

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

"Ubicación óptima de ítems en un centro de distribución"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:
Karem Deneise Baquerizo Cruz
Jefferson Stiven Campoverde Arrobo

GUAYAQUIL - ECUADOR
Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por guiarme en este camino. A cada uno de mis familiares quienes fueron un gran apoyo para cumplir con esta meta. A mi pareja Tonny Robles por brindarme su amor y respaldo durante todo este recorrido. A mi tutor ya que gracias a su guía este proyecto pudo llegar a su culminación. Y finalmente a la Espol por enseñarme a siempre exigir más de mí y permitirme conocer amigos que siempre formarán parte importante en mi vida.

Karem Baquerizo

Primero doy gracias a Dios por darme la fuerza y sabiduría para transitar en esta etapa de la vida. A mis padres y mis hermanos, por ser la motivación y razón para culminar este proyecto. A mi tutor, ya que sin su ayuda, este proyecto no hubiese llegado a su culminación. A mi compañera de trabajo por su valor y dedicación. Y por último, pero no menos importante, a la ESPOL, por inculcarme la excelencia.

Jefferson Campoverde

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la Materia Integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Karem Deneise Baquerizo Cruz

Jefferson Stiven Campoverde Arrobo

Ing. Jaime Eduardo Macías Aguayo

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".



Srta. Karem Baquerizo Cruz
AUTOR 1



Sr. Jefferson Campoverde Arrobo
AUTOR 2



MSc. Jaime Macías Aguayo
**TUTOR DE MATERIA
INTEGRADORA**

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolla en una firma metalmecánica en Guayaquil y tiene como objetivo mejorar la ubicación de los productos de acero en la bodega de producto terminado y de esta manera agilizar el proceso de picking y a la vez incrementar la capacidad de despacho.

Se tomó como objeto de estudio la bodega #1 y se procedió a realizar la fase de definición del problema de la compañía donde se utilizaron herramientas como: VOC y diagrama SIPOC, luego se procedió a establecer un plan de recolección de datos, el cual incluye: capacidad de almacenamiento de la bodega, la ubicación de ítems, frecuencia de picking y niveles de inventario. En la fase de análisis se realizó un diagrama de Ishikawa, mostrando las causas potenciales que generan un elevado tiempo de picking, también se hizo la respectiva verificación de cada una de ellas, luego mediante la herramienta de los 5 porqué se estableció la causas raíces y las respectivas propuestas de mejora.

Para establecer la ubicación óptima de los ítems se utilizó software de análisis de datos como: Heat Map, Affinity Analyzer, así como también herramientas de optimización y conceptos relacionados con un almacenamiento efectivo.

Luego, se llevó a cabo una simulación en Microsoft Excel tanto de la situación actual como para la situación propuesta de la bodega, y se logró una reducción de 0.88 min/viaje, lo que es equivalente a 1559,25 \$/anual.

Finalmente, se logró establecer una ubicación óptima para cada ítem y además garantizar una reducción significativa en los tiempos de recogida y por lo tanto mejorar la eficiencia de la bodega.

Palabras Clave: tiempo de recogida, análisis de afinidad, mapa de calor, ubicación óptima.

ABSTRACT

The present project was developed in a metalworking firm in Guayaquil and aims of improving the location of the steel products in the finished good warehouse and in this way expedite the picking process and increase the dispatch capacity.

The storage # 1 was selected and then, the phase of definition of the problem was carry out, there was used tools such as: VOC and SIPOC diagram then proceeded to establish a data collection plan which includes: storage capacity of the warehouse, items location, frequency of picking, and inventory levels. In the analysis phase, an Ishikawa diagram was performed, showing the causes that generate a high picking time, each one was verified. Then the tool 5 why's was used to establish root causes and improvement proposals.

To establish the optimum location of the items, data analysis software was used such as Heat Map, Affinity Analyzer, as well as optimization tools and concepts related to effective warehousing.

Then, a simulation was carried out in Microsoft Excel for the actual situation and the proposed situation of the storage, and a reduction of 0.88 min per trip was achieved, equivalent to \$ 1559.25 per year.

Finally, it was possible to establish an optimal location for each item, also ensure a significant reduction in picking time, and therefore, improve the efficiency of the storage.

Keywords: *picking time, affinity analysis, heat map, optimum location*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1. Descripción del problema	1
1.1.1. Alcance del proyecto.....	1
1.1.2. Restricciones	2
1.1.3. Variables de medición.....	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Marco teórico.....	3
1.3.1. Picking	3
1.3.2. DMAIC	3
1.3.3. SIPOC.....	4
1.3.4. Heat Map	5
1.3.5. Análisis de afinidad	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. Metodología	6
2.1. Definir	7

2.1.1.	Realización de actividades de empatía y reconocimiento de la operación ..	7
2.1.2.	Identificación de procesos-subprocesos-procedimientos de bodega.....	7
2.1.3.	Ejecución de entrevistas	8
2.1.4.	Definición formal del problema a resolver	8
2.2.	Medición	9
2.2.1.	Diagramación del proceso de despacho.....	10
2.2.2.	Proceso de picking.....	11
2.2.3.	Tamaño de la muestra	11
2.2.4.	Datos recolectados	12
2.2.5.	Determinación de la cantidad Inventario mensual	19
2.3.	Análisis	26
2.3.1.	Cantidad de inventario propuesto	27
2.3.2.	Diagrama de Ishikawa	31
2.3.3.	Matriz de valoración de causas.....	31
2.3.4.	Verificación de causas	33
2.3.5.	Matriz 5 porqué	36
2.3.6.	Heat Map	37
2.3.7.	Clasificación ABC por demanda	39
2.3.8.	Clasificación ABC por frecuencia de picking.....	40
2.3.9.	Doble categorización ABC	40
2.3.10.	Análisis de afinidad por pares.....	41
2.3.11.	Análisis de afinidad múltiple	41
2.4.	Mejora	43
2.4.1.	Plan de implementación.....	44
2.4.2.	Modelo de programación lineal	44
2.4.3.	Formulación del modelo.....	45
2.4.4.	Parámetros para modelo de programación.....	46

2.5. Control.....	49
CAPÍTULO 3.....	50
3. Resultados.....	50
3.1. Asignación de ubicación.....	50
3.2. Simulación.....	53
3.3. Resultados.....	54
3.4. Análisis financiero.....	55
CAPÍTULO 4.....	57
4. Discusión y Conclusiones.....	57
4.1. Conclusiones.....	58
4.2. Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60
APÉNDICES.....	61

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Definir Medir Analizar mejorar controlar
SIPOC	Suppliers, inputs, process, outputs, customer
VOC	Voice of Customer
SKU	Stock Keeping Unit
LSC	Límite superior de control
VPN	Valor presente neto
TIR	Tasa interna de retorno
TMAR	Tasa mínima atractiva de retorno

SIMBOLOGÍA

m.	Metros
min.	Minutos
TM.	Toneladas métricas
m^3	Metros cúbicos
σ	Desviación estándar poblacional
$Z_{\frac{\alpha}{2}}$	Número de desviación estándar
s	Desviación estándar muestral
ϵ	Nivel de error aceptado
α	Nivel de significancia
\bar{X}	Promedio de muestra
Inv.	Inventario
Prom.	Promedio
Max.	Máximo
Cant.	Cantidad
CMP	Cantidad máxima de pilas
h	Altura

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Metodología del proyecto: DMAIC.....	6
Figura 2.2 Diagrama SIPOC: proceso de despacho.....	7
Figura 2.3 Voz del cliente	8
Figura 2.4 Diagrama de flujo: proceso de despacho	10
Figura 2.5 Tiempo actual de picking en la bodega	15
Figura 2.6 Tiempo promedio invertido en las actividades del proceso de picking	16
Figura 2.7 Layout de bodega.....	17
Figura 2.8 Inventario propuesto vs cantidad máxima de ventas.....	30
Figura 2.9 Causas del elevado tiempo de picking	31
Figura 2.10 Valoración de causas	32
Figura 2.11 Diagrama de Pareto: proceso de picking.....	34
Figura 2.12 Frecuencia de visitas por zona.....	38
Figura 2.13 Mapa de calor de situación actual bodega producto terminado	39
Figura 2.14 Doble categorización: demanda y frecuencia de picking.....	40
Figura 2.15 Afinidad por cada par de productos.....	41
Figura 2.16 Matriz de valoración: propuestas de mejora.....	44
Figura 3.1 Ubicación de cada grupo de productos	50
Figura 3.2 Reubicación de ítems.....	52
Figura 3.3 tiempos de picking: actual vs propuesto.....	54
Figura 3.4 Prueba de hipótesis.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos.....	9
Tabla 2.2 Actividades del proceso de picking.....	11
Tabla 2.3 Especificaciones de los SKU´s de la bodega #1.	12
Tabla 2.4 Capacidad de bodega.....	18
Tabla 2.5 Inventario final (Noviembre – Junio) de cada SKU de la bodega	20
Tabla 2.6 Ventas 1er semestre del 2017 de cada SKU de la bodega	22
Tabla 2.7 Producción 1er semestre del 2017 de cada SKU	24
Tabla 2.8 Propuesta de cantidad de inventario a mantener mensualmente.	29
Tabla 2.9 Resumen de Requerimientos de Espacios.....	30
Tabla 2.10 Lista de causas potenciales.....	32
Tabla 2.11 Verificación de causas.....	33
Tabla 2.12 Número de posiciones ocupadas por producto	35
Tabla 2.13 Matriz 5 Porqué	37
Tabla 2.14 Matriz de afinidad múltiple	42
Tabla 2.15 Propuestas de mejora.....	43
Tabla 2.16 Listado de propuestas de mejora – evaluación	43
Tabla 2.17 Agrupación de productos, Inventario requerido	47
Tabla 3.1 Generadora de picking	53
Tabla 3.2 Flujo de caja a 4 años.....	56

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se lleva a cabo en una industria dedicada al sector metalmeccánico y los productos que ofrece son: perfiles de acero, tuberías y planchas. Cuenta con 3 plantas situadas en la ciudad de Guayaquil y con varias sucursales a nivel nacional. Actualmente cuenta con más de 30 productos que abastecen la demanda nacional como internacional.

Como consecuencia de la alta variedad de productos metálicos ofrecidos al mercado y aumento de puntos de venta, se han visto en la necesidad de desarrollar procesos de almacenamiento y distribución mucho más eficientes.

Uno de los grandes retos que afrontan los centros de distribución hoy en día, es la entrega de sus productos al cliente en el tiempo establecido, que implica el control y mejora de los procesos de despacho y distribución con el fin de aumentar la capacidad y fuerza laboral de la misma.

El proyecto parte de la necesidad de aumentar la productividad del almacén de producto terminado, por lo cual, el proceso de despacho tiene un gran impacto sobre la eficiencia en la gestión del almacén.

Ante esta situación, la empresa estudiada abre un proyecto con el fin de acercarse a las metas y objetivos de la industria. Por lo cual busca desarrollar mejoras en conjunto con estudiantes de la Escuela Superior Politécnica del Litoral mediante la materia integradora.

1.1. Descripción del problema

Se analiza la bodega de producto terminado de la firma metalmeccánica y se determina el siguiente problema:

Existe un elevado tiempo de picking en la bodega de la compañía manufacturera de acero. Desde el año 2016 se registraron tiempos promedios de picking de 8,11 minutos. No obstante el equipo de trabajo de la empresa espera que este tiempo de picking no supere los 7,34 minutos.

1.1.1. Alcance del proyecto

Para la bodega # 1 de productos terminados, se determina la cantidad de paquetes a mantener por SKU, así como la mejor ubicación de los

productos dentro del Layout de la bodega, se compara la situación actual de la bodega con la solución propuesta para finalmente establecer los beneficios de los cambios realizados.

1.1.2. Restricciones

Las limitaciones que se van a tener en el proyecto son:

- **Capacidad de puente grúa:** el quipo a utilizar para retirar el producto de la bodega, es el puente grúa. Este cuenta con una capacidad máxima de carga de 2 Toneladas.
- **Dimensiones de la bodega:** sus dimensiones están dadas y no se pueden modificar.
- **Altura máxima de apilamiento:** el reglamento interno de seguridad solo permite un almacenamiento máximo de 3.5 metros de altura, es decir, no se podrá apilar más de esta altura.
- **Velocidad de puente grúa:** la grúa tiene una velocidad establecida, por lo cual no podrá despachar más rápido que esta medida.
- **Andenes de despacho:** la bodega de producto terminado en estudio cuenta con 2 andenes, uno frontal y otro en la parte lateral de la bodega.

1.1.3. Variables de medición

La variable de medición considerada para el proyecto es: **Tiempo promedio de picking.**

Es el tiempo de recogida del producto de la bodega, este empieza cuando el operario busca el producto solicitado, se recoge el mismo mediante el puente grúa y luego se transporta al camión.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Mejorar la ubicación de productos terminados mediante herramientas de análisis de datos con el propósito de reducir el tiempo de despacho.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar el mapa de calor para definir la situación actual de la bodega de producto terminado.
- Desarrollar una propuesta para mejorar la localización de los productos en la bodega de productos terminados seleccionada.

- Reducir el tiempo de picking en la bodega de producto terminado seleccionada.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Picking

Es la operación realizada dentro de una bodega, la cual consiste en la preparación de los requerimientos para los clientes. En resumen, un grupo determinado de personas se encargan de recolectar los productos en las cantidades solicitadas. Estas son llevadas desde su ubicación, dentro del almacén, hasta su punto de despacho. (Mauleón., 2003.)

1.3.2. DMAIC

Es una metodología que se utiliza en proyectos de mejora continua mostrando una estructura enfocada en la reducción de defectos y desperdicios para la resolución de problemas. Esta se divide en las etapas mostradas a continuación:

Definir.

Esta primera etapa de la metodología, se basa en identificar, previo análisis, los procesos que ameriten ser sometidos a mejoras. Mediante la herramienta 3W + 2H queda definido el problema de forma clara y concisa. Con la interpretación del diagrama SIPOC, se determina el alcance del proyecto, y posterior a esto, se trazan los objetivos mediante los cuales se espera alcanzar el resultado. . (Pulido, 2010)

Medir.

La segunda etapa del DMAIC, consiste en establecer los indicadores a medir. Estos permiten evaluar el proyecto. Aquí se realiza la recolección de datos, mismo que puede ser mediante una base histórica o en su defecto por el método de observación directa, para lo cual se debe asegurar la confiabilidad de la data estableciendo parámetros que ayuden a cumplir con esto. (Pulido, 2010)

Analizar.

Posterior a la recolección de datos y medición de los mismos, se efectúa un análisis, que tiene por objetivo determinar las causas raíces que generan mayor impacto en las variables analizadas dentro del proyecto, para esto

se emplean herramientas de análisis básicas, tales como: diagrama de Ishikawa (causa-efecto), análisis de Pareto (80-20), lluvia de ideas, técnicas de los 5 porqué, entre otras. (Pulido, 2010)

Mejorar.

Esta etapa se plantea varias soluciones para atacar la causa raíz, luego se analiza cada una de las soluciones para determinar la solución factible. Aquí se pueden utilizar herramientas, tales como lluvia de ideas, Heat Map y análisis de afinidad (Pulido, 2010)

Controlar.

La etapa final de esta metodología es la que resulta más compleja de ejecutar. Se establecen los procedimientos que permitirán mantener los cambios realizados. (Pulido, 2010)

1.3.3. SIPOC

El SIPOC es un diagrama que representa un proceso de manera gráfica. Este permite visualizar de manera más sencilla todo un proceso. Toma su nombre por sus siglas en inglés:

- (S) Proveedores
- (I) Entradas
- (P) Procesos
- (O) Salidas
- (C) Clientes

Los proveedores son aquellos que abastecen a las empresas de recursos que luego serán transformados durante el proceso.

A todas las actividades y recursos que se requieren para el proceso se les conoce como entradas.

El proceso corresponde a todas las actividades que se realizan de forma coordinada con el fin de obtener resultado determinado.

La salida es el resultado del proceso, este puede ser producto, servicio o información para el cliente.

Los clientes son los que se ven afectados por el resultado de todo el proceso, estos son internos y externos y pueden ser personas o compañías. (Jose, 2017)

1.3.4. Heat Map

El Heat Map es una herramienta que sirve para identificar la situación actual de la bodega, el cual consiste en colorear el mapa de la bodega en base a la frecuencia de picking. Este permite apreciar gráficamente las zonas que han recibido mayor o menor número de visitas, y a su vez identificar de que producto se trata. (Bartholdi, Constructing a “heat map” of the warehouse, s.f.)

1.3.5. Análisis de afinidad

El análisis de afinidad consiste en determinar la relación existente entre productos diferentes, es decir, dos productos son de alta afinidad cuantas más veces salgan juntos en varias órdenes de despacho. (Bartholdi, Affinity Analyzer, s.f.)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El proyecto se fundamenta en la metodología DMAIC, con la cual se busca solucionar el problema del elevado tiempo de picking en la bodega de producto terminado de la firma metalmecánica. En la Figura 2.1 se describe paso a paso el plan establecido para el proyecto.

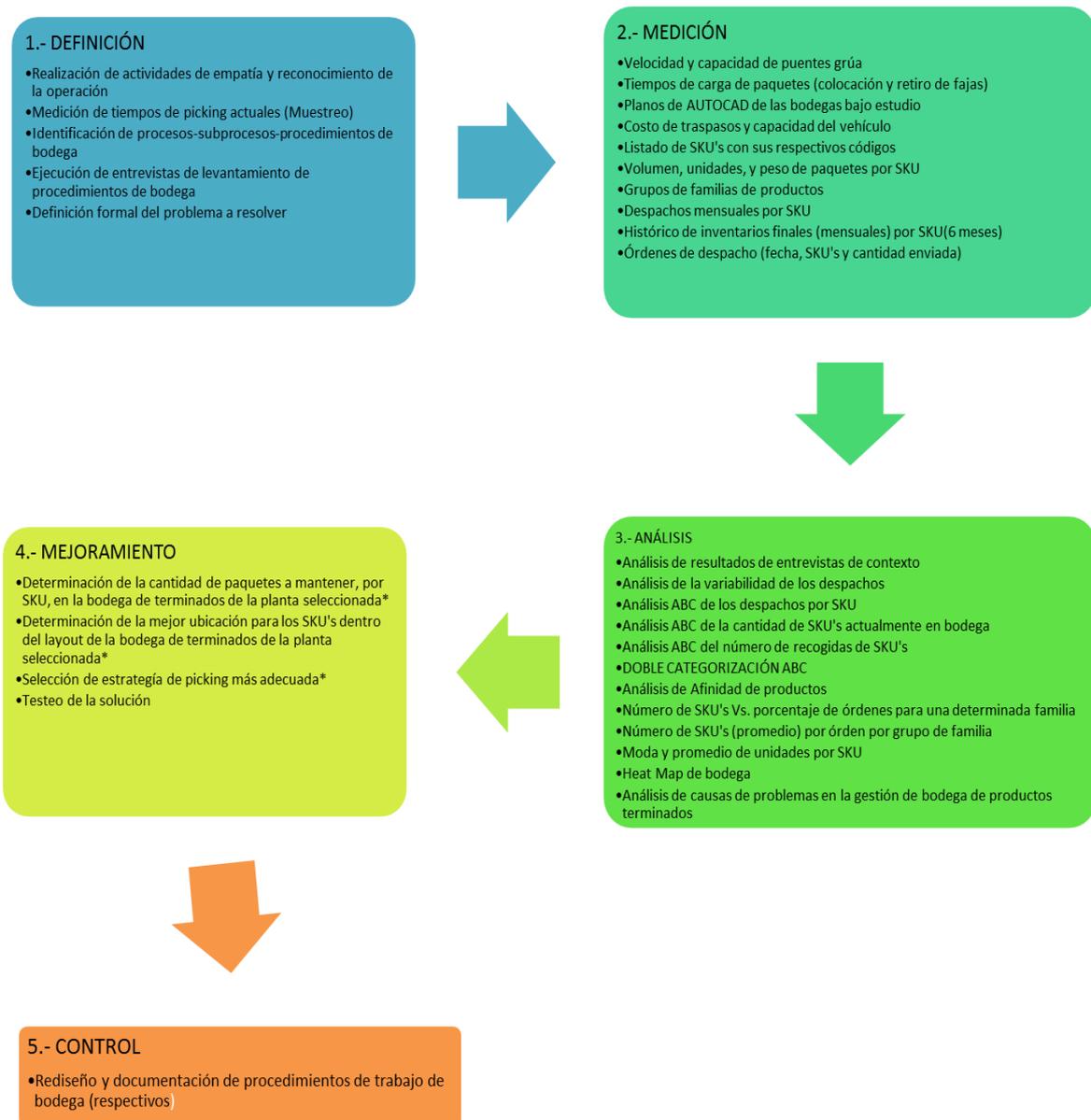


Figura 2.1 Metodología del proyecto: DMAIC

Fuente: Elaboración propia

2.1. Definir

En esta etapa se efectúan acercamientos con el área y el personal de planta. Se realiza un levantamiento de los procesos, un muestreo de los tiempos de picking y finalmente se declara el problema.

2.1.1. Realización de actividades de empatía y reconocimiento de la operación

Se realizaron varias reuniones, con el equipo coordinador y con el personal de bodega, para la respectiva explicación del proyecto puesto en marcha en la bodega. También se explicaron los objetivos y los beneficios esperados con la propuesta de mejora.

2.1.2. Identificación de procesos-subprocesos-procedimientos de bodega

Para el proceso de almacenamiento y despacho, se desarrolló un diagrama SIPOC, esto con la intención de identificar los procesos involucrados en la bodega de producto terminado. Para el diagrama se consideran: los proveedores, entradas, salidas y clientes. En la Figura 2.2 se puede observar la descripción de cada punto clave.



Figura 2.2 Diagrama SIPOC: proceso de despacho

Fuente: Elaboración propia

2.1.3. Ejecución de entrevistas

Se realizaron entrevistas al personal de almacenamiento y despacho, con la finalidad de recolectar la opinión acerca las necesidades presentes en la bodega. Para cumplir con este propósito se recurrió a la herramienta VOC. Los resultados de las entrevistas se pueden ver a continuación en la Figura 2.3

SEGMENTO	HALLAZGO
Personal encargado de la planificación de despacho	<ul style="list-style-type: none">➤ No existe un área específica para almacenar producto sobrante después de romper unidad de carga.➤ Sistema de almacenamiento es volumétrico.➤ Sistema de inventario LIFO
Supervisor de bodega	<ul style="list-style-type: none">➤ Los productos de alta rotación deben estar cerca de los puntos de despacho.➤ El tiempo de búsqueda de productos eleva los tiempos de despacho de una orden.➤ Exceso de niveles de inventario para varios SKU.

Figura 2.3 Voz del cliente

Fuente: Elaboración propia

Mediante VOC, se determinó que existen varias inconformidades tales como la mala ubicación de productos, la unidad de carga utilizada y los inconvenientes generados por el sistema de almacenamiento.

2.1.4. Definición formal del problema a resolver

Para la definición formal del problema, se utilizó la herramienta 3W+2H. Esta permitió realizar preguntas claves en las entrevistas realizadas, lo cual conlleva a definir el proceso de picking como actividad relevante para el proyecto. Por lo tanto el problema se redacta de la siguiente manera:

“Existe un elevado tiempo de picking en la bodega de la compañía manufacturera de acero. Desde el año 2016 se registraron tiempos promedios de picking de 8,11 minutos por viaje. No obstante, el equipo de trabajo de la empresa espera que este tiempo de picking no supere los 7,34 minutos por viaje.”

2.2. Medición

Una vez definida la variable de análisis, se realiza la recolección de información relevante para lograr objetivos planteados. El detalle del plan se encuentra en Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS							
Nº	Información a recolectar	Unidad	Tipo de dato	¿ Cómo se mide?	¿ Dónde esta registrado?	Muestreo	Objetivo
1	Tiempo de Picking	min.	Cuantitativo continua	El tiempo se mide desde que el operario mueve la grúa, localizada en el punto de despacho, hasta la ubicación del producto. se recoge el producto, se trasporta al punto de despacho y se realiza la descarga en el camión.	Elaboración Propia	n= 200 e=0,48	Evidenciar el tiempo actual de picking con el fin de buscar mejoras para agilizar el tiempo de despacho.
2	Velocidad de puente grúa	m/seg	Constante	Se coordina con el operario del puente grúa una distancia a recorrer. Luego, se registra el tiempo que toma a la grúa moverse en dicha distancia.	Elaboración Propia	n=30	Permite determinar el tiempo aproximado de traslado del producto hasta el camión. Se utilizará para realizar la simulación en hoja de Excel.
3	Carga de la grúa durante picking	TM.	Cuantitativo continua	Después de la descarga del producto en camión se verifica el peso transportado por la grúa, esto se puede hacer	Elaboración Propia		Capacidad del puente grúa
4	Ubicación actual de Productos	-	Cualitativos	Se codificará asignando letras a las columnas y números a la ubicación del producto.	Elaboración Propia		Desarrollar el Heat Map y realizar la simulación en Excel
5	Dimensiones de paquetes por SKU's	TM.	Cuantitativo continua	-	Plan de Producción		Ayuda a determinar espacio requerido para cada producto.
		Milímetros unidades	Cuantitativo discreto				
6	Restricciones de Seguridad en bodega (pasillos, altura max)	m	Cuantitativo	-	LOG PRO 03 Procedimiento de Gestión de almacenamiento		Layout y definir limites al volumen de almacenamiento
7	LAYOUT de la bodega	-	-	Se procederá a tomar las dimensiones de la bodega bajo estudio.	Actualmente, cuentan con registros de dimensiones de		Visualizar distribución actual y proponer nuevas ubicaciones para los productos.
8	Histórico de ordenes de despacho	Quintales	Cuantitativo continua	-	Sistema IBS Comercial		Realizar clasificación ABC y Heat map. Este último permite identificar las áreas visitadas con mayor frecuencia.
9	Inventarios Finales(6 meses)	Quintales	Cuantitativo continua	-	Sistema de Stock de Materiales		Permite establecer niveles de inventario óptimo en la bodega seleccionada
10	Listado de SKU's con respectivo código y plantas donde se produce	Códigos	Cualitativos	-	Sistema de Stock de Materiales		Análizar y determinar que ítems almacenar en cada planta, para el cual se realizará un análisis de afinidad.

Fuente: Elaboración propia

Este plan permite recoger información sobre el proceso de picking en la bodega de producto terminado, para posteriormente ser analizada. También ayudará a determinar la situación actual de la bodega.

2.2.1. Diagramación del proceso de despacho.

Se procede a diagramar el proceso de despacho, con el fin de tener una visión general del entorno donde se generara proceso de picking, ya que el proceso de picking es una componente del proceso de despacho. En la Figura 2.4 se muestra el flujo del proceso mencionado.

