



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

OPTIMIZACIÓN – SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO A
PARTIR DE UNA POLÍTICA BASADA EN TRES CLASES

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. ROSALÍO ARTEAGA MONTIEL

TUTOR
DRA. AIDA HUERTA BARRIENTOS, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, MAYO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DRA. IDALIA FLORES DE LA MOTA

Secretario: DRA. PATRICIA BALDERAS CAÑAS

Vocal: DRA. AIDA HUERTA BARRIENTOS

1^{er.} Suplente: DR. MANUEL DEL MORAL DÁVILA

2^{do.} Suplente: DRA. ESTHER SEGURA PÉREZ

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria, UNAM

TUTOR DE TESIS:

Dra. Aida Huerta Barrientos

FIRMA

(Segunda hoja)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres Rubén Arteaga Zúñiga y Mayra Montiel Olguín por siempre apoyar mis decisiones, por el soporte brindado durante estos dos años y por ser pacientes y tolerantes conmigo.

Quiero darle las gracias a mi tutora la Dra. Aida Huerta Barrientos por seguir a cada paso mi trabajo, por sus consejos y por su orientación.

Me gustaría dar un especial agradecimiento al Ing. Miguel Cervantes Monzalvo, Jefe de Inventarios de Embotelladora las Margaritas por haber permitido desarrollar mi trabajo con él y con sus compañeros de trabajo; por toda la atención prestada y el apoyo que me brindaron.

RESUMEN

Este trabajo de investigación aborda la problemática existente en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas ubicada en la ciudad de Pachuca y perteneciente a una de las franquicias de Coca-Cola, adquirida por Corporación RICA en México. El almacén actualmente tiene una localización empírica del producto terminado y del producto comprado. Además, el almacén 2500 interactúa con los almacenes 1700 y 1500 que no cuentan con una división física y únicamente tienen una división virtual administrada por el sistema SAP. Esta situación genera una problemática con la localización de los productos, ya que todos se encuentran inventariados en el mismo espacio y durante las épocas de mayor producción, los productos se posicionan en los espacios disponibles sin respetar su asignación previamente establecida. Lo que genera un mayor recorrido de los montacarguistas y un mayor uso de los recursos dispuestos para el almacén. El objetivo general de esta tesis consiste en optimizar el almacenamiento, una de las cuatro actividades logísticas en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas a partir de una política de almacenamiento basada en clases e implementar dicha política utilizando un modelo de simulación para apoyar la toma de decisiones de la Gerencia de Operaciones.

ABSTRACT

This research work is focused in the problematic existing in the warehouse 2500 of Embotelladora Las Margaritas located in the city of Pachuca and belonging to one of the Coca-Cola franchises acquired by Corporación RICA in Mexico. The warehouse currently has an empirical location of the finished product and purchased product. In addition, warehouse 2500 coexists with warehouses 1700 and 1500 that do not have a physical division and only have a virtual division managed by the SAP system. This generates a controversy with the location of the products, since all are inventoried in the same space and during the times of greater production, the products are positioned in the available spaces without respecting their already established allocation. This generates a bigger path to the lift truck and a greater use in the resources arranged for the warehouse. The general objective of this thesis is to optimize storage, one of the four logistic activities in the 2500 warehouse of Embotelladora de las Margaritas, as from a storage policy based on classes and the implementation of the policy using a simulation model to support the decision making of the Operations Management.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial Coca-Cola se ha convertido en el ícono representativo de los productos de cola y ha consolidado su marca siendo reconocida en alrededor de 200 países donde es consumida. Con su botella como emblema y sus colores rojo y blanco como escudo, lleva día con día el delicioso sabor a sus clientes. Sin embargo, no es una tarea fácil, está acompañada del trabajo arduo de un grupo de empleados y una compleja Cadena de Valor. Aquí en México ha sido adquirida y dividida por ocho grupos embotelladores, uno de ellos es Corporación RICA, que se encuentra localizada en la parte centro del país en los Estados de Hidalgo, Morelos y Puebla. Este trabajo de investigación se desarrolla en Embotelladora las Margaritas, localizada en la ciudad de Pachuca en el estado de Hidalgo. Es una de las dos plantas con las que cuenta el grupo embotellador y brinda servicio de abastecimiento a 15 CEDIS que se encuentran distribuidos en los municipios de Pachuca, Tizayuca, Zacualtipán, Ciudad Sahagún, Huauchinango, Tulancingo, Tula, Actopan, Ixmiquilpan, Progreso, Jojutla, Axochiapan, Zacatlán y Cuautla. Este trabajo de investigación se lleva a cabo en conjunto con Embotelladora las Margaritas para optimizar el almacenamiento, una de las cuatro actividades logísticas en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas a partir de una política de almacenamiento basada en clases e implementar dicha política utilizando un modelo de simulación para apoyar la toma de decisiones de la Gerencia de Operaciones.

Toda compañía tiene el mismo enfoque, percibir la mayor cantidad de ganancias y esto se puede lograr si se optimizan los recursos de la planta. Cada una de las etapas que forman los procesos de producción representa un área de oportunidad para alcanzar esta meta económica, por esta razón, es importante analizar y explorar cada una de esas áreas de oportunidad para aprovechar de una manera eficiente los recursos, y es que, actualmente una estrategia no se puede trabajar en función del precio, ya que el mercado es cada vez más competido y el cliente día con día encuentra mayores posibilidades y mayores facilidades para satisfacer sus necesidades. Por este motivo, las empresas están apostando a mejorar los procesos dentro de su cadena de valor. El manejo de inventarios y la gestión de almacenes forman parte de esta cadena de valor y aunque es una etapa que no agrega valor al producto, representa una estrategia muy útil para mantener presencia en el mercado y poder llegar a más clientes en el momento requerido. El trabajo de investigación se enfoca en el desarrollo de un modelo de optimización a partir de una política de almacenamiento basada en clases que relacione las actividades de recepción, almacenamiento y recolección de pedido, a partir de una red que minimice los recorridos en función de las entradas y salidas del almacén. Una vez creado el modelo de optimización, este se implementará en un modelo de simulación para visualizar el impacto de dicha política a través de un contraste entre dos escenarios, un escenario actual y un escenario con la política aplicada. Esto con la finalidad de validar el impacto del modelo de optimización y permitir a los decisores encaminar sus recursos hacia los sectores que mermen la eficiencia del almacén.

Esta tesis está constituida por 4 Capítulos.

En el Capítulo 1 se explica de manera general la historia de Coca-Cola y su presencia a nivel global. Describe la importancia que tiene en México, así como la cobertura que abarca cada uno de los ocho Grupos Embotelladores que tienen presencia en el país. La tesis se va a desarrollar con uno de esos grupos embotelladores, Corporación RICA, quien cuenta con dos plantas embotelladoras localizadas en las ciudades de Cuautla, Morelos y Pachuca, Hidalgo. La tesis estará enfocada específicamente en Embotelladora las Margaritas, situada en la ciudad de Pachuca y con presencia en tres estados de la República: Hidalgo, Morelos y Puebla. El problema está definido por la política de almacenamiento que actualmente se desarrolla en el almacén 2500, una política que no garantiza un eficiente aprovechamiento de los recursos y será resuelto con base en un modelo de optimización aplicado a una política de almacenamiento basada en clases e implementada en un modelo de simulación para apoyar en la toma de decisiones.

En el Capítulo 2 se lleva a cabo la revisión de la literatura para comparar casos de estudio similares o análogos al trabajo de investigación realizado de esta tesis, esto con la finalidad de enriquecer y fortalecer los fundamentos teóricos, brindar un soporte y un curso de acción para tomarlo como punto de partida y atacar el problema planteado. En particular, la investigación está enfocada a temas de optimización y simulación de almacenes y CEDIS que fundamenten el marco teórico. En esta investigación se revisan artículos y trabajos aplicados, así como conceptos teóricos y fundamentos de la estructura y comportamiento de un almacén. La finalidad del Capítulo consiste en definir un método de solución al problema planteado aplicando Investigación de Operaciones.

En el Capítulo 3 se desarrolla la metodología para la solución del problema a partir de la investigación realizada en el Capítulo 2. Esta metodología consta de seis pasos y fue definida por Hillier & Lieberman (2010) en su libro “Introducción a la Investigación de Operaciones”, la cual puede ser aplicada a los modelos de optimización de Programación Entera como es el caso en la solución del problema planteado en esta tesis. El modelo empleado es una adaptación a un problema de transporte aplicado en el desarrollo de una política de almacenamiento basada en clases. Esta combinación se lleva a cabo para definir la ruta óptima entre la recepción, el almacenamiento y la recolección de pedido, con la finalidad de clasificar los productos de mayor demanda en las zonas del almacén que involucren menor recorrido y menor gestión de recursos. Una vez planteado y resuelto el modelo de Programación Entera, será validado y verificado para mostrar su funcionalidad en la solución del problema.

En el capítulo 4 se implementa el modelo de optimización de Programación Entera en un modelo de simulación construido en el software Anylogic, esto con la finalidad de poder observar los beneficios de la implementación de la política de almacenamiento basada en clases y poder comparar el escenario actual o la manera en cómo operan el almacén 2500 actualmente, contra el nuevo esquema de almacenamiento, la clasificación basada en clases. Una vez implementado en el modelo de simulación, el decisor podrá hacer uso del simulador para apoyarse en la toma de decisiones y experimentar con diversos escenarios para ver el posible efecto que tendría adoptar ciertas decisiones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CAPÍTULO 1. PROBLEMÁTICA DEL ALMACÉN 2500 DE EMBOTELLADORA LAS MARGARITAS	1
1.1 CONTEXTO DE COCA-COLA.....	1
1.1.1 COCA-COLA EN EL MUNDO	1
1.1.2 COCA COLA MÉXICO	2
1.1.3 CORPORACIÓN RICA S.A. DE C.V.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	6
1.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ALMACÉN DE EMBOTELLADORA LAS MARGARITAS	7
1.3.1 ORGANIGRAMA DEL ALMACÉN 2500	9
1.3.2 EQUIPOS DE TRABAJO DEL ALMACÉN 2500	10
1.3.3 LAYOUT DEL ALMACÉN 2500.....	11
1.4 SITUACIÓN DESEADA DEL ALMACÉN 2500	12
1.5 DEFINICION DEL PROBLEMA POR RESOLVER	13
1.6 OBJETIVOS GENERALES	15
1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.8 ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN.....	15
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y MARCO TEÓRICO	16
2.1 TEORÍA DE ALMACENES	16
2.2 EL ALMACÉN DESDE UNA PERSPECTIVA SISTÉMICA	17
2.1.1 ACTIVIADES LOGÍSTICAS DE UN ALMACÉN.....	19
2.3 ASIGNACIÓN DEL ESPACIO DEL ALMACÉN	21
2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE UN ALMACÉN.....	29
2.5 ESTUDIOS REALIZADOS EN UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	34
2.6 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	37
CAPÍTULO 3. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO 2500 O T1.....	39
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INTERÉS Y RECOLECCIÓN DE DATOS RELEVANTES	39
3.2 FORMULACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO QUE REPRESENTA EL PROBLEMA	43
3.3 DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO BASADO EN COMPUTADORA PARA DERIVAR UNA SOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA A PARTIR DEL MODELO	48
3.4 PRUEBA DEL MODELO Y MEJORAMIENTO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES	55

