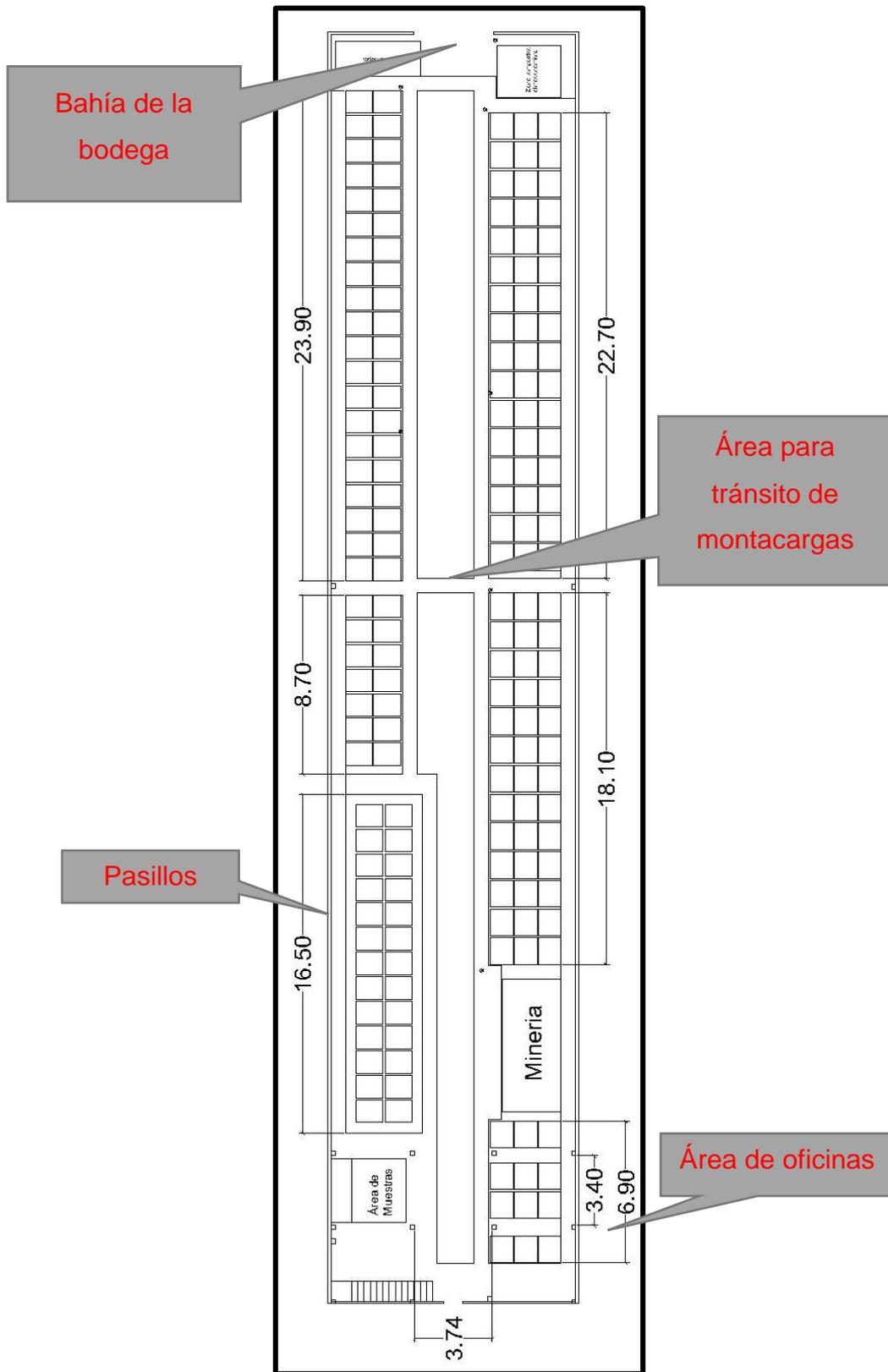
**Figura 2.30. Ilustración bodega alternativa 4**

Fuente: Elaboración propia.

### **Alternativa 5A**

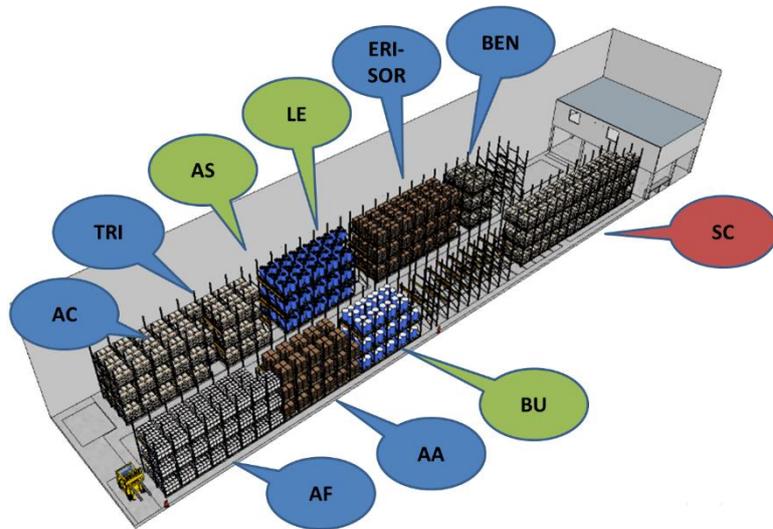
El periodo de análisis para esta alternativa es desde el final del segundo trimestre del 2017 en adelante. Los pallets son de cuatro entradas para todos los productos, ubicados a doble y triple posición, como se muestra en el PLANO 6.

Los productos estarán distribuidos en base al principio de volumen de demanda anual, ya explicado anteriormente, con estanterías a 3 niveles para todos los productos y un mezzanine como se muestra en la Figura 2.31:



**PLANO 6** Layout de bodega alternativa 5a

Fuente: Elaboración propia.



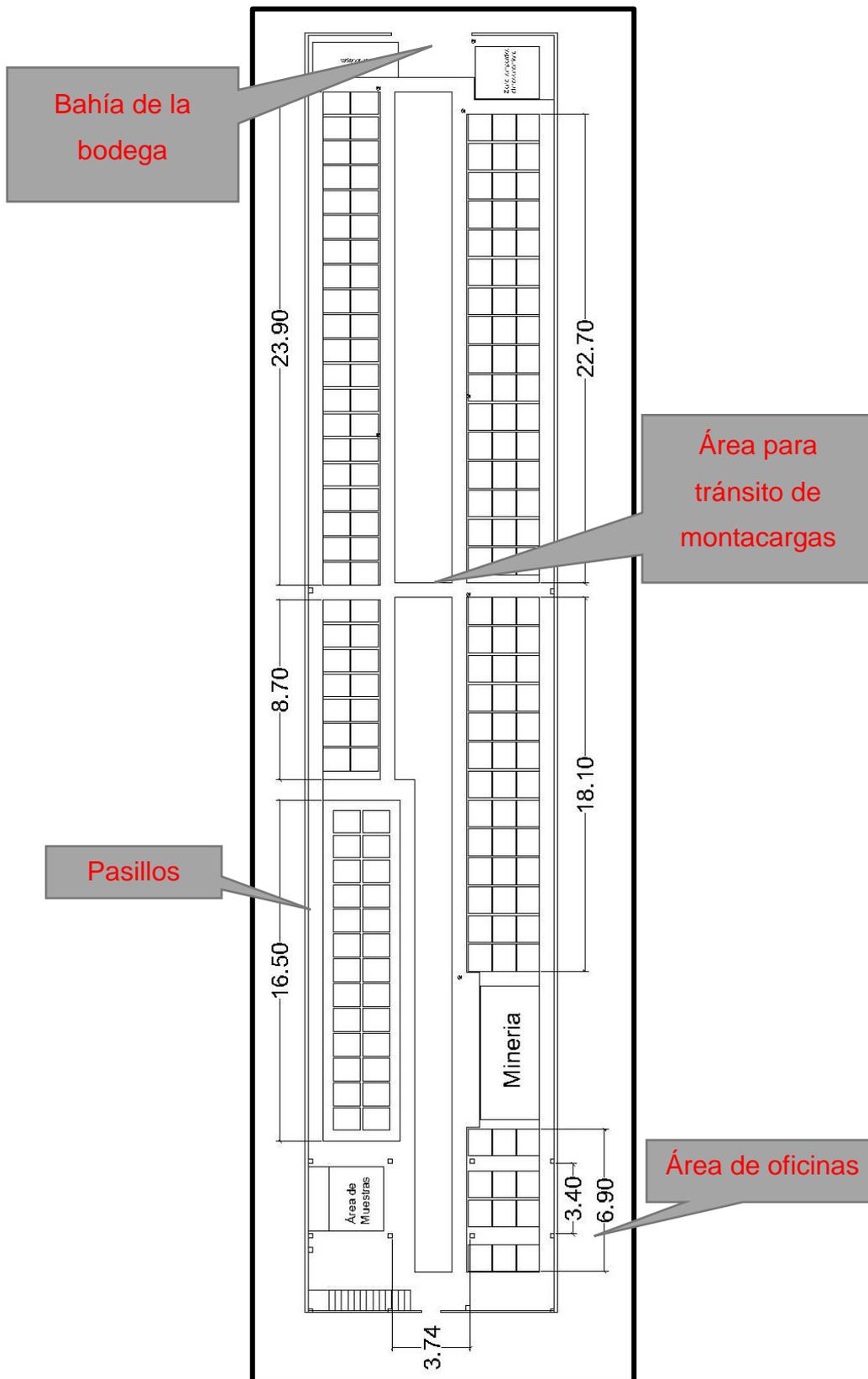
**Figura 2.31. Ilustración bodega alternativa 5a**