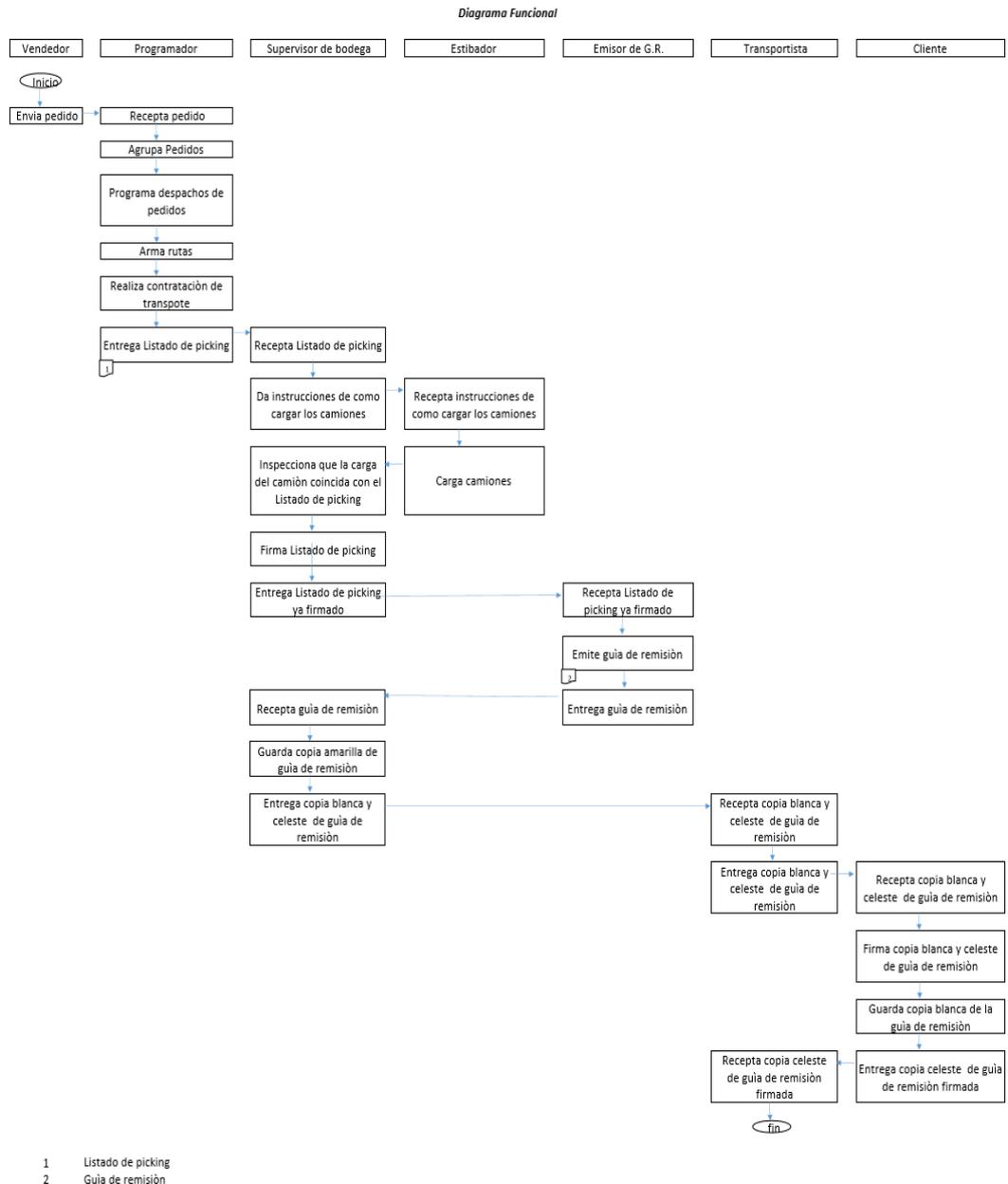


Figura 2.4 Diagrama de flujo: proceso de despacho

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Proceso de picking

A continuación se efectúa una lista de las actividades que conforman el proceso de picking, esto se puede observar en la Tabla 2.2:

Tabla 2.2 Actividades del proceso de picking

Actividades
Ubica y mueve el puente grúa hasta el paquete requerido
Espera por obstrucción del puente grúa
Abre el paquete y prepara pedido
Carga grúa con material requerido 1
Traslado hacia 2da ubicación
Carga grúa con material requerido 2
Lleva el paquete requerido hasta el punto de despacho
Descarga el material
Otros: Búsqueda escalera
Otros: Retirar producto
Otros: _____

Fuente: Elaboración propia

El formato utilizado para la toma de tiempos puede ser consultado en APÉNDICE A.

2.2.3. Tamaño de la muestra

Para determinar el tiempo promedio actual del proceso de picking, se realizó un muestreo.

A continuación, se presentan los cálculos para determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{z^2 \sigma^2}{\epsilon^2} \quad (2.1)$$

Dónde:

$z = 1,65$ (90 % nivel de confianza)

$\sigma =$ desviación estandar de tiempo de picking

$\epsilon = 0,5$

Como resultado tenemos:

$$n = \frac{1,65^2 11,9^2}{0,5^2}$$

$$n = 130$$

Por lo tanto se deberá realizar una toma de 130 datos sobre el proceso de recogida de producto terminado.

2.2.4. Datos recolectados

Especificaciones de los SKU's de la bodega # 1.

La firma metalmecánica facilitó información sobre la cantidad de unidades que conforman un paquete de cada uno de los ítems de la bodega.

Por otro lado, mediante observación directa los líderes del proyecto recolectaron la información del ancho y alto de los paquetes de cada ítem de la bodega #1.

Tomando en cuenta que, por régimen de seguridad, el alto de apilamiento no puede superar los 3.5 metros, se calculó la cantidad máxima de paquetes que se pueden almacenar en una pila, mediante la fórmula;

$$CMP = \frac{3.5 \text{ metros}}{h \text{ de un paquete del producto } i} \quad (2.2)$$

Los resultados obtenidos de la Cantidad máxima de paquetes apilados se presentan en la Tabla 2.3.

Estos resultados se utilizarán en la fase de análisis para determinar la cantidad de inventario propuesto para los 54 SKU's.

Tabla 2.3 Especificaciones de los SKU's de la bodega #1.

Códigos (bodega 1)	unidades por paquete	Peso (kg/unidad)	Volumen por paquete	Ancho	Largo	Altura	Cant. Max. de paquetes por altura
U255485200	96	10,8	0,46	0,4	6	0,31	11
U005002515	200	6,7	0,75	0,6	6	0,43	8
U005002518	200	7,8	0,75	0,6	6	0,43	8
U005002520	200	8,8	0,75	0,6	6	0,43	8
U005002530	200	12,7	0,75	0,6	6	0,43	8
G006030014	200	8,6	1,08	0,6	6	0,43	8
G006030015	200	9,2	1,08	0,6	6	0,43	8
G006030018	200	10,9	1,08	0,6	6	0,43	8
G006030020	200	12,0	1,08	0,6	6	0,43	8
G006030030	200	17,0	1,08	0,6	6	0,43	8
G008040014	96	11,9	0,92	0,6	6	0,43	8

G008040015	96	12,7	0,92	0,6	6	0,43	8
G008040017	96	14,3	0,92	0,6	6	0,43	8
GGB8040015	96	12,7	0,92	0,6	6	0,43	8
G008040018	96	15,1	0,92	0,6	6	0,43	8
G008040020	96	16,7	0,92	0,6	6	0,43	8
G008040030	96	24,1	0,92	0,6	6	0,43	8
U008004030	96	21,2	0,92	0,6	6	0,43	8
G010050018	70	18,5	1,05	0,6	6	0,43	8
G010050020	70	20,4	1,05	0,6	6	0,43	8
G010050030	70	29,7	1,05	0,6	6	0,43	8
U010005020	70	18,2	1,05	0,6	6	0,43	8
U010005030	70	26,9	1,05	0,6	6	0,43	8
G012601515	56	18,4	1,21	0,6	6	0,43	8
G120601520	56	24,2	1,21	0,6	6	0,43	8
G012550020	56	22,8	1,05	0,6	6	0,43	8
G012550030	56	33,2	1,05	0,6	6	0,43	8
U012505020	56	20,6	1,05	0,6	6	0,43	8
U012505030	56	30,4	1,05	0,6	6	0,43	8
G015050015	42	19,1	0,95	0,6	6	0,43	8
G015050020	42	25,1	0,95	0,6	6	0,43	8
G015050030	42	36,8	0,95	0,6	6	0,43	8
U015005020	42	22,9	0,95	0,6	6	0,43	8
U015005030	42	33,9	0,95	0,6	6	0,43	8
U150005038	42	42,5	0,95	0,6	6	0,43	8
U015005040	42	44,6	0,95	0,6	6	0,43	8
G016601515	42	21,2	1,21	0,6	6	0,43	8
GB16601515	42	21,2	1,21	0,6	6	0,43	8
G160601525	42	34,6	1,21	0,6	6	0,43	8
G020050020	42	29,9	1,26	0,6	6	0,43	8
G020050030	42	43,8	1,26	0,6	6	0,43	8
U020005030	42	41,0	1,26	0,6	6	0,43	8
L002002020	170	3,5	0,24	0,3	6	0,25	14

L003003020	170	5,3	0,54	0,3	6	0,21	16
L003003030	170	7,8	0,54	0,3	6	0,31	11
L004004020	170	7,2	0,74	0,3	6	0,21	17
L004004030	170	10,6	0,74	0,3	6	0,31	11
L005005020	170	9,1	0,74	0,3	6	0,21	17
PERLOS6020	100	10,4	0,48	0,4	6	0,21	17
G005025020	200	9,0	0,75	0,6	6	0,43	8
L004004015	170	5,5	0,27	0,3	6	0,21	17
U080401220	60	25,0	1,73	0,6	6	0,43	8
G010508320	70	30,0	1,83	0,6	6	0,43	8
L002502520	70	30,0	1,83	0,6	6	0,43	8

Fuente: Elaboración propia

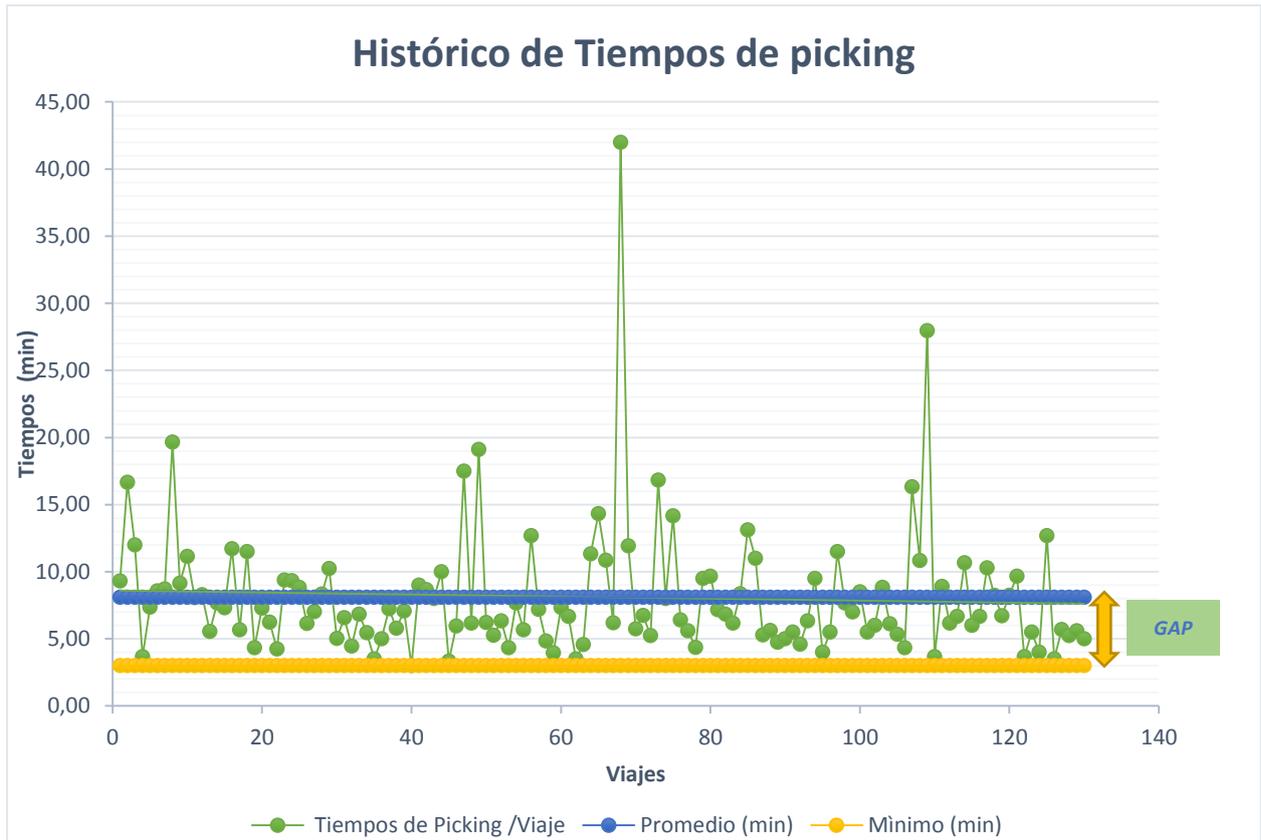
Medición de tiempos de picking actuales.

Luego de recolectar los tiempos de picking, se obtuvo una media de 8,11 min por viaje y un tiempo mínimo de 3,02 minutos por viaje. Esto se puede observar en Figura 2.5.

También se puede notar una tendencia de puntos en la parte inferior de gráfica. Esto puede deberse a que el proceso de despacho no siempre se realiza en paquetes, en ocasiones se rompe la unidad de carga y se despacha por unidades.

Se definió un GAP como la diferencia entre el tiempo mínimo y la media de los tiempos.

Mediante la consulta al equipo de trabajo se decidió escoger un target del 15% del GAP.



<i>Promedio (min)</i>	<i>Mínimo (min)</i>	<i>GAP (min)</i>	<i>% Target (min)</i>	<i>Target (min)</i>
8,11	3,02	5,09	15%	7,34

Figura 2.5 Tiempo actual de picking en la bodega

Fuente: Elaboración propia

Tiempos promedios de Actividades Proceso de Picking

En la Figura 2.6 se presenta el tiempo promedio dedicado a cada una de las 11 actividades del proceso de picking.

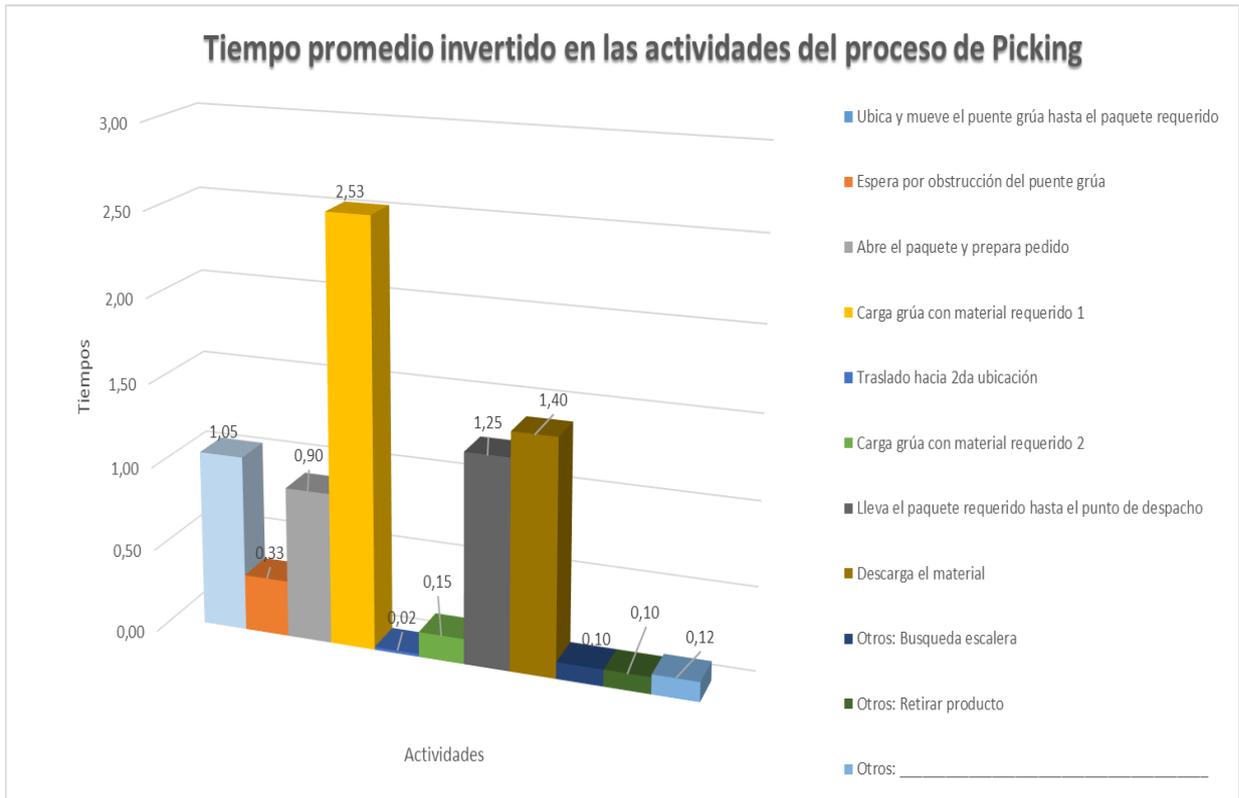


Figura 2.6 Tiempo promedio invertido en las actividades del proceso de picking

Fuente: Elaboración propia

Layout de Bodega

A continuación, se muestra la bodega seleccionada para realizar el estudio del proyecto. Esta se encuentra dividida por zonas. Presenta una zona frontal de despacho y otra lateral. Ver Figura 2.7, las dimensiones de la bodega se aprecia en el APÉNDICE B.

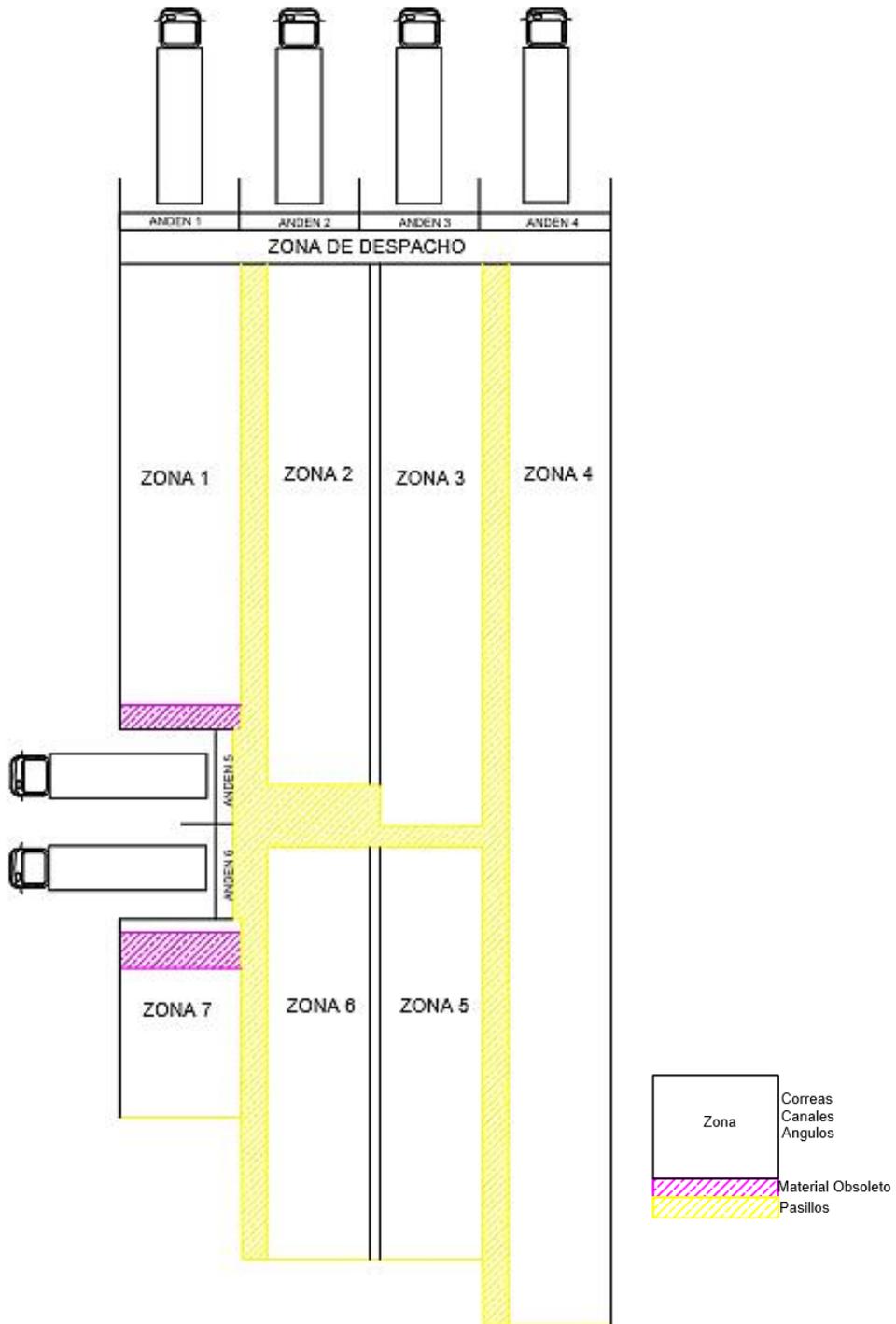


Figura 2.7 Layout de bodega

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de la bodega

La Tabla 2.4 muestra la capacidad actual de la bodega en rectángulos de 0,3m de ancho. Todas las Zonas cuentan con un largo de 6m.

Tabla 2.4 Capacidad de bodega

ESPACIO DE LA BODEGA				
Zonas	Ancho por zona	Ancho por rectángulo	Cantidad de rectángulos por zona	Cantidad de pilas por zona (0,6 cm)
ZONA 1	27,6	0,3	92	46,0
ZONA 2	30,86	0,3	103	51,4
ZONA 3	33,3	0,3	111	55,5
ZONA 4	62,7	0,3	209	104,5
ZONA 5	24,3	0,3	81	41
ZONA 6	24,3	0,3	81	41
ZONA 7	11,69	0,3	39	19
% De rectángulos			0,3%	0,3%
Espacios en cuadros para material sobrante y material en tránsito o dañado			2	1
Total rectángulos disponibles			714	357

Fuente: Elaboración propia

Codificación de la bodega

Se realizó una codificación de la bodega con el objetivo de especificar la posición actual de los productos. Cada código representa un producto, por ejemplo: el producto G008040020 tiene asignada la posición C5Z3.

El primer carácter está dado por las letras A, B, C y D de acuerdo a los andenes 1, 2, 3 y 4.

El segundo carácter está dado por números y especifica la posición que el producto ocupa en la bodega.

El tercer y cuarto carácter especifica la zona donde se encuentra ubicado el producto.

Para ver la codificación total de la bodega revisar APÉNDICE C.

Validación de datos.

Los integrantes del proyecto realizaron la toma de tiempos y se encargaron de definir los formatos para la respectiva medición. A sí mismo la capacidad de la bodega y la codificación fue determinada por líderes mencionados.

La información referente a órdenes de despacho y listado de SKU's, fueron facilitados por la empresa, esta información se registra mediante sistemas propios de la empresa, por lo que se asegura la veracidad y validez de la misma.

2.2.5. Determinación de la cantidad Inventario mensual

Para determinar la cantidad de inventario a mantener en la bodega estudiada se utilizó la siguiente formula:

$$C.I._{i,j} = I_{0,i,j} + P_{i,j} ; i = Enero, Febrero, \dots Junio. \quad (2.3)$$
$$j = 1, 2, 3, \dots \dots \dots, 53, 54.$$

Donde;

$C.I._{i,j}$ = Cantidad de inventario del mes x del producto y .

$I_{0,i,j}$ = Inventario Inicial del mes x del producto y .

$P_{i,j}$ = Producción que abastece la bodega del mes x del producto y .

Para obtener la cantidad de inventario, para los 54 SKU's, se trabajó con el inventario final mensual y las ventas mensuales, datos proporcionados por la firma metalmecánica. A continuación se explica detalladamente como fueron empleados estos datos.

Inventario Inicial

Se recolectó información sobre los inventarios finales del mes de noviembre del 2016 al mes de abril del 2017, por cada SKU almacenado en la Bodega bajo estudio. Debido a que nuestro proyecto abarca el 1er semestre del año 2017, se pronosticó los meses de mayo y junio a través de la técnica de predicción Media Móvil de 6, ya que esta es la que mejor se ajustaba a los datos.

Los datos de inventarios finales se presentan en la Tabla 2.5.

Para el cálculo de la producción mensual y cantidad de inventario mensual de cada SKU almacenado en la bodega bajo estudio se considera que, el Inventario Inicial del mes x será igual al Inventario Final de mes x-1.