3.5	PREPARACIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL MODELO PRESCRITO POR LA ADMINISTRACIÓN	57
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE ALMACENAMIENTO BASADA EN CLASES		
4.1	MODELO DE SIMULACIÓN	58
4.2	SIMULACIÓN DEL ALMACÉN 2500	58
4.2.1	MODELACIÓN DEL SISTEMA	58
4.2.2	MODELACIÓN CON EL ESCENARIO ACTUAL	64
4.2.3	MODELACIÓN CON LA POLÍTICA DE ALMACENAMIENTO BASADA EN CLASES.....	64
4.3	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN	65
RECOMENDACIONES		
CONCLUSIONES		
ANEXO A.	Envíos realizados por el almacén 2500 a sus diferentes CEDIS	68
ANEXO B.	Tiempo de traslado del área de producción hacia cada uno de los espacios del almacén 2500	73
ANEXO C.	Tiempo de traslado del área de compra hacia cada uno de los espacios del almacén 2500	75
ANEXO D.	División del producto dependiendo el tipo de almacenamiento que recibe	77
ANEXO E.	Porcentaje de Consumo Total por Producto	82
ANEXO F.	Definición de Clases de los productos almacenados en racks	86
ANEXO G.	Definición de Clases de los productos almacenados en piso	90
ANEXO H.	Tarimas almacenadas en los racks por producto k provenientes del origen i.....	91
ANEXO I.	Tarimas almacenadas en el piso por producto k provenientes del origen i	94
ANEXO J.	Asignación de cada producto i, a cada espacio del rack k.....	96
ANEXO K.	Asignación de cada producto i, a cada espacio del rack k.....	102
ANEXO L.	Procedencia y destino para cada SKU empleados en Anylogic	106
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS		
112		

INDICE DE ILUSTRACIONES

Pág.

Ilustración 1. Asociación de Embotelladoras Mexicanas de Coca-Cola A.C.....	2
Ilustración 2. CEDIS localizados geográficamente en el estado de Puebla.....	3
Ilustración 3. CEDIS localizados geográficamente en el estado de Hidalgo.....	4
Ilustración 4. CEDIS localizados geográficamente en el estado de Morelos.....	4
Ilustración 5. Cadena de Valor propuesta por Michael Porter.....	5
Ilustración 6. Tipos de Almacenes en Embotelladora las Margaritas.....	7
Ilustración 7. Organigrama del Almacén.....	9
Ilustración 8. Distribución del almacén 2500.....	11
Ilustración 9. Interrogante espacial del Almacén.....	13
Ilustración 10. Diagrama de flujo para la toma de decisiones de un montacarguista de producción al almacenar producto terminado.....	14
Ilustración 11. Estrategias de Investigación.....	15
Ilustración 12. Estrategias en la administración de un almacén.....	16
Ilustración 13. Modelo de Caja Negra.....	18
Ilustración 14. Actividades de recepción y embarque.....	18
Ilustración 15. Actividades logísticas de un almacén.....	19
Ilustración 16. Actividades de traslado-almacenamiento de un almacén convencional.....	19
Ilustración 17. Métodos de preparación y recolección de pedidos.....	21
Ilustración 18. Clasificación ABC.....	27
Ilustración 19. Clasificación basada en clases partiendo desde un punto de entrada/salida.	28
Ilustración 20. Factores clave del costo de eficiencia.....	31
Ilustración 21. Factores importantes para mejorar la eficiencia de un almacén.....	32
Ilustración 22. Layout del almacén de Embotelladora las Margaritas.....	41
Ilustración 23. Clasificación de cada espacio del rack.....	42
Ilustración 24. Validación del modelo.....	56
Ilustración 25. Distribución del almacén en Anylogic.....	59
Ilustración 26. Recurso empleado para los montacargas.....	60
Ilustración 27. Características del montacargas.....	60
Ilustración 28. Lógica del movimiento de las tarimas.....	61
Ilustración 29. Propiedades del recurso "Source".....	62
Ilustración 30. Propiedades del recurso "RackStore".....	62
Ilustración 31. Propiedades del recurso "Delay".....	63
Ilustración 32. Propiedades del recurso "RackPick".....	63
Ilustración 33. Propiedades del recurso "Sink".....	63
Ilustración 34. Simulación con el Escenario Actual.....	64
Ilustración 35. Simulación con la política de almacenamiento basada en clases.....	64
Ilustración 36. Ahorro en la utilización de montacargas.....	65

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Esquema Organizacional del Almacén.	9
Tabla 2. Revisión de la Literatura.	34
Tabla 3. Envíos realizados por el almacén 2500 a sus diferentes CEDIS.	40
Tabla 4. Tiempo de traslado del área de producción hacia cada uno de los espacios del almacén 2500.	42
Tabla 5. Tiempo de traslado del área de compra hacia cada uno de los espacios del almacén 2500.	43
Tabla 6. División del producto dependiendo el tipo de almacenamiento que recibe.	44
Tabla 7. Porcentaje de Consumo Total por Producto.	44
Tabla 8. Definición de Clases de los productos almacenados en racks.	45
Tabla 9. Definición de Clases de los productos almacenados en piso.	46
Tabla 10. Tarimas almacenadas en los racks por producto k provenientes del origen i.	49
Tabla 11. Tarimas almacenadas en el piso por producto k provenientes del origen i.	49
Tabla 12. Asignación de cada producto i, a cada espacio del rack k.	52
Tabla 13. Asignación de cada producto i, a cada espacio del rack k.	55
Tabla 14. Procedencia y destino para cada SKU empleados en Anylogic.	61
Tabla 15. Resultados de la simulación.	65

CAPÍTULO 1. PROBLEMÁTICA DEL ALMACÉN 2500 DE EMBOTELLADORA LAS MARGARITAS

1.1 CONTEXTO DE COCA-COLA

Resulta interesante ver como algunas de las marcas más emblemáticas del siglo XXI han surgido por experimentos que se pueden catalogar como accidentes; sin embargo, gracias a una buena imagen y al control de su publicidad, hoy en día pueden ser consideradas el ícono representativo de su giro. Tal es el caso de Coca-Cola, que fue elaborada por primera vez en la ciudad de Atlanta, Georgia en Estados Unidos el 8 de mayo de 1886. Gracias a la iniciativa del doctor John S. Pemberton, quien quería buscar la cura al problema de la digestión, además de encontrar un medicamento que aportara energía. Accidentalmente mezcló un jarabe medicinal con agua carbonatada, lo cual dio origen a lo que hoy conocemos como el sabor de cola. Luego de este suceso, se dirigió hacia las calles de su ciudad con una jarra de su nuevo producto donde fue catado por la gente que lo catalogó de “excelente” (Coca-Cola México 2016).

Pemberton se dio cuenta del potencial del producto que había creado y no sólo él, también su contador Frank Robinson, la persona con quien se asoció y que le dio el nombre de Coca-Cola creyendo que las dos C se verían bien como publicidad. Poco a poco fue ganando la aceptación de la ciudad. Después de 13 años, fueron firmados los acuerdos para embotellar el producto en todo el país. La primera concesión para embotellar Coca-Cola fue adjudicada para dos abogados de Tennessee, y esto marcó el inicio de la distribución a gran escala del refresco. Pocos años después ya habían más de 400 plantas embotelladoras de Coca-Cola en Estados Unidos, Panamá y Canadá con miras a que la lista se incrementara rápidamente con el tiempo (Coca-Cola México 2016). Sin embargo, comenzó a surgir un problema con el envasado del producto, cada uno de los embotelladores comercializaba el refresco en una botella diferente, esto trajo consigo confusión con los clientes y falta de identidad de la marca. En 1915 se lanzó una convocatoria para buscar el modelo único del envase, el cual fue ganado por Alexander Samuelson y la cual sigue vigente hasta nuestros días como un emblema de Coca-Cola (Coca-Cola México 2016).

1.1.1 COCA-COLA EN EL MUNDO

Coca-Cola es una empresa conocida mundialmente por la mayoría de las personas y reconocida por sus colores y sus embotellados, con presencia en aproximadamente 200 países alrededor del mundo; incluso en lugares donde no se fabrica, ciudades aledañas hacen llegar el producto. Existen alrededor de 450 marcas divididas en 3,000 bebidas diferentes. Con 20 millones de puntos de venta y 1.7 trillones de consumidores cada día. Con estos números, Coca-Cola se ha consolidado como la marca más importante a nivel mundial en su giro y se ha convertido en el principal productor y vendedor de productos de cola. Sin embargo, se puede decir que existe un duopolio en este campo con Pepsi-Cola como su principal y más fuerte competidor.

Pepsi-Cola se formó diez años después y tras varias quiebras, fue administrada por un ex empleado de Coca-Cola, quien quiso hacer frente a su antigua familia y trabajó para desarrollar nuevas estrategias de mercado. Su estrategia se fundamentó en el acercamiento a los jóvenes, distinguiendo a Coca-Cola como una bebida para la gente adulta. La campaña funcionó para que Pepsi tomara realce, aunque no le bastó para equipararse con el gran poder y posición que ya había logrado Coca-Cola. Actualmente estos dos grandes competidores ofrecen productos similares, con el mismo precio, atacan casi siempre un mismo segmento del mercado y su cobertura es casi idéntica en todo el mundo (Coca-Cola México 2016).

1.1.2 COCA COLA MÉXICO

Actualmente Industria Mexicana de Coca-Cola integra el trabajo conjunto de ocho Grupos Embotelladores, Jugos del Valle y Santa Clara. Todos los grupos son empresas mexicanas independientes que operan bajo los mismos criterios de calidad y políticas que distinguen a la Compañía a nivel global (Coca-Cola México 2016). En el mapa de la República Mexicana (ver Ilustración 1) se puede apreciar la cobertura de cada uno de estos grupos.



Ilustración 1. Asociación de Embotelladoras Mexicanas de Coca-Cola A.C.
Fuente: Coca-Cola México (2016).

Coca-Cola es la marca más reconocida de su giro en México, de hecho, este país ocupa el primer lugar como consumidor a nivel mundial, al tener una compra estimada por persona de 650 bebidas en presentación de 355 mililitros por año, de acuerdo al reporte generado en 2012 por *The Coca-Cola Company*. En este mismo periodo, se reportó que en México crecieron sus ventas en un 25.9%, lo que corresponde a 1,720.3 millones de cajas unidad con respecto a 1366.5 millones en comparación con 2011. Cuenta con 67 plantas embotelladoras distribuidas a lo largo del país para dar abasto a un total de 1.7 millones de clientes. Cuenta además con 345 centros de distribución y 51 plantas de tratamiento de aguas residuales. También, tiene en su flota a 38,000 vehículos de fleteo,

distribución y operación, 12,800 rutas de reparto, que utiliza para satisfacer las necesidades de sus clientes (Coca-Cola México 2016).