Fuente: Elaboración propia.

### **Alternativa 5B**

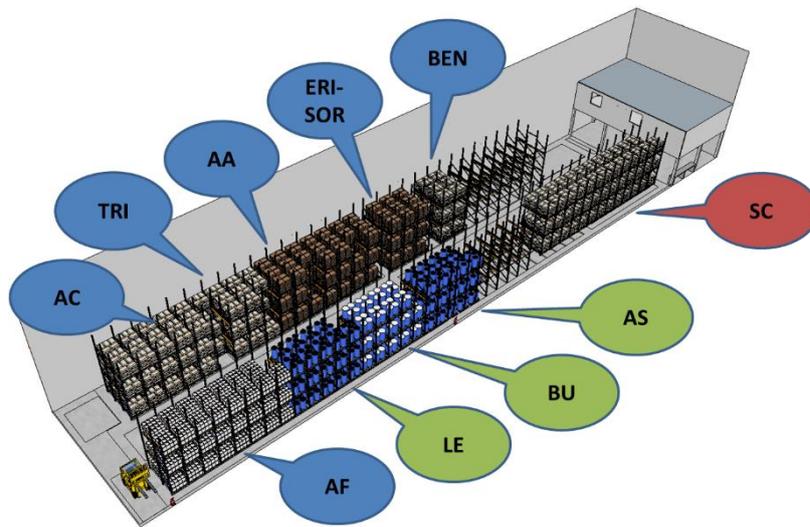
El periodo de análisis para esta alternativa es desde el final del segundo trimestre del 2017 en adelante. Los pallets son de cuatro entradas para todos los productos, ubicados a doble y triple posición, como se muestra en el PLANO 7.

Los productos estarán distribuidos en base al principio de volumen de demanda anual, sumándole que los productos de la misma familia se encuentren juntos, con estanterías a 3 niveles para todos los productos y un mezzanine en la Figura 2.32:



**PLANO 7 Layout de bodega alternativa 5b**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 2.32. Ilustración bodega alternativa 5b**

Fuente: Elaboración propia.

### 2.11 Despacho de productos

La compañía cuenta con dos tipos de despacho para sus clientes: en camioneta y furgón, los mismos que se ven afectados por la bahía de despacho, ya que cuenta con una altura superior a los vehículos, sumándole a que el muelle cuenta con una inclinación como se muestra en la Figura 2.33:



**Figura 2.33. Inclinación del muelle de despacho**

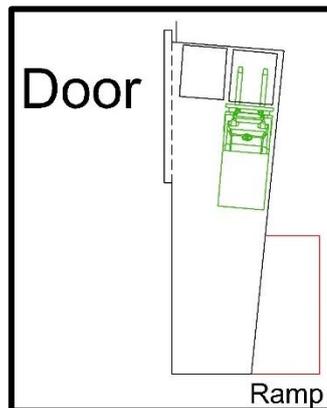
Fuente: Elaboración propia.

Para contrarrestar este inconveniente se ha planteado dos métodos de operación que permitan realizar los despachos de mejor manera, los cuales son: por una rampa o por una plataforma.

## Rampa

La operación utilizando una rampa se detalla a continuación, cuyo impacto se analizará por simulación más adelante:

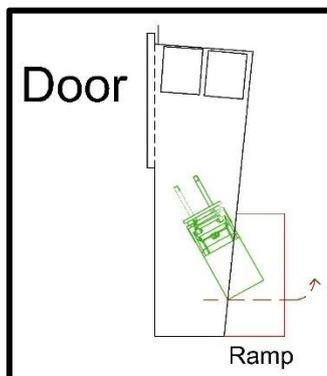
- Localizar un pallet sobre el muelle, como se muestra en la Figura 2.34:



**Figura 2.34. Localización de pallets sobre muelle**

Fuente: Elaboración propia.

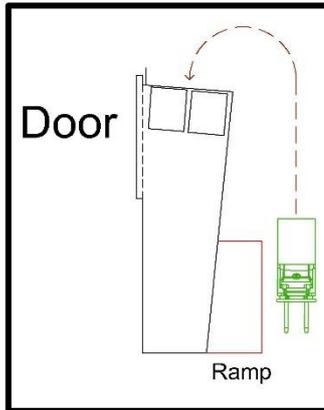
- Mover el montacargas a través de la rampa, como se muestra en la Figura 2.35:



**Figura 2.35. Movimiento de montacargas por la rampa**

Fuente: Elaboración propia.

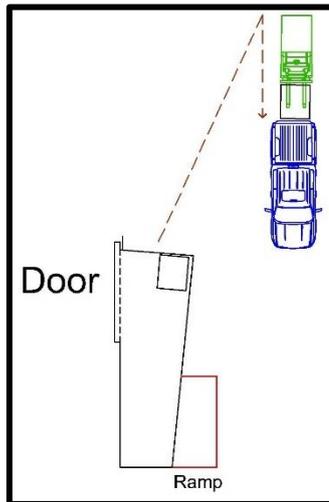
- Llevar el montacargas frente al pallet que se encuentra en el muelle, como se muestra en la Figura 2.36:



**Figura 2.36. Ubicar el montacargas frente al muelle**

Fuente: Elaboración propia.

- Recoger el pallet y llevarlo al camión o furgón, como se muestra en la Figura 2.37:

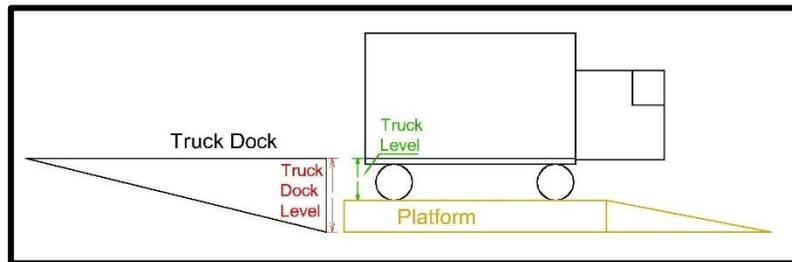


**Figura 2.37. Llevar pallet del muelle hacia el camión o furgón**

Fuente: Elaboración propia.

## Plataforma

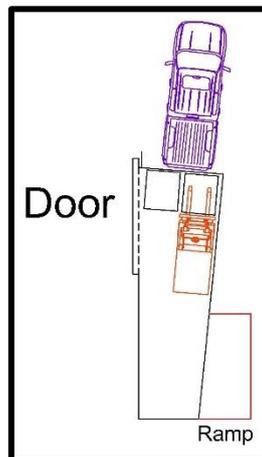
La plataforma ayuda a que la camioneta o el furgón alcance el nivel del muelle como se muestra en la Figura 2.38, cuyo impacto también se analizará por simulación más adelante:



**Figura 2.38. Plataforma ayuda al camión a tener el mismo nivel del muelle**

Fuente: Elaboración propia.