Tabla 2.5 Inventario final (Noviembre – Junio) de cada SKU de la bodega

Código	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
U255485200	791	407	1	1	3937	3339	1413	1516
U005002515	32	1001	886	681	281	35	486	562
U005002518	600	4657	2257	0	4915	4915	2891	3272
U005002520	2410	7214	2817	889	2448	1028	2801	2866
U005002530	18	309	0	0	1662	0	332	384
G006030014	5188	11	3149	6665	122	7315	3742	3501
G006030015	1068	282	5691	2987	1723	7855	3268	3634
G006030018	7492	4900	119	10498	2665	8915	5765	5477
G006030020	24843	13621	24166	26936	12936	16731	19872	19044
G008040014	9	9	4421	2599	1110	3368	1919	2238
G008040015	2174	281	2073	4718	9883	9629	4793	5230
GGB8040015	3	3	1498	0	1953	1085	757	883
G008040018	8163	2767	4817	6070	7542	4310	5612	5186
G008040020	15044	4314	17294	17630	27708	15280	16212	16406
G008040030	31	1	4472	5281	931	19	1789	2082
U008004030	796	1869	822	1273	889	581	1038	1079
G010050018	1055	1801	411	20	1350	3230	1311	1354
G010050020	13547	13375	29	12205	119	9123	8066	7153
G010050030	133	234	6402	2167	3343	495	2129	2462
U010005020	36	1522	0	0	16	1023	433	499
U010005030	167	2596	944	-77	1043	1199	979	1114
G012601515	56	56	56	1419	75	75	290	328
G120601520	0	0	0	301	0	0	50	59
G012550020	1374	1091	0	4150	98	3326	1673	1723
G012550030	16	0	1725	3895	352	5061	1842	2146
U012505020	634	340	9	1549	305	1492	722	736
U012505030	46	1489	338	1370	339	1458	840	972

G015050015	277	277	1159	277	164	124	380	397
G015050020	2434	2970	5357	1581	3996	2307	3108	3220
G015050030	97	5643	926	3563	4510	1176	2653	3078
U015005020	2153	1939	1160	695	757	222	1154	988
U015005030	432	1434	731	286	792	235	652	688
U150005038	408	408	358	340	318	318	358	350
U015005040	869	850	65	436	1140	1082	740	719
G016601515	4	4	4	4	1068	396	247	287
GB16601515	38	38	38	38	560	140	142	159
G160601525	40	54	167	167	183	99	118	131
G020050020	733	4	375	509	14	2248	647	633
G020050030	31	79	1252	3095	38	3082	1263	1468
U020005030	14	19	149	598	12	1221	336	389
L002002020	34	204	0	0	376	2782	566	655
L003003020	1100	2647	1873	992	1092	365	1345	1386
L003003030	2987	2972	1161	148	1716	1177	1694	1478
L004004020	386	4653	2255	0	2321	4382	2333	2657
L004004030	613	3758	1188	3	7203	6097	3144	3565
L005005020	1412	1184	657	329	771	938	882	793
PERLOS6020	179	179	553	225	0	0	189	191
G005025020	3700	3700	3650	3650	9724	3724	4691	4857
L004004015	0	0	0	0	0	1086	181	211
U080401220	0	0	0	0	0	0	0	0
G010508320	0	0	0	0	0	0	0	0
G006030030	0	0	0	0	0	1480	247	288
G008040017	3820	1664	23	6450	4350	2718	3171	3063
L002502520	849	2089	148	38	3607	2924	1609	1736

Fuente: Elaboración propia

Ventas mensuales

Se determinó las ventas mensuales para cada SKU y el valor máximo de las ventas mensuales, es decir, la cantidad máxima vendida dentro de los

seis meses y el promedio de las ventas en el 1er semestre del 2017. Las ventas mensuales obtenidas se presentan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Ventas 1er semestre del 2017 de cada SKU de la bodega

Código	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Venta Max.	Prom.
U255485200	1218	0	1386	660	30	1072	1386	728
U005002515	345	10	50	138	15	50	345	101
U005002518	6000	4514	0	0	250	1848	6000	2102
U005002520	10350	2352	1355	1842	483	1318	10350	2950
U005002530	6885	0	601	4707	96	956	6885	2208
G006030014	16230	1800	3408	6450	700	1888	16230	5079
G006030015	30666	5660	1675	2790	867	8310	30666	8328
G006030018	10671	3500	2690	4470	420	9220	10671	5162
G006030020	56457	16614	10125	15462	2420	14756	56457	19306
G008040014	10281	1284	3806	4938	1271	1108	10281	3781
G008040015	37710	5508	3715	3450	2537	6852	37710	9962
GGB8040015	3129	1460	0	1164	212	322	3129	1048
G008040018	15393	7784	4692	4464	702	19410	19410	8741
G008040020	88575	19346	14769	19620	5470	25626	88575	28901
G008040030	10461	2106	4348	1395	899	4732	10461	3990
U008004030	2655	528	250	1131	74	884	2655	920
G010050018	2250	642	552	420	581	1700	2250	1024
G010050020	27945	2806	9711	9975	2448	11158	27945	10674
G010050030	13011	3444	2415	4986	669	4970	13011	4916
U010005020	3027	0	1900	2160	319	1396	3027	1467
U010005030	2493	562	1452	1572	162	830	2493	1179
G012601515	0	2688	1344	0	0	2576	2688	1101
G120601520	0	3248	280	0	0	0	3248	588
G012550020	2793	2458	3110	645	37	2776	3110	1970
G012550030	8739	1568	2339	1383	430	1574	8739	2672
U012505020	993	798	817	198	134	738	993	613
U012505030	2484	1188	602	648	519	934	2484	1063

G015050015	3654	2940	420	0	1512	1008	3654	1589
G015050020	8616	4080	3517	2019	614	2340	8616	3531
G015050030	1177	7920	4874	4113	2706	9074	11775	6744
U015005020	1971	700	716	666	114	1038	1971	868
U015005030	6009	1880	1682	1614	178	1866	6009	2205
U150005038	150	36	0	0	0	34	150	37
U015005040	2379	664	345	258	335	358	2379	723
G016601515	0	0	2562	0	0	588	2562	525
GB16601515	0	0	1008	0	60	420	1008	248
G160601525	252	0	1887	0	248	2016	2016	734
G020050020	3675	1420	488	666	366	782	3675	1233
G020050030	1595	4866	1953	1626	1299	2378	15954	4679
U020005030	6177	1684	394	1767	893	930	6177	1974
L002002020	0	0	4591	1041	907	340	10410	2708
L003003020	954	720	1260	354	585	114	1260	665
L003003030	2415	1306	1144	600	865	1364	2415	1282
L004004020	4683	3468	4219	1122	510	5172	11229	4880
L004004030	6210	2220	1351	1017	1255	1554	6210	2268
L005005020	768	340	160	0	0	312	768	263
PERLOS602	1497	656	225	0	961	0	1497	557
G005025020	150	0	0	0	8200	1378	8200	1621
L004004015	0	0	0	2400	731	0	2400	522
U080401220	0	0	0	0	0	240	240	40
G010508320	0	0	0	900	0	0	900	150
G006030030	0	0	0	2220	720	126	2220	511
G008040017	6570	0	1648	4080	277	2160	6570	2456
L002502520	4383	0	3874	3633	1241	2042	4383	2529

Fuente: Elaboración propia

Estos datos fueron calculados con la finalidad de utilizarlos en la fase de análisis de Inventario. Y permitirán establecer la producción mensual de inventario por cada SKU.

Producción

Para determinar la producción mensual que abastece a la bodega bajo estudio, se utilizó el inventario final, el inventario inicial y las ventas mensuales para cada SKU. La producción se calcula de la siguiente forma:

$$P_{i,j} = I_{o_{i,j}} - I_{f_{i,j}} + V_{i,j} ; \quad I_{o_{i,j}} = I_{f_{i-1,j}} \quad (2.4)$$

Donde;

$I_{f_{i-1,j}}$ = Inventario final del mes $x - 1$ del producto y .

$I_{f_{i,j}}$ = Inventario final del mes x del producto y .

$V_{i,j}$ = Ventas mensuales del mes x del producto y

La producción mensual obtenida se presenta en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Producción 1er semestre del 2017 de cada SKU

Código	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
U255485200	812	0	5322	62	0	1176
U005002515	230	0	0	0	466	126
U005002518	3600	2257	4915	0	0	2230
U005002520	5953	424	2914	422	2256	1383
U005002530	6576	0	2263	3045	428	1008
G006030014	19368	5316	0	13643	0	1647
G006030015	36075	2956	411	8922	0	8677
G006030018	5890	13879	0	10720	0	8932
G006030020	67002	19384	0	19257	5561	13928
G008040014	14693	0	2317	7196	0	1426
G008040015	39502	8153	8880	3196	0	7289
GGB8040015	4624	0	1953	296	0	448
G008040018	17443	9037	6164	1232	2004	18985
G008040020	101555	19682	24847	7192	6402	25821
G008040030	14932	2915	0	483	2669	5025
U008004030	1608	979	0	823	531	924
G010050018	860	251	1882	2300	0	1743
G010050020	14599	14982	0	18979	1391	10245

G010050030	19179	0	3591	2138	2303	5303
U010005020	1505	0	1916	3167	0	1462
U010005030	841	0	2572	1728	0	965
G012601515	0	4051	0	0	215	2615
G120601520	0	3549	0	0	50	8
G012550020	1702	6608	0	3873	0	2826
G012550030	10464	3738	0	6092	0	1878
U012505020	662	2338	0	1385	0	753
U012505030	1333	2220	0	1767	0	1066
G015050015	4536	2058	307	0	1768	1025
G015050020	11003	304	5932	330	1415	2452
G015050030	7058	10557	5821	779	4183	9500
U015005020	1192	235	778	131	1046	872
U015005030	5306	1435	2188	1057	595	1903
U150005038	100	18	0	0	40	26
U015005040	1594	1035	1049	200	0	337
G016601515	0	0	3626	0	0	628
GB16601515	0	0	1530	0	62	437
G160601525	365	0	1903	0	267	2029
G020050020	4046	1554	0	2900	0	768
G020050030	17127	6709	0	4670	0	2583
U020005030	6307	2133	0	2976	8	984
L002002020	0	0	4967	12816	0	429
L003003020	180	0	1360	0	1565	155
L003003030	604	293	2712	61	1382	1148
L004004020	2285	1213	6540	13290	0	5496
L004004030	3640	1035	8551	0	0	1976
L005005020	241	12	602	167	0	224
PERLOS6020	1871	328	0	0	1150	2
G005025020	100	0	6074	0	9167	1543
L004004015	0	0	0	3486	0	30
U080401220	0	0	0	0	0	240

G010508320	0	0	0	900	0	0
G006030030	0	0	0	3700	0	167
G008040017	4929	6427	0	2448	730	2052
L002502520	2442	0	7443	2950	0	2169

Fuente: Elaboración propia

Luego de encontrar cada componente, se calcula la cantidad de inventario que mantiene la firma metalmecánica para cada uno de los 6 meses analizados.

Además, se determinó la cantidad máxima de inventario que se mantuvo en la bodega en el periodo de seis meses y el promedio de inventario.

También se calculó el límite superior de inventario, con un 95,44% de confianza mediante la siguiente formula:

$$LSC = \bar{x} + k\sigma \quad (2.5)$$

Donde;

LSC = Límite superior de la cantidad de inventario

\bar{x} = Promedio de los seis meses de cantidad de inventario

k = Coeficiente designado según el nivel de confianza

Para el 95,44% de confianza $k = 2$

σ = Desviación estandar de los seis meses de cantidad de inventario

La cantidad de inventario mensual que se almacena en la bodega se presenta en el APÉNDICE D.

2.3. Análisis

Para determinar las causas potenciales se utilizará un Diagrama de Ishikawa, luego se elaborará una matriz de valoración de causas y después la verificación de las mismas. Finalmente se aplicará la herramienta de los 5 porque, con el objetivo de determinar la causa raíz.

En este punto también se realizará un análisis de los niveles de inventario a mantener para cada SKU.

Para el análisis de la situación actual de la bodega se utilizarán las siguientes herramientas: Clasificación ABC por demanda, Clasificación ABC por

frecuencia de consumo, Doble categorización ABC y Análisis de afinidad. Todo esto con el fin de determinar la nueva ubicación de los ítems de la bodega.

2.3.1. Cantidad de inventario propuesto

En esta etapa se analizan los datos obtenidos en la fase de medición y se determina la cantidad de inventario requerido para cada SKU. Con fin de lograr este propósito se utilizan los siguientes puntos: el inventario máximo observado en un periodo de 6 meses, el límite superior de inventario, inventario promedio, ventas promedio y ventas máximas observadas. Todos y cada uno de estos puntos se determinaron en apartado anterior.

La bodega consta de 54 productos y se determinó la cantidad de inventario para cada SKU. El procedimiento utilizado se explica a continuación:

1. Se determina la cantidad de paquetes requeridos, dividiendo el número de unidades que se almacenará entre el número de unidades de cada paquete.
2. Se determina la cantidad pilas requeridas, dividiendo la cantidad de paquetes requeridos para el número de paquetes permitidos en cada pila.
3. Se determina el espacio requerido para almacenar el inventario propuesto, por lo tanto se multiplica la cantidad de pilas requeridas por el ancho de una pila, esto se realizó para cada uno de los 54 ítems de la bodega #1.
4. Se divide la bodega en pequeños rectángulos de 0,3 metros, ya que este es el mínimo de ancho de un paquete.
5. Se determina la cantidad de rectángulos, de 0,3 metros, requeridos para almacenar cada SKU. Se divide el ancho requerido entre el ancho de un rectángulo (0,3 metros).
6. Finalmente se realiza una comparación entre la cantidad de rectángulos requeridos versus la cantidad de rectángulos o espacio disponibles en la bodega.

En el APÉNDICE E se detalla los resultados para cada punto mencionado.

Se observa que al mantener el inventario máximo observado dentro de 6 meses o el inventario establecido como límite superior, en ambos casos se

supera la capacidad de la bodega. Por lo tanto, no se pudo establecer como inventario propuesto ninguna de estas dos opciones.

Sin embargo, se estableció una nueva manera de calcular el inventario propuesto. Se seleccionó el mínimo de las ventas promedio y la venta máxima realizada.

Otras consideraciones tomadas en cuenta para la asignación de inventario, además de las antes expuestas, son las siguientes:

Para los productos BC, CB y CC se les asignó una pila o media pila dependiendo del producto, por ejemplo, si uno de los productos empieza su código con la letra G o U se le asigna una pila, ya que por características del producto, este requiere de un espacio de 0,6 m de ancho o lo que equivale a una pila. Por lo contrario, si uno de los productos empieza su código con la letra L se le asigna media pila, ya que requiere de un espacio de 0,3 m de ancho o lo que es lo mismo media pila.

A los productos BA y BB se les asignó la cantidad de pilas requeridos para cumplir la demanda promedio.

A los productos AB se les asignó el doble de pilas requeridos para cumplir la demanda promedio.

A los productos AA se les asignó el número de pilas tomando en cuenta el número de pilas requeridas para cumplir la demanda promedio, agregándoles pilas extras para alcanzar la venta máxima.

(Richards, 2014)

A continuación, la Tabla 2.8 se muestra el inventario propuesto para cada ítem que se encuentra almacenado en la bodega #1.

Tabla 2.8 Propuesta de cantidad de inventario a mantener mensualmente.

PROPUESTA				
INV. PROPUESTO RECTÁNGULOS (0,3 cm)	INV. PROPUESTO PILAS (0,6 cm)	INV. PROPUESTO (UNIDADES)	INV. PROPUESTO PAQUETES	UNIDADES POR RECTÁNGULO
1	1,0	1056	11	1056
2	1,0	1600	8	800
6	3,0	4800	24	800
10	5,0	8000	40	800
6	3,0	4800	24	800
10	5,0	8000	40	800
30	15,0	24000	120	800
10	5,0	8000	40	800
54	27,0	43200	216	800
10	5,0	3840	40	384
60	30,0	23040	240	384
4	2,0	1536	16	384
30	15,0	11520	120	384
104	52,0	39936	416	384
20	10,0	7680	80	384
4	2,0	1536	16	384
4	2,0	1120	16	280
52	26,0	14560	208	280
20	10,0	5600	80	280
6	3,0	1680	24	280
6	3,0	1680	24	280
6	3,0	1344	24	224
2	1,0	448	8	224
10	5,0	2240	40	224
20	10,0	4480	80	224
4	2,0	896	16	224
6	3,0	1344	24	224
10	5,0	1680	40	168
30	15,0	5040	120	168
40	20,0	6720	160	168
6	3,0	1008	24	168
20	10,0	3360	80	168
2	1,0	336	8	168
6	3,0	1008	24	168
2	1,0	336	8	168
2	1,0	336	8	168
6	3,0	1008	24	168
8	4,0	1344	32	168
30	15,0	5040	120	168
18	9,0	3024	72	168
4	2,0	9520	56	2380
1	0,5	2720	16	2720
1	0,5	1870	11	1870
4	2,0	11560	68	2890
4	2,0	7480	44	1870
1	0,5	2890	17	2890
1	0,5	850	9	1700
2	1,0	1600	8	800
1	0,5	2890	17	2890
2	1,0	480	8	240
2	1,0	560	8	280
2	1,0	1600	8	1600
10	5,0	3840	40	768
2	1,0	5780	34	2890
714	358			
714	357			

Fuente: Elaboración propia

A continuación, la Tabla 2.9 muestra un resumen de lo antes expuesto.

Tabla 2.9 Resumen de Requerimientos de Espacios

1ER SEMESTRE 2017							Propuesta
Categoría de ítems	# ítems	Inv. Max	Lcs= $\mu+k\sigma$	Inv. prom.	Ventas prom.	Ventas Max.	Cant. de espacios
AA	23	1369	1392	687	420	1134	602
AB	3	21	25	12	7	15	12
AC	0	0	0	0	0	0	0
BA	11	146	154	91	52	112	52
BB	6	86	98	35	29	61	29
BC	5	60	64	23	14	47	8
CA	0	0	0	0	0	0	0
CB	2	3	3	3	3	3	3
CC	4	20	22	12	8	14	8
TOTAL	54	1705	1758	863	533	1386	714

Fuente: Elaboración propia

Se observa en lo que respecta a cantidad de rectángulos, la cantidad propuesta está muy por debajo de la cantidad máxima de ventas, esto ocurre por los redondeos en las operaciones, por lo cual en la Figura 2.8 se muestra un gráfico donde se observa que el inventario propuesto no está tan alejado de las ventas máximas.

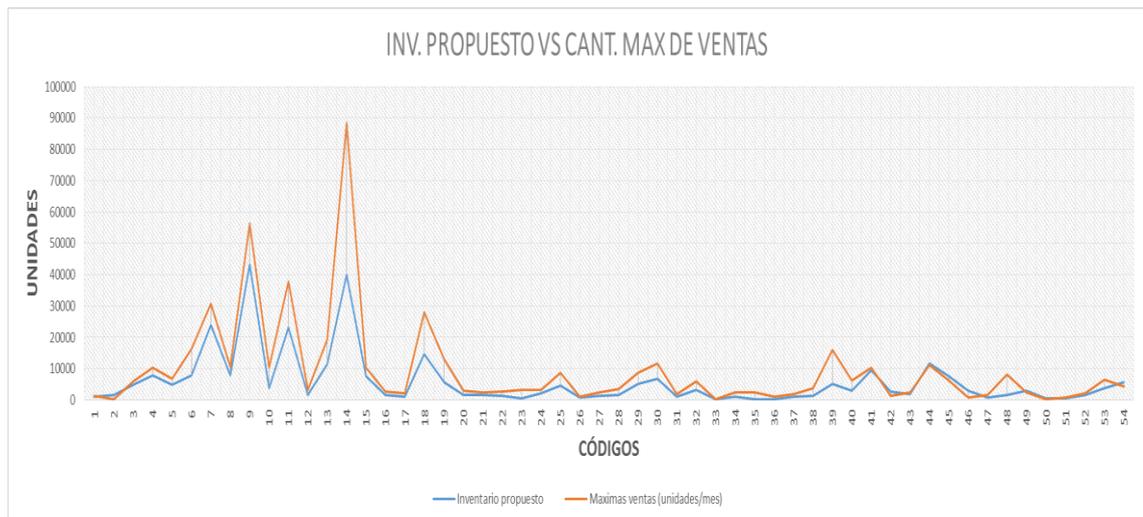


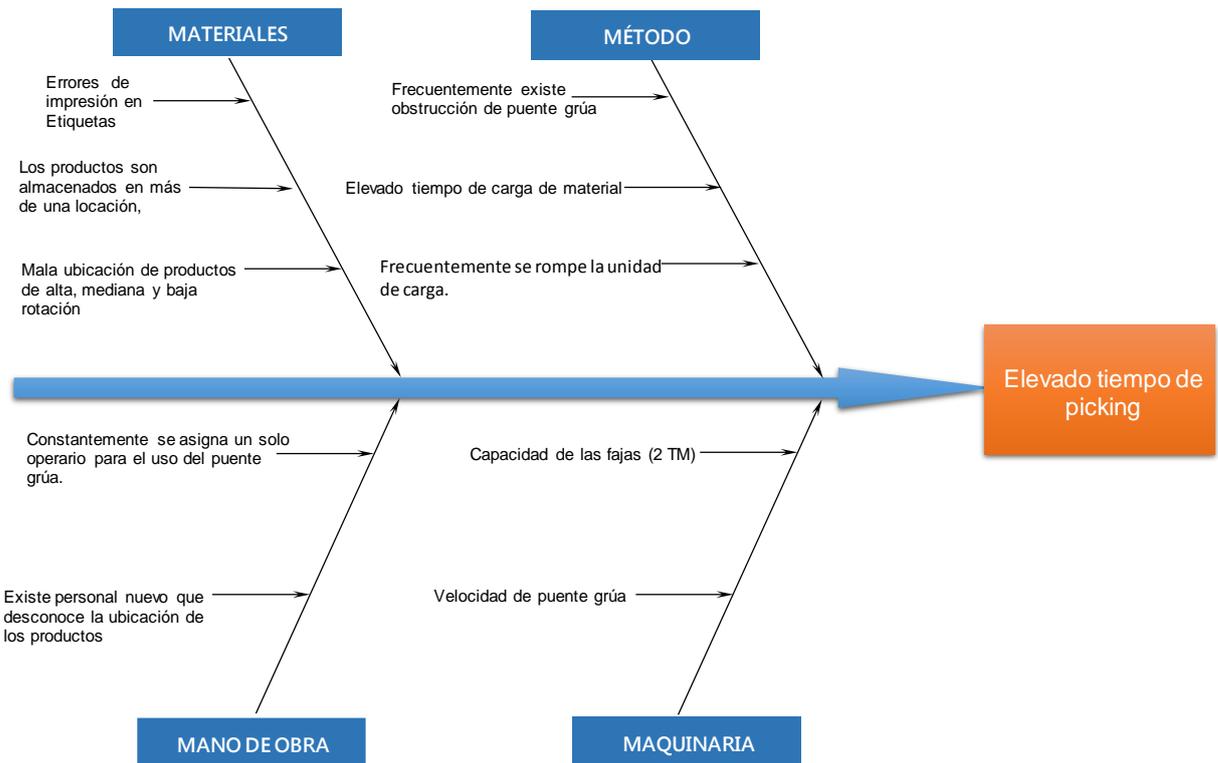
Figura 2.8 Inventario propuesto vs cantidad máxima de ventas

Fuente: elaboración propia

2.3.2. Diagrama de Ishikawa

La información recolectada en la toma de tiempos del proceso de picking y las entrevistas realizadas al personal de bodega, se clasificaron y analizaron mediante el uso del Diagrama de Ishikawa y como resultado se obtuvo las causas potenciales. Estas se muestran en la Figura 2.9.

Figura 2.9 Causas del elevado tiempo de picking



Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Matriz de valoración de causas

Las causas potenciales encontradas se enlistaron y con el apoyo del equipo de trabajo de la empresa, se clasificaron en la matriz de valoración de causas, para lo cual se utilizó el siguiente criterio: nivel alto con calificación 3, nivel medio con calificación 2 y nivel bajo con calificación 1.

Tabla 2.10 Lista de causas potenciales

CAUSAS POTENCIALES	
Método	
1	Frecuentemente existe obstrucción de puente grúa
2	Elevado tiempo de carga de material
3	Frecuentemente se rompe la unidad de carga.
Materiales	
4	Errores en Etiquetas
5	Los productos son almacenados en más de una locación.
6	Mala ubicación de productos de alta, mediana y baja rotación
Mano de obra	
7	Constantemente se asigna un solo operario para el uso del puente grúa.
8	Existe personal nuevo que desconoce la ubicación de los productos
Maquinaria	
9	Capacidad del puente grúa (2 TM)
10	Velocidad de puente grúa

Fuente: Elaboración propia

Las causas mostradas en la Tabla 2.10 se clasificaron en cada uno de los cuadrantes de acuerdo al control e impacto que ejercen en la bodega de la firma metalmecánica.

En la Figura 2.10 se muestra la ubicación de las causas en los diferentes cuadrantes.

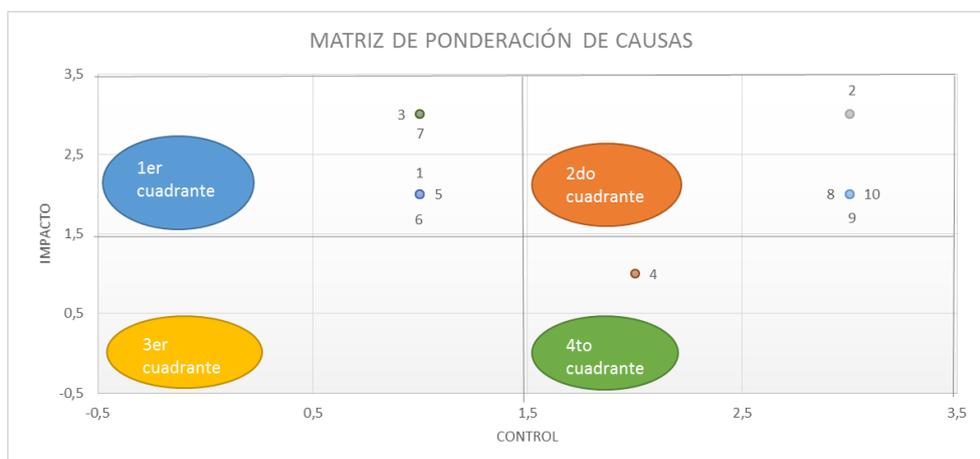


Figura 2.10 Valoración de causas

Fuente: Elaboración propia

10 son las causas potenciales mostradas en la Figura 2.10, de las cuales 5 están ubicadas en el primer cuadrante (1, 3, 5, 6 y 7). Estas últimas requieren menor control para ser solucionadas y tienen un gran impacto. Por lo tanto solo el primer cuadrante será considerado para la resolución del problema.

2.3.4. Verificación de causas

Después de establecer las causas potenciales, se verificó cada una de ellas. La Tabla 2.11 muestra la verificación de causas.

Tabla 2.11 Verificación de causas

N°	CAUSAS POTENCIALES	TEORIA SOBRE EL IMPACTO	¿CÓMO SE VERIFICA LA CAUSA?	ESTADO
1	Frecuentemente existe obstrucción de puente grúa.	El movimiento del puente grúa se ve interferido por un 2do puente grúa, provocando un elevado tiempo de picking.	Porcentaje de tiempo perdido por la obstrucción de puente grúa.	Verificada
3	Frecuentemente se rompe la unidad de carga.	La venta por unidad ocasiona un alza en el tiempo de picking.	Porcentaje de tiempo dedicado a preparación de productos al menudeo.	Verificada
5	Los productos son almacenados en más de una locación.	Dificultad del operario para recordar más de una zona del mismo producto ocasiona que el tiempo de picking aumente.	Análisis de ubicación actual de productos mediante software Heat Map	Verificada
6	Mala ubicación de productos de alta, mediana y baja rotación.	La mala ubicación de los productos provoca un elevado tiempo de picking.	Análisis de ubicación actual de productos mediante software Heat Map	Verificada
7	Constantemente se asigna un solo operario para el uso del puente grúa.	El bajo número de estibadores encargado de la recolección del producto terminado provoca un incremento en el tiempo de picking.	Tiempo de despacho promedio con un solo operario vs dos operarios.	No verificada

Fuente: Elaboración propia

Para la verificación de causas 1, 3 y 6, se realizó una toma de tiempos del proceso de picking, para luego determinar el porcentaje correspondiente a cada actividad.