1.1.3 CORPORACIÓN RICA S.A. DE C.V.

Corporación RICA es uno de los ocho Grupos Embotelladores con presencia en México. Su área de trabajo se enfoca en ciertas regiones de los Estados de Hidalgo, Morelos y Puebla. Para cubrir toda su área de mercado se ha dividido en 15 centros de distribución en los municipios de Puebla: Huauchinango y Zacatlán (ver Ilustración 2); los municipios de Hidalgo: Pachuca, Tizayuca, Zacualtipán, Ciudad Sahagún, Tulancingo, Tula, Actopan, Ixmiquilpan y Progreso (ver Ilustración 3); y los municipios de Morelos: Jojutla, Axochiapan, y Cuautla (ver Ilustración 4). Cuenta con dos plantas: una en la ciudad de Cuautla, Morelos y otra en la ciudad de Pachuca, Hidalgo llamada “Embotelladora las Margaritas” y fundada en el año de 1943. Para atender a sus más de 50 mil clientes, cuenta con alrededor de 2000 colaboradores divididos en sus dos embotelladoras, una flota de más de 140 rutas de reparto y 300 unidades de distribución (Corporación RICA 2016).

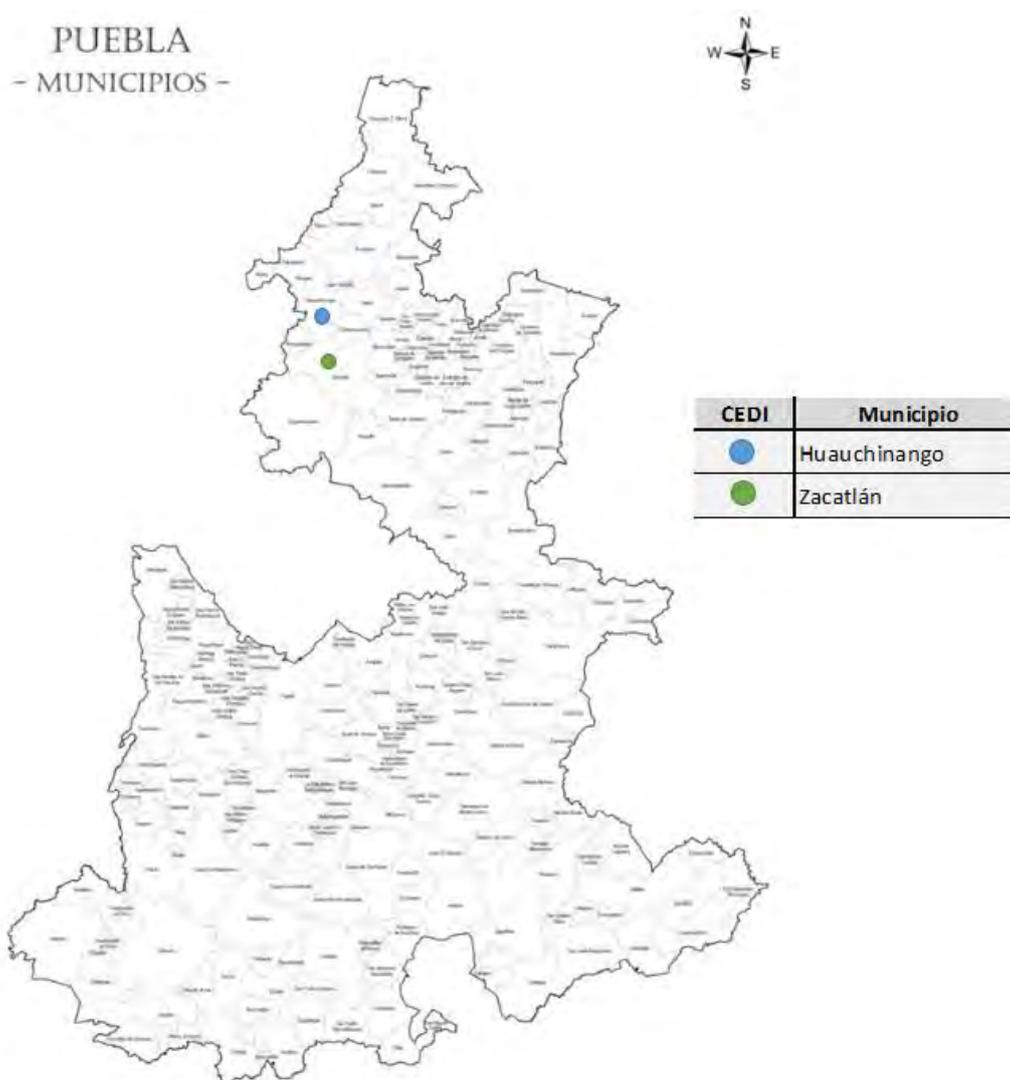


Ilustración 2. CEDIS localizados geográficamente en el estado de Puebla.
Fuente: INEGI (2010).

HIDALGO
- MUNICIPIOS -

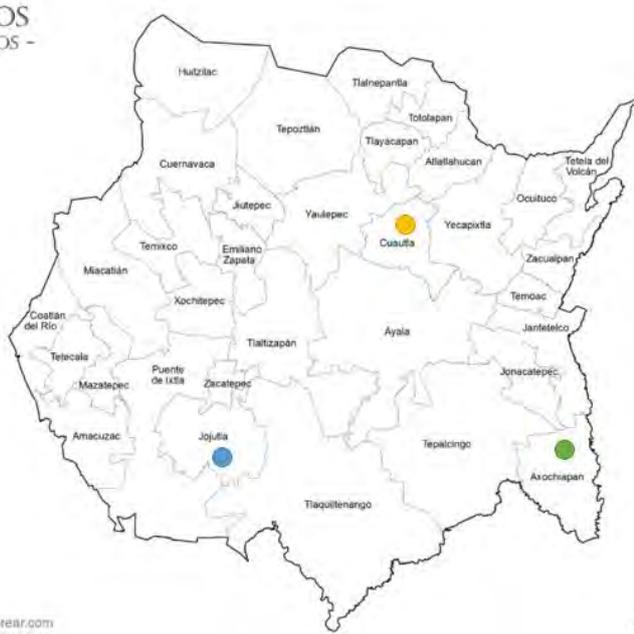


CEDI	Municipio
●	Pachuca
●	Tizayuca
●	Zacualtipán
●	Ciudad Sahagún
●	Tulancingo
●	Tula de Allende
●	Actopan
●	Ixmiquilpan
●	Progreso de Obregón

www.mapasparacolorear.com
Fuente: INEGI / CONABIO (2010)

Ilustración 3. CEDIS localizados geográficamente en el estado de Hidalgo.
Fuente: INEGI (2010).

MORELOS
- MUNICIPIOS -



CEDI	Municipio
●	Jojutla
●	Axochiapan
●	Cuautla

www.mapasparacolorear.com
Fuente: INEGI / CONABIO (2010)

Ilustración 4. CEDIS localizados geográficamente en el estado de Morelos.
Fuente: INEGI (2010).

La infraestructura que sostiene a Corporación RICA está diseñada para brindar el mejor servicio a sus clientes y cumplir con la demanda asociada. Este concepto se puede ver claramente explicado en la misión y visión de la Compañía:

- Misión

Satisfacer las necesidades de clientes y consumidores de bebidas no alcohólicas, elaborando y comercializando producto y servicios de la más alta calidad, promoviendo el patrimonio de los accionistas, detallistas, del personal y la comunidad (Corporación RICA 2016).

- Visión

Ser un grupo embotellador líder y de clase mundial del Sistema Coca-Cola (Corporación RICA 2016)

Cumplir con la misión y la visión de la compañía no es una tarea sencilla, detrás de la entrega del producto terminado existen una serie de procesos, los cuales deben ser administrados adecuadamente para brindar al cliente un servicio y un producto de calidad; es aquí donde toma participación el análisis y la comprensión de la Cadena de Valor (ver Ilustración 5), un esquema que involucra todo el proceso mediante el cual, la materia prima se convierte en producto terminado y se añade valor para el consumidor (Porter 1985). La Cadena de Valor está dividida en etapas que involucran un conjunto de tareas relacionadas y la distribución entre actividades que tienen injerencia directa e indirecta con el producto, es decir, actividades que directamente mejoran el valor del producto y actividades de apoyo que dan soporte para que las actividades directas se lleven a cabo (Porter 1985). De esta manera, entender en qué posición se encuentra una empresa y hacia dónde va, es la piedra angular para la toma de decisiones de la dirección estratégica, enfocado al mejoramiento del margen de utilidades y la disminución de costos de producción y costos asociados con las actividades de apoyo.



Ilustración 5. Cadena de Valor propuesta por Michael Porter.
Fuente: Porter (1985).

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Toda compañía está fundamentada bajo el mismo principio, la generación de ingresos. Dicho esto, cada organización despliega sus conocimientos de mercado para proponer estrategias que apoyen a la mayor percepción del dinero. Actualmente, no es viable pensar en jugar con incrementos de precio como estrategia principal, ya que el ambiente es cada vez más competitivo y día con día nacen nuevos competidores o productos sustitutos que merman la ganancia al ramificar las opciones de compra y las preferencias del cliente. Por esta razón, las empresas están apostando a mejorar los procesos dentro de su cadena de suministro. El manejo de inventarios, el rediseño y utilización de las líneas de producción, la gestión de abastecimiento, la administración de los almacenes, la logística de entrega de producto terminado son algunos temas que saltan a la luz cuando se pretenden mejorar los procesos en la cadena de suministro para la reducción de costos. Corporación RICA como cualquier otra industria posee opciones de mejora y un área de oportunidad que tiene, se encuentra en el manejo de las actividades logísticas de recepción, localización y preparación de pedido, así como la carga de sus unidades de repartición de producto dentro del almacén de Embotelladora las Margaritas, en Pachuca.

El uso de un almacén puede ser considerado como un desperdicio dentro de todo el esquema de producción y un punto que sólo representa un costo para el precio final. Sin embargo, su existencia va más allá de una simple espera en el proceso, es un espacio destinado a mitigar los riesgos en la inestabilidad de demanda del mercado. Con base en esto, los almacenes deben trabajar prediciendo las ventas del producto ofertado y tomando en cuenta la capacidad instalada de la planta, para que así, los clientes puedan realizar sus compras sin un desabasto prematuro. El manejo de un almacén incurre en un costo que generalmente es asociado como un costo de fabricación. Este se maneja en función de los gastos generados por el mismo y dividido por las unidades contenidas en un periodo de tiempo. Hay que recordar que cada producto inventariado genera un costo diferente, ya que su rotación y volumen es diferente a otros productos. Los gastos en que se puede incurrir por inventariar son los siguientes dependiendo de los atributos específicos de cada producto: impuestos, seguros, obsolescencia, mano de obra, servicios, entre otros (Bowersox, Closs & Cooper 2007).