La operación con este implemento es más simple, ya que sólo se debe llevar el producto al muelle, para que luego sea ubicado en la camioneta o en el furgón, como se muestra en la Figura 2.39:



**Figura 2.39. Operación de despacho con plataforma**

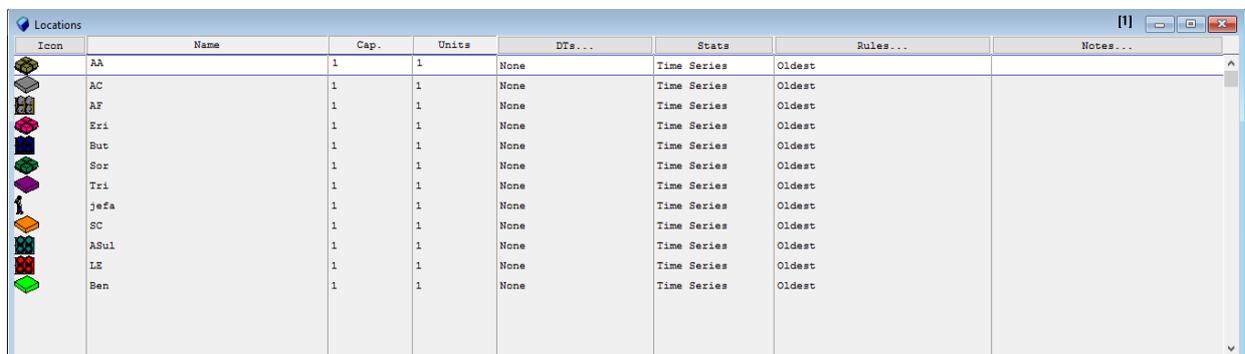
Fuente: Elaboración propia.

## 2.12 Simulación

Para determinar el tiempo de picking y despacho de la bodega se procedió a realizar una simulación en el programa ProModel 7.5, para: la operación en la bodega anterior y las alternativas: 0 y 5 de la nueva bodega; y las formas de despacho en la rampa y la plataforma como se mencionó anteriormente.

La simulación maneja tiempos exponenciales, debido a que la operación de despacho sigue una distribución Poisson, ya que los eventos ocurren de manera continua e independiente a una tasa constante. Al usar esta distribución nos permitió que la simulación arroje valores cercanos a la realidad. Los parámetros para la simulación se obtuvieron mediante conversaciones con el equipo de trabajo, para determinar los tiempos promedios de operación.

Las locaciones de la simulación del picking, están presentes en la siguiente Figura 2.40, en donde su capacidad está representada por 4 pallets de sku´s; es decir la locación de AA (capacidad 1), en realidad se está simulando 4 pallets de AA.

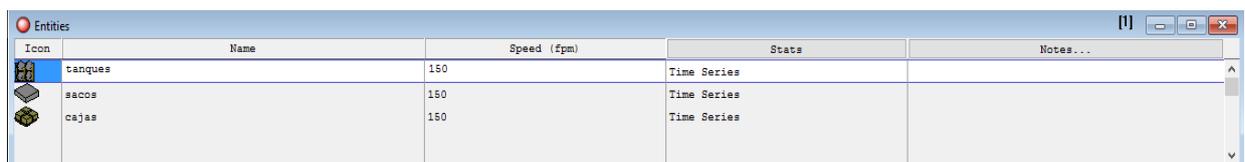


Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...	Notes...
	AA	1	1	None	Time Series	Oldest	
	AC	1	1	None	Time Series	Oldest	
	AF	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Eri	1	1	None	Time Series	Oldest	
	But	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Sor	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Tri	1	1	None	Time Series	Oldest	
	jefa	1	1	None	Time Series	Oldest	
	SC	1	1	None	Time Series	Oldest	
	ASul	1	1	None	Time Series	Oldest	
	LE	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Ben	1	1	None	Time Series	Oldest	

**Figura 2.40. Locaciones de la simulación en programa ProModel**

Fuente: Elaboración propia.

Las entidades de la simulación están formadas por: sacos, cajas y tanques como se muestra en la Figura 2.41:

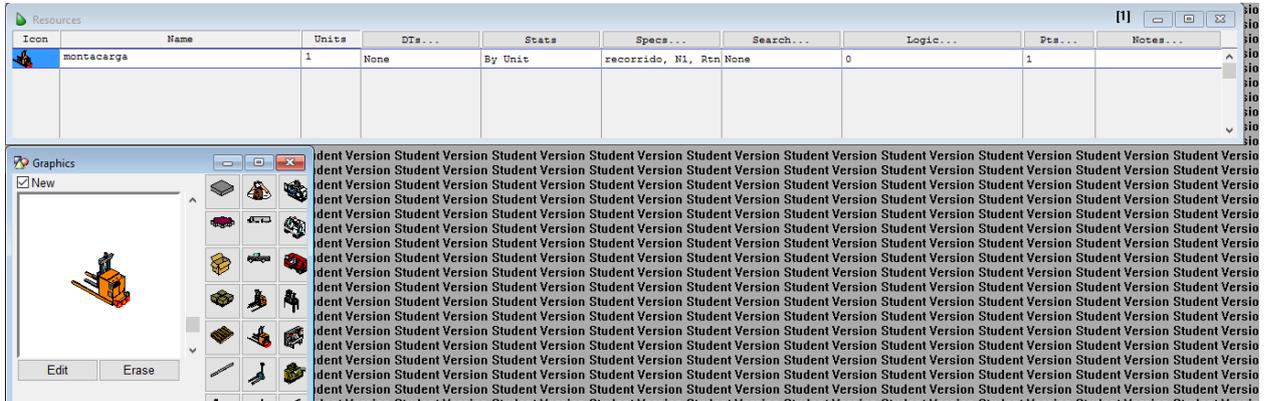


Icon	Name	Speed (fpm)	Stats	Notes...
	tanques	150	Time Series	
	sacos	150	Time Series	
	cajas	150	Time Series	

**Figura 2.41. Entidades de la simulación en programa ProModel**

Fuente: Elaboración propia.

El recurso usado en la simulación será el montacargas, el mismo que cumplirá con las indicaciones de la ruta de acceso “recorrido”, como se muestra en la Figura 2.42:



**Figura 2.42. Montacargas como recurso en simulación en programa ProModel**

Fuente: Elaboración propia.

La ruta de acceso “recorrido” del montacargas es la que determina cuánto se va a demorar en realizar el picking de los diferentes productos, los cuales tienen una media diferente, como se muestra en la Figura 2.43:

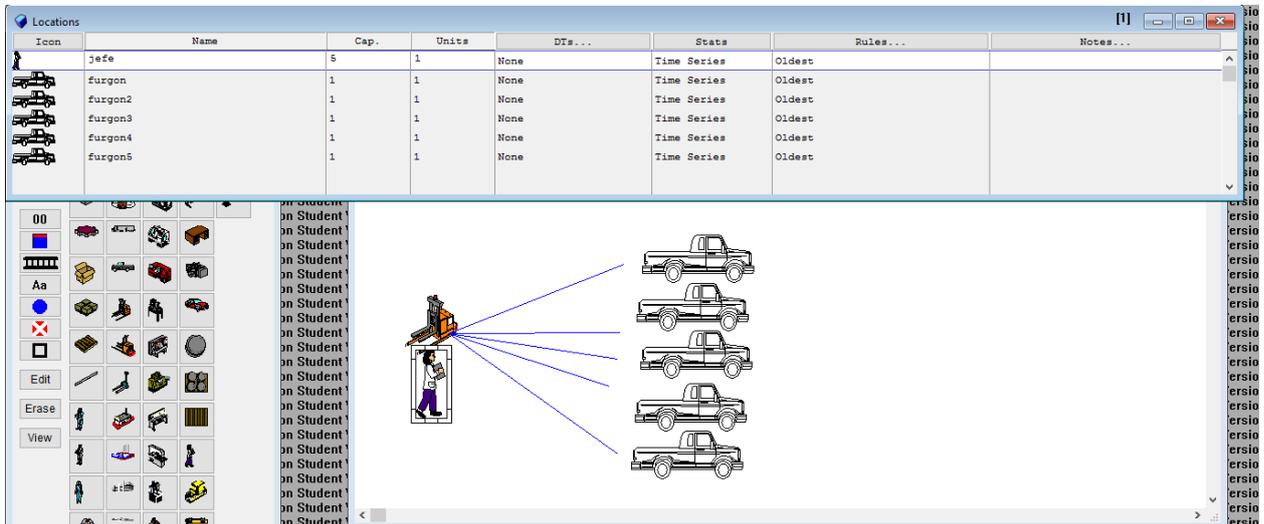
The image shows a screenshot of the 'Paths' window in ProModel. The table has columns: From, To, BI, and Time. The data is as follows:

From	To	BI	Time
N1	N2	Bi	e (1.73)
N1	N3	Bi	e (3.33)
N1	N4	Bi	e (4.67)
N1	N5	Bi	e (5.73)
N1	N6	Bi	e (6)
N1	N7	Bi	e (1.07)
N1	N8	Bi	e (2)
N1	N9	Bi	e (2.4)
N1	N10	Bi	e (3.2)
N1	N11	Bi	e (3.87)
N1	N12	Bi	e (4.8)

**Figura 2.43. Tiempo de picking del montacargas para cada producto en programa ProModel**

Fuente: Elaboración propia.