La Figura 2.11 se puede apreciar que aquellas actividades que generan el 80 % de tiempo de picking son la carga, descarga, búsqueda y despacho de producto. También se observa un porcentaje de tiempo perdido por obstrucción de puente grúa de 4.21%, así mismo el tiempo dedicado abrir

un paquete y preparar las unidades a despachar está en un 11.31 % del tiempo total de picking, aunque no son actividades que ocupan el mayor tiempo de todo el proceso, queda demostrado que son actividades que ocurren en el proceso de despacho.

Por otro lado, el tiempo de búsqueda de producto y despacho de producto representan un 13.26 % y un 15.72 % respectivamente. Esto implica que, la mala ubicación de los productos afecta en los tiempos de picking haciendo que se incrementen.

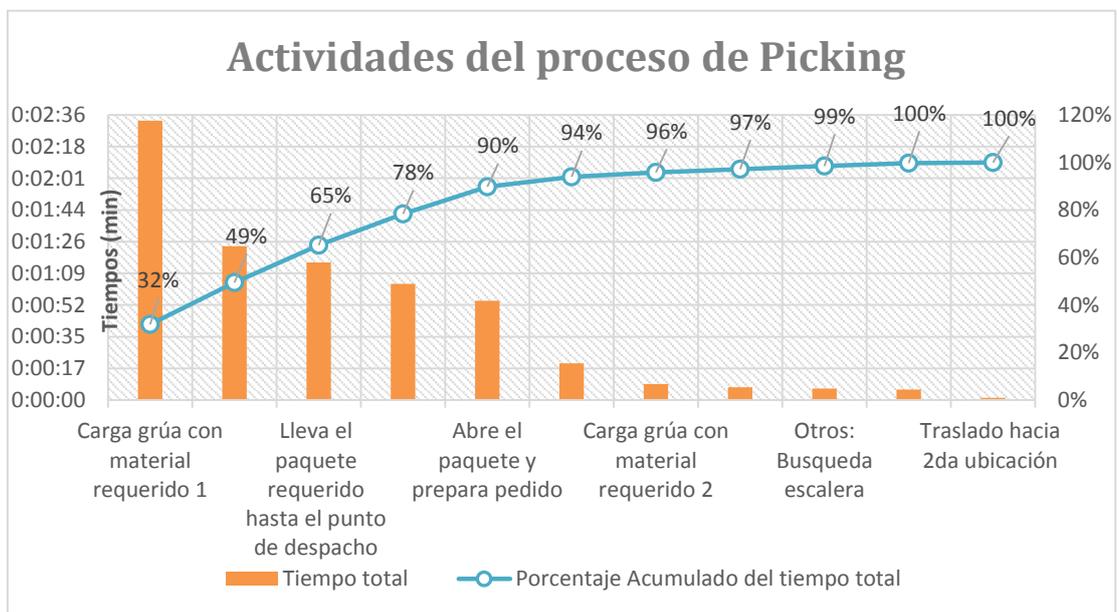


Figura 2.11 Diagrama de Pareto: proceso de picking

Fuente: Elaboración propia

Para la causa 6 se identificaron los productos que tienen varias ubicaciones en bodega. Analizando el Heat Map, se pudo observar que varios productos están localizados en diferentes puntos de la bodega, por ejemplo, el código G008040015 está ubicado en 3 lugares diferentes dentro de la bodega.

En Tabla 2.12 se muestra un resumen del número de posiciones que ocupa un producto en la bodega.

Tabla 2.12 Número de posiciones ocupadas por producto

CÓDIGO	# DE UBICACIÓN OCUPADA
U255485200	1
U005002515	1
U005002518	1
U005002520	1
U005002530	1
G006030014	1
G006030015	1
G006030018	1
G006030020	1
G008040014	1
G008040015	3
GGB8040015	2
G008040018	1
G008040020	2
G008040030	1
U008004030	1
G010050018	1
G010050020	3
G010050030	1
U010005020	2
U010005030	1
G012601515	1
G120601520	1
G012550020	1
G012550030	2
U012505020	1
U012505030	1
G015050015	2
G015050020	2

G015050030	3
U015005020	1
U015005030	1
U150005038	1
U015005040	1
G016601515	1
GB16601515	2
G160601525	1
G020050020	1
G020050030	2
U020005030	2
L002002020	1
L003003020	1
L003003030	1
L004004020	3
L004004030	1
L005005020	1
PERLOS6020	1
G005025020	1
L004004015	1
U080401220	1
G010508320	1
G006030030	1
G008040017	1
L002502520	1

Fuente: Elaboración propia

2.3.5. Matriz 5 porqué

Para determinar la causa raíz de las causas potenciales verificadas, se empleó la herramienta de los 5 porqué. La matriz respectiva se puede apreciar en la Tabla 2.13:

Tabla 2.13 Matriz 5 Porqué

		MATRIZ 5 ¿PORQUÉ?				
N°	CAUSA CRÍTICA	1er ¿porqué?	2do ¿porqué?	3er ¿por qué?	4to ¿por qué?	5to ¿por qué?
1	A menudo existe obstrucción de puente grúa.	Porque no se ha establecido el área de trabajo de cada puente grúa.	Porque la bodega se rige bajo una política de almacenamiento aleatorio.			
3	Frecuentemente se rompe la unidad de carga.	Porque la fábrica vende ítems de dos formas: paquetes y unidades sueltas	Porque la planta desea incrementar sus beneficios: aumento de ventas, reducir costos de distribución y aumentar utilización de camiones.			
5	Existen productos ubicados en dos o más posiciones en la bodega.	Porque la bodega se rige bajo una política de almacenamiento aleatorio.				
6	Ubicación inadecuada de productos de alta, media y baja rotación.	Porque la bodega se rige bajo una política de almacenamiento aleatorio.				

Fuente: Elaboración propia

2.3.6. Heat Map

Para llevar a cabo este análisis se utilizó el software Heat Map. Este necesita como entrada el layout de la bodega, la cual debe estar zonificada, es decir, cada ubicación debe tener un solo código asignado. La Figura 2.13 presenta la zonificación con sus respectivos códigos.

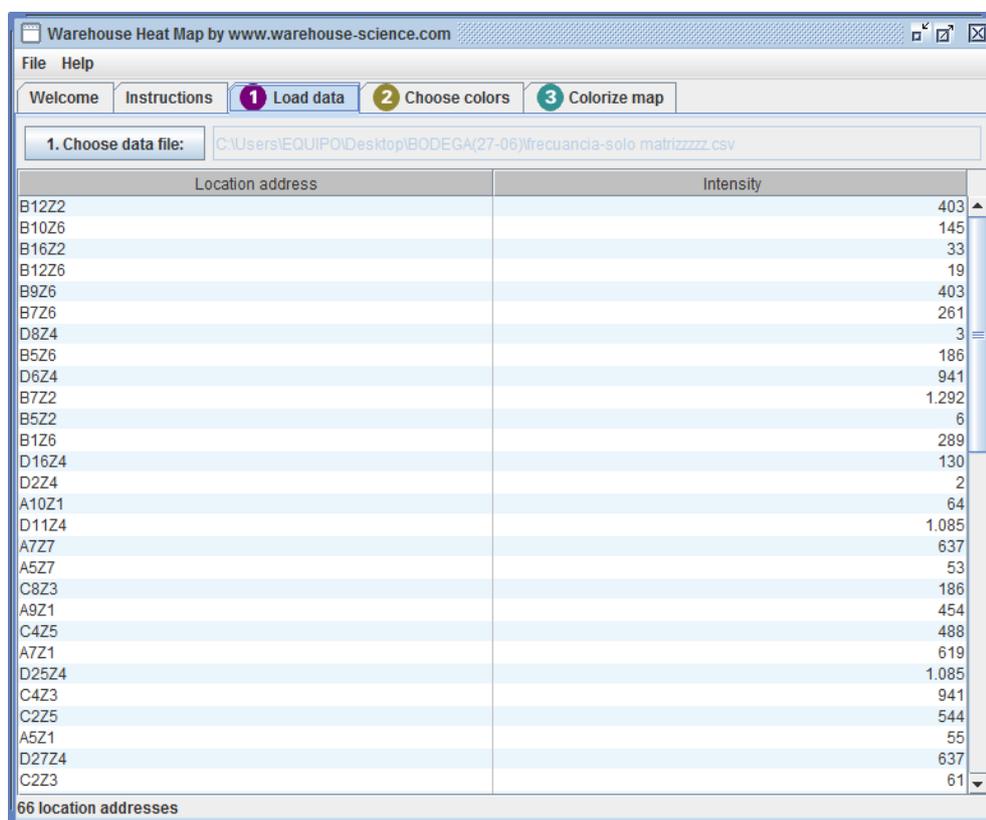
Otra entrada para el modelo es la frecuencia de visitas de cada zona, la cual se obtuvo a partir de las órdenes de despacho de los últimos 6 meses.

La ecuación utilizada para calcular la frecuencia de una zona está dada por:

$$Frecuencia\ de\ picking_{B12Z2} = \frac{\text{unidades\ vendidas}}{\frac{\text{Cantidad\ por\ paquete}}{2}} \quad (2.6)$$

Al dividir las unidades vendidas por la cantidad por paquete se realiza una conversión para saber cuántos paquetes se vendieron en un periodo de tiempo. La división para 2 se realiza porque, en promedio, se transportan 2 paquetes por viaje, como resultado se obtiene la frecuencia con la que se visita la casilla indicada.

Luego, las frecuencias y el layout se cargan al programa y se obtiene un mapa coloreado. Ver Figura 2.12 y 2.13.



The screenshot shows the 'Warehouse Heat Map' software interface. The window title is 'Warehouse Heat Map by www.warehouse-science.com'. The interface has a menu bar with 'File' and 'Help'. Below the menu bar are three tabs: 'Welcome', 'Instructions', and '1 Load data' (which is active). To the right of the tabs are two more options: '2 Choose colors' and '3 Colorize map'. Below the tabs is a text field labeled '1. Choose data file:' containing the path 'C:\Users\EQUIPO\Desktop\BODEGA(27-06)\frecuencia-solo matrizzzz.csv'. The main area of the window is a table with two columns: 'Location address' and 'Intensity'. The table contains 66 rows of data, with the last row being 'C2Z3' with an intensity of 61. The status bar at the bottom of the window indicates '66 location addresses'.

Location address	Intensity
B12Z2	403
B10Z6	145
B16Z2	33
B12Z6	19
B9Z6	403
B7Z6	261
D8Z4	3
B5Z6	186
D6Z4	941
B7Z2	1.292
B5Z2	6
B1Z6	289
D16Z4	130
D2Z4	2
A10Z1	64
D11Z4	1.085
A7Z7	637
A5Z7	53
C8Z3	186
A9Z1	454
C4Z5	488
A7Z1	619
D25Z4	1.085
C4Z3	941
C2Z5	544
A5Z1	55
D27Z4	637
C2Z3	61

Figura 2.12 Frecuencia de visitas por zona

Fuente: resultados obtenidos de Warehouse Heat Map, warehouse-science.com

En Figura 2.12 se observa una captura del software utilizado para elaborar el Heat Map; en la opción 1, se ingresa la frecuencia de recogida de cada SKU; en opción 2, se asigna los colores a cada rango de frecuencias; y opción 3, se carga el layout de la bodega en estudio.

Como dato adicional, el software trabaja en conjunto con Microsoft Excel.

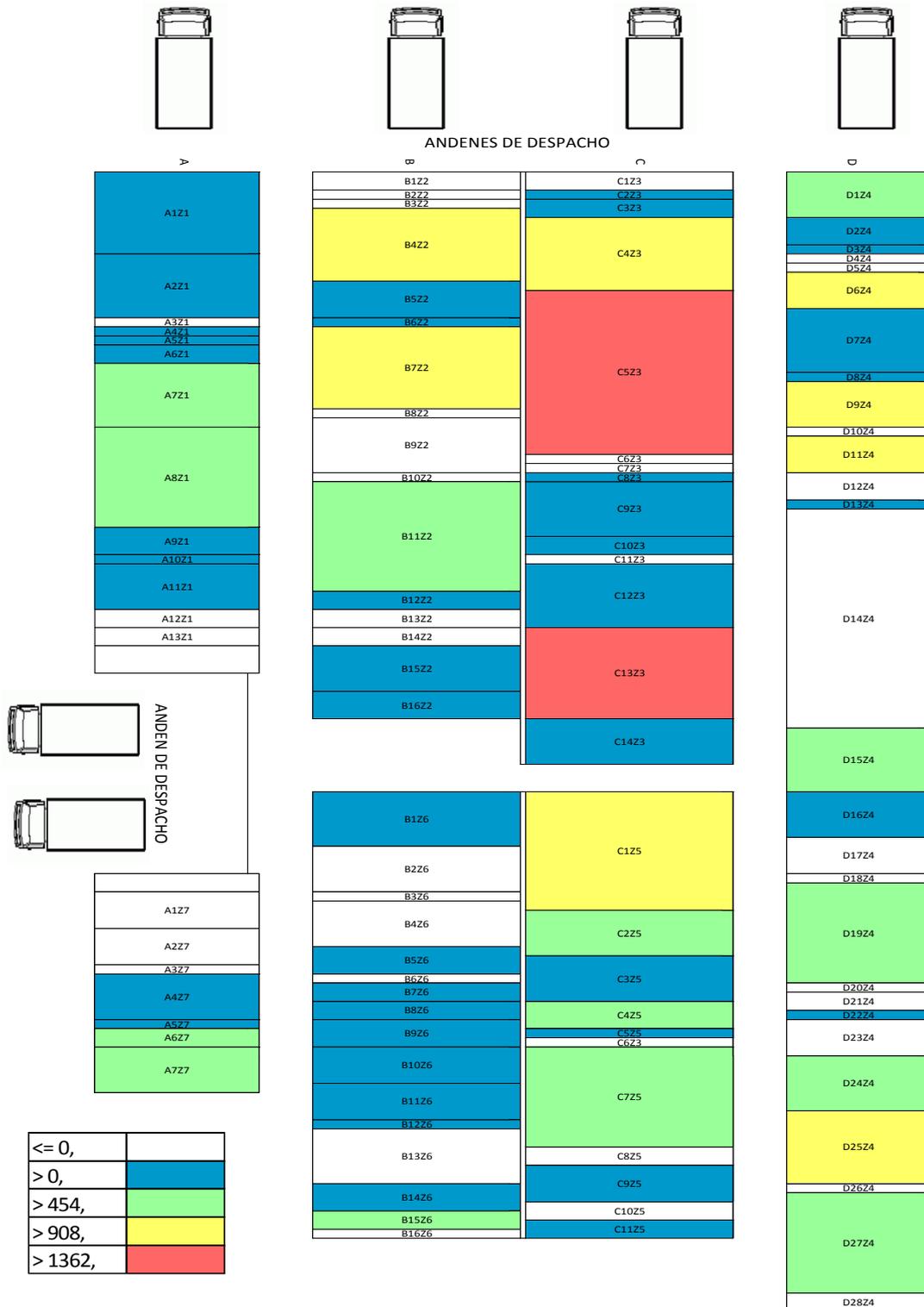


Figura 2.13 Mapa de calor de situación actual bodega producto terminado

Fuente: Elaboración propia

2.3.7. Clasificación ABC por demanda

La empresa estudiada cuenta con una gran variedad de productos de acero. Estos se encuentran almacenados en las tres diferentes plantas, parte del estudio consiste en reubicar los productos para la bodega

seleccionada. Por lo tanto es necesario determinar la categoría de cada producto, para conocer si los productos son de alta o baja rotación, y a partir de esta información asignar los productos a una nueva ubicación.

Se realizó un análisis ABC a partir del consumo mensual de cada producto. La clasificación se realizó en base a porcentaje acumulativo, donde el 80 % se clasificaron como A, de 80 a 95% como B y 95 % en adelante como C. En el APENDICE F se puede observar el listado de SKU's con la clasificación, como tipo A, tipo B o tipo C. El listado muestra todos los ítems almacenados en las tres plantas de la empresa, pero para la bodega seleccionada # 1 solo corresponden 54 códigos.

2.3.8. Clasificación ABC por frecuencia de picking

También se realizó un análisis ABC, pero considerando la frecuencia de picking, debido a que, el análisis del consumo por sí solo no permite tener una idea clara del comportamiento de los productos, por lo tanto se ha optado por hacer una clasificación ABC considerando la frecuencia de consumo. En APÉNDICE F se presenta la tabla con la asignación de categoría basándose en la frecuencia con la que se vende cada producto.

El cálculo de la frecuencia se contabilizada a partir del número de veces que un producto ha sido vendido en un periodo determinado. Para este cálculo se analizó un histórico de 6 meses de órdenes de despacho.

2.3.9. Doble categorización ABC

Una vez obtenida la clasificación por demanda y frecuencia se asignó una doble categoría a cada producto. Ver APÉNDICE F. La primera letra corresponde al nivel de demanda y la segunda letra a la frecuencia. En Figura 2.14 se muestra la categoría asignada a cada producto.

	Alta frecuencia ←	→ Baja frecuencia	
Alto consumo	AA	AB	AC
↑	BA	BB	BC
Bajo consumo	CA	CB	CC

Figura 2.14 Doble categorización: demanda y frecuencia de picking

Fuente: Elaboración propia

En APÉNDICE F solo 54 SKU corresponden a la bodega seleccionada.

2.3.10. Análisis de afinidad por pares

Para este análisis se utilizó el software Affinity Analyzer, el cual permite determinar el número de veces que dos productos han salido a la venta en una misma orden. La Figura 2.15 muestra una parte de los resultados obtenidos. La lista completa con sus respectivas afinidades se encuentra en APÉNDICE G.

Se evidenció que el 90 % de comparaciones son de alta rotación, es decir AA, y solo un 10 % son BA o CA.

SKU 1	SKU 2	#-containing orders	#-completing orders	%-order-completions
G006030020	G008040020	72	15	21
G006030015	G008040015	36	5	14
G008040020	G010050020	32	3	9
AC07507520	G008040020	27	2	7
G006030018	G008040018	27	3	11
G006030020	G010050020	27	1	4
G008040015	G008040020	26	1	4
AC07507520	AC10010020	26	0	0
G006030014	G008040014	25	3	12
PC01224200	PC01224300	24	5	21
AC10010020	AC10010030	23	5	22
G006030015	G008040020	23	1	4
G006030020	G008040015	22	1	5
PG01224090	PG01224110	21	3	14
G006030015	G006030020	20	2	10
ECN0202015	ECN0252515	19	0	0
AC07507520	G006030020	18	1	6
G006030018	G008040015	18	1	6
AC10010020	G008040020	17	0	0
G006030015	G006030018	17	2	12
G006030014	G006030018	16	3	19
G008040020	G008040030	16	2	13
PG01224070	PG01224090	16	3	19
AC10010020	G006030020	16	0	0
G008040015	G008040018	15	0	0
PG01224070	PG01224110	15	3	20
ERGB011220	ERGB020020	15	0	0
PG01224110	PG01224140	15	1	7

10.588 pairs of SKUs
 Parsed C:\Users\EQUIPO\Desktop\INTEGRADORA\BODEGA(6-07)\armado de productos.csv.

Figura 2.15 Afinidad por cada par de productos

Fuente: resultados obtenidos de Affinity Analyzer, warehouse-science.com

2.3.11. Análisis de afinidad múltiple

El análisis de afinidad entre dos productos por sí solo no es suficiente para sacar una conclusión de donde almacenar los productos. Por lo cual, se realizó una matriz de afinidad, la cual consiste en hacer una comparación de todos los productos disponibles en la bodega. Esto con la finalidad de saber que productos deben estar almacenados cerca. Para la realización de la matriz se utilizaron los datos obtenidos en el análisis de afinidad pareado. Estos datos se encuentran en APÉNDICE G.

En Tabla 2.14 se muestra la matriz obtenida a partir de la afinidad. Esta solamente muestra la afinidad entre los códigos correspondientes a la bodega 1 ubicada en la planta 3.

Tabla 2.14 Matriz de afinidad múltiple

PRODUCTOS BODEGA 1 - PLANTA 3																		
PRODUCTOS BODEGA 1 - PLANTA 3	ITEMS	G006030014	G006030015	G006030018	G006030020	G008040014	G008040015	G008040018	G008040020	G008040030	G010050020	G010050030	G012550030	G015050020	G015050030	G020050030	TOTAL	
	G006030014			16		25		9	12									62
	G006030015			17	20		36	14	23									110
	G006030018					12	18	27	10									67
	G006030020						22		72	11	27							132
	G008040014																	0
	G008040015							15	26	12						10		63
	G008040018								9									9
	G008040020									16	32	12				9		69
	G008040030										9	10						19
	G010050020															9		9
	G010050030															12		12
	G012550030															11		11
	G015050020															11		11
	G015050030																12	12
	G020050030																	0
	TOTAL	0	0	33	20	37	76	65	152	39	68	22	0	0	62	12		586

Fuente: Elaboración propia

2.4. Mejora

En esta fase se establecieron propuestas de mejora para las causas raíces determinadas. La Tabla 2.15 muestra un listado con las soluciones planteadas.

Tabla 2.15 Propuestas de mejora

N°	CAUSA CRÍTICA	CAUSAS RAÍZ	SOLUCIONES	
1	A menudo existe obstrucción del Puente grúa.	Porque la bodega se rige bajo una política de almacenamiento aleatorio.	A	Layout de la bodega con la ubicación óptima de cada producto.
3	Frecuentemente se rompe la unidad de carga.	Porque la planta desea incrementar sus beneficios: aumento de ventas, reducir costos de distribución y aumentar utilización de camiones.	B	Definir nueva unidad de carga y establecer una zona para ventas al menudeo.
5	Existen productos ubicados en dos o más posiciones en la bodega.	Porque la bodega se rige bajo una política de almacenamiento aleatorio.	A	Layout de la bodega con la ubicación óptima de cada producto.
6	Ubicación inadecuada de productos de alta, media y baja rotación.	Porque la bodega se rige bajo una política de almacenamiento aleatorio.	A	Layout de la bodega con la ubicación óptima de cada producto

Fuente: Elaboración propia

Las soluciones mostradas se analizaron en conjunto con los directivos de la empresa mediante una lluvia de ideas.

Para la evaluación de las soluciones se estableció el siguiente criterio: nivel alto con valor 3, nivel medio con valor 2 y nivel bajo con valor 1. En la Tabla 2.16 se muestran la evaluación de cada alternativa.

Tabla 2.16 Listado de propuestas de mejora – evaluación

N°	SOLUCIONES		
	Solución	Implementación	Impacto
A	Layout de la bodega con la ubicación óptima de cada producto.	1	3
B	Definir nueva unidad de carga y establecer una zona para ventas al menudeo.	2	3

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2.16 se presenta la matriz de ponderación para cada acción propuesta.

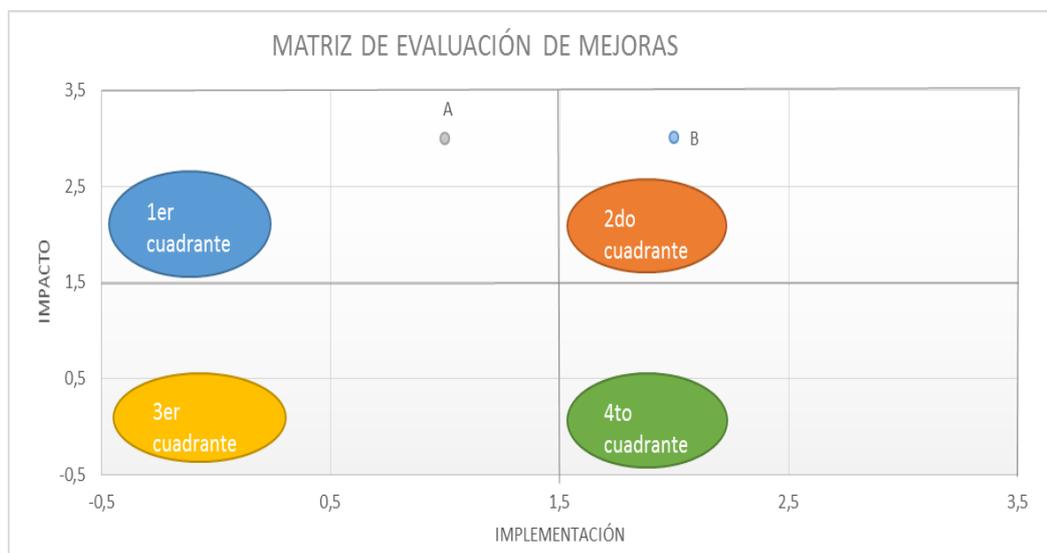


Figura 2.16 Matriz de valoración: propuestas de mejora

Fuente: Elaboración propia

Las propuestas analizadas que presentan un alto impacto y una relativa facilidad para ser implementadas se encuentran en el 1er cuadrante, ver Figura 2.16. Es decir, la alternativa seleccionada es la A, la cual corresponde a ubicación óptima de ítems en la bodega.

2.4.1. Plan de implementación

Una vez seleccionada la propuesta más adecuada, para atacar las diferentes causas raíces, se procederá a desarrollar un plan de implementación. Este plan tendrá como objetivo mejorar la ubicación de los ítems, solución propuesta y seleccionada en apartado anterior.

El plan de implementación consta de las siguientes partes:

- Modelo de programación lineal entera mixta
- Ubicación específica en bodega de producto terminado.

2.4.2. Modelo de programación lineal

Para la asignación de los productos, en la bodega seleccionada, se utilizó un modelo de programación lineal entera mixta, y para su resolución se usó el software GAMS.

Este modelo permite determinar qué tipo de producto almacenar en las diferentes zonas de la bodega, y también la posición específica que debe ocupar.

Antes de desarrollar el modelo cabe resaltar que debido a la gran cantidad de productos almacenados y a las limitaciones del programa GAMS, se optó por agrupar los ítems bajo ciertos criterios, los cuales serán explicados en siguientes apartados.

2.4.3. Formulación del modelo

La función objetivo busca minimizar la distancia recorrida entre la zona de despacho y la ubicación del producto en la bodega.