En general, la reducción de costos es un tema de gran importancia para una organización, de esto depende captar un mayor ingreso en función del mismo precio, es decir, abatir los costos de producción e incrementar las ganancias con base en una mejor administración en la cadena de valor. Por dicha razón, resulta importante mejorar en cada una de las etapas de los procesos de elaboración y distribución para tomar mejores decisiones, eliminar pérdidas y ofrecer un mejor servicio al cliente. Dentro de la cadena de valor, el almacenamiento de producto terminado no ha sido un espacio al que le tomen mucha importancia dentro de la industria, ya que es una etapa de espera que no agrega un valor directo al producto, sin embargo, su uso es crucial para la distribución y abastecimiento del cliente final (Bowersox, Closs & Cooper 2007). La razón principal de abordar estos temas radica en la administración de los recursos dentro de un almacén para mejorar los tiempos de espera del producto terminado, así como su manejo y localización, generando un impacto directo en la reducción de los costos por almacenar.

1.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ALMACÉN DE EMBOTELLADORA LAS MARGARITAS

Embotelladora las Margaritas se encuentra localizada en la Ciudad de Pachuca en camino a Pozos Téllez, km 1.5, con C.P. 42186. Es productora y embotelladora, y se encarga de distribuir a diferentes regiones de los Estados de Hidalgo, Morelos y Puebla, a los municipios de Pachuca, Tizayuca, Zacualtipán, Ciudad Sahagún, Huauchinango, Tulancingo, Tula, Actopan, Ixmiquilpan, Progreso, Jojutla, Axochiapan, Zacatlán y Cuautla, en donde cada municipio cuenta con un Centro de Distribución o CEDI. La planta cuenta con un doble formato, además de elaborar y embotellar, también tiene un espacio destinado para el Centro de Distribución de la ciudad de Pachuca. La planta cuenta con siete líneas de producción que embotellan diversas presentaciones de refrescos de sabor, de Coca-Cola y agua Ciel por mencionar algunas marcas. Sin embargo, no cuentan con la producción de toda la gama de productos que ofertan, por esta razón, realiza ciertas compras como leche, jugos, refresco de sabor y Coca-Cola de tres litros, refresco en envase de vidrio, entre otros. El almacén virtualmente está dividido en cuatro secciones (ver Ilustración 6), ya que tres de ellas no tienen una delimitación fija. La única sección que tiene su espacio físico es el almacén 1503, ya que aquí se almacena producto rechazado o de mala calidad.

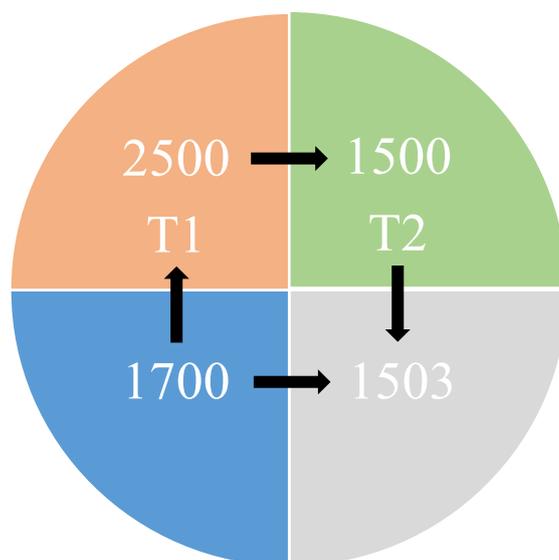


Ilustración 6. Tipos de Almacenes en Embotelladora las Margaritas.
Fuente: Embotelladora las Margaritas (2016).

1. Almacén 1700: recibe el producto terminado, realiza la inspección y evaluación del producto terminado para calificarlo y aprobarlo o rechazarlo. Después de llevar a cabo el análisis de calidad, es enviado a los almacenes 2500 o 1503, según sea el caso.
2. Almacén 2500 o T1: recibe y almacena el producto aprobado por el almacén 1700 y el producto comprado. Su función consiste en abastecer al Almacén 1500 y administrar la logística para el embarque y traslado de producto a los principales

Centros de Distribución del Grupo. Este proceso es conocido como cargas de Fleteo o Distribución Primaria.

3. Almacén 1500 o T2: recibe y almacena el producto enviado por el Almacén 2500. Este es el CEDI de la Ciudad y se encarga de abastecerla. Aquí se hacen las combinaciones y cargas de producto a las rutas destinadas a abastecer la demanda de Pachuca. Esta administración es conocida como Distribución Secundario o Carga de Rutas Rojas y se encarga de distribuir en diferentes modalidades, de acuerdo al tipo de cliente que se esté abasteciendo:
 - Canal Moderno: venta a cadenas comerciales como OXXO, Aurrera, Farmacias del Ahorro y Walmart.
 - Canal Tradicional: venta a tiendas de abarrotes, misceláneas y todo tipo de negocio que trabaje bajo el mismo formato.
 - Canal Directo: es un nuevo formato que consiste en llevar hasta el hogar los productos de la familia Coca-Cola.
 - Lácteos: venta de portafolio frío, es decir, de producto que necesita refrigeración como yogurt, cremas, leche del día.
 - Ciel: venta relacionada a todo lo que corresponda a esta marca. Venta de agua.
 - Vending: área encargada del llenado de máquinas expendedoras localizadas principalmente en escuelas.
4. Almacén 1503: aquí se reciben y almacenan los productos rechazados por el área de Calidad.

Hoy en día, la administración de los productos del almacén 1700 que son enviados al almacén 2500, y este a su vez al almacén 1500, son llevados a cabo virtualmente, ya que no existe un espacio físico destinado para cada uno. Estos movimientos son administrados por el sistema SAP. Para los envíos realizados a los demás CEDIS son físicos y son enviados a través de diferentes sistemas de Fleteo clasificados de la siguiente manera:

- a) Full de dos cajas: corresponde a la combinación de dos fletes sencillos de dos ejes con capacidad para enviar un cargamento de 24 tarimas completas más 6 restos por sección, es decir, un total de 54 tarimas completas.
- b) Sencillo de tres ejes: cuenta con la capacidad para enviar 15 tarimas completas más 7 restos por sección, un total de 37 tarimas completas.
- c) Sencillo de dos ejes: capacidad para 12 tarimas completas, más 3 restos por sección, un total de 27 tarimas completas.

Un resto es considerado una fracción de tarima que oscila entre el 10 y 50% de acuerdo al tipo y cantidad de producto planeado para enviar. En algunos casos como con Cuautla, los fletes realizan una logística inversa y envían envases vacíos correspondientes a los productos retornables para poder comprar producto con contenido, además de tarimas vacías. En este caso, los fletes tienen que ser cargados y a su vez descargados. Para este trabajo ya se tiene un tiempo estimado de carga y descarga de:

- a) Full de dos cajas= 41 minutos
- b) Sencillo de tres ejes= 35 minutos
- c) Sencillo de dos ejes= 35 minutos

1.3.1 ORGANIGRAMA DEL ALMACÉN 2500

La estructura organizacional (ver Ilustración 7) del almacén 2500 está constituida por un Jefe de Inventarios quien administra los tres turnos de operación de la Embotelladora. El Jefe a su vez cuenta con más elementos que le permiten desarrollar el trabajo de una manera más eficiente y controlada.

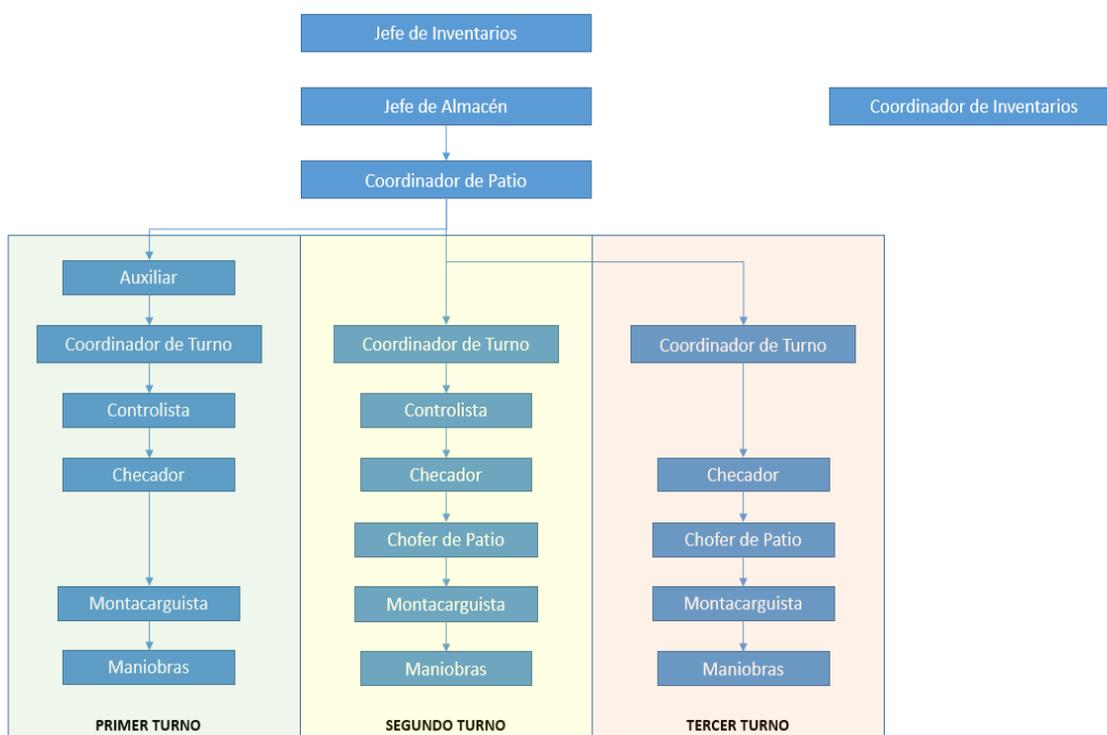


Ilustración 7. Organigrama del Almacén.
Fuente: Embotelladora las Margaritas (2016).

Cada uno de los puestos de trabajo del almacén 2500 de la Embotelladora las Margaritas son explicados en la Tabla 1:

Tabla 1. Esquema Organizacional del Almacén.
Fuente: Embotelladora las Margaritas (2016).

Puesto	Responsabilidad
Jefe de Inventarios	Responsable General de las actividades realizadas en la cadena de administración de almacenado e inventariado de producto físico, con el propósito de gestionar su administración de la mejor manera posible. Responsable de dar seguimiento a las aclaraciones correspondientes a las diferencias de Inventario.
Jefe de Almacén	Guía y soporte a los participantes en la administración del Inventario, Contraloría, Auditoría Interna/Externa para la localización y conteo de productos. Da seguimiento a la trazabilidad de producto.