Las locaciones de la simulación de despacho con la rampa y plataforma están presentes en la Figura 2.44:



**Figura 2.44. Locaciones de la simulación de despacho en rampa en programa ProModel**

Fuente: Elaboración propia.

En cada caso los tiempos serán diferentes entre estos tipos, así como para camioneta o furgón, los mismos que se obtuvieron mediante conversaciones con el encargado de operar el montacargas. Las entidades que se manejarán en esta simulación son: sacos, cajas, tanques metálicos, tanques plásticos y canecas como se muestra en la Figura 2.45:



**Figura 2.45. Entidades utilizadas en la simulación en programa ProModel**

Fuente: Elaboración propia.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS

Para el modelo de asignación para la distribución de producto se decidió utilizar el programa GAMS (General Algebraic Modeling System). Se procedió a realizar la programación para cada alternativa como se muestra en el APÉNDICE A. Se resolvió el problema de asignación para todas las alternativas que presentamos. La información que se utilizó fue la siguiente:

- Matriz de tiempos promedios en segundos para la operación de picking de cada alternativa.
- Matriz de capacidad en pallets para cada alternativa.

En el APÉNDICE B se puede encontrar todas las tablas que se utilizaron para cada alternativa. Dado que la soda cáustica es un producto de control, este no formó parte del problema de asignación y se decidió darle un valor específico al tiempo de picking de este producto, que se sumará al tiempo obtenido por el problema para obtener el tiempo de picking de cada alternativa.

Finalmente, el programa arrojó resultados del tiempo de picking mensual en horas para cada una de las alternativas como se muestra en la Figura 3.1:

Alternativa	Funcion Objetivo - Tiempo (horas)		
	Todos los Productos sin S.C.	Soda Cáustica	Total
0	3.44	0.83	4.28
1	7.59	0.83	8.43
2	6.62	2.4	9.01
3	6.22	2.17	8.39
4	6.31	2.4	8.7
5A	6.31	2.4	8.7
5B	6.09	2.4	8.48

**Figura 3.1. Resultados del modelo de asignación por Alternativa**

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los diversos diseños de layout que podría tener la bodega, elegimos y recomendamos a la empresa la alternativa 5B como se mostró anteriormente en el Capítulo 2, en la Figura 2.32.

Los resultados de la simulación determinaron que la alternativa propuesta reduce 4 veces el tiempo de picking anual dentro de la bodega actual con respecto a la anterior. Se consideró hacer la comparación también con la alternativa 0 debido a que contiene los productos manejados hasta el 2016, por lo que al hacer la comparación con la alternativa 5B es menor debido a que en la misma están analizados los nuevos productos.

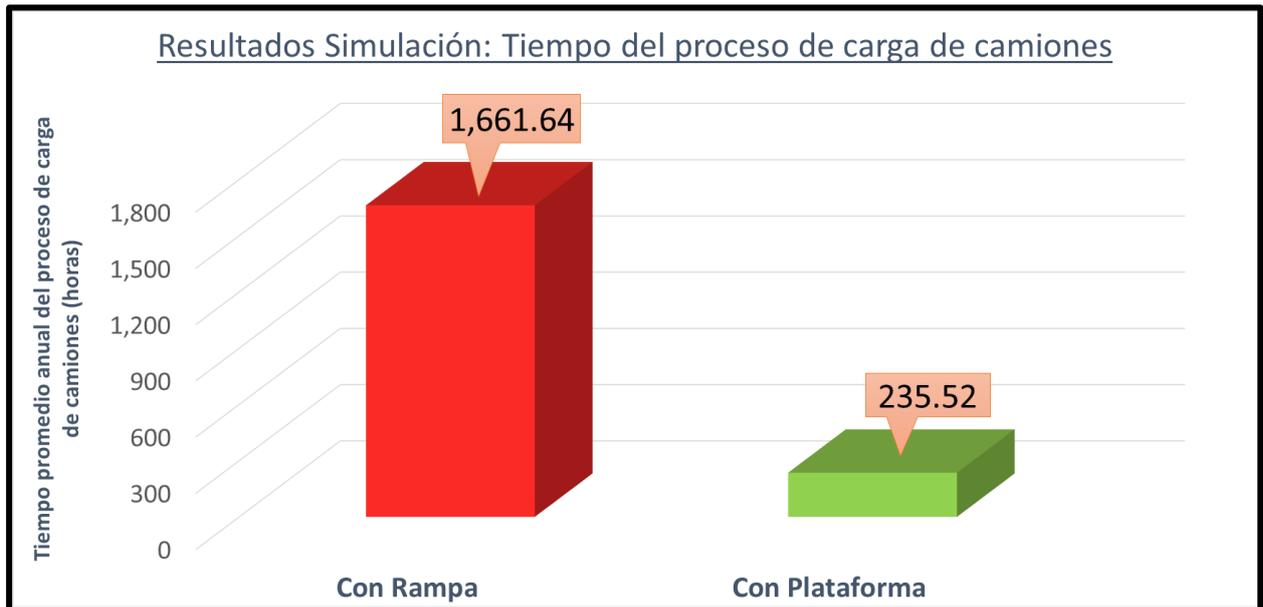
En la siguiente Figura 3.2 podemos apreciar la considerable reducción antes mencionada del tiempo de picking con respecto a la bodega anterior.



**Figura 3.2. Resultados de la simulación para el tiempo de Picking**

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la simulación para la operación de despacho con rampa y con plataforma, arrojando resultados impactantes, como se muestra en la siguiente Figura 3.3. Esto se debe a que el tiempo anual en realizar esta operación con plataforma es 7 veces más rápido que la realizada con rampa; por lo que la forma de despacho escogida definitivamente debería ser realizada mediante la plataforma.

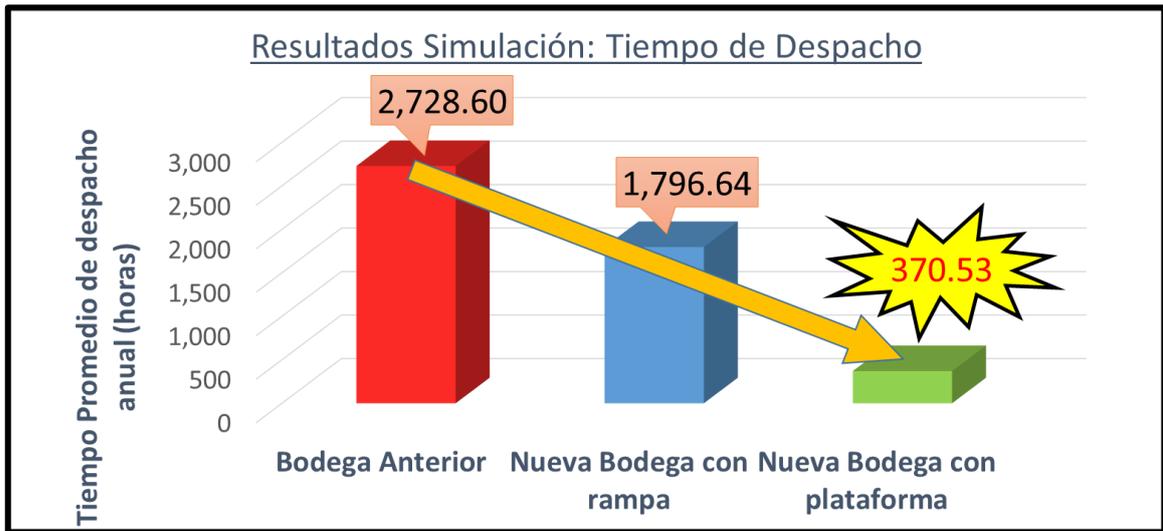


**Figura 3.3. Resultados de la simulación del proceso de carga de camiones con rampa y con plataforma**

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que el volumen de productos aumenta en la nueva bodega, el tiempo de despacho disminuye; esto se debe a que, para llegar a un producto deseado en la bodega anterior, se requería en algunos casos, mover otros productos para llegar al mismo, aumentando como consecuencia el tiempo de despacho.