Variables:

$$X_{i,j}: \begin{cases} 1, \text{ Si el grupo } j \text{ es asignado al punto de almacenaminto } k. \\ 0, \text{ Caso contario} \end{cases}$$

Parámetros:

q = número de celdas o espacios de la bodega

n = número de grupos

m = número de andenes de despacho

S_j = número de celdas o espacios requeridos para grupo j

T_j = factor intensidad(frecuencia * demanda) para grupo j

p_i = porcentaje de recorrido hacia el puntos de salida

$d_{i,k}$ = distancia requerida para ir del punto i hasta el punto de almacenamiento k

Función objetivo:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q T_j \sum_{i=1}^m p_i d_{i,k} x_{j,k}$$

Restricciones:

La primera restricción indica que exactamente un producto sea asignado a un espacio o celda de almacenamiento

$$\sum_{j=1}^n x_{j,k} = 1 \quad k = 1, 2 \dots q$$

Esta restricción asegura que el número de espacios asignados a un producto correspondan al número de espacios requeridos por el producto.

$$\sum_{k=1}^q x_{j,k} = S_j \quad j = 1, 2 \dots n$$

(James, 2010)

2.4.4. Parámetros para modelo de programación

Agrupaciones

Como bien se indicó, los productos de la bodega se agruparon para facilitar la reasignación de cada uno.

Los pasos utilizados para agrupación son:

1. Doble categorización: se agruparon los ítems de acuerdo a su doble categorización, es decir los productos AA se agruparon entre ellos y así respectivamente para las demás categorías.
2. Factor de intensidad: este factor resulta del producto entre frecuencia y consumo. Los productos vistos por categorías son bastantes, además, al agruparlos, solo por categoría, se obtendría muy poca información sobre la ubicación de los grupos, por lo tanto se optó por dividir cada categoría en subgrupos. Y para esta subdivisión se usó el criterio de intensidad, es decir, aquellos ítems que tienen un factor intensidad alto se agruparon primero, y los que tienen intensidad baja se unieron a un grupo siguiente. Por ejemplo la intensidad de grupo 1 > intensidad de grupo 2 > intensidad grupo 3 > intensidad de grupo 4 y así sucesivamente hasta el grupo 11.

Todo este procedimiento se realizó para evitar que el modelo de prioridad a un producto que tiene una baja demanda o frecuencia sobre uno de alta demanda, es decir, se asegura que productos de alta rotación se ubiquen en las primeras posiciones dentro de la bodega.

En Tabla 2.17 se muestra la agrupación de los 54 ítems. También se muestra el número de grupos n formados.

Tabla 2.17 Agrupación de productos, Inventario requerido

GRUPOS				
DOBLE CATEGORIZACIÓN	SKU	# GRUPO	# REQUERIMIENTOS Sj	Factor Tj (frecuencia* demanda)
AA	G008040020	GRUPO 1	36,00	54637202
	G006030020			
	G010050020			
	G008040015			
	G015050030			
	G008040018			
	G006030015	GRUPO 2	11,00	7912937
	G020050030			
	G010050030			
	G008040030			
	G015050020	GRUPO 3	8,00	3853413
	G006030018			
	G006030014			
	G012550030			
	U015005030			
	U020005030	GRUPO 4	4,00	1493464
U005002520				
L004004020				
G008040014				
G012550020				
AB	U005002518	GRUPO 5	1,00	270601
	L002002020			
	L002502520			
BA	U010005020	GRUPO 6	3,00	1013500
	G020050020			
	U010005030			
	U012505030			
	U015005040	GRUPO 7	2,00	485156
	U015005020			
	G010050018			
	U008004030			
	L003003030	GRUPO 8	1,00	200462
	U012505020			
U255485200				
BB	GGB8040015	GRUPO 9	2,00	158617
	G012601515			
	G015050015			
	G160601525	GRUPO 10	1,00	59610
	L003003020			
G006030030	GRUPO 11	2,00	56035	
U005002515				
G120601520				
U150005038				
G016601515				
GB16601515				
L005005020				
PERLOS6020				
G005025020				
L004004015				
U080401220				
G010508320				
CELDAΣ TOTALES			71	

Fuente: Elaboración propia

Celdas de bodega

Representa el número total de celdas q al cual se dividió la bodega. Al final de Tabla 2.17, se aprecia las 71 celdas que corresponden a este parámetro.

Andenes

La bodega en estudio actualmente cuenta con 4 andenes frontales, m , de despacho y 2 andenes laterales. Para la corrida del modelo de programación, solo se consideró los 4 andenes frontales, dado que los andenes laterales provocan errores en la ubicación de productos de alta rotación. Otra razón es porque los andenes laterales son utilizados en menor medida, mientras que en los andenes frontales está el mayor movimiento de camiones.

Espacios requeridos

La cantidad de celdas o espacios, S_j , requeridos representan la cantidad de inventario que debe mantenerse en la bodega, el cual se determinó en puntos anteriores.

En la Tabla 2.17 se muestra la cantidad de celdas o casillas requeridas S_j para cada grupo n .

Factor de intensidad

Como se mencionó anteriormente, el factor T_j es un producto de la demanda y la frecuencia de consumo de cada producto, Ver APENDICE G. Este factor se utilizó para agrupar los productos. Este parte de la necesidad de tener resultados más claros y precisos de la ubicación de los productos. De cierta manera, al crear mayor número de grupos, se está forzando al modelo a arrojar resultados que permiten tener una idea clara, sobre donde almacenar los productos.

En Tabla 2.17 se puede apreciar el factor T_j utilizado para el modelo.

Porcentaje

Este parámetro corresponde a la probabilidad de ir a uno de los m andenes de despacho. Para el modelo se ha utilizado una probabilidad igual, 0.25 para los 4 andenes.

Distancias

La distancia utilizada para el modelo se tomó de la forma rectilínea, es decir la distancia entre el andén de despacho y la ubicación del producto está dada por sus componentes en X y Y.

2.5. Control

Para lograr mantener los cambios propuestos, la bodega debe cumplir con los siguientes procedimientos:

1. Cada producto tiene su ubicación específica y deberá ser almacenado en ese lugar. Tal y como se detalla en Figura 3.2.
2. Los productos pertenecientes al grupo 1 son los únicos que serán almacenados en la zona de reserva y luego deberán ser trasladados hacia la parte frontal, donde tienen su ubicación fija. Esto con el fin de evitar que sean distribuidos en diferentes posiciones de la bodega y crear desorden.
3. En la zona delantera se encuentran productos de grupo 1. La cantidad almacenada en esta zona se determinó a partir de las ventas promedio mensuales, es decir, se deberá mantener, en la zona delantera, el inventario promedio mostrado en APENDICE E. y en la zona de reserva, se almacenará la cantidad restante para completar las venta máximas (inventario promedio – ventas máximas), ver APENDICE E: tablas de ventas máximas.
4. La cantidad a almacenar de cada producto esta descrita en la Tabla 2.8
5. El modelo actual de almacenamiento está pensado para despachar tanto por medio de andenes frontales como laterales, es decir, el despacho de camiones se debe hacer de la forma como se ha trabajado normalmente.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Modelo de programación lineal da como resultado la ubicación de cada grupo en la bodega. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 3.1.

La programación en GAMS se encuentra descrita en APENDICE I

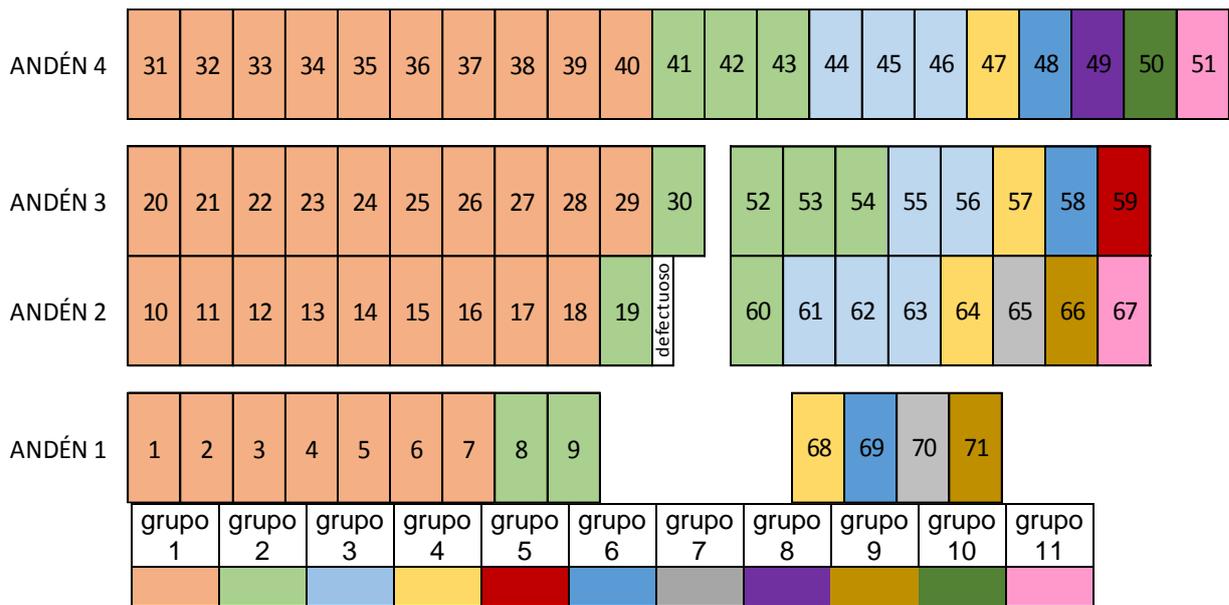


Figura 3.1 Ubicación de cada grupo de productos

Fuente: elaboración propia

3.1. Asignación de ubicación

Como se explicó anteriormente, el modelo arroja como resultado la posición de grupos, más no la ubicación de cada producto. Por lo tanto, el siguiente paso es ubicar cada ítem en la posición adecuada, para lo cual se utilizaron los siguientes criterios:

- **Control:** se busca que los productos tengan una posición fija. El objetivo es facilitar el almacenamiento y además reducir tiempos por búsqueda de productos al momento del despacho.
- **Afinidad:** en la sección 2.3.10 y 2.3.11 se presentó un análisis de afinidad, el cual se utilizará como criterio para la ubicación de los productos. Se busca que en la medida de lo posible los productos estén cerca de aquellos que son afines, con el objetivo de agilizar el despacho del camión.

- Andenes laterales: la bodega cuenta con 2 andenes laterales, los cuales no se consideraron en el modelo de programación, pero sí para definir la ubicación de cada producto. La ubicación se hizo de tal manera que aquellos productos de alta y media rotación se ubiquen cerca de estos 2 andenes, todo esto con el fin de agilizar su búsqueda y despacho.

En Figura 3.2 se observa la ubicación y distribución final de cada producto. Los números mostrados dentro de cada casilla son los códigos de cada producto de la bodega en estudio.

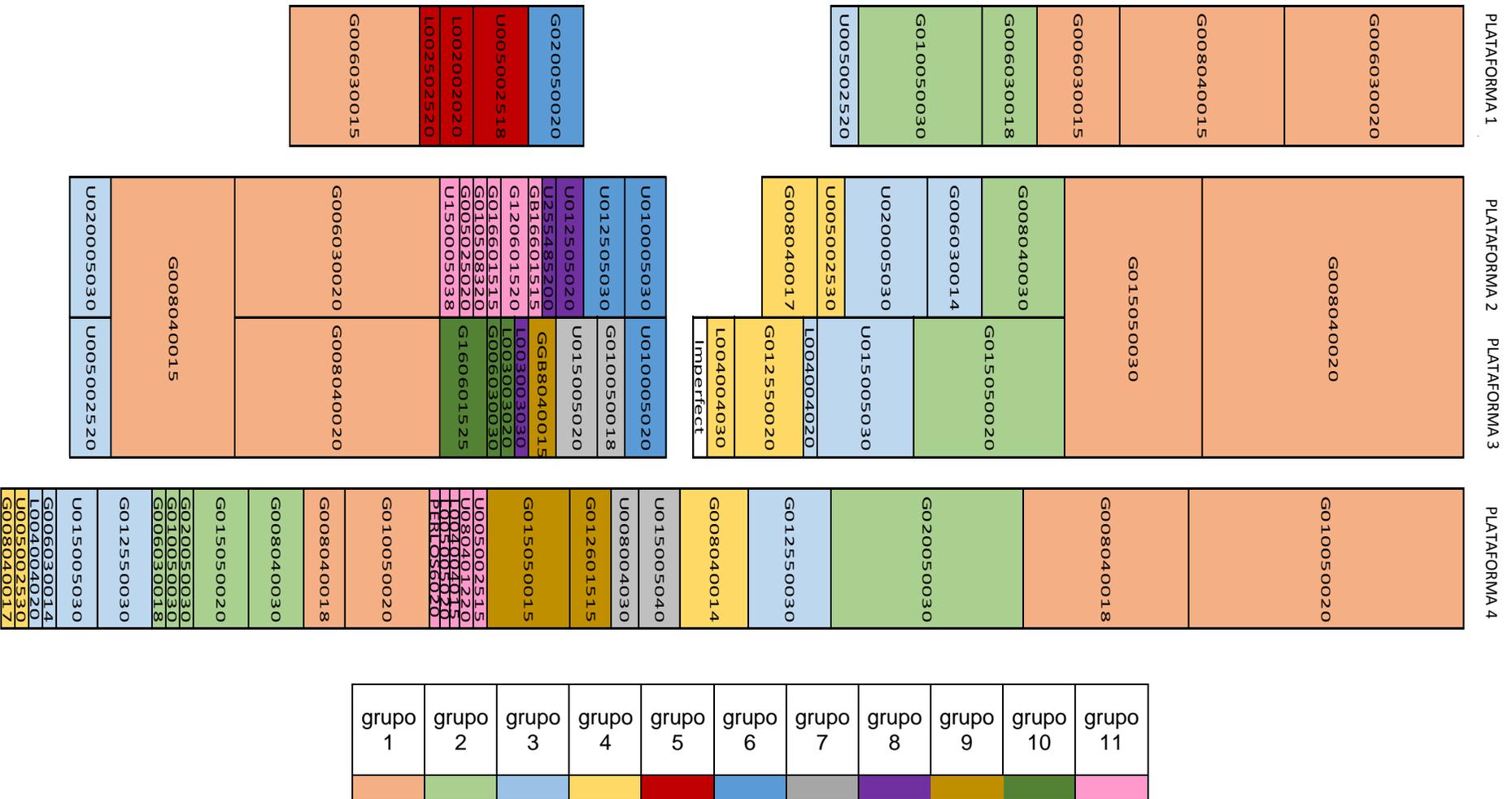


Figura 3.2 Reubicación de ítems.

Fuente: Elaboración propia

3.2. Simulación

Para determinar el tiempo de picking se realizó una simulación en Excel, tanto de la situación actual como también de la situación propuesta.

Parámetros de simulación:

- Aleatoriedad de códigos basados en la probabilidad de ser pedidos
- La velocidad del puente grúa es constante y es de 54 metros/ minuto
- Para generar la cantidad de producto se determinó la función generadora en base a la demanda de cada producto. Ver APÉNDICE J
- Se consideró una constante que represente el tiempo de carga y descarga, actividades que forman parte del proceso de picking.
- Las distancias se tomaron de forma rectilínea. Es decir, para determinar la distancia desde andén a la ubicación del producto se utilizó las componentes en X y Y.

La simulación genera aleatoriamente un producto, luego se genera la cantidad a ordenar para ese producto, y finalmente el modelo estima el tiempo de picking. La Tabla 3.1 muestra una orden aleatoria de 4 productos a manera de ejemplo:

Tabla 3.1 Generadora de picking

Velocidad de puente grúa (m/min)	54	Nº de réplicas	2000	Tiempo (min/lote)	5,76	GENERAR PICKING	
Código	Cant.	Categoría	Paquete	Nº de viajes	Distancia Actual (m)	Distancia Propuesta (m)	Tiempo requerido Actual (min)
G015050030	256	AA	6,1	4	204,44	66,6	38,184
U015005020	63	BA	1,5	1	153,21	91,28	8,597
G015050030	256	AA	6,1	4	204,44	66,6	38,184
U010005020	89	BA	1,3	1	102,93	85,28	7,666

Fuente: elaboración propia

Para la simulación se determinaron 1882 réplicas. Se usaron los siguientes datos: 80 % de nivel de confianza; una desviación estándar de 9.7, la cual se determinó a partir de prueba piloto; y un error de 0.5.

$$n = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{s}{\epsilon} \right)^2 \quad (2.7)$$

$$n = \frac{1}{0.2} \left(\frac{9.7}{0.5} \right)^2$$

$$n = 1882 \text{ réplicas}$$

3.3. Resultados

En situación actual se determinó un tiempo promedio de 7.89 min/lote mientras que para la situación propuesta refleja un tiempo promedio de 7.01 min/ lote, es decir se tiene un ahorro de 0.88 min por cada viaje que realice el operario. Ver Figura 3.3.

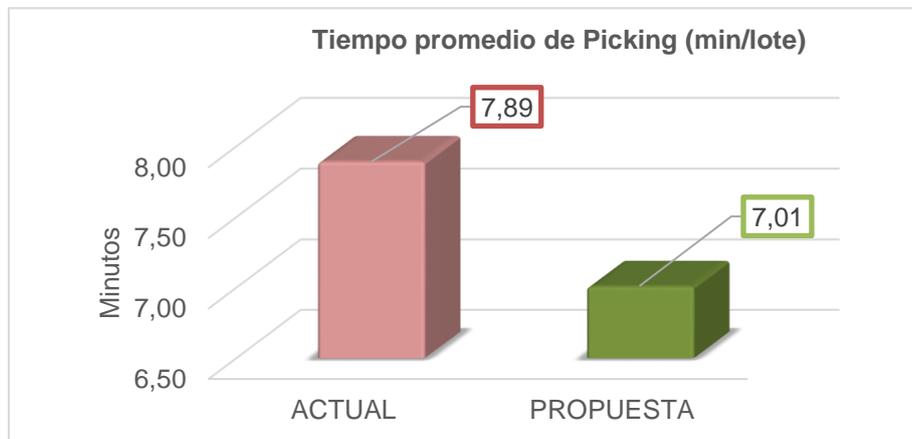


Figura 3.3 tiempos de picking: actual vs propuesto

Fuente: Elaboración propia

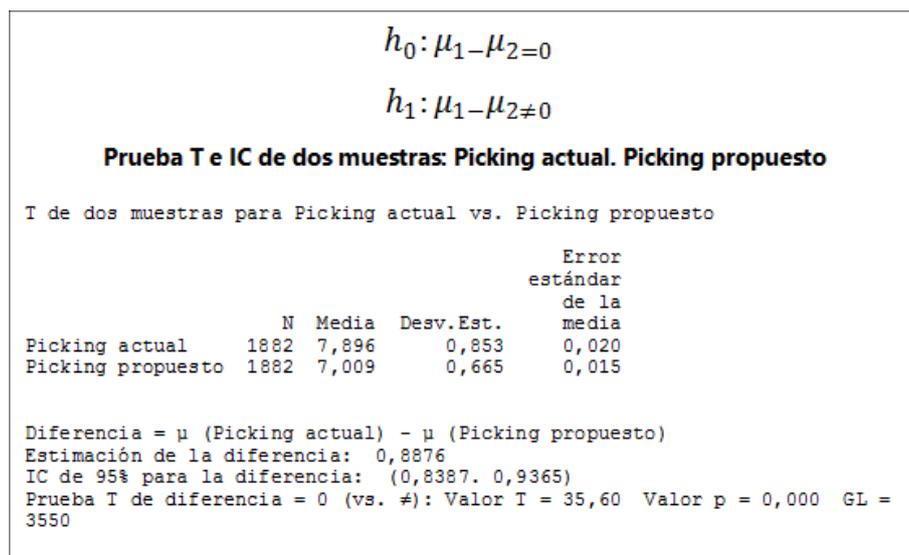


Figura 3.4 Prueba de hipótesis

Fuente: Elaboración propia

Para determinar si existe diferencia significativa entre el tiempo de picking actual y tiempo de picking mejorado, se realizó una prueba de hipótesis de diferencia de medias, para lo cual se usó el programa Minitab 17. La Figura 3.4 muestra los resultados obtenidos. Se obtuvo un $P \leq 0$, por lo tanto se rechaza hipótesis nula, es decir, las medias de tiempo de picking actual propuesto son significativamente diferentes.

Se determinó un intervalo de confianza para el tiempo de picking actual y propuesto.

Para tiempo de picking actual se consideró un 95% nivel de confianza y $n=1882$ datos

$$\bar{X} - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.8)$$

$$7.896 - 1.95 \frac{0.853}{\sqrt{1882}} \leq \mu \leq 7.896 + 1.95 \frac{0.853}{\sqrt{1882}}$$

$$7.85 \leq \mu \leq 7.93$$

Con lo cual se puede afirmar con un 95 % de confianza que los promedios de picking actuales obtenidos de la simulación estarán en un intervalo (7.85, 7.93).

Para tiempos de picking mejorado se consideró un 95 % de confianza y un tamaño de muestra de 1882 datos.

$$7.009 - 1.95 \frac{0.665}{\sqrt{1882}} \leq \mu \leq 7.009 + 1.95 \frac{0.665}{\sqrt{1882}}$$

$$6.97 \leq \mu \leq 7.03$$

Se puede afirmar con 95 % de confianza que el promedio de tiempo de picking propuesto estará en un intervalo de (6.97, 7.03).

3.4. Análisis financiero

Después de mostrar la nueva ubicación de los productos se analizó la rentabilidad del proyecto, para lo cual se utiliza un flujo de caja proyectado a 4 años.

Como inversión inicial se tiene \$ 938, correspondiente a la mano de obra involucrada en la movilización y cambios en la bodega. También, se consideró

un ahorro de \$ 1.559, valor determinado en apartado anterior. La inflación es de 3 % anual y TMAR es de 13 %.

Tabla 3.2 Flujo de caja a 4 años

Resultados económicos y financieros de la alternativa de reubicación de ítems				
Concepto	1	2	3	4
ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS:				
Total ahorro (\$/año) (2 Punteros, 1 Estibador)	1.606	1.653	1.702	1.753
Utilidad antes de impuesto a la renta	1.606	1.653	1.702	1.753
(-) Participación a Trabajadores (15%)	(241)	(248)	(255)	(263)
(-) Impuesto a la renta (22%)	(300)	(309)	(318)	(328)
Utilidad neta	1.064	1.096	1.129	1.162
FLUJO DE CAJA:				
	1	2	3	4
Ingresos	1.606	1.653	1.702	1.753
Total ahorro (\$/año) (2 Punteros, 1 Estibador)	1.606	1.653	1.702	1.753
Egresos	(541)	(557)	(574)	(591)
Inversión				
Pago participación de trabajadores	(241)	(248)	(255)	(263)
Pago del impuesto a la renta	(300)	(309)	(318)	(328)
Flujo neto (Ingresos menos Egresos)	1.064	1.096	1.129	1.162
Valores descontados	940	854	776	705
VPN :	2.337			

Fuente: elaboración propia

En Tabla 3.2 se observa un valor presente neto de \$2.337 y una TIR de 174 %, lo que indica que la inversión del proyecto es económicamente rentable debido a la alta capacidad de retorno.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo de reubicar los productos que se encuentran en la bodega bajo estudio, radica en disminuir el tiempo de picking, el cual está conformado por once actividades, de las cuales, 4 representan mayor peso en el tiempo de picking, y son: la carga, descarga, búsqueda de productos y despacho de producto.

Al disminuir el tiempo de picking también se aporta en la reducción del tiempo de despacho, lo cual implica aumentar la eficiencia de la bodega, es decir, los camiones serán despachados rápidamente y darán paso a la siguientes órdenes.

Como se muestran en los resultados la reubicación de los ítems provoca una reducción en los tiempos de picking, y esto a su vez un ahorro por cada viaje realizado. Si bien es cierto el ahorro no parece ser significativo, cabe recalcar que el estudio solo se realizó en uno de los cinco galpones existentes en la planta tres, por consiguiente, si se considera que la compañía tiene 3 plantas y cada planta varias bodegas, se puede llegar a un ahorro realmente significativo.

La debilidad del proyecto radica en que el verdadero beneficio se mostrará en el momento de replicar los estudios realizados a todos los demás galpones de la firma metalmecánica.

La fortaleza de este proyecto radica en la baja inversión que se requiere para implementar el nuevo layout. Todas las herramientas utilizadas son de uso libre y tienen una gran efectividad a la hora de su aplicación. Otro aspecto que se debe resaltar es el enfoque a crear un ambiente seguro, ya que el modelo propuesto reduce las condiciones inseguras a las cuales está sometido el operario, generando beneficios para la compañía al evitar accidentes en la bodega.

Mediante el estudio realizado se da paso a nuevos proyectos, los cuales pueden enfocarse en actividades como: el armado de viaje, metodologías de carga y descarga de paquetes, estudios relacionados a la unidad de carga, y así a una gran

variedad de actividades relacionadas al almacenamiento de inventario. Se considera que este proyecto representa un punto de partida para los proyectos venideros y de seguro será de gran aporte y beneficio para cada uno de ellos.

4.1. Conclusiones

Después del análisis presentado se puede concluir lo siguiente:

- Mediante modelo de programación lineal se determinó la ubicación óptima de cada uno de los once subgrupos de productos.
- Se determinó la nueva ubicación de cada producto, para lo cual se utilizó conceptos de doble categorización y afinidad, los cuales garantizan que los ítems de alta frecuencia y consumo estén localizados cerca de los puntos de despacho.
- Mediante la simulación se determinó un tiempo de picking actual de 7.01 min/ viaje, lo cual representa una reducción del 12.5 %.
- Se logró un ahorro de 0,88 min/viaje, lo que equivale a 1559,25 \$/anual.
- Se determinó mediante prueba de hipótesis la existencia de una diferencia significativa entre el tiempo de picking actual y el tiempo de picking mejorado. Por lo tanto la reducción de tiempo de picking después de implementar la solución propuesta es significativa.
- Se logró que el proceso de picking sea más ágil, ya que se asignó una ubicación específica para cada uno de los 54 productos existente en la bodega, permitiendo de esta manera, al operario, determinar mucho más rápido la ubicación de un producto.
- Se definió dos zonas en la bodega: una de picking y otra de reserva. Esta última permite receptor los picos de inventario que genera producción.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda mejorar el plan de producción para cada SKU con el fin de evitar que productos de baja rotación, ocupen más espacio del necesario.
- Se recomienda implementar un sistema de almacenamiento fijo, para evitar demoras en la búsqueda de productos.

- Establecer como máxima altura de apilamiento los 3.5 metros, establecidos en reglamento interno, para mejorar el lugar de trabajo y crear un ambiente seguro para los operarios.
- Se recomienda dar a conocer las herramientas análisis de bodega utilizadas en este proyecto con el fin de facilitar el monitoreo de los productos.
- Es de suma importancia que la Empresa ejecute este proyecto en el menor tiempo posible de tal forma que verifique y cuantifique los cambios asociados a la misma.