Coordinador de Inventarios	Supervisar el cuadro de Inventarios. Sigue y aclara las diferencias de Inventario. Está a cargo del Jefe de Almacén y Controlista, e informa sus resultados a la sección de Auditoría Interna, Contraloría, Jefe de Inventarios y a la Dirección de Administración.
Coordinador de Patio	Supervisar el Cuadre del almacén 2500. Inspeccionar la calidad del producto y realiza bajas en caso de contar con alguna desviación.
Coordinador de 1° Turno	Contabilizar los registros del almacén 2500, administrar la recepción de producción, registrar mermas, mantener el orden del almacén y gestionar la limpieza del APT.
Coordinador de 2° Turno	Contabilizar los registros del almacén 2500, administrar la recepción de producción, registrar mermas, mantener el orden del almacén y gestionar la limpieza del APT.
Coordinador de 3° Turno	Contabilizar los registros del almacén 2500, administrar la recepción de producción, registrar mermas, mantener el orden del almacén y gestionar la limpieza del APT.
Controlista	Contabiliza los registros de recepción de producto comprado.
Chegador	Realiza el Cuadre de Producto Terminado, Implícitos y Mercaderías.
Chofer de Patio	Mantiene el orden en el estacionamiento, se encarga del cuidado de las unidades.
Montacarguista	Clasifica los productos en los racks del almacén, carga y descarga de producto.
Personal de Maniobras	Ordena, clasifica y limpia las áreas de Picking

1.3.2 EQUIPOS DE TRABAJO DEL ALMACÉN 2500

En este trabajo de investigación se aborda la problemática que existe en el almacén 2500, ya que es aquí donde se administran los envíos a CEDIS que pertenecen a Corporación RICA en los estados de Hidalgo, Morelos y Puebla. El almacén 2500 opera las 24 horas del día, los siete días de la semana y está dividido en tres turnos. Cada turno cuenta con una cantidad diferente de operadores y están divididos de la siguiente manera:

1. Dos personas de maniobras. Una persona se encarga de deshacer tarimas y reordenarlas en restos según el tipo de pedido; la otra persona se encarga de abrir y cerrar las lonas de los fletes y cuando se desocupa apoya a su compañero.
2. Tres montacarguistas. Dos de ellos participan en el llenado de los fletes (uno por cada sección), y un tercero se encuentra como apoyo tanto para el almacén 2500, como para el almacén 1500.
3. Un coordinador de turno
4. Un chegador

Además, los montacarguistas tienen que interactuar con otros elementos que son:

1. Montacarguistas de producción: ellos trabajan en función de las líneas de producción habilitadas, es decir, cinco durante el primer turno, cuatro durante el segundo y tercer turno.
2. Tres montacarguistas en el tercer turno destinados para Rutas Rojas.
3. Un montacarguista para el área de Picking durante el primer y segundo turno.
4. Un montacarguista para plásticos durante cada turno.
5. Un montacarguista encargado de dar mantenimiento al almacén (disponible durante el primer y segundo turno).

1.3.3 LAYOUT DEL ALMACÉN 2500

La infraestructura del almacén 2500 está dispuesta como se muestra en la Ilustración 8. Sin embargo, esto todavía se queda a un nivel empírico, ya que, por casos de emergencia, los espacios asignados aquí no se respetan. La dinámica que tiene el almacén es muy grande y tiene que actuar en consecuencia a la planeación de producción, reorganizando la localización del producto y obedeciendo a los espacios disponibles que se tienen, además de algunas restricciones de obsolescencia del producto.

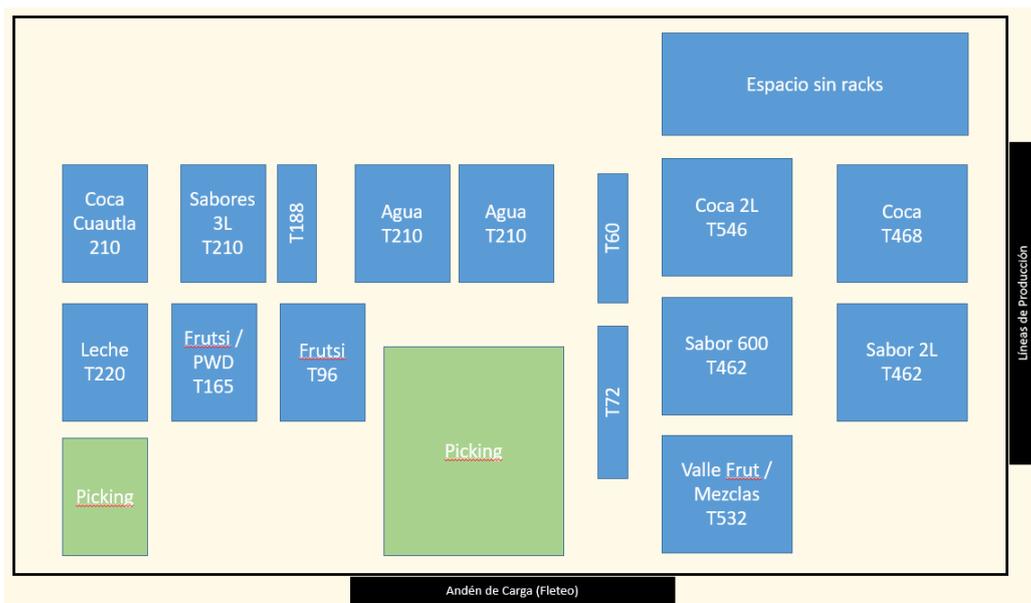


Ilustración 8. Distribución del almacén 2500.
Fuente: Embotelladora las Margaritas (2016).

La Ilustración anterior, muestra la localización que debería corresponder al almacén 2500, por otro lado, en el panorama actual de trabajo, este espacio se encuentra mezclado con lo que corresponde a los almacenes 1700 y 1500. Los rectángulos que se muestran en azul son racks que se encuentran inamovibles, cada rectángulo representa un módulo que contiene cierto tipo de producto y una capacidad fija de tarimas. La nomenclatura utilizada para T532 quiere decir que tiene un espacio total de 532 tarimas. El almacén 2500 tiene dos tipos de racks: estático y dinámico. Por un lado, los racks estáticos son espacios temporales utilizados para productos de bajo volumen y poca rotación. Los racks dinámicos son usados para los productos en general, con la política de primeras entradas, primeras salidas. Tienen la ventaja de ser alimentados por gravedad, es decir, su principio

de funcionamiento consiste en una rampa con caída que permite alimentarse por un lado y descargarse por el otro para así evitar congestión en los carriles del montacargas. La gama de marcas y presentaciones que se encuentran almacenadas son las siguientes:

- Colas
- Bebidas Refrescantes
- Agua
- Envase
- Joya
- Jugos y Néctares
- Lácteos
- Mercaderías
- Multicategorías
- Multiproductos
- Sabores
- Otras Categorías
- Plásticos

Una vez dispuestas en el almacén 2500, el siguiente paso es repartir el producto a los diferentes CEDIS bajo el siguiente protocolo:

1. Planeación (Cadena de Suministro):
 - Se encarga de crear el pedido a partir de una necesidad.
 - Revisa que hace falta en el CEDI destino.
 - El tamaño del pedido va en función de la capacidad del tipo de Flete a usar.
2. Administración de Área de Producto Terminado
 - Revisar en piso el Stock con el que se cuenta y si existe el producto que se requiere.
 - Consolidar pedido.
 - Generar la distribución de carga para el llenado del Camión

1.4 SITUACIÓN DESEADA DEL ALMACÉN 2500

La mejora continua es una de las filosofías que han adquirido las empresas para desarrollarse de una manera efectiva dentro del mercado, generando cada día mayores competencias y reduciendo los costos de inversión para lograr con los mismos recursos aún más cosas. Es por eso que el almacén 2500, apegado a su visión, ha dirigido sus esfuerzos a mejorar en cada una de las actividades logísticas para lograr una reducción de movimientos dentro de su área de trabajo, así como una mejor gestión de sus recursos, traducidos en ganancias para la empresa. La Gerencia desea optimizar las actividades logísticas de recepción, localización y preparación de pedidos, así como la carga de las unidades usadas para transportar producto a los CEDIS del grupo. El escenario deseado para Corporación RICA consiste en definir cada uno los lugares que deben ocupar los productos en el almacén 2500 en función de las temporalidades de producción de la

empresa, así como la reasignación del espacio para el almacén 2500 (ver Ilustración 9). Otro escenario deseado consiste en determinar la asignación de los productos. La sobreproducción en algunos meses del año ocasiona que los montacarguistas usen los espacios que se tienen disponibles, en lugar de respetar los lugares asignados por la planta. Una nueva reasignación en el espacio sugiere un mayor respeto del orden y un mejor control al inventariar el producto terminado y comprado, así como reducir los movimientos y el uso de algunos recursos energéticos como el diésel.



Ilustración 9. Interrogante espacial del Almacén.
Fuente: Elaboración Propia (2016).

1.5 DEFINICION DEL PROBLEMA POR RESOLVER

La venta de refresco tiene una demanda dinámica que presenta un comportamiento estacional, esto sugiere que a través del año existan ciertos picos donde se exige una mayor producción y, por consiguiente, un sobre-inventario en el almacén 2500. Actualmente no se tiene una división física entre los almacenes 1700, 2500 y 1500, todo el producto se encuentra mezclado y únicamente se encuentra dividido virtualmente en el sistema SAP. Los racks del almacén han sido clasificados para cada uno de los productos fabricados y comprados. Sin embargo, por la misma demanda y por una restricción básica “primeras entradas, primeras salidas”, se da el caso en que en la fila de un rack se encuentra producto que no pertenece a esa clasificación. Los montacarguistas toman la decisión de colocar el producto en otro sitio, ya que cuando se encuentra topado el almacén, deben acomodar el producto y esto los obliga a almacenarlo en una posición que no corresponde a su distribución actual, luego de eso, el seguimiento es manual y cada uno de los montacarguistas lleva un registro escrito para darle seguimiento a la posición y al número de tarimas fabricadas por turno (ver Ilustración 10).