Finalmente se realizó una simulación para el tiempo promedio de despacho anual, entre la bodega anterior y la bodega nueva con la rampa y con la plataforma, obteniendo como resultado una reducción de 2358.08 horas por año, como se detalla en la Figura 3.4:



**Figura 3.4. Resultados de la simulación del tiempo de despacho**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1 Análisis Financiero

Después de mostrar los resultados en donde se demuestra por qué se escogió la alternativa 5B, se detallará en la siguiente Tabla 3.1, la inversión que la empresa debería realizar en los diferentes años para poder lograr lo mostrado anteriormente.

**Tabla 3.1. Tabla de Inversión**

Inversión	Costo	Año de Inversión
Mezzanine	\$ 21.000	2016
Techo	\$ 2.000	2017
Racks	\$ 30.060	2017
Palets	\$ 2.632	2017
Rampa	\$ 350	2017
Banderas	\$ 100	2017
Jaula	\$ 4.000	2017
Pintura	\$ 450	2017
Iluminaria	\$ 1.500	2017
Plataforma	\$ 22.500	2018
Furgón	\$ 50.000	2019
Montacarga	\$ 35.000	2020

Fuente: Elaboración propia.

Para justificar la inversión propuesta se realizó el flujo de caja respectivo, el cual se detalla en la siguiente Tabla 3.2, considerando todas las propuestas de inversión mencionadas anteriormente con sus respectivos años; de esta forma se analizó el ámbito financiero de la compañía, el cual tuvo una proyección del 2% anual de la demanda por 5 años.

**Tabla 3.2. Flujo de caja a cinco años con un incremento del 2% de demanda anual**

	Con el incremento de demanda del 2% Anual					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ingresos		\$ 4.462.050,80	\$ 5.733.600,80	\$ 5.848.272,82	\$ 5.962.944,83	\$ 6.077.616,85
Costos		\$ 2.716.921,17	\$ 3.488.535,45	\$ 3.488.535,45	\$ 3.488.535,45	\$ 3.488.535,45
<b>UTILIDAD OPERATIVA</b>		<b>\$ 1.745.129,63</b>	<b>\$ 2.245.065,35</b>	<b>\$ 2.359.737,37</b>	<b>\$ 2.474.409,38</b>	<b>\$ 2.589.081,40</b>
Gastos Administrativos		\$ 198.238,45	\$ 276.341,65	\$ 339.986,51	\$ 403.547,94	\$ 467.177,99
Gastos de Venta		\$ 32.573,23	\$ 32.573,23	\$ 32.573,23	\$ 32.573,23	\$ 32.573,23
<b>UTILIDAD NO OPERATIVA</b>		<b>\$ 1.514.317,95</b>	<b>\$ 1.936.150,47</b>	<b>\$ 1.987.177,63</b>	<b>\$ 2.038.288,21</b>	<b>\$ 2.089.330,17</b>
Gastos Financieros		\$ 2.813,92	\$ 2.813,92	\$ 2.813,92	\$ 2.813,92	\$ 2.813,92
Depreciación		\$ 9.306,50	\$ 9.306,50	\$ 9.306,50	\$ 9.306,50	\$ 9.306,50
<b>UAIT</b>		<b>\$ 1.502.197,53</b>	<b>\$ 1.924.030,05</b>	<b>\$ 1.975.057,21</b>	<b>\$ 2.026.167,79</b>	<b>\$ 2.077.209,75</b>
Participación de trabajadores (15%)		\$ 225.329,63	\$ 288.604,51	\$ 296.258,58	\$ 303.925,17	\$ 311.581,46
Impuesto a la renta (22%)		\$ 280.910,94	\$ 359.793,62	\$ 369.335,70	\$ 378.893,38	\$ 388.438,22
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>\$ 995.956,96</b>	<b>\$ 1.275.631,93</b>	<b>\$ 1.309.462,93</b>	<b>\$ 1.343.349,24</b>	<b>\$ 1.377.190,07</b>
Inversión	\$ 31.053,01	\$ 41.092,00	\$ 22.500,00	\$ 50.000,00	\$ 35.000,00	\$ -
Depreciación		\$ 9.306,50	\$ 9.306,50	\$ 9.306,50	\$ 9.306,50	\$ 9.306,50
Saldo Inicial		\$ 42.944,07	\$ 964.171,46	\$ 1.262.438,43	\$ 1.268.769,43	\$ 1.317.655,74
<b>Flujo Neto</b>	<b>\$ -31.053,01</b>	<b>\$ 964.171,46</b>	<b>\$ 1.262.438,43</b>	<b>\$ 1.268.769,43</b>	<b>\$ 1.317.655,74</b>	<b>\$ 1.386.496,57</b>

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que la empresa contará con un flujo positivo desde el 2017, el cual es sumamente alto y continúa en crecimiento los siguientes años, nos arrojó una TIR del 3135% y un VAN de \$3.576.003,55, cuyos valores significan que cualquier inversión que tenga la compañía tendrá un retorno inmediato; esto nos permite confirmar que la empresa podrá realizar las inversiones propuestas sin ningún problema de flujo de dinero.

# CAPÍTULO 4

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La importancia del trabajo realizado prima en que se logró satisfacer las necesidades y requerimientos de la empresa, tales como la reducción del espacio recorrido en la bodega, reducción del tiempo de despacho de los productos; mostrando las diferentes alternativas que podrían lograr implementar ajustándose a los diferentes escenarios de tiempo; esto llevado de la mano en su participación en el mercado ecuatoriano, el cual aumentará considerablemente.

Las fortalezas del proyecto se dieron de varias formas, ya que la empresa siempre estuvo a merced de brindar información verídica y necesaria para realizar los diferentes análisis y proyecciones.

Otra fortaleza fue que las necesidades y requerimientos del equipo de la empresa, fueron canalizadas en función de su beneficio propio; de esta manera toda la compañía podrá ejercer sus operaciones de manera más eficiente. A pesar de que es una empresa joven en el país, cuenta con una excelente visión en cuanto a crecimiento y aporte al Ecuador.

Las debilidades radicarón en que, al ser una empresa joven, no contaban con cierta información necesaria para el desarrollo del proyecto. Es necesario mencionar que la empresa decidía cuál iba a ser la nueva bodega, por lo que a lo largo del proyecto fueron apareciendo nuevos retos, que posteriormente se lograron solucionar, siempre y cuando estuviesen a nuestro alcance.

En el proyecto se aplicaron conocimientos de diversas materias de la carrera, tales como: producción, logística, simulación, dibujo asistido por computadora, investigación de operaciones, seguridad industrial y diseño de plantas; esto hace que el mismo se vuelva complejo e interesante a la vez.

### 4.1 Conclusiones

1. Se logró desarrollar un diseño que cumpla con las limitaciones de la empresa: compatibilidad de productos, configuración de muelle de camiones, almacenamiento de transporte y manipulación de materiales peligrosos.
2. Como resultado se eligió la alternativa 5b, ya que reduce 4 veces el tiempo de recogida del producto y con la plataforma permite realizar la operación de

despacho 7 veces más rápido que con la rampa, comparando con la bodega anterior.

3. Los resultados de la alternativa 5b mostraron la reducción en el tiempo promedio de despacho de 2358,08 horas en comparación con la bodega anterior.
4. De acuerdo con el análisis de inversiones, en el peor de los casos, obtuvimos una TIR del 3135% y un VAN de \$ 3'576,003.55, lo que es alentador para la empresa al momento de realizar las inversiones propuestas.