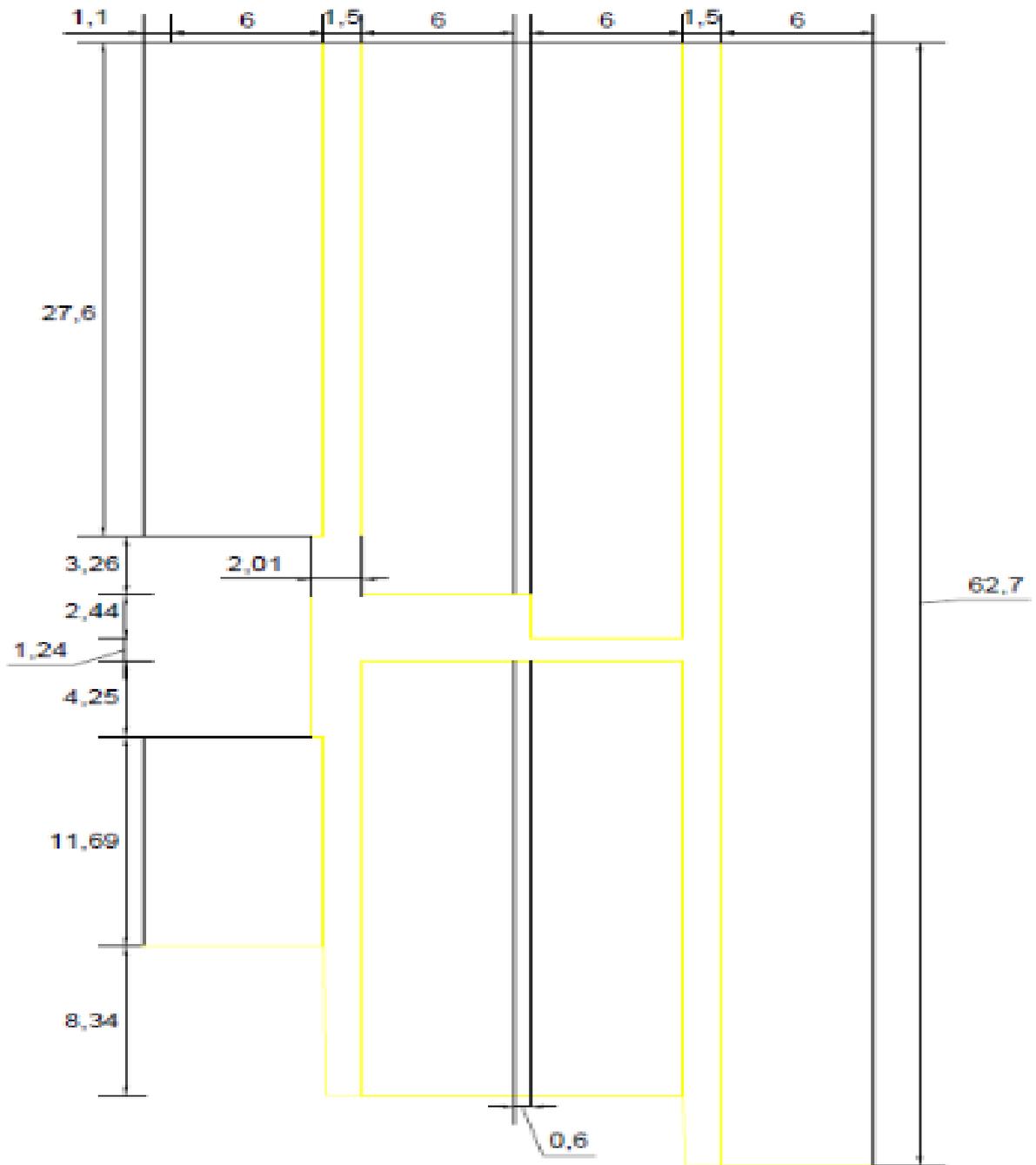
BIBLIOGRAFÍA

- Bartholdi, J. (n.d.). *Affinity Analyzer*. Retrieved from Warehouse Science: <http://www.warehouse-science.com/>
- Bartholdi, J. (n.d.). *Constructing a “heat map” of the warehouse*. Retrieved from Warehouse Science: <http://www.warehouse-science.com/>
- James, w. B. (2010). *FACILITIES PLANING*. UK: JHON WILEY & SONS,INC.
- Jose, C. (2017). *Ing. Industrial*. Obtenido de <http://engindustrial.blogspot.com/2009/08/modelo-sipoc.html>
- Mauleón., M. (2003.). *Sistemas de Almacenaje y Picking*. . Díaz de Santos. .
- Pulido, H. G. (2010). *Calidad Total y productividad* . Mc Graw Hill.
- Richards, G. (2014). *Warehouse Management*. London: Kogan Page.

APÉNDICES

APÉNDICE B

Layout de bodega



APÉNDICE C

Codificación de bodega



Asignación de códigos a cada producto

UBICACIÓN	CÓDIGO
D1Z4	U005002520
D2Z4	U080401220
D3Z4	U008004030
D4Z4	sin utilizar
D5Z4	sin etiqueta
D6Z4	G020050030
D7Z4	G006030014
D8Z4	G010508320
D9Z4	G010050020
D10Z4	Vacío
D11Z4	G015050030
D12Z4	sin etiqueta
D13Z4	U150005038
D14Z4	Vacío
D15Z4	G008040018
D16Z4	U012505020
D17Z4	G003505020

D18Z4	sobranter
D19Z4	G010050030
D20Z4	Sin etiqueta
D21Z4	Vacío
D22Z4	G015050015
D23Z4	G010015018
D24Z4	G008040015
D25Z4	G015050030
D26Z4	vacío
D27Z4	G008040015
D28Z4	Vacío
C1Z3	PERLO55020
C2Z3	L003003020
C3Z3	L003003030
C4Z3	G020050030

C5Z3	G008040020
C6Z3	sin etiquetar
C7Z3	sin etiquetar
C8Z3	L004004020
C9Z3	GB16601515
C10Z3	GGB8040015
C11Z3	vacía
C12Z3	G008040014
C13Z3	G006030020
C14Z3	G012550020
C1Z5	G015050030
C2Z5	G006030015
C3Z5	U005002518
C4Z5	G012550030
C5Z5	L004004015
C6Z5	L003003029
C7Z5	G015050020
C8Z5	sin etiquetar
C9Z5	L004004030
C10Z5	sobrante
C11Z5	U005002530
B1Z2	G015050018
B2Z2	Sobrante
B3Z2	Vacío
B4Z2	G010050020
B5Z2	GB16601515
B6Z2	G005025020
B7Z2	G010050020
B8Z2	sobrante
B9Z2	G005030020
B10Z2	Vacío
B11Z2	U015005030

B12Z2	U010005020
B13Z2	Vacío
B14Z2	sin etiquetar
B15Z2	G120601520
B16Z2	G012601515
B17Z2	Vacío
B1Z6	G006030018
B2Z6	sin etiqueta
B3Z6	oxidado
B4Z6	sin etiqueta
B5Z6	L004004020
B6Z6	sin etiquetar
B7Z6	U012505030
B8Z6	G016601515
B9Z6	U010005020
B10Z6	U255485200
B11Z6	U015005020
B12Z6	U005002515
B13Z6	Sobrante
B14Z6	G160601525
B15Z6	U010005030
B16Z6	sin etiquetar
A1Z1	G020050020
A2Z1	G012550020
A3Z1	Sin etiquetar
A4Z1	G015050015
A5Z1	L002002020
A6Z1	L004004020
A7Z1	G008040030
A8Z1	G012550030
A9Z1	U020005030
A10Z1	L005005020
A11Z1	U020005030
A12Z1	sin etiqueta
A13Z1	sin etiqueta
A1Z7	Obsoleto
A2Z7	oxidado
A3Z7	Sin etiquetar
A4Z7	U015005040
A5Z7	GGB8040015
A6Z7	G015050020
A7Z7	G008040015

APÉNDICE D

CÓDIGO	CANTIDAD DE INVENTARIO (Io+P)						CANT. INV. MAX	CANTIDAD DE INV. PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	k (95,44%)	LÍMITE SUPERIOR DE CANT. DE INV. (LCS=media+kσ)
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO					
U255485200	1219	1	5323	3999	3339	2588	5323	2745	1979	2	6702
U005002515	1231	886	681	281	501	612	1231	699	329	2	1356
U005002518	8257	4514	4915	4915	4915	5120	8257	5439	1394	2	8228
U005002520	13167	3241	3803	2870	3284	4184	13167	5092	3983	2	13058
U005002530	6885	0	2263	4707	428	1340	6885	2604	2683	2	7969
G006030014	19379	8465	6665	13765	7315	5389	19379	10163	5365	2	20894
G006030015	36357	8647	3398	10645	7855	11944	36357	13141	11745	2	36631
G006030018	10790	13998	10498	13385	8915	14697	14697	12047	2298	2	16643
G006030020	80623	43550	26936	32193	22292	33800	80623	39899	21196	2	82291
G008040014	14702	4421	4916	8306	3368	3346	14702	6510	4407	2	15325
G008040015	39783	10226	13598	13079	9629	12082	39783	16399	11561	2	39521
GGB8040015	4627	1498	1953	2249	1085	1205	4627	2103	1313	2	4729
G008040018	20210	13854	12234	8774	6314	24596	24596	14330	6924	2	28179
G008040020	105869	36976	42477	34900	21682	42032	105869	47323	29658	2	106639
G008040030	14933	7387	5281	1414	2688	6814	14933	6420	4772	2	15963
U008004030	3477	1801	1273	1712	1112	1963	3477	1890	842	2	3575
G010050018	2661	662	1902	3650	3230	3054	3650	2526	1088	2	4703
G010050020	27974	15011	12205	19098	10514	18311	27974	17186	3731	2	24648
G010050030	19413	6402	5758	5481	2798	7432	19413	7880	1724	2	11328
U010005020	3027	0	1916	3183	1023	1895	3183	1841	1206	2	4253
U010005030	3437	944	2495	2771	1199	1944	3437	2132	955	2	4042
G012601515	56	4107	1419	75	290	2904	4107	1475	1694	2	4864
G120601520	0	3549	301	0	50	59	3549	660	1420	2	3500
G012550020	2793	6608	4150	3971	3326	4499	6608	4225	1318	2	6860
G012550030	10464	5463	3895	6444	5061	3720	10464	5841	2481	2	10803
U012505020	1002	2347	1549	1690	1492	1474	2347	1592	437	2	2466

CÓDIGO	CANTIDAD DE INVENTARIO (Io+P)						CANT. INV. MAX	CANTIDAD DE INV. PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	k (95,44%)	LÍMITE SUPERIOR DE CANT. DE INV. (LCS=media+kσ)
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO					
U012505030	2822	2558	1370	2106	1458	1906	2822	2037	581	2	3199
G015050015	4813	3217	584	164	1892	1405	4813	2012	1740	2	5492
G015050020	13973	5661	7513	4326	3722	5560	13973	6792	3752	2	14297
G015050030	12701	11483	9384	5289	5359	12152	12701	9395	3276	2	15947
U015005020	3131	1395	1473	888	1268	2026	3131	1697	411	2	2519
U015005030	6740	2166	2474	1849	830	2554	6740	2769	2043	2	6855
U150005038	508	376	340	318	358	384	508	381	27	2	434
U015005040	2444	1100	1485	1340	1082	1077	2444	1421	186	2	1793
G016601515	4	4	3630	1068	396	875	3630	996	1363	2	3722
GB16601515	38	38	1568	560	202	579	1568	498	594	2	1686
G160601525	419	167	2070	183	366	2147	2147	892	948	2	2788
G020050020	4050	1929	509	2914	2248	1415	4050	2177	1223	2	4624
G020050030	17206	7961	3095	4708	3082	3846	17206	6650	5480	2	17610
U020005030	6326	2282	598	2988	1229	1319	6326	2457	2076	2	6608
L002002020	204	0	4967	13192	2782	995	13192	3690	5016	2	13721
L003003020	2827	1873	2352	1092	1930	1500	2827	1929	612	2	3153
L003003030	3576	1454	2860	1777	2559	2842	3576	2511	778	2	4067
L004004020	6938	3468	6540	15611	4382	7829	15611	7461	4816	2	17093
L004004030	7398	2223	8554	7203	6097	5119	8554	6099	2232	2	10564
L005005020	1425	669	931	938	938	1105	1425	1001	251	2	1502
PERLOS6020	2050	881	225	0	1150	191	2050	750	777	2	2303
G005025020	3800	3650	9724	9724	12891	6235	12891	7671	3712	2	15095
L004004015	0	0	0	3486	1086	211	3486	797	1483	2	3764
U080401220	0	0	0	0	0	240	240	40	98	2	236
G010508320	0	0	0	900	0	0	900	150	402	2	955
G006030030	0	0	0	3700	1480	414	3700	932	1565	3	5626
G008040017	6593	6450	6450	6798	3448	5223	6798	5827	1381	4	11350
L002502520	4531	148	7481	6557	2924	3778	7481	4236	2939	5	18930

APÉNDICE E

CANTIDAD DE INVENTARIO MÁXIMO										
CÓDIGO	CANT. INV. MAX	CANTIDAD POR PAQUETE	PAQUETES REQUERIDOS	CANT. MAX DE PAQUETES POR ALTURA	CANTIDAD DE PILAS REQUERIDAS	ANCHO POR PAQUETE	ANCHO POR PILAS REQUERIDAS	ANCHO POR RECTÁNGULO	CANTIDAD DE RECTÁNGULOS REQUERIDOS	CATEGORIZACIÓN
U255485200	5323	96	56	11	6	0,4	2,4	0,4	6	BA
U005002515	1231	200	7	8	1	0,6	0,6	0,3	2	CB
U005002518	8257	200	42	8	6	0,6	3,6	0,3	12	AB
U005002520	13167	200	66	8	9	0,6	5,4	0,3	18	AA
U005002530	6885	200	35	8	5	0,6	3,0	0,3	10	AA
G006030014	19379	200	97	8	13	0,6	7,8	0,3	26	AA
G006030015	36357	200	182	8	23	0,6	13,8	0,3	46	AA
G006030018	14697	200	74	8	10	0,6	6,0	0,3	20	AA
G006030020	80623	200	404	8	51	0,6	30,6	0,3	102	AA
G008040014	14702	96	154	8	20	0,6	12,0	0,3	40	AA
G008040015	39783	96	415	8	52	0,6	31,2	0,3	104	AA
GGB8040015	4627	96	49	8	7	0,6	4,2	0,3	14	BB
G008040018	24596	96	257	8	33	0,6	19,8	0,3	66	AA
G008040020	105869	96	1103	8	138	0,6	82,8	0,3	276	AA
G008040030	14933	96	156	8	20	0,6	12,0	0,3	40	AA
U008004030	3477	96	37	8	5	0,6	3,0	0,3	10	BA
G010050018	3650	70	53	8	7	0,6	4,2	0,3	14	BA
G010050020	27974	70	400	8	50	0,6	30,0	0,3	100	AA
G010050030	19413	70	278	8	35	0,6	21,0	0,3	70	AA
U010005020	3183	70	46	8	6	0,6	3,6	0,3	12	BA
U010005030	3437	70	50	8	7	0,6	4,2	0,3	14	BA
G012601515	4107	56	74	8	10	0,6	6,0	0,3	20	BB
G120601520	3549	56	64	8	8	0,6	4,8	0,3	16	BC
G012550020	6608	56	118	8	15	0,6	9,0	0,3	30	AA
G012550030	10464	56	187	8	24	0,6	14,4	0,3	48	AA
U012505020	2347	56	42	8	6	0,6	3,6	0,3	12	BA
U012505030	2822	56	51	8	7	0,6	4,2	0,3	14	BA

Continuación...

CANTIDAD DE INVENTARIO MÁXIMO										
CÓDIGO	CANT. INV. MAX	CANTIDAD POR PAQUETE	PAQUETES REQUERIDOS	CANT. MAX DE PAQUETES POR ALTURA	CANTIDAD DE PILAS REQUERIDAS	ANCHO POR PAQUETE	ANCHO POR PILAS REQUERIDAS	ANCHO POR RECTÁNGULO	CANTIDAD DE RECTÁNGULOS REQUERIDOS	CATEGORIZACIÓN
G015050015	4813	42	115	8	15	0,6	9,0	0,3	30	BB
G015050020	13973	42	333	8	42	0,6	25,2	0,3	84	AA
G015050030	12701	42	303	8	38	0,6	22,8	0,3	76	AA
U015005020	3131	42	75	8	10	0,6	6,0	0,3	20	BA
U015005030	6740	42	161	8	21	0,6	12,6	0,3	42	AA
U150005038	508	42	13	8	2	0,6	1,2	0,3	4	CC
U015005040	2444	42	59	8	8	0,6	4,8	0,3	16	BA
G016601515	3630	42	87	8	11	0,6	6,6	0,3	22	BC
GB16601515	1568	42	38	8	5	0,6	3,0	0,3	10	CC
G160601525	2147	42	52	8	7	0,6	4,2	0,3	14	BB
G020050020	4050	42	97	8	13	0,6	7,8	0,3	26	BA
G020050030	17206	42	410	8	52	0,6	31,2	0,3	104	AA
U020005030	6326	42	151	8	19	0,6	11,4	0,3	38	AA
L002002020	13192	170	78	14	6	0,3	1,8	0,3	6	AB
L003003020	2827	170	17	16	2	0,3	0,6	0,3	2	BB
L003003030	3576	170	22	11	2	0,3	0,6	0,3	2	BA
L004004020	15611	170	92	17	6	0,3	1,8	0,3	6	AA
L004004030	8554	170	51	11	5	0,3	1,5	0,3	5	AA
L005005020	1425	170	9	17	1	0,3	0,3	0,3	1	CB
PERLOS6020	2050	100	21	17	2	0,3	0,6	0,3	2	BC
G005025020	12891	200	65	8	9	0,6	5,4	0,3	18	BC
L004004015	3486	170	21	17	2	0,3	0,6	0,3	2	BC
U080401220	240	60	4	8	1	0,6	0,6	0,3	2	CC
G010508320	900	70	13	8	2	0,6	1,2	0,3	4	CC
G006030030	3700	200	19	8	3	0,6	1,8	0,3	6	BB
G008040017	6798	96	71	8	9	0,6	5,4	0,3	18	AA
L002502520	7481	170	45	17	3	0,3	0,9	0,3	3	AB
TOTAL									1705	
									714	

APÉNDICE F

CÓDIGO	DEMANDA (Unidades)	CLASIFICACIÓN EN BASE A DEMANDA	FRECUENCIA PICKING LIST	CLASIFICACIÓN EN BASE A FRECUENCIA	DOBLE CATEGORIZACIÓN
FG00160070	675601,7	A	185	A	AA
EMT0034124	395798	A	238	A	AA
FG00098070	218620,2	A	154	A	AA
EMT0120107	183469	A	185	A	AA
CAGBS34287	178545	A	76	A	AA
G008040020	173406	A	821	A	AA
FG00120070	155861,8	A	126	A	AA
G006030020	115834	A	536	A	AA
FG00095070	112442,3	A	113	A	AA
G010050020	64043	A	545	A	AA
ERN0010015	62002	A	259	A	AA
EMT1000145	60799	A	104	A	AA
G008040015	59772	A	479	A	AA
MCF0202011	58469	A	215	A	AA
MCF0252511	57353	A	208	A	AA
G008040018	52445	A	376	A	AA
PF01020090	51944	A	78	A	AA
PF01224090	50979	A	238	A	AA
G006030015	49968	A	368	A	AA
ERN0007815	49349	A	139	A	AA
ETN0255015	48641	A	308	A	AA
IMC0010000	46760	A	107	A	AA
MTF0502511	43223	A	210	A	AA
MCF0202090	42683	A	249	A	AA
MRGM005810	42264	A	86	A	AA
ECGB252515	41831	A	306	A	AA
ECN0404015	41207	A	333	A	AA
G015050030	40462	A	537	A	AA
ECN0252515	40003	A	204	A	AA
EMTT003400	39720	A	35	B	AB
MRC0011415	38315	A	127	A	AA
PF01224070	37582	A	211	A	AA
ECN0202015	36752	A	171	A	AA
MRF0001275	34411	A	89	A	AA
ECN0505015	34236	A	164	A	AA
ERGB011415	34014	A	199	A	AA
IMC0003400	33649	A	78	A	AA
ERGB020015	32743	A	329	A	AA
PG01224090	32286	A	291	A	AA
ERG0020020	31935	A	316	A	AA

AC07507520	31108	A	462	A	AA
G006030018	30971	A	223	A	AA
ERGB010015	30868	A	184	A	AA
G006030014	30476	A	176	A	AA
PG01224070	30418	A	250	A	AA
G010050030	29495	A	373	A	AA
MRFM034100	29477	A	91	A	AA
AC10010020	29286	A	704	A	AA
L004004020	29281	A	95	A	AA
EMTT012095	28195	A	32	B	AB
G020050030	28076	A	509	A	AA
MRGM058150	27025	A	82	A	AA
ECN0252520	24832	A	160	A	AA
ECN0202020	24242	A	70	A	AA
ECGB404015	24181	A	267	A	AA
ETN0204015	23963	A	163	A	AA
G008040030	23941	A	332	A	AA
MCF0202008	23520	A	30	B	AB
MRF0010011	23269	A	87	A	AA
ETN0804020	23263	A	208	A	AA
ECGB303015	23206	A	179	A	AA
G008040014	22688	A	108	A	AA
MCF0252575	22358	A	93	A	AA
CIG0001200	22050	A	209	A	AA
MRF0005809	21952	A	98	A	AA
MCF0252509	21718	A	115	A	AA
ECN0505020	21499	A	214	A	AA
ERGB020020	21435	A	202	A	AA
EMT1120165	21384	A	55	B	AB
ERN0020020	21299,12	A	158	A	AA
G015050020	21186	A	346	A	AA
CAG0001200	20930	A	15	C	AC
ERN0003415	20743	A	151	A	AA
CIGBS10026	20686	A	61	A	AA
ERGB011215	20588	A	190	A	AA
AC10010030	20505	A	671	A	AA
FF00120070	20422,1	A	11	C	AC
MCF0202075	20270	A	128	A	AA
PF01224045	20032	A	97	A	AA
GGB8040020	19719	A	114	A	AA
MRG0011409	19681	A	73	A	AA
MRF0010007	19465	A	83	A	AA
MCF0121209	19174	A	113	A	AA
ETN1005020	19139	A	330	A	AA
ETN0255020	18866	A	162	A	AA

PF01020070	18785	A	92	A	AA
ECGB202015	18680	A	168	A	AA
PE98561075	18515	A	83	A	AA
ERG0020015	18334	A	163	A	AA
PF01224040	18319	A	63	A	AA
MRC0011215	18108	A	185	A	AA
IMC0001200	17938	A	46	B	AB
U005002520	17700	A	180	A	AA
MRF0007811	17689	A	84	A	AA
ECN0404030	17457	A	151	A	AA
ECGB505020	17028	A	205	A	AA
ECN0404020	16887	A	172	A	AA
ERN0011220	16530	A	158	A	AA
L002002020	16248	A	36	B	AB
MTF0204009	16153	A	156	A	AA
ERGB011420	16101	A	117	A	AA
MRGI585310	16058	A	27	B	AB
ERGB011220	16055	A	176	A	AA
G012550030	16033	A	267	A	AA
MCF0252508	15840	A	26	B	AB
MCF0151509	15705	A	96	A	AA
ECGB404020	15677	A	170	A	AA
PG01224040	15574	A	59	A	AA
ERN0010020	15562	A	123	A	AA
MRF0078075	15360	A	53	B	AB
ERN0020015	15293	A	151	A	AA
L002502520	15173	A	51	B	AB
G008040017	14735	A	74	A	AA
ECN0303015	14329	A	140	A	AA
MRF0034075	14308	A	79	A	AA
ECGB252520	14148	A	127	A	AA
MCC0252512	14115	A	102	A	AA
ETGB502515	14041	A	131	A	AA
ERN0112300	13993	A	20	B	AB
MTF0251209	13910	A	109	A	AA
ECN0303020	13868	A	106	A	AA
MRF0005807	13746	A	63	A	AA
EMT0020165	13738	A	65	A	AA
MRG0010009	13633	A	55	B	AB
L004004030	13607	A	117	A	AA
MRF0003411	13590	A	96	A	AA
PG01224140	13482	A	126	A	AA
L003503520	13331	A	42	B	AB
MRF0001209	13279	A	69	A	AA
U005002530	13245	A	140	A	AA

U015005030	13229	A	307	A	AA
PF01224140	13225	A	133	A	AA
ERG0030020	12965	A	126	A	AA
ETNC105020	12886	A	65	A	AA
CAG0034287	12740	A	19	B	AB
ECN0505030	12718	A	204	A	AA
U005002518	12612	A	21	B	AB
MRFM005810	12170	A	41	B	AB
ETN1501030	12063	A	447	A	AA
PE98560065	11861	A	281	A	AA
U020005030	11845	A	291	A	AA
G012550020	11819	A	167	A	AA
ERGB112150	11776	A	44	B	AB
FF00098070	11532,7	A	8	C	AC
MRC0603120	11490	A	48	B	AB
IMC0011200	11472	A	47	B	AB
CIG0003400	11461	A	88	A	AA
ETN0204020	11317	A	103	A	AA
ECGB303020	11210	A	129	A	AA
CIG0020029	11110	A	85	A	AA
O003505020	11040	A	141	A	AA
ETN0406020	10826	B	122	A	BA
CIGBS20029	10734	B	21	B	BB
CAR0609000	10701	B	207	A	BA
ETN1005030	10642	B	209	A	BA
MRF0003409	10564	B	72	A	BA
PC01224200	10486	B	222	A	BA
CIGBS11229	10248	B	15	C	BC
MCC0202012	10220	B	106	A	BA
PF01224110	10205	B	108	A	BA
ERG0042220	10076	B	101	A	BA
ETNC804020	10020	B	51	B	BB
PG01224110	10001	B	108	A	BA
MRF0017811	9950	B	57	B	BB
MTF0204080	9918	B	11	C	BC
PF01224050	9894	B	62	A	BA
MCF0121275	9810	B	63	A	BA
IMC0020000	9660	B	36	B	BB
G015050015	9534	B	42	B	BB
FF00095070	9129,1	B	12	C	BC
ETN0804018	9084	B	69	A	BA
CIG0010026	9042	B	83	A	BA
ERN0200150	9021	B	64	A	BA
ETNC155030	9004	B	67	A	BA
AC07507530	8894	B	203	A	BA