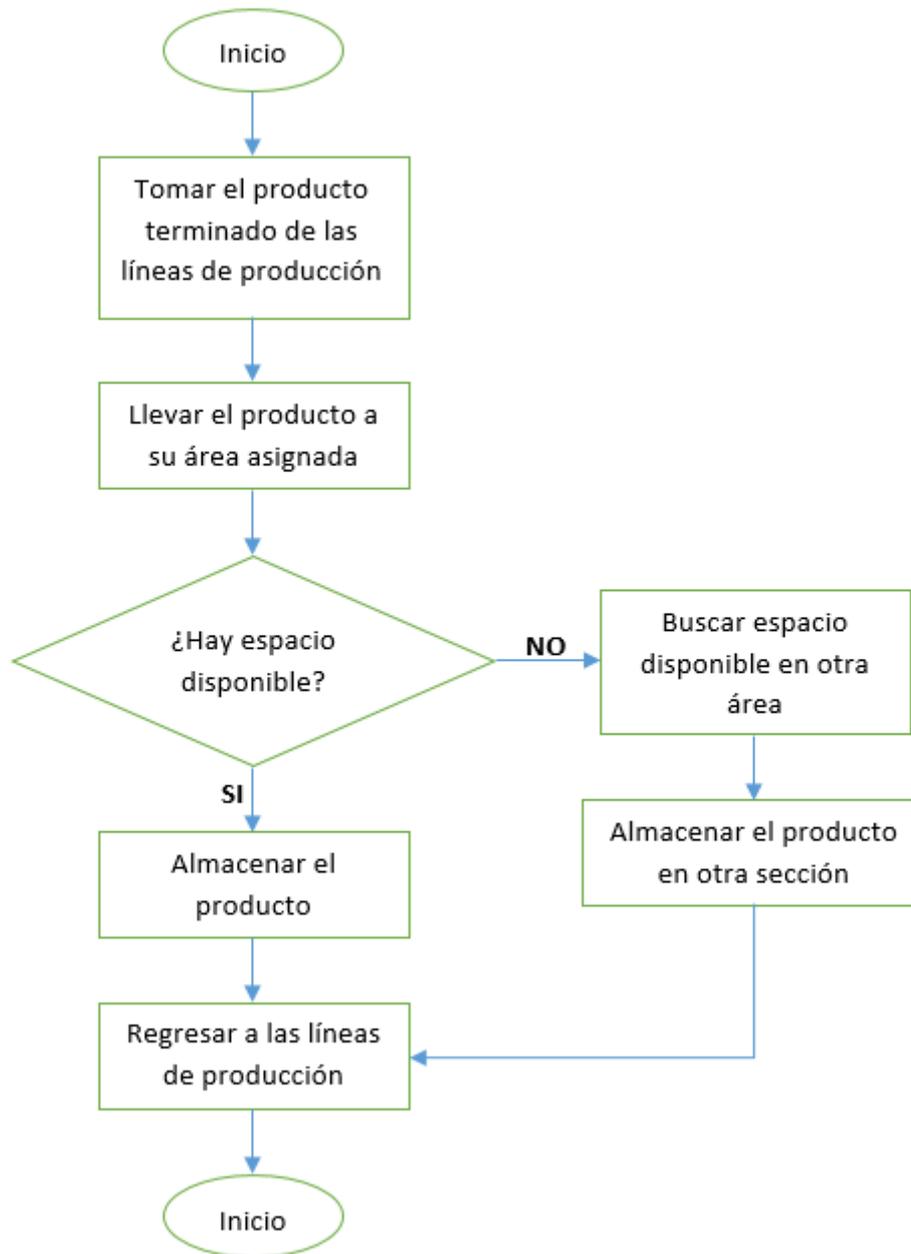


Ilustración 10. Diagrama de flujo para la toma de decisiones de un montacarguista de producción al almacenar producto terminado.

Fuente: Elaboración propia (2016).

El almacén trabaja con tres turnos las 24 horas del día los siete días de la semana; los trabajadores están divididos en tres tripulaciones y cada una debe pasar al turno siguiente el trabajo que ha realizado previamente a su salida. Los montacarguistas quienes son los encargados de almacenar y de cargar los camiones para después ser distribuidos a los diferentes Centros de Distribución del grupo embotellador conocen el lugar exacto donde han sido colocados cada uno de los productos porque ellos mismos hacen esa labor. Sin embargo, a esto no se le puede denominar un procedimiento correcto porque es un conjunto de reglas disjuntas que no corresponden al comportamiento de un sistema bien establecido. Cada uno de los montacarguistas debe conocer el lugar exacto del almacenado de los productos porque así ha sido establecido previamente. Esto representa

un gasto y un mayor problema en el tránsito de vehículos y personas, es decir, al no tener un adecuado uso de los espacios, se incrementa el tránsito vehicular porque exige a los montacargas a realizar recorridos más extensos y con mayor velocidad para cumplir con la carga de los camiones.

1.6 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo general de esta tesis consiste en optimizar el almacenamiento, una de las cuatro actividades logísticas en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas a partir de una política de almacenamiento basada en clases e implementar dicha política utilizando un modelo de simulación para apoyar la toma de decisiones de la Gerencia de Operaciones.

1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Revisar Literatura relacionada al almacenamiento, una de las actividades logísticas en almacenes y CEDIS.
2. Desarrollo de un modelo de optimización del almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas, Pachuca.
3. Análisis de resultados.

1.8 ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación estará organizado en cuatro capítulos y cada uno de ellos se realizará en el tiempo especificado en la Ilustración 11.

		PERIODO			
		2017-1	2017-2	2018-1	2018-2
ACTIVIDADES	CAPÍTULO 1. PROBLEMÁTICA DEL ALMACÉN 2500 DE EMBOTELLADORA LAS MARGARITAS				
	CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y MARCO TEÓRICO				
	CAPÍTULO 3. MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL ALMACÉN 2500				
	CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS				

Ilustración 11. Estrategias de Investigación.
Fuente: Elaboración propia (2016).

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y MARCO TEÓRICO

2.1 TEORÍA DE ALMACENES

El propósito de este capítulo consiste en investigar en la literatura existente los métodos utilizados para resolver el almacenamiento, una de las cuatro actividades logísticas de un almacén. Así como, determinar la metodología adecuada para resolver el problema que aquí se plantea con base en la investigación realizada y en los autores citados. La eficiencia de un negocio se puede ver reflejada en el desempeño global de la cadena de suministro y una de las etapas de mayor trascendencia, con un impacto aproximado del 20% de los costos de distribución física de una empresa es el almacenamiento de productos como lo menciona Ballou (2004) en su libro “Logística, administración de la cadena de suministro”. Ballou (2004), también explica que el almacén es una etapa donde se ha prestado poca atención porque no brinda valor agregado a un producto, sin embargo, por el impacto económico que este representa, debe ser tomado en cuenta con mayor detalle. Como muestra Ballou (2004) en la Ilustración 12, un almacén es un cúmulo de estrategias que convergen para administrar adecuadamente cada uno de los componentes que lo forman. Pero ¿es necesario el almacenamiento y manejo de materiales en un sistema logístico? Ballou (2004) explica que, si la demanda de los productos fuera conocida y no presentara aleatoriedad en el tiempo, una empresa podría empatar la demanda con la producción. Si esto fuera posible, se tendría que responder de manera inmediata y se debería contar con canales de distribución sólidos que no fallaran a través del tiempo para dar una respuesta al cliente y a sus necesidades de compra. No obstante, Ballou (2004) describe que la demanda no puede pronosticarse con exactitud, por ello, las empresas emplean el manejo de inventarios para brindar estabilidad entre la oferta y la demanda, y para balancear los costos generales. Esta es la principal razón que detona la necesidad y la administración de un almacén, un espacio en la cadena de suministro que representa una estrategia logística para mejorar el servicio al cliente y la supervivencia de la marca.

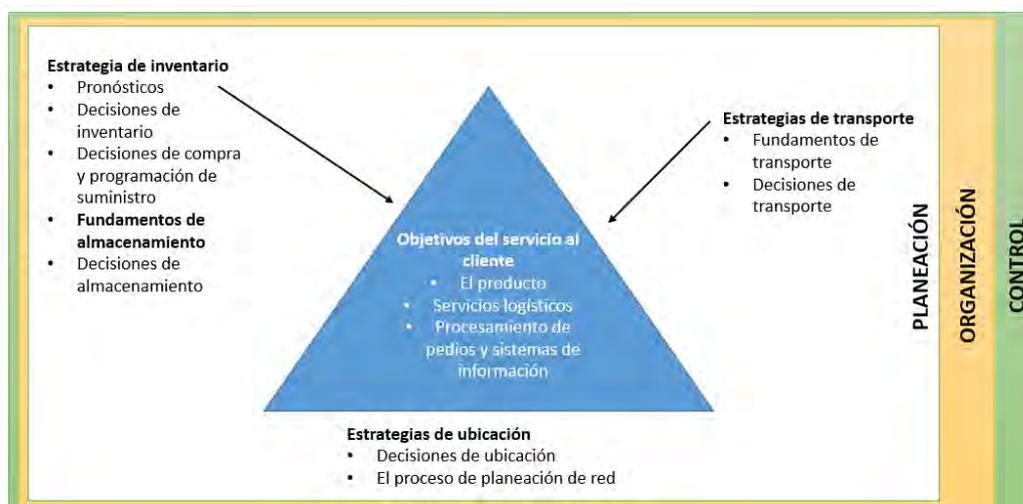


Ilustración 12. Estrategias en la administración de un almacén.
Fuente: Adaptado de Ballou (2004).

Según Ballou (2004), existen cuatro razones que justifican el uso de un almacén: reducción de costos de producción-transportación, coordinación de oferta y demanda, ayuda en el proceso de producción y ayuda en el proceso de marketing. A continuación, se describe la importancia de cada una de ellas.

1. Reducción de los costos de producción-transportación: los almacenes son procesos intermedios que suavizan el costo de enviar una unidad de un artículo entre el espacio utilizado y un transporte dado, desde su producción hasta la entrega con el cliente final. Administrar estas operaciones logísticas de una manera más eficiente, impacta directamente en la reducción de costos de distribución.
2. Coordinación de oferta y demanda: la coordinación de la oferta con la demanda gira en torno a la reducción de costos, ya que existen diferentes eventualidades que pueden exigir a una empresa a anticiparse al mercado con la producción y el almacenamiento de productos. Una razón por la cual se puede trabajar con inventarios es el costo de la materia prima (esto se da principalmente con los metales). Otra razón es la producción estacional de ciertos productos, tal es el caso de las frutas o verduras, que son productos que requieren ciertas condiciones estacionales para ser producidas y así vendidas, lo que exige aprovechar al máximo estas condiciones para cumplir la demanda anual exigida. Es cierto que toda empresa tiene una capacidad limitada de producción y muchos de los productos se mueven por estacionalidades, tal es el caso del invierno o la primavera; para anticiparse a esta demanda y con una producción limitada de planta, las empresas producen durante todo el año para cumplir con el cliente. Otra de las razones consiste en la aleatoriedad del mercado y en la difícil anticipación a su comportamiento.
3. Ayuda en el proceso de producción: el almacén puede formar parte del proceso de producción. La fabricación de productos como el queso o el vino ocupan un espacio para poder llevar a cabo su etapa de maduración.
4. Ayuda en el proceso de marketing: actualmente un producto permanece en el mercado no sólo por la calidad que este ofrece, sino por la velocidad a la que es abastecido. La gente de marketing oferta el producto con una esperanza de entrega relativamente rápida, por lo tanto, la anticipación de producción es indispensable para poder cumplir con los números de entrega en tiempo y forma.

2.2 EL ALMACÉN DESDE UNA PERSPECTIVA SISTÉMICA

Desde la perspectiva sistémica, un almacén puede ser visto de dos formas diferentes, como una caja negra (ver Ilustración 13), es decir, un sistema que recibe insumos y los transforma en un producto sin tomar en cuenta los procesos internos que dieron vida a ese producto. Únicamente son observables y analizadas las entradas y las salidas, lo que permite establecer la interacción del almacén con su entorno (ver Ilustración 14) y su comportamiento dentro de la cadena de suministro (Ballou 2004).



Ilustración 13. Modelo de Caja Negra.
Fuente: Adaptado de Ballou (2004).