#### **4.2 Recomendaciones**

1. Se recomienda que la empresa considere trabajar con una plataforma porque esto disminuye considerablemente el tiempo de envío.
2. Se recomienda en caso de que la empresa quiera aumentar su inventario, usar estanterías con más niveles para que puedan aprovechar la altura de la bodega.
3. Como se mostró en la alternativa 5b se recomienda construir el entresuelo, porque esto aumentaría la capacidad de la bodega, además de que permitiría un mejor control visual de las operaciones dentro de la misma por parte del personal administrativo.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Tompkins, Facilities Planning 4rd Edition, New York: Wiley, 2002.
- [2] Ronald H. Ballou, LOGÍSTICA Administración de la cadena de suministro 5ta Edición, México, 2004.
- [3] Serviacero equipo para almacenaje. Racks Drive-in [online]. Disponible en: <http://www.serviaceroalmacenaje.com.mx/productos/rack-selectivo/rack-drive-in/>

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

### Programación utilizada en programa GAMS

#### Programación alternativa 0

\* Alternative 0

sets

i "products" /AA, AC, ERI, SOR, TRI, AF, LE/;

j "levels" /1 \* 4/;

parameter d(i) "demand product i"

/AA 25, AC 25, ERI 25, SOR 37, TRI 25, AF 23, LE 23/;

parameter f(j) "capacity of level j in pallets"

/1 51, 2 48, 3 62, 4 30/;

parameter ht "seconds in hours";

ht = 3600;

parameter sct "soda caustica time";

sct = 0.83;

table t(i,j) "time to dispatch product i from level j"

	1	2	3	4
AA	36	9999	36	9999
AC	36	9999	44	9999
ERI	48	9999	9999	9999
SOR	9999	9999	63	87
TRI	36	9999	36	9999
AF	9999	120	9999	9999
LE	9999	120	9999	9999;

table c(i,j) "capacity of product i in level j in pallets"

	1	2	3	4
AA	25	0	25	0
AC	25	0	25	0
ERI	25	0	0	0
SOR	0	0	10	27
TRI	25	0	25	0
AF	0	23	0	0
LE	0	23	0	0;

free variable time "total dispatch time";

positive variable P(i,j) "table of pallets assigned";

binary variable x(i,j) "wheter product i is asigned to level j";

equations

obj "min total dispatch time",

sumone(j) "for every level",

switch(i) "switching at i",

Production(i,j) "pallets of product asigned";

Production(i,j)..

$x(i,j) * c(i,j) = P(i,j)$ ;

obj..

$\sum((i,j), P(i,j) * t(i,j)) / ht + sct = time$ ;

sumone(j)..

$\sum(i, P(i,j)) = f(j)$ ;

switch(i)..

$\sum(j, P(i,j)) = d(i)$ ;

model alt0 /all/;

solve alt0 using MIP minimizing time;

## Programación alternativa 1

\* Alternative 1

sets

i "products" /AA, AC, ERI, SOR, TRI, BEN, AF, LE, AS, BU/,

j "levels" /1 \* 4/;

parameter d(i) "demand product i"

/AA 25, AC 50, ERI 25, SOR 37, TRI 25, BEN 20, AF 46, LE 23, AS 27, BU 20/;

parameter f(j) "capacity of level j in pallets"

/1 80, 2 52, 3 96, 4 78/;

parameter ht "seconds in hours";

ht = 3600;

parameter sct "soda caustica time";

sct = 0.83;

table t(i,j) "time to dispatch product i from level j"

	1	2	3	4
AA	48	9999	48	9999
AC	48	9999	48	9999
ERI	9999	9999	9999	92
SOR	9999	9999	9999	92
TRI	48	9999	48	9999
BEN	9999	92	9999	92
AF	120	9999	120	9999
LE	9999	145	9999	9999
AS	120	9999	120	9999
BU	9999	145	9999	9999;

table c(i,j) "capacity of product i in level j in pallets"

	1	2	3	4
AA	25	0	25	0

AC	50	0	50	0
ERI	0	0	0	25
SOR	0	0	0	37
TRI	25	0	25	0
BEN	0	8	0	12
AF	46	0	46	0
LE	0	23	0	0
AS	27	0	27	0
BU	0	20	0	0;

free variable time "total dispatch time";

positive variable P(i,j) "table of pallets assigned";

binary variable x(i,j) "wheter product i is asigned to level j";

equations

obj "min total dispatch time",

sumone(j) "for every level",

switch(i) "switching at i",

Production(i,j) "pallets of product asigned";

Production(i,j)..

$x(i,j) * c(i,j) = P(i,j)$ ;

obj..

$\sum((i,j), P(i,j) * t(i,j)) / ht + sct = \text{time}$ ;

sumone(j)..

$\sum(i, P(i,j)) = f(j)$ ;

switch(i)..

$\sum(j, P(i,j)) = d(i)$ ;

model alt1 /all/;

solve alt1 using MIP minimizing time;

## Programación alternativa 2

\* Alternative 2

sets

i "products" /AA, AC, ERI, SOR, TRI, BEN, AF, LE, AS, BU/,

j "levels" /1 \* 4/;

parameter d(i) "demand product i"

/AA 25, AC 50, ERI 26, SOR 37, TRI 25, BEN 20, AF 46, LE 23, AS 27, BU 20/;

parameter f(j) "capacity of level j in pallets"

/1 80, 2 28, 3 96, 4 117/;

parameter ht "seconds in hours";

ht = 3600;

parameter sct "soda caustica time";

sct = 2.40;

table t(i,j) "time to dispatch product i from level j"

	1	2	3	4
AA	45	9999	49	9999
AC	56	9999	44	9999
ERI	9999	9999	9999	86
SOR	9999	9999	9999	98
TRI	70	9999	55	9999
BEN	9999	9999	9999	110
AF	70	9999	55	9999
LE	9999	130	9999	9999
AS	96	120	9999	9999
BU	9999	9999	9999	125;

table c(i,j) "capacity of product i in level j in pallets"

	1	2	3	4
AA	25	0	25	0

AC	50	0	50	0
ERI	0	0	0	26
SOR	0	0	0	37
TRI	25	0	25	0
BEN	0	0	0	20
AF	46	0	46	0
LE	0	23	0	0
AS	24	3	0	0
BU	0	0	0	20;

free variable time "total dispatch time";

positive variable P(i,j) "table of pallets assigned";

binary variable x(i,j) "wheter product i is asigned to level j";

equations

obj "min total dispatch time",

sumone(j) "for every level",

switch(i) "switching at i",

Production(i,j) "pallets of product asigned";

Production(i,j)..

$x(i,j) * c(i,j) = P(i,j)$ ;

obj..

$\sum((i,j), P(i,j) * t(i,j)) / ht + sct = \text{time}$ ;

sumone(j)..

$\sum(i, P(i,j)) = f(j)$ ;

switch(i)..

$\sum(j, P(i,j)) = d(i)$ ;

model alt2 /all/;

solve alt2 using MIP minimizing time;

### Programación alternativa 3

\* Alternative 3

sets

i "products" /AA, AC, ERI, SOR, TRI, BEN, AF, LE, AS, BU/,

j "levels" /1 \* 4/;

parameter d(i) "demand product i"

/AA 25, AC 50, ERI 26, SOR 37, TRI 25, BEN 20, AF 46, LE 23, AS 27, BU 20/;

parameter f(j) "capacity of level j in pallets"

/1 120, 2 0, 3 144, 4 117/;

parameter ht "seconds in hours";

ht = 3600;

parameter sct "soda caustica time";

sct = 2.17;

table t(i,j) "time to dispatch product i from level j"

	1	2	3	4
AA	55	9999	66	9999
AC	55	9999	31	9999
ERI	9999	9999	9999	85
SOR	9999	9999	9999	101
TRI	66	9999	55	9999
BEN	9999	9999	9999	110
AF	55	9999	66	9999
LE	9999	9999	110	9999
AS	96	9999	100	9999
BU	110	9999	9999	9999;

table c(i,j) "capacity of product i in level j in pallets"

	1	2	3	4
AA	25	0	25	0

AC	50	0	50	0
ERI	0	0	0	26
SOR	0	0	0	37
TRI	25	0	25	0
BEN	0	0	0	20
AF	46	0	46	0
LE	0	0	23	0
AS	0	0	27	0
BU	20	0	0	0;

free variable time "total dispatch time";

positive variable P(i,j) "table of pallets assigned";

binary variable x(i,j) "wheter product i is asigned to level j";

equations

obj "min total dispatch time",

sumone(j) "for every level",

switch(i) "switching at i",

Production(i,j) "pallets of product asigned";

Production(i,j)..

$x(i,j) * c(i,j) = P(i,j)$ ;

obj..