U010005020	8802	B	216	A	BA
PG01224050	8732	B	60	A	BA
G006030017	8729	B	66	A	BA
ERG0048115	8705	B	79	A	BA
CAGBS12277	8463	B	7	C	BC
MCC0404012	8275	B	93	A	BA
PG01224045	8271	B	84	A	BA
ERN0030020	8222	B	200	A	BA
ETNC126020	8204	B	54	B	BB
ERGB013415	8119	B	52	B	BB
MRF0007809	8081	B	59	A	BA
MRF0005811	8056	B	44	B	BB
U008004020	8053	B	154	A	BA
ERN0200200	8044	B	52	B	BB
ERGQ021220	8018	B	14	C	BC
CAR0507000	8006	B	59	A	BA
ERN0100150	7808	B	29	B	BB
L003003030	7694	B	78	A	BA
MRF0010009	7669	B	59	A	BA
G020050020	7397	B	231	A	BA
MTF0255014	7280	B	26	B	BB
ETGB402015	7275	B	72	A	BA
CAGBS10338	7137	B	9	C	BC
U010005030	7071	B	198	A	BA
MCF0404011	7030	B	31	B	BB
MCF0404014	6860	B	21	B	BB
ETGB204020	6803	B	89	A	BA
MCF0151575	6800	B	47	B	BB
ERG0021220	6687	B	126	A	BA
ECNC101020	6637	B	61	A	BA
ECN0101018	6632,3	B	141	A	BA
MRF0011411	6624	B	38	B	BB
G012601515	6608	B	33	B	BB
MTF0204011	6600	B	36	B	BB
ECN0757518	6574	B	125	A	BA
ERG0010015	6561	B	63	A	BA
ERGB112200	6521	B	17	B	BB
ECNC101030	6487	B	87	A	BA
GGB6030020	6437	B	34	B	BB
G150501520	6426	B	34	B	BB
ERGB030020	6379	B	163	A	BA
ECGB505015	6377	B	74	A	BA
U012505030	6375	B	168	A	BA
ERN0011420	6371	B	41	B	BB
GGB8040015	6287	B	53	B	BB

CIGBS11426	6283	B	9	C	BC
ETNC155020	6272	B	51	B	BB
ERN0100200	6222	B	33	B	BB
PG01224060	6221	B	49	B	BB
MTF0122575	6160	B	36	B	BB
G010050018	6145	B	112	A	BA
G160601520	5964	B	24	B	BB
MCF0252507	5880	B	12	C	BC
G010050015	5636	B	23	B	BB
MRFM078075	5588	B	16	C	BC
U008004030	5522	B	120	A	BA
ERN0020025	5402	B	31	B	BB
ETN0804030	5340	B	100	A	BA
ERGB200200	5326	B	28	B	BB
ECNC505020	5248	B	32	B	BB
ECNC404020	5220	B	34	B	BB
U015005020	5205	B	138	A	BA
MRG0078075	5190	B	10	C	BC
MCF0202085	5160	B	14	C	BC
ECN0606020	5008	B	86	A	BA
MTF0204070	5005	B	11	C	BC
MCF0404080	4950	B	12	C	BC
ETN0307020	4932	B	126	A	BA
ERN0020030	4912	B	90	A	BA
ERN0021215	4887	B	36	B	BB
ERG0042215	4872	B	38	B	BB
ECG0505020	4842	B	51	B	BB
ECNC909020	4824	B	32	B	BB
MRF0001211	4800	B	25	B	BB
CIG0011229	4735	B	41	B	BB
MCF0121211	4727	B	21	B	BB
GB10501515	4677	B	23	B	BB
ERG0126420	4641	B	6	C	BC
ETN1505020	4625	B	108	A	BA
ETN2001003	4612	B	182	A	BA
ETN1005018	4545	B	59	A	BA
ECG0505030	4415	B	69	A	BA
G160601525	4403	B	26	B	BB
RMC0003400	4390	B	18	B	BB
U255485200	4366	B	58	A	BA
U015005040	4339	B	194	A	BA
U015005040	4339	B	194	A	BA
MCF0202007	4320	B	13	C	BC
CIG0011426	4314	B	57	B	BB
CAR0502011	4300	B	4	C	BC

AC15015030	4298	B	165	A	BA
ECG0404020	4292	B	41	B	BB
ERN0112200	4219	B	19	B	BB
ECGB101020	4214	B	75	A	BA
ERN0112150	4209	B	24	B	BB
MGRF005810	4191	B	6	C	BC
ECGC505020	4160	B	47	B	BB
ECNC909030	4150	B	30	B	BB
ERG0048120	4101	B	73	A	BA
ETNC105025	4073	B	32	B	BB
MTF0204075	3997	B	24	B	BB
MCF0252514	3994	B	16	C	BC
L003003020	3987	B	41	B	BB
ETNC151030	3927	B	83	A	BA
ERG0011415	3912	B	33	B	BB
ETNE503015	3870	B	23	B	BB
ECNC101040	3864	B	53	B	BB
PE98541075	3846	B	33	B	BB
GB10501520	3801	B	46	B	BB
IMC0011400	3774	B	32	B	BB
ERG0012200	3758	B	37	B	BB
ERGB200150	3754	B	21	B	BB
ETNC155025	3744	B	44	B	BB
U020005040	3720	B	167	A	BA
U020005040	3720	B	167	A	BA
L003603620	3700	B	7	C	BC
ETN0302020	3684	B	12	C	BC
U012505020	3678	B	95	A	BA
ETNC126025	3667	B	29	B	BB
ERGB021220	3658	B	75	A	BA
ETGB502520	3578	B	37	B	BB
ETNC126030	3574	B	19	B	BB
ERN0040300	3560	B	54	B	BB
MCF0252585	3530	B	7	C	BC
G120601520	3528	B	15	C	BC
ECNC101060	3524	B	59	A	BA
ETN1505030	3518	B	139	A	BA
G010501520	3500	B	12	C	BC
PE98540065	3492	B	132	A	BA
MTC0255012	3473	B	49	B	BB
RMC0010000	3449	B	27	B	BB
MCF0303011	3442	B	43	B	BB
AC10010040	3441	B	140	A	BA
PC01224300	3367	B	172	A	BA
L005005030	3362	B	63	A	BA

ERGB013420	3361	B	37	B	BB
ERGB112120	3355	B	19	B	BB
PERLOS6020	3339	B	10	C	BC
ERGB042220	3294	B	24	B	BB
GC15050025	3276	B	20	B	BB
ERN0012150	3276	B	10	C	BC
ERN0030030	3263	B	94	A	BA
ETN0604015	3246	B	30	B	BB
ECNC101025	3212	B	35	B	BB
G016601515	3150	B	16	C	BC
MRF0007815	3148	B	13	C	BC
MRF0011409	3146	B	11	C	BC
L002502530	3133	B	29	B	BB
PF01224060	3127	B	18	B	BB
ETNC503025	3075	B	21	B	BB
ETN0503020	3068	B	34	B	BB
G006030030	3066	B	26	B	BB
ERGB003415	3047	B	27	B	BB
ECNC909025	3020	B	34	B	BB
MCF0121285	3000	B	3	C	BC
ERG0011215	2950	B	48	B	BB
ECNC707020	2940	B	20	B	BB
ETN0502518	2920	B	13	C	BC
MRF0005806	2899	B	23	B	BB
ERN0013415	2896	B	34	B	BB
CAR0608000	2880	B	47	B	BB
MCF0404085	2880	B	13	C	BC
ETNC201030	2810	B	86	A	BA
TCI10RA200	2806	B	9	C	BC
ECNC606020	2752	B	17	C	BC
CNRS126420	2730	C	3	C	CC
ERN0034150	2730	C	15	C	CC
ERG0346430	2730	C	3	C	CC
ECNC404025	2720	C	29	B	CB
ETN1206040	2695	C	14	C	CC
ETNC207040	2670	C	37	B	CB
ETNC105040	2641	C	20	B	CB
GGB6030015	2630	C	33	B	CB
ETNC503020	2616	C	11	C	CC
PE98561090	2600	C	22	B	CB
ERGB114200	2591	C	15	C	CC
ERN0021220	2590	C	83	A	CA
ECNC404030	2520	C	15	C	CC
ETNC905020	2499	C	14	C	CC
ERG0011420	2496	C	18	B	CB

ERG0013415	2475	C	10	C	CC
MTC0302015	2460	C	7	C	CC
ERN0034200	2457	C	15	C	CC
ERGB100150	2430	C	14	C	CC
CIG0040036	2429	C	57	B	CB
ECNC505025	2428	C	17	B	CB
ERGB114150	2422	C	19	B	CB
ETN0502530	2378	C	31	B	CB
ERN0200300	2377	C	26	B	CB
PE98550065	2365	C	89	A	CA
CIN0011229	2338	C	35	B	CB
ERG0010020	2335	C	32	B	CB
ETN0307030	2330	C	26	B	CB
PG01224200	2315	C	49	B	CB
ETNC155040	2300	C	34	B	CB
PP01222430	2282	C	134	A	CA
U020005020	2278	C	69	A	CA
ETNC804025	2261	C	23	B	CB
PE98551075	2250	C	26	B	CB
ERG0030030	2243	C	36	B	CB
L004004040	2213	C	45	B	CB
GB12601515	2184	C	9	C	CC
CIGBS03423	2184	C	5	C	CC
MRF0003406	2179	C	13	C	CC
ECNC505030	2176	C	14	C	CC
MRF0011475	2172	C	12	C	CC
MRF0005815	2149	C	22	B	CB
ETNC105030	2140	C	17	C	CC
ETG1005030	2115	C	41	B	CB
ERN0114200	2084	C	17	B	CB
PP01222420	2024	C	118	A	CA
CIGE010338	2013	C	3	C	CC
ERGB100200	2008	C	14	C	CC
ECN0505018	1971	C	31	B	CB
ECN0606030	1903	C	45	B	CB
GB12601512	1882	C	10	C	CC
IMC0400381	1878	C	21	B	CB
U010005040	1860	C	118	A	CA
U010005040	1860	C	118	A	CA
EMT0114165	1859	C	28	B	CB
MRG0010075	1857	C	6	C	CC
CIG9011464	1842	C	9	C	CC
ECNC707030	1813	C	14	C	CC
ERN0040030	1813	C	65	A	CA
G001505040	1813	C	72	A	CA

ETNC804030	1800	C	11	C	CC
ERG0013420	1776	C	15	C	CC
CAR0305000	1766	C	34	B	CB
ERN0012200	1761	C	15	C	CC
ECNC135400	1744	C	25	B	CB
ERN0060030	1741	C	95	A	CA
ETNC206045	1735	C	36	B	CB
CIGBS40036	1714	C	34	B	CB
MRF0007806	1713	C	6	C	CC
PG01224100	1713	C	27	B	CB
CIG0030032	1706	C	32	B	CB
ECGB757520	1683	C	34	B	CB
ECNC156045	1667	C	29	B	CB
ETNC905025	1666	C	7	C	CC
ETGB604020	1656	C	39	B	CB
ERGS126420	1638	C	3	C	CC
CIN0003423	1638	C	6	C	CC
U008004040	1624	C	63	A	CA
U008004040	1624	C	63	A	CA
MTF0251211	1599	C	25	B	CB
CIGBS30032	1596	C	16	C	CC
ERN0100250	1586	C	10	C	CC
L005005020	1580	C	27	B	CB
MCF0202014	1580	C	9	C	CC
MRFM010075	1579	C	8	C	CC
ERG0100200	1533	C	12	C	CC
ECNC757525	1529	C	17	C	CC
ERG0011220	1520	C	20	B	CB
ECNC707025	1519	C	10	C	CC
IMC0030000	1517	C	8	C	CC
MTC0204012	1507	C	21	B	CB
GB16601515	1488	C	6	C	CC
PC01224400	1487	C	104	A	CA
MTF0204014	1471	C	15	C	CC
ERGB012200	1456	C	6	C	CC
PF01224200	1452	C	18	B	CB
ERN0040020	1446	C	102	A	CA
ECN0156045	1440	C	28	B	CB
ECN0303018	1439	C	21	B	CB
RMC0060000	1416	C	20	B	CB
ERGB021215	1411	C	25	B	CB
GB10501512	1400	C	5	C	CC
PE98536075	1375	C	13	C	CC
ERGB012150	1359	C	6	C	CC
ERN0340250	1347	C	7	C	CC

PE98531075	1343	C	14	C	CC
ERN0112250	1342	C	10	C	CC
ERN0031240	1337	C	17	C	CC
ETG1005020	1336	C	47	B	CB
MRG0005815	1331	C	7	C	CC
PE98560075	1323	C	14	C	CC
ECNC757530	1318	C	13	C	CC
ERN0040036	1317	C	18	B	CB
ECN0707050	1309	C	14	C	CC
ERN0042220	1307	C	23	B	CB
PE98551090	1300	C	14	C	CC
ETNC151060	1300	C	24	B	CB
PE98546075	1283	C	17	B	CB
ERN0200180	1281	C	5	C	CC
G020005040	1277	C	67	A	CA
ECN0252518	1274	C	8	C	CC
CAN0060060	1274	C	18	B	CB
ETN1005025	1272	C	13	C	CC
U008004018	1269	C	11	C	CC
ERN0013420	1267	C	23	B	CB
ETGB804020	1239	C	28	B	CB
PE98556075	1233	C	20	B	CB
U010005060	1217	C	111	A	CA
ERGB200250	1215	C	3	C	CC
PE98541090	1194	C	9	C	CC
AC07507540	1191	C	29	B	CB
G120601525	1176	C	7	C	CC
ECNC101045	1160	C	12	C	CC
ETNC604025	1149	C	5	C	CC
ERN0050040	1148	C	41	B	CB
CAR0507015	1142	C	16	C	CC
ERN0050030	1142	C	88	A	CA
UGB5002520	1140	C	6	C	CC
CANB040602	1140	C	17	C	CC
MRG0003415	1138	C	6	C	CC
ETG0804020	1137	C	28	B	CB
ETN0604029	1119	C	5	C	CC
MRF0001206	1114	C	8	C	CC
ECNC606030	1112	C	14	C	CC
ERGB034150	1092	C	3	C	CC
ERN0346420	1092	C	3	C	CC
CAR0502000	1070	C	2	C	CC
MCF0151511	1050	C	7	C	CC
ECNC606025	1046	C	6	C	CC
ETN1505040	1026	C	23	B	CB

ETN1501040	1012	C	77	A	CA
ETN0406030	1008	C	21	B	CB
ETGB105020	1005	C	28	B	CB
G012550015	987	C	12	C	CC
CIG0021232	965	C	24	B	CB
ETN0804025	960	C	11	C	CC
ETG0804030	956	C	20	B	CB
ETNE207045	954	C	18	B	CB
ECN0707015	932	C	2	C	CC
ETN2001004	932	C	72	A	CA
ECNC156060	925	C	23	B	CB
ETNC604020	924	C	10	C	CC
ETNC151040	919	C	68	A	CA
ETNC905030	918	C	8	C	CC
ERN0114300	915	C	7	C	CC
ERN0048115	915	C	9	C	CC
ETNC151045	900	C	10	C	CC
GB12601520	896	C	6	C	CC
ETNC206060	870	C	20	B	CB
U020005050	867	C	55	B	CB
ECNC757540	864	C	26	B	CB
ERN0300200	863	C	9	C	CC
PE98530065	850	C	37	B	CB
U020010060	850	C	79	A	CA
AC07507525	845	C	16	C	CC
GB16601512	840	C	3	C	CC
ERN0021230	834	C	31	B	CB
MRF0001207	823	C	7	C	CC
ERGB786415	819	C	3	C	CC
ETNC201040	817	C	70	A	CA
ETGB105030	812	C	18	B	CB
CIGBS60050	796	C	16	C	CC
ERN3120020	793	C	22	B	CB
MRG0100120	790	C	4	C	CC
L005005050	770	C	34	B	CB
MRF0005808	762	C	6	C	CC
G160601530	756	C	8	C	CC
ETN0151045	750	C	17	C	CC
MCC0303012	742	C	7	C	CC
MRGF034100	738	C	3	C	CC
ERN0300300	738	C	14	C	CC
CANB010338	732	C	3	C	CC
CANB112368	732	C	4	C	CC
G125501520	728	C	7	C	CC
ERN0040040	725	C	25	B	CB

U015005060	725	C	67	A	CA
CIGBS21232	714	C	6	C	CC
ECG0505025	707	C	8	C	CC
L005005040	700	C	25	B	CB
PC01224800	693	C	121	A	CA
ERGB400020	678	C	50	B	CB
GB16601520	672	C	2	C	CC
PC01224600	656	C	124	A	CA
MRF0010006	654	C	6	C	CC
U020010040	652	C	44	B	CB
PE98546090	650	C	5	C	CC
ERN0050020	644	C	52	B	CB
ETGB804030	640	C	15	C	CC
ETN0255025	637	C	13	C	CC
CIN0001200	635	C	17	B	CB
MRF0007814	635	C	2	C	CC
PP01222460	609	C	43	B	CB
U005002515	608	C	18	B	CB
ERGB034200	591	C	10	C	CC
U010005039	584	C	29	B	CB
U020005060	584	C	67	A	CA
ERG0300400	581	C	16	C	CC
ECGB202020	573	C	9	C	CC
ETN1206030	573	C	12	C	CC
U008004060	570	C	57	B	CB
CIN0020030	567	C	18	B	CB
ERG0060320	561	C	12	C	CC
ECNC135500	560	C	13	C	CC
U015005050	554	C	59	A	CA
ERN0114250	549	C	3	C	CC
MTF0502585	546	C	3	C	CC
U010005050	517	C	59	A	CA
MRF0011415	508	C	4	C	CC
U008040295	507	C	3	C	CC
ETN0604025	504	C	5	C	CC
ERNC658600	503	C	11	C	CC
CIN0114356	501	C	12	C	CC
GGB6030014	500	C	5	C	CC
G100501530	490	C	3	C	CC
ETN0206045	489	C	20	B	CB
CAG0112368	488	C	3	C	CC
ECGB101030	484	C	23	B	CB
EMT0400211	482	C	19	B	CB
PE98556090	475	C	5	C	CC
ECG0757530	475	C	22	B	CB

MRF0011215	470	C	1	C	CC
ECNC135600	464	C	13	C	CC
ERG0020030	458	C	10	C	CC
PP01222425	458	C	35	B	CB
RMC0040000	455	C	4	C	CC
RMC0011400	439	C	6	C	CC
L006006040	431	C	18	B	CB
ERN0007820	426	C	5	C	CC
MRF0011210	420	C	4	C	CC
U020010050	419	C	21	B	CB
ETN1505025	416	C	9	C	CC
U025005030	400	C	25	B	CB
CINR100338	398	C	5	C	CC
CARGB57190	372	C	6	C	CC
ECN0125300	372	C	32	B	CB
L005005060	372	C	28	B	CB
CIN0010026	366	C	6	C	CC
ERN0011218	364	C	4	C	CC
L002002030	356	C	10	C	CC
EMT0030000	356	C	8	C	CC
PE98530075	350	C	4	C	CC
U010050295	349	C	11	C	CC
ECN0135400	347	C	12	C	CC
ERN0030015	342	C	4	C	CC
G150501530	336	C	1	C	CC
CIN0011426	332	C	14	C	CC
PP01222450	329	C	25	B	CB
ERN0040200	323	C	13	C	CC
MRF0005814	314	C	3	C	CC
PV01560980	313	C	25	B	CB
ETN1757530	310	C	19	B	CB
PF01224075	310	C	1	C	CC
ETN1005040	305	C	25	B	CB
ERN0048120	302	C	10	C	CC
U012505040	301	C	39	B	CB
U012505040	301	C	39	B	CB
ETGB155030	300	C	3	C	CC
ERN0300250	296	C	3	C	CC
TCI10RA300	296	C	3	C	CC
ETN0503025	288	C	3	C	CC
ERN0031230	284	C	13	C	CC
PV01560990	271	C	37	B	CB
ECN0404025	270	C	3	C	CC
ETNC207030	265	C	14	C	CC
PC01260300	264	C	31	B	CB

ECNC135450	256	C	4	C	CC
U008004050	255	C	40	B	CB
MRF0010015	254	C	1	C	CC
ECN0101060	250	C	30	B	CB
CIGS206429	224	C	7	C	CC
U150005038	220	C	7	C	CC
ERNC658400	217	C	6	C	CC
TCI10RA600	216	C	6	C	CC
ERN0060300	210	C	10	C	CC
ETN0503030	206	C	7	C	CC
ERN0060060	206	C	17	C	CC
ERN0030040	204	C	16	C	CC
TCI10RA112	203	C	8	C	CC
ERN0600500	198	C	16	C	CC
PC15060050	197	C	17	C	CC
U080004020	196	C	2	C	CC
ETN1206020	196	C	2	C	CC
U012505050	194	C	27	B	CB
ETGB604015	189	C	3	C	CC
ERN0106425	183	C	3	C	CC
ERGB114120	183	C	2	C	CC
CAN0112368	183	C	8	C	CC
CANB034287	182	C	1	C	CC
MCF0303015	180	C	1	C	CC
TCI10RA212	177	C	5	C	CC
ETN0206060	176	C	17	C	CC
ERGB010020	168	C	3	C	CC
ERNC031230	161	C	5	C	CC
U030010060	157	C	13	C	CC
U020050195	142	C	8	C	CC
PC01224500	138	C	19	B	CB
ERG0040030	132	C	5	C	CC
U015007540	131	C	17	C	CC
ERN0114150	122	C	2	C	CC
ETNC151050	120	C	2	C	CC
CAG0114356	114	C	3	C	CC
ERG0021230	113	C	5	C	CC
PC15060100	113	C	15	C	CC
L004004050	113	C	3	C	CC
ERN0212300	111	C	3	C	CC
PE98536090	100	C	2	C	CC
MRF0003408	100	C	1	C	CC
ERN0042215	96	C	6	C	CC
ETNC207050	96	C	5	C	CC
ERN0003414	91	C	1	C	CC

MRF0003414	90	C	1	C	CC
ERN0041220	87	C	10	C	CC
ETN1206025	87	C	6	C	CC
ETN1501060	83	C	16	C	CC
ECN0135300	83	C	13	C	CC
PC15060060	82	C	24	B	CB
ETN0804040	81	C	6	C	CC
ECG0404025	80	C	2	C	CC
ECN0125400	78	C	10	C	CC
TCI10RA400	76	C	1	C	CC
ERN0040050	73	C	6	C	CC
PC01260600	71	C	18	B	CB
CAN0040602	69	C	3	C	CC
AC15015040	68	C	16	C	CC
ERN0050060	63	C	6	C	CC
UGB5025190	60	C	3	C	CC
MCF0404009	58	C	2	C	CC
CIGS206432	57	C	3	C	CC
PV01560120	55	C	30	B	CB
ERN0100300	52	C	1	C	CC
ERN0040060	46	C	11	C	CC
PC15060080	45	C	5	C	CC
ETN1757540	42	C	6	C	CC
ECN0404018	39	C	3	C	CC
ERG1126420	36	C	3	C	CC
ERG0300200	32	C	1	C	CC
ERN0050050	31	C	2	C	CC
ECNC135300	31	C	1	C	CC
L006006050	31	C	11	C	CC
ERN0212200	28	C	2	C	CC
U012505060	27	C	3	C	CC
PV01560950	26	C	7	C	CC
ECN1351350	24	C	1	C	CC
PV01560940	24	C	6	C	CC
ERGB040030	21	C	6	C	CC
ERN0060400	21	C	6	C	CC
RMC0011200	19	C	1	C	CC
ERN0031250	18	C	3	C	CC
RMC0001200	16	C	1	C	CC
CIN0021200	12	C	3	C	CC
PC01260500	12	C	3	C	CC
PC01260200	11	C	3	C	CC
ERN0041230	10	C	2	C	CC
ETN1757550	10	C	2	C	CC
ERG0212300	9	C	3	C	CC

CAN0030549	9	C	1	C	CC
MRG0001209	8	C	2	C	CC
ECN0135600	8	C	4	C	CC
PC01224120	8	C	8	C	CC
AC10010025	7	C	1	C	CC
ERN0060600	7	C	1	C	CC
O935050252	6	C	1	C	CC
CAN0020391	6	C	1	C	CC
ERG2120025	6	C	1	C	CC
ETN2007030	6	C	3	C	CC
ETN2007040	6	C	2	C	CC
PC15060120	5	C	2	C	CC
PC01260800	3	C	3	C	CC
PC01224100	3	C	3	C	CC
U200005038	2	C	2	C	CC
ETN1505050	1	C	1	C	CC
CAR5070195	0	C	0	C	CC
U255485195	0	C	0	C	CC
U005002514	0	C	0	C	CC
U005025195	0	C	0	C	CC
U005025295	0	C	0	C	CC
G006030019	0	C	0	C	CC
G060300195	0	C	0	C	CC
G060301020	0	C	0	C	CC
GGB6030019	0	C	0	C	CC
G008040019	0	C	0	C	CC
G008040195	0	C	0	C	CC
G080040020	0	C	0	C	CC
GGB8040019	0	C	0	C	CC
G008040295	0	C	0	C	CC
U008040195	0	C	0	C	CC
U080040395	0	C	0	C	CC
G010050017	0	C	0	C	CC
G010050019	0	C	0	C	CC
G010050195	0	C	0	C	CC
G100501525	0	C	0	C	CC
G010050295	0	C	0	C	CC
U010005018	0	C	0	C	CC
U010005019	0	C	0	C	CC
U010050195	0	C	0	C	CC
U100005025	0	C	0	C	CC
G012550195	0	C	0	C	CC
G012550295	0	C	0	C	CC
G125501530	0	C	0	C	CC
U012505018	0	C	0	C	CC

U012550195	0	C	0	C	CC
U012550295	0	C	0	C	CC
G015050195	0	C	0	C	CC
G015050295	0	C	0	C	CC
U015050195	0	C	0	C	CC
U150005025	0	C	0	C	CC
U015050295	0	C	0	C	CC
G020050195	0	C	0	C	CC
G200501520	0	C	0	C	CC
G200501525	0	C	0	C	CC
G020050295	0	C	0	C	CC
G200501530	0	C	0	C	CC
U020050295	0	C	0	C	CC
U020050395	0	C	0	C	CC
L002020195	0	C	0	C	CC
LGB2002018	0	C	0	C	CC
LGB2002019	0	C	0	C	CC
LGB2002020	0	C	0	C	CC
L002002025	0	C	0	C	CC
L002020290	0	C	0	C	CC
L002020295	0	C	0	C	CC
L002525195	0	C	0	C	CC
L002525295	0	C	0	C	CC
L003003018	0	C	0	C	CC
L003030195	0	C	0	C	CC
L003003029	0	C	0	C	CC
L003030295	0	C	0	C	CC
L003535195	0	C	0	C	CC
L003636195	0	C	0	C	CC
L004040195	0	C	0	C	CC
LGB4004028	0	C	0	C	CC
LGB4004030	0	C	0	C	CC
L004040295	0	C	0	C	CC
L005050195	0	C	0	C	CC
LGB5005028	0	C	0	C	CC
LGB5005030	0	C	0	C	CC
L005050295	0	C	0	C	CC
O035035195	0	C	0	C	CC
O035050280	0	C	0	C	CC
O003505029	0	C	0	C	CC
O003505030	0	C	0	C	CC
PERLO60180	0	C	0	C	CC
PERLO60195	0	C	0	C	CC
PE97530065	0	C	0	C	CC
PE97540065	0	C	0	C	CC