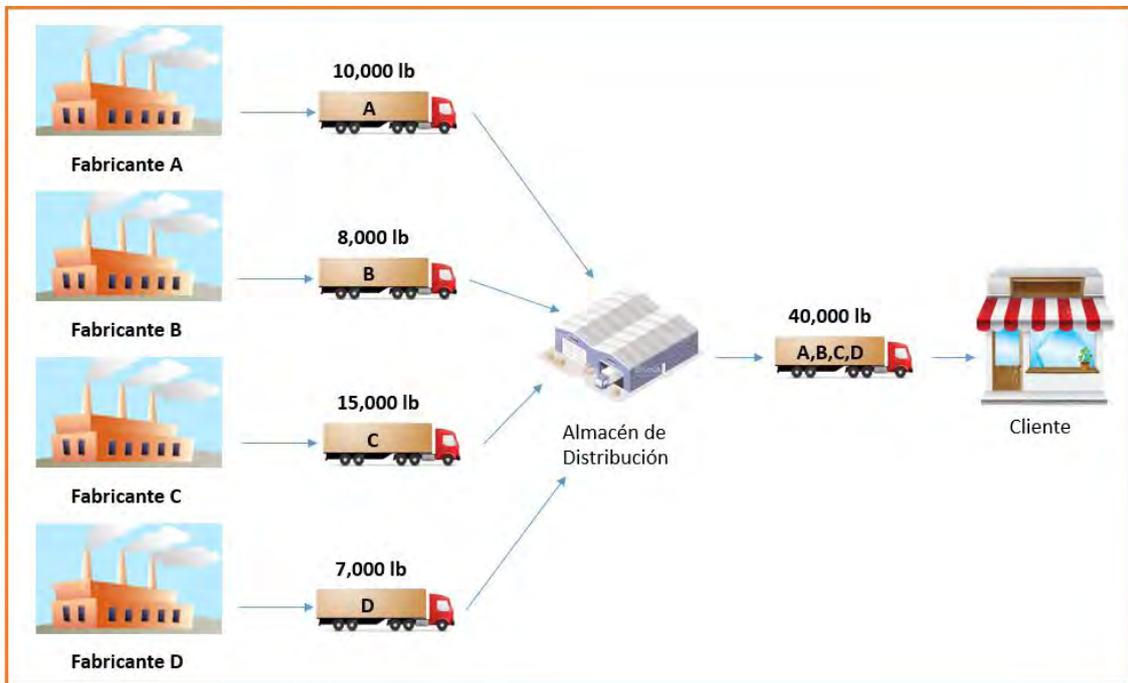


Ilustración 14. Actividades de recepción y embarque.
Fuente: Adaptado de Ballou (2004).

El almacén también puede ser visto como un conjunto de subsistemas que convergen en un objetivo particular para dar vida a las actividades logísticas que definen el desempeño de un almacén (ver Ilustración 15).



Ilustración 15. Actividades logísticas de un almacén.
Fuente: Elaboración propia (2017).

2.1.1 ACTIVIDADES LOGÍSTICAS DE UN ALMACÉN

Las actividades logísticas en un sistema de almacenamiento pueden dividirse en cuatro operaciones primarias: 1) recepción de producto, 2) almacenamiento, 3) preparación de pedido y 4) embarque o carga de producto como lo explica de Koster (2007). Estas operaciones se pueden clasificar a su vez en dos grupos: almacenamiento y manejo de materiales. Las actividades logísticas son llevadas a cabo en un sistema convencional de almacenamiento como se representa en la Ilustración 16 y son necesarias para administrar y rastrear un producto durante su paso por el almacén.

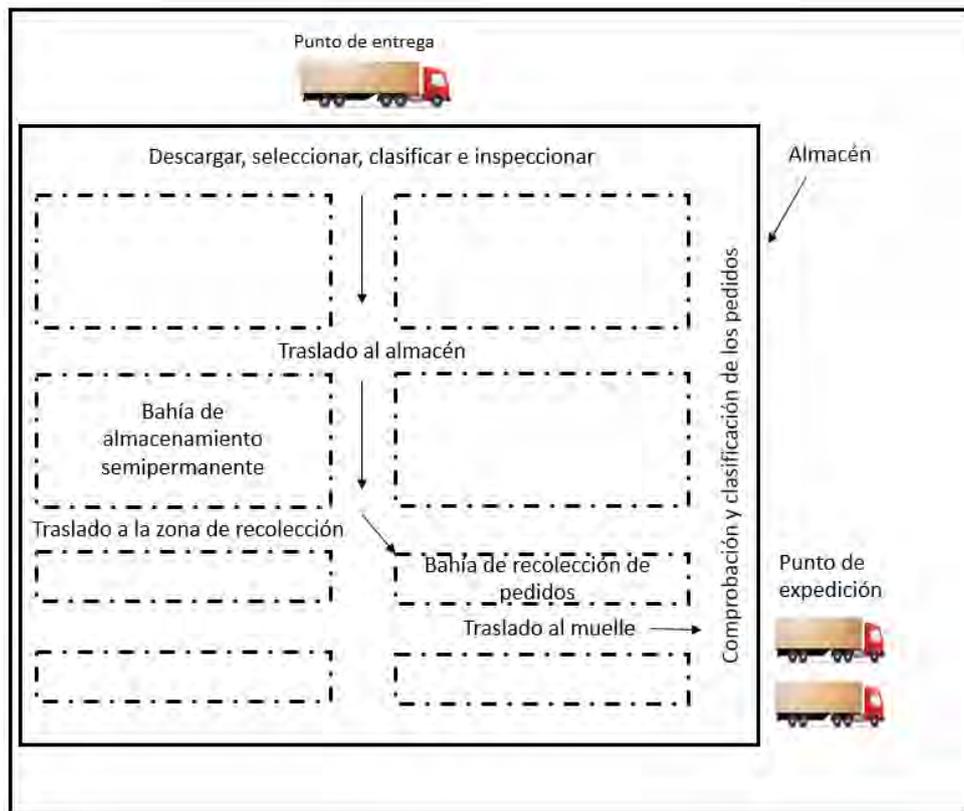


Ilustración 16. Actividades de traslado-almacenamiento de un almacén convencional.
Fuente: Adaptado de Ballou (2004).

A continuación, las actividades logísticas son descritas según de Koster (2007):

1. Recepción de producto

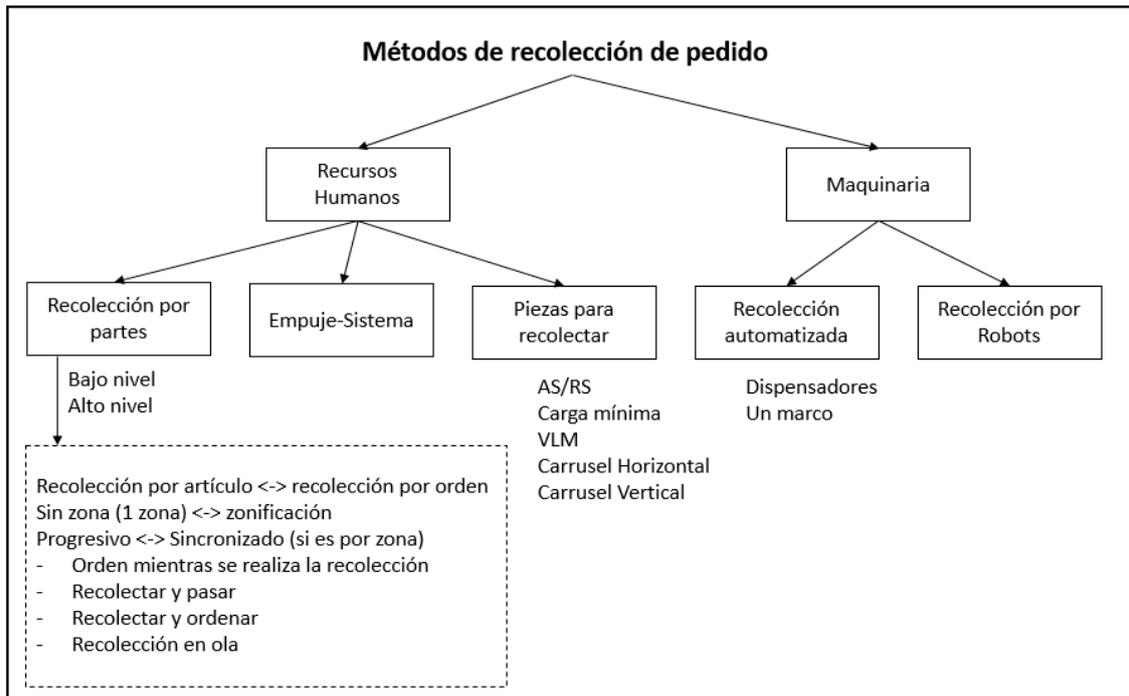
Las actividades de recepción son el punto de partida para el control de inventarios de un almacén. Consisten en la administración de los productos que llegan y que permanecerán ahí un tiempo finito. Todos y cada uno de los datos esenciales deben ser tomados en esta etapa, y deben ser documentado en los informes de recepción. Las funciones básicas de la recepción incluyen la verificación de la cantidad del producto, la calidad del producto, la preparación de los informes de recepción y el envío de esos informes a los departamentos designados. La Recepción también debe preparar los productos recibidos para el movimiento en los sistemas de almacenamiento y recolección.

2. Almacenamiento

Las actividades de almacenamiento pueden llegar a formar parte de las actividades de recepción. Estas actividades consisten en el manejo del producto desde el área de recepción o muelle de recepción hasta el lugar de retención. La ubicación, la cantidad y la actualización de los registros de almacenamiento para que el producto se puede encontrar fácilmente cuando se necesita. Esta etapa normalmente representa la mayor ocupación del espacio de almacén disponible y la utilización de recursos para el desembarque y acomodo de producto.

3. Preparación y recolección de pedido

Estas actividades consisten en la selección y preparación de pedidos, así como la transportación hacia el área de embarque. Dentro de las cuatro etapas primarias del sistema de almacenamiento, la preparación de pedidos representa una cantidad total de entre el 55-75% del total de los costos. Existen diferentes métodos de preparación y recolección de pedidos representados en el esquema de la Ilustración 17 que sólo serán mencionados, ya que el estudio de la tesis no requiere ahondar en cada uno de ellos. La selección de pedidos es guiada por un número de lote colocado en una lista de orden de carga, el lote después es llevado al área de carga a través de un transporte de carga y finalmente es puesto en un canal de distribución para poder ser enviado al cliente.



*Ilustración 17. Métodos de preparación y recolección de pedidos.
Fuente: Adaptado de Koster, Le-Duc & Roodbergen (2007).*

4. Embarque o carga de producto

Como etapa final está el embarque del producto y consiste en verificar el pedido y cargarlo en el equipo de transporte, así como su distribución y acomodo para tener un correcto desempeño en la entrega.

El objetivo general de esta tesis consiste en optimizar el almacenamiento, una de las cuatro actividades logísticas en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas a partir de una política de almacenamiento basada en clases e implementar dicha política utilizando un modelo de simulación para apoyar la toma de decisiones de la Gerencia de Operaciones.