$\sum((i,j), P(i,j) * t(i,j)) / ht + sct = \text{time}$ ;

sumone(j)..

$\sum(i, P(i,j)) = f(j)$ ;

switch(i)..

$\sum(j, P(i,j)) = d(i)$ ;

model alt3 /all/;

solve alt3 using MIP minimizing time;

## Programación alternativa 4

\* Alternative 4

sets

i "products" /AA, AC, ERI, SOR, TRI, BEN, AF, LE, AS, BU/,

j "levels" /1 \* 4/;

parameter d(i) "demand product i"

/AA 25, AC 50, ERI 26, SOR 37, TRI 25, BEN 20, AF 46, LE 23, AS 27, BU 20/;

parameter f(j) "capacity of level j in pallets"

/1 120, 2 42, 3 144, 4 117/;

parameter ht "seconds in hours";

ht = 3600;

parameter sct "soda caustica time";

sct = 2.40;

table t(i,j) "time to dispatch product i from level j"

	1	2	3	4
AA	55	9999	9999	9999
AC	9999	9999	41	9999
ERI	9999	9999	9999	85
SOR	9999	9999	9999	95
TRI	9999	9999	55	9999
BEN	9999	9999	9999	109
AF	56	9999	9999	9999
LE	9999	9999	110	9999
AS	9999	9999	100	9999
BU	110	9999	9999	9999;

table c(i,j) "capacity of product i in level j in pallets"

	1	2	3	4
AA	25	0	0	0

AC	0	0	50	0
ERI	0	0	0	26
SOR	0	0	0	37
TRI	0	0	25	0
BEN	0	0	0	20
AF	46	0	0	0
LE	0	0	23	0
AS	0	0	27	0
BU	20	0	0	0;

free variable time "total dispatch time";

positive variable P(i,j) "table of pallets assigned";

binary variable x(i,j) "wheter product i is asigned to level j";

equations

obj "min total dispatch time",

sumone(j) "for every level",

switch(i) "switching at i",

Production(i,j) "pallets of product asigned";

Production(i,j)..

$x(i,j) * c(i,j) = P(i,j)$ ;

obj..

$\sum((i,j), P(i,j) * t(i,j)) / ht + sct = \text{time}$ ;

sumone(j)..

$\sum(i, P(i,j)) = f(j)$ ;

switch(i)..

$\sum(j, P(i,j)) = d(i)$ ;

model alt4 /all/;

solve alt4 using MIP minimizing time;

## Programación alternativa 5a

\* Alternative 5a

sets

i "products" /AA, AC, ERI, SOR, TRI, BEN, AF, LE, AS, BU/,

j "levels" /1 \* 4/;

parameter d(i) "demand product i"

/AA 25, AC 50, ERI 26, SOR 37, TRI 25, BEN 20, AF 46, LE 23, AS 27, BU 20/;

parameter f(j) "capacity of level j in pallets"

/1 120, 2 42, 3 144, 4 117/;

parameter ht "seconds in hours";

ht = 3600;

parameter sct "soda caustica time";

sct = 2.40;

table t(i,j) "time to dispatch product i from level j"

	1	2	3	4
AA	55	9999	9999	9999
AC	9999	9999	41	9999
ERI	9999	9999	9999	85
SOR	9999	9999	9999	95
TRI	9999	9999	55	9999
BEN	9999	9999	9999	109
AF	56	9999	9999	9999
LE	9999	9999	110	9999
AS	9999	9999	100	9999
BU	110	9999	9999	9999;

table c(i,j) "capacity of product i in level j in pallets"

	1	2	3	4
AA	25	0	0	0

AC	0	0	50	0
ERI	0	0	0	26
SOR	0	0	0	37
TRI	0	0	25	0
BEN	0	0	0	20
AF	46	0	0	0
LE	0	0	23	0
AS	0	0	27	0
BU	20	0	0	0;

free variable time "total dispatch time";

positive variable P(i,j) "table of pallets assigned";

binary variable x(i,j) "wheter product i is asigned to level j";

equations

obj "min total dispatch time",

sumone(j) "for every level",

switch(i) "switching at i",

Production(i,j) "pallets of product asigned";

Production(i,j)..

$x(i,j) * c(i,j) = P(i,j)$ ;

obj..

$\sum((i,j), P(i,j) * t(i,j)) / ht + sct = time$ ;

sumone(j)..

$\sum(i, P(i,j)) = f(j)$ ;

switch(i)..

$\sum(j, P(i,j)) = d(i)$ ;

model alt5a /all/;

solve alt5a using MIP minimizing time;

## Programación alternativa 5b

\* Alternative 5b

sets

i "products" /AA, AC, ERI, SOR, TRI, BEN, AF, LE, AS, BU/,

j "levels" /1 \* 4/;

parameter d(i) "demand product i"

/AA 25, AC 50, ERI 26, SOR 37, TRI 25, BEN 20, AF 46, LE 23, AS 27, BU 20/;

parameter f(j) "capacity of level j in pallets"

/1 120, 2 42, 3 144, 4 117/;

parameter ht "seconds in hours";

ht = 3600;

parameter sct "soda caustica time";

sct = 2.40;

table t(i,j) "time to dispatch product i from level j"

	1	2	3	4
AA	9999	9999	67	9999
AC	9999	9999	41	9999
ERI	9999	9999	73	9999
SOR	9999	9999	79	85
TRI	9999	9999	55	9999
BEN	9999	9999	9999	97
AF	56	9999	9999	9999
LE	80	9999	9999	9999
AS	120	130	9999	9999
BU	110	9999	9999	9999;

table c(i,j) "capacity of product i in level j in pallets"

	1	2	3	4
AA	0	0	25	0

AC	0	0	50	0
ERI	0	0	26	0
SOR	0	0	9	28
TRI	0	0	25	0
BEN	0	0	0	20
AF	46	0	0	0
LE	23	0	0	0
AS	24	3	0	0
BU	20	0	0	0;

free variable time "total dispatch time";

positive variable P(i,j) "table of pallets assigned";

binary variable x(i,j) "wheter product i is asigned to level j";

equations

obj "min total dispatch time",

sumone(j) "for every level",

switch(i) "switching at i",

Production(i,j) "pallets of product asigned";

Production(i,j)..

$x(i,j) * c(i,j) = P(i,j)$ ;

obj..

$\sum((i,j), P(i,j) * t(i,j)) / ht + sct = \text{time}$ ;

sumone(j)..

$\sum(i, P(i,j)) = f(j)$ ;

switch(i)..

$\sum(j, P(i,j)) = d(i)$ ;

model alt5b /all/;

solve alt5b using MIP minimizing time;

## APÉNDICE B

### Matriz de tiempo promedio Alternativa 0

Matriz de tiempo promedio (segundos)				
Productos	Niveles			
	N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	36	9999	36	9999
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	36	9999	44	9999
Eritorbato de Sodio FCCIV	48	9999	9999	9999
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	9999	9999	63	87
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	36	9999	36	9999
Ácido Fosfórico USP 85%	9999	120	9999	9999
Lauril Éter Sulfato Sódico	9999	120	9999	9999

### Matriz de capacidad Alternativa 0

Matriz de capacidad (pallets)							
Producto	Categoría	Contenedor	Presentación	Niveles			
				N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Food	22000	Box	25	0	25	0
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Food	25000	Sack	25	0	25	0
Eritorbato de Sodio FCCIV	Food	22000	Box	25	0	0	0
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Food	22000	Box	0	0	10	27
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Food	25000	Sack	25	0	25	0
Ácido Fosfórico USP 85%	Food	25900	Plastic can	0	23	0	0
Lauril Éter Sulfato Sódico	Industrial	19380	Plastic tank	0	23	0	0

### Matriz de tiempo promedio Alternativa 1

Matriz de tiempo promedio (segundos)				
Productos	Niveles			
	N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	48	9999	48	9999
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	48	9999	48	9999
Eritorbato de Sodio FCCIV	9999	9999	9999	92
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	9999	9999	9999	92
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	48	9999	48	9999
Benzoato de Sodio	9999	92	9999	92
Ácido Fosfórico USP 85%	120	9999	120	9999
Lauril Éter Sulfato Sódico	9999	145	9999	9999
Ácido Sulfónico Lineal	120	9999	120	9999
Butil glicol	9999	145	9999	9999