PE97550065	0	C	0	C	CC
PE97555065	0	C	0	C	CC
PE98531090	0	C	0	C	CC
PE98560090	0	C	0	C	CC
MRF0001208	0	C	0	C	CC
MRF0058070	0	C	0	C	CC
MRG0005809	0	C	0	C	CC
MRG0005810	0	C	0	C	CC
MRG0005814	0	C	0	C	CC
MCF0121207	0	C	0	C	CC
MCF0121208	0	C	0	C	CC
EMTT001210	0	C	0	C	CC
MRG0003409	0	C	0	C	CC
MRG0003410	0	C	0	C	CC
MRGM034100	0	C	0	C	CC
MRF0003410	0	C	0	C	CC
MRF0003415	0	C	0	C	CC
ERGB003420	0	C	0	C	CC
ERN0003420	0	C	0	C	CC
MCF0151507	0	C	0	C	CC
ERGB126420	0	C	0	C	CC
ERN0126420	0	C	0	C	CC
CIG0126420	0	C	0	C	CC
CINR126420	0	C	0	C	CC
CINS126420	0	C	0	C	CC
CIN0126420	0	C	0	C	CC
CIG0001223	0	C	0	C	CC
CIGS126423	0	C	0	C	CC
CIN0112277	0	C	0	C	CC
MRF0007807	0	C	0	C	CC
MRG0007809	0	C	0	C	CC
MRF0007812	0	C	0	C	CC
MRC0007812	0	C	0	C	CC
ERN0007819	0	C	0	C	CC
ERG0007820	0	C	0	C	CC
ERGB007820	0	C	0	C	CC
MRF0010008	0	C	0	C	CC
MRF0010085	0	C	0	C	CC
MRF0010012	0	C	0	C	CC
MRF0010014	0	C	0	C	CC
MRG0010015	0	C	0	C	CC
CAR3015150	0	C	0	C	CC
MCF0202012	0	C	0	C	CC
MCF0202015	0	C	0	C	CC
ECG0202015	0	C	0	C	CC

ECG0202020	0	C	0	C	CC
MRG0034120	0	C	0	C	CC
ERG0034150	0	C	0	C	CC
ERG0034200	0	C	0	C	CC
ERN0034250	0	C	0	C	CC
ERG0034300	0	C	0	C	CC
ERN0034300	0	C	0	C	CC
ERN0346430	0	C	0	C	CC
CIG0346423	0	C	0	C	CC
CAG3464287	0	C	0	C	CC
CINR034287	0	C	0	C	CC
CIN0034287	0	C	0	C	CC
CAN3464287	0	C	0	C	CC
MRF0011414	0	C	0	C	CC
ERN0114180	0	C	0	C	CC
CAR0301000	0	C	0	C	CC
MCF0252512	0	C	0	C	CC
ECG0252515	0	C	0	C	CC
ECG0252520	0	C	0	C	CC
ERG0100150	0	C	0	C	CC
ERG0100180	0	C	0	C	CC
ERN0100180	0	C	0	C	CC
ERGBA10200	0	C	0	C	CC
ERG0016420	0	C	0	C	CC
ERN0106420	0	C	0	C	CC
ERG0100250	0	C	0	C	CC
ERG0100300	0	C	0	C	CC
ERN0106430	0	C	0	C	CC
ERNS106430	0	C	0	C	CC
CIN0106426	0	C	0	C	CC
CANR100277	0	C	0	C	CC
CANRA10277	0	C	0	C	CC
TCI10RA100	0	C	0	C	CC
CAN0100277	0	C	0	C	CC
CIG0001029	0	C	0	C	CC
CIN0001029	0	C	0	C	CC
CNRS106429	0	C	0	C	CC
TCI40RA100	0	C	0	C	CC
CIN0100338	0	C	0	C	CC
MRF0011209	0	C	0	C	CC
MRG0011209	0	C	0	C	CC
MRF0011211	0	C	0	C	CC
ERN0011214	0	C	0	C	CC
MRC0011214	0	C	0	C	CC
ERN0011219	0	C	0	C	CC

MTF0402008	0	C	0	C	CC
MTF0204085	0	C	0	C	CC
MTF0204015	0	C	0	C	CC
ETN0204014	0	C	0	C	CC
ETG0204015	0	C	0	C	CC
ETG0204020	0	C	0	C	CC
MCF0303090	0	C	0	C	CC
MCF0303014	0	C	0	C	CC
ECG0303015	0	C	0	C	CC
ECG0303020	0	C	0	C	CC
MRG0114120	0	C	0	C	CC
ERGB422150	0	C	0	C	CC
ERG0114150	0	C	0	C	CC
ERG0114180	0	C	0	C	CC
ERN0011418	0	C	0	C	CC
ERG0114200	0	C	0	C	CC
ERG0114200	0	C	0	C	CC
ERG0114250	0	C	0	C	CC
CANRA11427	0	C	0	C	CC
TCI10RA114	0	C	0	C	CC
CAN0114277	0	C	0	C	CC
CIGBS11429	0	C	0	C	CC
CIG0011429	0	C	0	C	CC
CIN0011429	0	C	0	C	CC
CANB114356	0	C	0	C	CC
MRF0017810	0	C	0	C	CC
ERG0017815	0	C	0	C	CC
ERN0017815	0	C	0	C	CC
ERG0017820	0	C	0	C	CC
ERN0017820	0	C	0	C	CC
MTF0255010	0	C	0	C	CC
MTF0502580	0	C	0	C	CC
MTF0255009	0	C	0	C	CC
MTF0255015	0	C	0	C	CC
ETGBA50215	0	C	0	C	CC
ETG0255015	0	C	0	C	CC
ETNC502520	0	C	0	C	CC
ETG0255020	0	C	0	C	CC
ETG0502530	0	C	0	C	CC
CAR0304000	0	C	0	C	CC
ERGB048115	0	C	0	C	CC
ERG0112150	0	C	0	C	CC
ERN0048118	0	C	0	C	CC
ERN1126418	0	C	0	C	CC
ERGB048120	0	C	0	C	CC

ERG0112200	0	C	0	C	CC
ERN1126420	0	C	0	C	CC
ERG1126025	0	C	0	C	CC
ERG0112300	0	C	0	C	CC
CANRA11227	0	C	0	C	CC
CAN0112277	0	C	0	C	CC
CIG1126429	0	C	0	C	CC
CIG9011264	0	C	0	C	CC
TCI40RA112	0	C	0	C	CC
TCI40LI112	0	C	0	C	CC
MRF0020011	0	C	0	C	CC
MRF0020015	0	C	0	C	CC
ERN0020018	0	C	0	C	CC
ERN0020029	0	C	0	C	CC
MCF0404012	0	C	0	C	CC
ECN0404014	0	C	0	C	CC
ECG0404015	0	C	0	C	CC
ECGB404030	0	C	0	C	CC
ECN0404029	0	C	0	C	CC
ECG0404030	0	C	0	C	CC
ETNM503020	0	C	0	C	CC
ETNC503030	0	C	0	C	CC
ERGB200120	0	C	0	C	CC
ERGB060315	0	C	0	C	CC
ERG0060315	0	C	0	C	CC
ERG0200150	0	C	0	C	CC
ERN0060315	0	C	0	C	CC
ERG0200200	0	C	0	C	CC
ERN0060320	0	C	0	C	CC
ERG0026420	0	C	0	C	CC
ERN0206420	0	C	0	C	CC
ERGBA20200	0	C	0	C	CC
ERGB060320	0	C	0	C	CC
ERGB206420	0	C	0	C	CC
ERG0200250	0	C	0	C	CC
ERG0060330	0	C	0	C	CC
ERG0200300	0	C	0	C	CC
ERN0060330	0	C	0	C	CC
ERNS206430	0	C	0	C	CC
CINRA20277	0	C	0	C	CC
CAN0020277	0	C	0	C	CC
CINR020030	0	C	0	C	CC
CNRS206429	0	C	0	C	CC
CIG0020032	0	C	0	C	CC
CANB020391	0	C	0	C	CC

CAG0020391	0	C	0	C	CC
RMC0020000	0	C	0	C	CC
ERG0021215	0	C	0	C	CC
ECG0505015	0	C	0	C	CC
ECN0505025	0	C	0	C	CC
ETGBA60415	0	C	0	C	CC
ETG0604015	0	C	0	C	CC
ETG0604020	0	C	0	C	CC
ETG0604030	0	C	0	C	CC
ETN0307015	0	C	0	C	CC
ETG0307020	0	C	0	C	CC
EMT0021200	0	C	0	C	CC
ERGB212200	0	C	0	C	CC
ERG0212200	0	C	0	C	CC
ERN0212250	0	C	0	C	CC
ERG0212500	0	C	0	C	CC
ERN0212500	0	C	0	C	CC
CINRA21235	0	C	0	C	CC
CN00212305	0	C	0	C	CC
CANB212516	0	C	0	C	CC
CAN0212516	0	C	0	C	CC
IMC0212381	0	C	0	C	CC
ERG0030015	0	C	0	C	CC
CIN0021232	0	C	0	C	CC
ECG0606020	0	C	0	C	CC
ECN0606025	0	C	0	C	CC
ECG0606030	0	C	0	C	CC
ETNC804040	0	C	0	C	CC
ERG3120020	0	C	0	C	CC
ERN0031225	0	C	0	C	CC
ERG0300300	0	C	0	C	CC
ERG0031230	0	C	0	C	CC
ERN0300400	0	C	0	C	CC
ERNC030040	0	C	0	C	CC
ERG0031240	0	C	0	C	CC
ERG0031250	0	C	0	C	CC
CANRA30305	0	C	0	C	CC
CAN0030305	0	C	0	C	CC
CIG0030036	0	C	0	C	CC
CIN0033600	0	C	0	C	CC
CIGS306436	0	C	0	C	CC
CNRS306436	0	C	0	C	CC
CN00300360	0	C	0	C	CC
CIN0030320	0	C	0	C	CC
CIGS306432	0	C	0	C	CC

CIN0306432	0	C	0	C	CC
CANR030549	0	C	0	C	CC
CANB030549	0	C	0	C	CC
CAG0030549	0	C	0	C	CC
CAGRA30064	0	C	0	C	CC
CAGR030064	0	C	0	C	CC
RMC0030000	0	C	0	C	CC
ECNC707040	0	C	0	C	CC
ETN0905020	0	C	0	C	CC
ECNC757520	0	C	0	C	CC
ETGB105024	0	C	0	C	CC
ERG0040020	0	C	0	C	CC
EMT0031200	0	C	0	C	CC
EMT0031200	0	C	0	C	CC
ERG0040040	0	C	0	C	CC
ERG0040050	0	C	0	C	CC
ERG0040060	0	C	0	C	CC
ERN0041230	0	C	0	C	CC
ERN0041240	0	C	0	C	CC
ERN0041240	0	C	0	C	CC
ERN0040040	0	C	0	C	CC
ERN0040400	0	C	0	C	CC
ERN0040600	0	C	0	C	CC
CNRA400305	0	C	0	C	CC
CN00400305	0	C	0	C	CC
CIN0040360	0	C	0	C	CC
CIN0040400	0	C	0	C	CC
CAG0040602	0	C	0	C	CC
ECN0909030	0	C	0	C	CC
ECN0909040	0	C	0	C	CC
ECG0101030	0	C	0	C	CC
ECN1001005	0	C	0	C	CC
ECN0101007	0	C	0	C	CC
ETN1505018	0	C	0	C	CC
ETN1550195	0	C	0	C	CC
ETG1505030	0	C	0	C	CC
ERN0600400	0	C	0	C	CC
ERN0600450	0	C	0	C	CC
ECN0125200	0	C	0	C	CC
ECNC125300	0	C	0	C	CC
ECNC125400	0	C	0	C	CC
ECNC125500	0	C	0	C	CC
ECN0125500	0	C	0	C	CC
ECN0125501	0	C	0	C	CC
ECN0125502	0	C	0	C	CC

ETNC151025	0	C	0	C	CC
ETN1501025	0	C	0	C	CC
ETN1501050	0	C	0	C	CC
ERN0060500	0	C	0	C	CC
ERNC060050	0	C	0	C	CC
ERN0060700	0	C	0	C	CC
CANRA60340	0	C	0	C	CC
CAN0060340	0	C	0	C	CC
CAG0060060	0	C	0	C	CC
CANB060711	0	C	0	C	CC
ETN2007050	0	C	0	C	CC
ETN2007060	0	C	0	C	CC
AC15015050	0	C	0	C	CC
PC01260400	0	C	0	C	CC
PC01560400	0	C	0	C	CC
PC01506050	0	C	0	C	CC
PC01560060	0	C	0	C	CC
PC01560800	0	C	0	C	CC
PC01260100	0	C	0	C	CC
PC01506010	0	C	0	C	CC
PC01260120	0	C	0	C	CC
PC01560120	0	C	0	C	CC
PV15060040	0	C	0	C	CC
PV15060050	0	C	0	C	CC
PV01560960	0	C	0	C	CC
PV15060060	0	C	0	C	CC
PV15060012	0	C	0	C	CC
PV15060015	0	C	0	C	CC
PF01020075	0	C	0	C	CC
PF01020110	0	C	0	C	CC
PF01020140	0	C	0	C	CC
PF01224190	0	C	0	C	CC
PG01224190	0	C	0	C	CC

APÉNDICE G

SKU 1	SKU 2	# Veces ordenados juntos	Planta Origen Sk1	Planta Origen Sku2
G006030020	G008040020	72	3	3
G006030015	G008040015	36	3	3
G008040020	G010050020	32	3	3
AC07507520	G008040020	27	3	3
G006030018	G008040018	27	3	3
G006030020	G010050020	27	3	3
G008040015	G008040020	26	3	3
AC07507520	AC10010020	26	3	2
G006030014	G008040014	25	3	3
PC01224200	PC01224300	24	0	0
AC10010030	AC10010020	23	2	2
G006030015	G008040020	23	3	3
G006030020	G008040015	22	3	3
PG01224090	PG01224110	21	1	1
G006030015	G006030020	20	3	3
ECN0202015	ECN0252515	19	1	1
AC07507520	G006030020	18	3	3
G006030018	G008040015	18	3	3
AC10010020	G008040020	17	2	3
G006030015	G006030018	17	3	3
G006030014	G006030018	16	3	3
G008040020	G008040030	16	3	3
PG01224070	PG01224090	16	1	1
AC10010020	G006030020	16	2	3
G008040015	G008040018	15	3	3
PG01224070	PG01224110	15	1	1
ERGB011220	ERGB020020	15	3	3
PG01224110	PG01224140	15	1	1
AC10010030	AC07507530	14	2	3
G006030015	G008040018	14	3	3
AC10010030	AC07507520	13	2	3
ECN0252515	ECN0252520	13	1	1
ECN0202015	ETN0204015	13	1	3
PG01224070	PG01224140	13	1	1
AC07507520	ECN0202015	13	3	1
AC07507520	AC07507530	13	3	3
G010050030	G015050030	12	3	3
G008040015	G008040030	12	3	3
AC07507520	G006030015	12	3	3
G015050030	G020050030	12	3	3

AC10010020	G010050020	12	2	3
AC07507520	ECN0404015	12	3	3
G006030018	G008040014	12	3	3
G008040020	G010050030	12	3	3
G006030014	G008040020	12	3	3
AC07507520	ECN0252520	12	3	1
ERGB011215	ERGB011220	12	3	3
G012550030	G015050030	11	3	3
G015050020	G015050030	11	3	3
G006030020	G008040030	11	3	3
AC07507520	G008040015	11	3	3
MCF0202011	MCF0252511	11	1	1
AC07507520	ECN0252515	11	3	1
U008004030	U010005030	11	3	3
PC01224200	PF01224140	11	0	1
G008040018	G010050018	11	3	3
G006030017	G008040017	10	3	3
G008040015	G015050030	10	3	3
G006030018	G010050018	10	3	3
U010005020	U010005030	10	3	3
AC10010020	G008040015	10	2	3
PE98550065	PE98560065	10	3	3
G008040020	U010005030	10	3	3
ECGB252515	ECGB505020	10	1	3
AC07507520	ECN0404020	10	3	3
G006030018	G008040020	10	3	3
AC07507520	G010050020	10	3	3
AC10010030	ETN1005030	10	2	3
ECN0252520	G008040020	10	1	3
G008040030	G010050030	10	3	3
PE98540065	PE98550065	10	3	3
ERGB011220	G008040020	9	3	3
ECGB303015	ECGB404020	9	3	3
ETN1005030	ETN1501030	9	3	2
AC07507530	ECN0505030	9	3	3
PO82536000	PO82542000	9	-	-
EMT0034124	EMT0120107	9	1	1
ECN0252515	ECN0404015	9	1	3
AC07507520	ETN0204015	9	3	3
ECN0101018	ECN0757518	9	2	3
G008040018	G008040020	9	3	3
PE98540065	PE98560065	9	3	3
U008004020	U010005030	9	3	3
ECGB404020	ERGB011220	9	3	3
G008040020	U008004030	9	3	3

ECN0202015	ECN0404015	9	1	3
ECN0404030	ERGB030020	9	3	3
MRFM034100	MRGM005810	9	1	1
G020050020	G020050030	9	3	3
AC10010020	ECN0252515	9	2	1
G006030014	G008040018	9	3	3
ECN0202020	ECN0404020	9	1	3
ERGB011215	PG01224110	9	3	1
AC10010020	ECN0505020	9	2	3
ECN0252515	ECN0505020	9	1	3
AC07507520	ECN0505020	9	3	3
G010050020	G015050030	9	3	3
AC07507520	ERGB011220	9	3	3
ECN0404015	ECN0404020	9	3	3
G008040020	G015050030	9	3	3
G008040030	G010050020	9	3	3
AC07507530	ECN0202015	9	3	1
CIG0001200	ERGB011215	9	1	3
PG01224090	PG01224140	9	1	1

APÉNDICE H

AGRUPACIÓN DE ÍTEMS						
Categoría	SKU	Consumo (unidades)	Frecuencia picking	Intensidad	# Grupo	Factor intensidad grupal Tj
AA	G008040020	28901	821	23727721	Grupo 4	54637202
	G006030020	19306	536	10347837		
	G010050020	10674	545	5817239		
	G008040015	9962	479	4771798		
	G015050030	6744	537	3621349		
	G008040018	8741	376	3286553		
	G006030015	8328	368	3064704		
	G020050030	4679	509	2381781	Grupo 2	7912937
	G010050030	4916	373	1833606		
	G008040030	3990	332	1324735		
	G015050020	3531	346	1221726		
	G006030018	5162	223	1151089		
	G006030014	5079	176	893963	Grupo 3	3853413
	G012550030	2672	267	713469		
	U015005030	2205	307	676884		
	U020005030	1974	291	574483		
	U005002520	2950	180	531000		
	L004004020	4880	95	463616		
	G008040014	3781	108	408384	Grupo 4	1493464
	G012550020	1970	167	328962		
U005002530	2208	140	309050			
L004004030	2268	117	265337			
G008040017	2456	74	181732			
AB	U005002518	2102	21	44142	Grupo 5	270601
	L002002020	2708	36	97488		
	L002502520	2529	51	128971		
BA	U010005020	1467	216	316872	Grupo 6	1013500
	G020050020	1233	231	284785		
	U010005030	1179	198	233343		
	U012505030	1063	168	178500		
	U015005040	723	194	140294	Grupo 7	485156
	U015005020	868	138	119715		
	G010050018	1024	112	114707		
	U008004030	920	120	110440		
	L003003030	1282	78	100022	Grupo 8	200462
	U012505020	613	95	58235		

	U255485200	728	58	42205		
BB	GGB8040015	1048	53	55535	Grupo 9	158617
	G012601515	1101	33	36344		
	G015050015	1589	42	66738		
	G160601525	734	26	19080	Grupo 10	59610
	L003003020	665	41	27245		
	G006030030	511	26	13286		
BC - CB - CC	U005002515	101	18	1824	Grupo 11	56035
	G120601520	588	15	8820		
	U150005038	37	7	257		
	G016601515	525	16	8400		
	GB16601515	248	6	1488		
	L005005020	263	27	7110		
	PERLOS6020	557	10	5565		
	G005025020	1621	10	16213		
	L004004015	522	10	5218		
	U080401220	40	6	240		
	G010508320	150	6	900		

APÉNDICE I

Modelo de programación lineal

set

i " andén" / 1*4/,

j " productos" /

group1

group2

group3

group4

group5

group6

group7

group8

group9

group10

group11 / ,

k "punto de almacenamiento(0.6), debe ser igual a la suma de $s(j)$ " /1*71/;

parameter $S(j)$ " número de locaciones requeridas para producto j " /

group1	36	,
group2	11	,
group3	8	,
group4	4	,
group5	1	,
group6	3	,
group7	2	,
group8	1	,
group9	2	,
group10	1	,
group11	2	/;

parameter T(j) " factor de intensidad= frecuencia*demanda"/

group1	54637202	,
group2	7912937	,
group3	3853413	,
group4	1493464	,
group5	270601	,

group6	1013500	,
group7	485156	,
group8	200462	,
group9	158617	,
group10	59610	,
group11	56035	/;

parameter $P(i)$ " porcentaje de despachar por anden i " /

- 1 3.3 (30%)
- 2 3.3
- 3 3.3
- 4 10 (10%) /;

table $d(i,k)$ distancias de anden i hasta punto almacenamiento k

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
55	56	57	58	59	60	61	62		

63	64	65	66	67	68	69	70	
71								
1	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5
25.5	9	12	15	18	21	24	27	30
33	36	15.6	18.6	21.6	24.6	27.6	30.6	
33.6	36.6	39.6	42.6	45.6	23.1	26.1	29.1	
32.1	35.1	38.1	41.1	44.1	47.1	50.1	53.1	
56.1	59.1	62.1	65.1	68.1	71.1	74.1	77.1	
80.1	82.95	50.44	53.44	56.44	59.44	62.44		
65.44	68.44	71.44	43.84	46.84	49.54	52.54		
55.54	58.54	61.54	64.54	40.29	43.29	46.29		
49.1								
2	9	12	15	18	21	24	27	30
33	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	16.5	19.5	22.5
25.5	28.5	8.1	11.1	14.1	17.1	20.1	23.1	
26.1	29.1	32.1	35.1	38.1	15.6	18.6	21.6	
24.6	27.6	30.6	33.6	36.6	39.6	42.6	45.6	
48.6	51.6	54.6	57.6	60.6	63.6	66.6	69.6	
72.6	75.45	42.94	45.94	48.94	51.94	54.94		
57.94	60.94	63.94	36.34	39.34	42.34	45.34		
48.34	51.34	54.34	57.34	47.79	50.79	53.79		
56.6								
3	15.6	18.6	21.6	24.6	27.6	30.6	33.6	36.6
39.6	8.1	11.1	14.1	17.1	20.1	23.1	26.1	
29.1	32.1	35.1	1.5	4.5	7.5	10.5	13.5	
16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	9	12	15
18	21	24	27	30	33	36	39	42
45	48	51	54	57	60	63	66	68.85

36.34	39.34	42.34	45.34	48.34	51.34	54.34		
57.34	42.94	45.94	48.94	51.94	54.94	57.94		
60.94	63.94	54.39	57.39	60.39	63.2			
4	23.1	26.1	29.1	32.1	35.1	38.1	41.1	44.1
47.1	15.6	18.6	21.6	24.6	27.6	30.6	33.6	
36.6	39.6	42.6	9	12	15	18	21	24
27	30	33	36	39	1.5	4.5	7.5	10.5
13.5	16.5	19.5	22.5	25.5	28.5	31.5	34.5	
37.5	40.5	43.5	46.5	49.5	52.5	55.5	58.5	
61.35	36.34	39.34	42.34	45.34	48.34	51.34		
54.34	57.34	50.44	53.44	56.44	59.44	62.44		
65.44	68.44	71.44	61.89	64.89	67.89	70.7		

;

binary variable $x(j,k)$

free variable z ;

Equation

obj " minimizar distancia recorrida",

R1(k) "solo un producto es asignado a cada locacion",

R2(j) " numero locaiones asignadas igual a las requeridas";

obj.. $\sum_{(j,k)} T(j) * \sum_i P(i) * d(i,k) * x(j,k) = z$;

R1(k).. $\sum_j x(j,k) = 1$;

R2(j).. $\sum_k x(j,k) = S(j)$;

model modelo2 /all/;

solve modelo2 using MIP minimizing z;

Apéndice J

Función generadora de demanda

Demanda diaria Aleatoria		
Código	Distribución	Función generadora de números aleatorios
G006030015	Exponencial	44,36
G006030018	Frecuencias relativas	334,00
G006030020	Exponencial	185,93
G008040015	Exponencial	311,89
G006030014	Frecuencias relativas	391,00
G008040014	Frecuencias relativas	189,00
G012550020	Frecuencias relativas	97,00
G012550030	Exponencial	75,81
U015005030	Frecuencias relativas	27,27
U020005030	Frecuencias relativas	190,00
L004004020	Frecuencias relativas	241,00
L004004030	Exponencial	47,46
G008040017	Frecuencias relativas	111,00
U005002518	Frecuencias relativas	95,00
L002002020	Frecuencias relativas	260,00
L002502520	Frecuencias relativas	93,00
U010005020	Frecuencias relativas	54,00
G020050020	Frecuencias relativas	47,00
U010005030	Frecuencias relativas	58,00
U012505030	Frecuencias relativas	57,00
U015005040	Frecuencias relativas	57,00
U015005020	Frecuencias relativas	59,00
G010050018	Frecuencias relativas	71,00
U008004030	Frecuencias relativas	73,00

L003003030	Frecuencias relativas	52,00
U012505020	Frecuencias relativas	24,00
U255485200	Frecuencias relativas	44,00
GGB8040015	Frecuencias relativas	77,00
G012601515	Frecuencias relativas	73,00
G015050015	Frecuencias relativas	97,00
G160601525	Frecuencias relativas	29,00
L003003020	Frecuencias relativas	33,00
G006030030	Frecuencias relativas	26,00
U005002515	Frecuencias relativas	10,00
G120601520	Frecuencias relativas	40,00
U150005038	Frecuencias relativas	2,00
G016601515	Frecuencias relativas	44,00
GB16601515	Frecuencias relativas	31,00
L005005020	Frecuencias relativas	17,00
PERLOS6020	Frecuencias relativas	25,00
G005025020	Frecuencias relativas	257,00
L004004015	Frecuencias relativas	71,00
U080401220	Frecuencias relativas	2,00
G010508320	Frecuencias relativas	5,00