### Matriz de capacidad Alternativa 1

Matriz de capacidad (pallets)							
Producto	Categoría	Contenedor	Presentación	Niveles			
				N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Food	22000	Box	25	0	25	0
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Food	25000	Sack	50	0	50	0
Eritorbato de Sodio FCCIV	Food	22000	Box	0	0	0	25
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Food	22000	Box	0	0	0	37
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Food	25000	Sack	25	0	25	0
Benzoato de Sodio	Food	20000	Sack	0	8	0	12
Ácido Fosfórico USP 85%	Food	25900	Plastic can	46	0	46	0
Lauril Éter Sulfato Sódico	Industrial	19380	Plastic tank	0	23	0	0
Ácido Sulfónico Lineal	Industrial	20000	Plastic tank	27	0	27	0
Butil glicol	Industrial	15200	Metal tank	0	20	0	0

### Matriz de tiempo promedio Alternativa 2

Matriz de tiempo promedio (segundos)				
Productos	Niveles			
	N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	45	9999	49	9999
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	56	9999	44	9999
Eritorbato de Sodio FCCIV	9999	9999	9999	86
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	9999	9999	9999	98
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	70	9999	55	9999
Benzoato de Sodio	9999	9999	9999	110
Ácido Fosfórico USP 85%	70	9999	55	9999
Lauril Éter Sulfato Sódico	9999	130	9999	9999
Ácido Sulfónico Lineal	96	120	9999	9999
Butil glicol	9999	9999	9999	125

### Matriz de capacidad Alternativa 2

Matriz de capacidad (pallets)							
Producto	Categoría	Contenedor	Presentación	Niveles			
				N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Food	22000	Box	25	0	25	0
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Food	25000	Sack	50	0	50	0
Eritorbato de Sodio FCCIV	Food	22000	Box	0	0	0	26
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Food	22000	Box	0	0	0	37
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Food	25000	Sack	25	0	25	0
Benzoato de Sodio	Food	20000	Sack	0	0	0	20
Ácido Fosfórico USP 85%	Food	25900	Plastic can	46	0	46	0
Lauril Éter Sulfato Sódico	Industrial	19380	Plastic tank	0	23	0	0
Ácido Sulfónico Lineal	Industrial	20000	Plastic tank	24	3	0	0
Butil glicol	Industrial	15200	Metal tank	0	0	0	20

### Matriz de tiempo promedio Alternativa 3

Matriz de tiempo promedio (segundos)				
Productos	Niveles			
	N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	55	9999	66	9999
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	55	9999	31	9999
Eritorbato de Sodio FCCIV	9999	9999	9999	85
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	9999	9999	9999	101
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	66	9999	55	9999
Benzoato de Sodio	9999	9999	9999	109
Ácido Fosfórico USP 85%	55	9999	66	9999
Lauril Éter Sulfato Sódico	9999	9999	110	9999
Ácido Sulfónico Lineal	9999	9999	100	9999
Butil glicol	110	9999	9999	9999

### Matriz de capacidad Alternativa 3

Matriz de capacidad (pallets)							
Producto	Categoría	Contenedor	Presentación	Niveles			
				N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Food	22000	Box	25	0	25	0
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Food	25000	Sack	50	0	50	0
Eritorbato de Sodio FCCIV	Food	22000	Box	0	0	0	26
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Food	22000	Box	0	0	0	37
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Food	25000	Sack	25	0	25	0
Benzoato de Sodio	Food	20000	Sack	0	0	0	20
Ácido Fosfórico USP 85%	Food	25900	Plastic can	46	0	46	0
Lauril Éter Sulfato Sódico	Industrial	19380	Plastic tank	0	0	23	0
Ácido Sulfónico Lineal	Industrial	20000	Plastic tank	0	0	27	0
Butil glicol	Industrial	15200	Metal tank	20	0	0	0

### Matriz de tiempo promedio Alternativa 4

Matriz de tiempo promedio (segundos)				
Productos	Niveles			
	N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	55	9999	9999	9999
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	9999	9999	41	9999
Eritorbato de Sodio FCCIV	9999	9999	9999	85
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	9999	9999	9999	95
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	9999	9999	55	9999
Benzoato de Sodio	9999	9999	9999	109
Ácido Fosfórico USP 85%	56	9999	9999	9999
Lauril Éter Sulfato Sódico	9999	9999	110	9999
Ácido Sulfónico Lineal	9999	9999	100	9999
Butil glicol	110	9999	9999	9999

### Matriz de capacidad Alternativa 4

Matriz de capacidad (pallets)							
Producto	Categoría	Contenedor	Presentación	Niveles			
				N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Food	22000	Box	25	0	0	0
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Food	25000	Sack	0	0	50	0
Eritorbato de Sodio FCCIV	Food	22000	Box	0	0	0	26
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Food	22000	Box	0	0	0	37
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Food	25000	Sack	0	0	25	0
Benzoato de Sodio	Food	20000	Sack	0	0	0	20
Ácido Fosfórico USP 85%	Food	25900	Plastic can	46	0	0	0
Lauril Éter Sulfato Sódico	Industrial	19380	Plastic tank	0	0	23	0
Ácido Sulfónico Lineal	Industrial	20000	Plastic tank	0	0	27	0
Butil glicol	Industrial	15200	Metal tank	20	0	0	0

### Matriz de tiempo promedio Alternativa 5a

Matriz de tiempo promedio (segundos)				
Productos	Niveles			
	N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	55	9999	9999	9999
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	9999	9999	41	9999
Eritorbato de Sodio FCCIV	9999	9999	9999	85
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	9999	9999	9999	95
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	9999	9999	55	9999
Benzoato de Sodio	9999	9999	9999	109
Ácido Fosfórico USP 85%	56	9999	9999	9999
Lauril Éter Sulfato Sódico	9999	9999	110	9999
Ácido Sulfónico Lineal	9999	9999	100	9999
Butil glicol	110	9999	9999	9999

### Matriz de capacidad Alternativa 5a

Matriz de capacidad (pallets)							
Producto	Categoría	Contenedor	Presentación	Niveles			
				N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Food	22000	Box	25	0	0	0
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Food	25000	Sack	0	0	50	0
Eritorbato de Sodio FCCIV	Food	22000	Box	0	0	0	26
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Food	22000	Box	0	0	0	37
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Food	25000	Sack	0	0	25	0
Benzoato de Sodio	Food	20000	Sack	0	0	0	20
Ácido Fosfórico USP 85%	Food	25900	Plastic can	46	0	0	0
Lauril Éter Sulfato Sódico	Industrial	19380	Plastic tank	0	0	23	0
Ácido Sulfónico Lineal	Industrial	20000	Plastic tank	0	0	27	0
Butil glicol	Industrial	15200	Metal tank	20	0	0	0

### Matriz de tiempo promedio Alternativa 5b

Matriz de tiempo promedio (segundos)				
Productos	Niveles			
	N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	9999	9999	67	9999
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	9999	9999	41	9999
Eritorbato de Sodio FCCIV	9999	9999	73	9999
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	9999	9999	79	85
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	9999	9999	55	9999
Benzoato de Sodio	9999	9999	9999	97
Ácido Fosfórico USP 85%	56	9999	9999	9999
Lauril Éter Sulfato Sódico	80	9999	9999	9999
Ácido Sulfónico Lineal	120	130	9999	9999
Butil glicol	110	9999	9999	9999

### Matriz de capacidad Alternativa 5b

Matriz de capacidad (pallets)							
Producto	Categoría	Contenedor	Presentación	Niveles			
				N1	N2	N3	N4
Ácido Ascórbico BP2010/USP32	Food	22000	Box	0	0	25	0
Ácido Cítrico Anhidro BP 98 / USP24	Food	25000	Sack	0	0	50	0
Eritorbato de Sodio FCCIV	Food	22000	Box	0	0	26	0
Sorbato de Potasio FCCIV Grado Alimenticio	Food	22000	Box	0	0	9	28
Tripolifosfato de Sodio Grado Alimenticio	Food	25000	Sack	0	0	25	0
Benzoato de Sodio	Food	20000	Sack	0	0	0	20
Ácido Fosfórico USP 85%	Food	25900	Plastic can	46	0	0	0
Lauril Éter Sulfato Sódico	Industrial	19380	Plastic tank	23	0	0	0
Ácido Sulfónico Lineal	Industrial	20000	Plastic tank	24	3	0	0
Butil glicol	Industrial	15200	Metal tank	20	0	0	0