2.3 ASIGNACIÓN DEL ESPACIO DEL ALMACÉN

Cada producto que entra al almacén debe cumplir con todas las actividades logísticas del sistema de almacenamiento para ser procesado correctamente. Cada producto debe tener un lugar asignado para su almacenamiento y de esta manera, mejorar el sistema de desembarque y recolección de pedidos (Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007). Un método de asignación es un conjunto de reglas que permiten destinar un espacio del almacén a un producto y de esta manera, mejorar la eficiencia de los recursos disponibles. La asignación de productos depende del tamaño del espacio disponible que se tiene, entre menor sea el área utilizada, menor serán los tiempos de viaje promedio de recolección y preparación de pedidos (Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007). Es importante definir qué cantidad de cada tipo de producto se va a almacenar y cuál será su localización para dar prioridad a los productos de mayor movilidad (Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007). De acuerdo a las características del proceso de almacenamiento de bienes se utilizan algunas políticas denominadas (Miljuš 2006):

- FIFO (*First In First Out* o Primeras Entradas, Primeras Salidas)
- LIFO (*Last In First Out* o Últimas Entradas, Primeras Salidas)
- NINO (*Nearest In Nearest Out* o Entradas más Cercanas, Salidas más Cercanas)
- FEFO (*First Expire First Out* o Primeros productos en Expirar, Primeras Salidas)
- HIFO (*Highest [value] In First Out* o Máximo Valor en la Primer Salida)

De acuerdo con Miljuš (2006) y de Koster (2007), existen varias maneras de asignar espacios a los diferentes tipos de productos que acceden al almacén y pueden ser clasificadas como: políticas de almacenamiento informal, políticas de almacenamiento aleatorio, políticas de almacenamiento de ubicación abierta más cercana, políticas de almacenamiento dedicado, política de almacenamiento del número de piezas, política de almacenamiento de COI y política de almacenamiento compartido, política de almacenamiento de volumen de negocio y política de almacenamiento basada en clases.

1. Políticas de almacenamiento informal

En una política de almacenamiento informal explica Miljuš (2006) que el producto no tiene un orden y puede ser almacenado en cualquier sitio. No es controlado por un registro, ni se aplican políticas de documentación. La búsqueda de algún producto consiste en el uso de la memoria y la búsqueda exhaustiva del recolector.

2. Políticas de almacenamiento aleatorio

De acuerdo con de Koster (2007), las políticas de almacenamiento aleatorio consisten en asignar a cada producto que llega al almacén cualquier espacio disponible con igual probabilidad de ocupación. Este método de asignación resulta en una alta o baja utilización del espacio a expensas del aumento de la distancia de recolección. La política de almacenamiento aleatorio sólo funcionará en un entorno controlado por computadora. La formulación para el almacenamiento aleatorio basado en el nivel de servicio queda representada como:

- Q número máximo de ubicaciones de almacenamiento solicitadas en cualquier período operativo (una variable aleatoria)
- p_k $\text{prob}(Q = k)$, $k = 0, 1, 2, \dots$ (función de masa de probabilidad para Q)
- $F(k)$ $\text{prob}(Q \leq k) = \sum_{(j=1, \dots, k)} p_j$ (función de distribución acumulada de Q)

La formulación del problema es explicada de la siguiente manera: encontrar el número más pequeño de ubicaciones N , que satisfaga los niveles de requerimiento s para la disponibilidad del almacén.

$$\text{Min } N \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Sujeto a:

$$F(N) \geq s \quad \text{Ec. (2.2)}$$

$$N \geq 0 \quad \text{Ec. (2.3)}$$

3. Políticas de almacenamiento de ubicación abierta más cercana

Este tipo de almacenamiento según de Koster (2007) consiste en la utilización del primer espacio disponible encontrado por el encargado del almacenamiento de productos. Trabajar de esta manera el almacén, típicamente representa que se irá llenando desde el área más cercana al área de desembarque, hacia el área más alejada. Se considera que el almacenamiento de ubicación abierta más cercana y el almacenamiento aleatorio tienen un rendimiento similar si los productos se mueven solamente por lotes completos.

4. Políticas de almacenamiento dedicado

Otra forma de almacenar cada producto es el almacenamiento dedicado explica de Koster (2007), el cual consiste en destinar un espacio donde se va a almacenar cada producto que arriba al almacén y que debe ser igual al nivel máximo de su inventario, lo que hace este método algo ineficiente. Una ventaja es que los selectores de pedidos se familiarizan con las ubicaciones del producto. Además, menciona de Koster (2007) que el almacenamiento dedicado puede ser útil si los productos tienen diferentes pesos, es decir, los productos pesados deben estar en la parte inferior del pallet y los productos ligeros en la parte superior. Almacenando los productos en función del peso, se obtiene una secuencia de apilamiento sin mayor esfuerzo. Hay diferentes modelos que pueden describir el comportamiento de un almacenamiento dedicado. A continuación, se presentará uno de ellos:

Se considera el siguiente problema de almacenamiento del almacén:

- Un almacén tiene p puntos de entrada/salida a través de los cuales m artículos entran y salen del almacén,
- Los artículos se almacenan en uno de n espacios de disponibles,
- El artículo i requiere S_i espacios de almacenamiento.

$$\sum_{i=1}^m S_i = n \quad \text{Ec. (2.4)}$$

Donde:

- f_{ik} viajes del artículo i a través del punto k de entrada/salida,
- c_{ik} es el costo de mover una unidad de carga de artículo i a una distancia k ,
- d_{kj} es la distancia j de una entrada/salida a un punto k .

La variable x_{ij} especifica si el artículo i está asignado o no al espacio j . El modelo está formulado para asignar los elementos a los espacios de almacenamiento de una manera que minimiza el costo de mover los elementos dentro y fuera de los puntos de entrada/salida.

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\frac{\sum_{k=1}^p c_{ik} f_{ik} d_{kj}}{S_i} \right] x_{ij} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = S_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{Ec. (2.6)}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ec. (2.7)}$$

$$x_{ij} = 0 \text{ o } 1 \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Lee & Elsayed (2005) investigaron el problema de la determinación de los requisitos de espacio para los sistemas de almacén que operan bajo una política de almacenamiento dedicado. La escasez de espacio se produce cuando la demanda excede la capacidad de almacenamiento del almacén. El requerimiento de espacio adicional se satisface considerando un espacio de almacenamiento alquilado. El problema de la capacidad de almacenamiento se formula como un modelo de programación no lineal para minimizar el costo total del espacio total de almacenamiento (de propiedad y arrendado). Se desarrolla un procedimiento de búsqueda iterativo, que siempre genera la solución óptima. Los resultados obtenidos se pueden utilizar para determinar los límites o aproximaciones para el diseño de los requisitos de espacio de almacenamiento.

5. *Política de almacenamiento del número de piezas*

De acuerdo con Miljuš (2006) la política de almacenamiento del número de piezas consiste en una política que se combina con la política de almacenamiento dedicado. La diferencia entre estos dos métodos de almacenamiento consiste en la asignación de cada producto. Para esta política la ubicación se fija a partir de la secuencia de los números de parte. Esta política es adecuada para empresas con oferta de números de parte consistente y demanda constante.

6. *Política de almacenamiento de COI (Cube per Order Index)*

Esta política según Miljuš (2006), es operativamente muy sencilla y es utilizada ampliamente. Está definida como la relación entre el requisito de espacio de almacenamiento de un producto (cubo) y el número de transacciones para ese producto. La política COI se resume en tres sencillos pasos:

- a. Enumeración de los artículos en un orden no decreciente de sus COI's;
- b. Asignación del primer elemento de la lista al número requerido de espacio del almacén más cercanos (distancia y altura) al punto de entrada/salida;
- c. Asignación del segundo elemento de la lista al número requerido de espacios del almacén que están más próximos al punto de entrada/salida, etc., hasta que se asignen todos los elementos. Por lo tanto, la política de COI pone los elementos que tienen un gran número de solicitudes y requiere menos espacio de almacenamiento cerca del punto de entrada/salida.

7. *Política de almacenamiento compartido*

La política de almacenamiento compartido según Miljuš (2006), consiste en la combinación del almacenamiento aleatorio al contener en el mismo espacio diferentes elementos en el tiempo y el almacenamiento dedicado que controla la aleatoriedad al almacenar los elementos de mayor movilidad cerca de la entrada/salida y los elementos de menor movilidad más alejados. También porque los diferentes elementos pueden alcanzar sus niveles máximos de inventario en momentos diferentes, la asignación adecuada de elementos a ubicaciones de almacenamiento basadas en la política de almacenamiento compartido puede aumentar el rendimiento del sistema y mejorar la utilización del espacio.

En las últimas décadas se han desarrollado investigaciones enfocadas a mejorar la eficiencia del uso de los espacios del almacén y los procedimientos de manejo de materiales, es decir, el espacio reservado para la asignación de material y el tiempo necesario para su manejo. Algunos autores Di Giulio et al. (1994), Meller y Gau (1996), Meller (1997) y Tompkins (1998) han coincidido que se puede mejorar la eficiencia de un almacén combinando dos metodologías: el almacenamiento dedicado y el almacenamiento aleatorio. El almacenamiento dedicado consiste en la asignación apropiada de los productos a un espacio fijo y permanente que garantice el almacenamiento de los niveles máximos por cada producto. Por lo tanto, para determinar el número máximo de ranuras ocupadas por el total de productos (M_{DED}) queda determinado de la siguiente manera:

$$M_{DED} = \sum_p \max_t \{M_{pt}\} \quad \text{Ec. (2.8)}$$

Donde:

M_{pt} = Número de ranuras usadas por el producto p en el tiempo i

Sin embargo, esta metodología se hace ineficiente cuando el comportamiento de los productos se hace estacional y en determinadas temporadas del año, la venta de cierto producto baja, dejando el espacio asignado sin ocupación y convirtiéndolo en un desperdicio. Por esta razón, los expertos sugieren la combinación con el almacenamiento aleatorio (asignación de cualquier espacio libre en el almacén a un producto p que lo ocupe). Una estrategia aleatoria proporciona una minimización absoluta del número de ranuras necesarias para asignar todos los productos requeridos. Para abordar esta combinación de metodologías, el Grupo de Investigación de Gestión de Operaciones del Departamento de Ingeniería Empresarial de la Universidad "Tor Vergata" de Roma, Italia diseñó una herramienta como prototipo.

Este estudio determinó como punto de partida el conocimiento y representación del diseño del almacén actual, localizando los estantes existentes, los pasillos y los puntos de entrada y salida. La primera etapa del procedimiento de análisis de datos debe consistir en analizar los movimientos de productos que entran en el almacén durante un período considerado; calcular los límites superior e inferior del número de ranuras requeridas para asignar todos los productos que entraron. A partir de estos datos históricos, el cálculo del número total de movimientos de entradas y salidas por cada producto debe calcularse también, identificando los productos de "rápido movimiento" y de "motor lento". Usando esta información, se puede estimar el número de ranuras y el volumen total disponible considerando:

- Altura del almacén;
- Altura de las ranuras;
- Altura de los camiones;
- Distancias métricas horizontales y verticales desde cada ranura hasta el punto de entrada/salida del almacén;
- Tiempo promedio de carga y recolección requerido para cada ranura disponible.

De este modo se pueden clasificar las ranuras en tres colores o categorías:

- Ranuras calientes o rojas: son ranuras más próximas al punto de entrada/salida del almacén y, por tanto, con mayor accesibilidad;
- Ranuras cálidas o amarillas: son ranuras caracterizadas por distancias medias desde el punto de entrada/salida del almacén;
- Ranuras frías o azules: son ranuras más alejadas del punto de entrada/salida del almacén, por lo tanto, son ranuras de lenta accesibilidad.

Esta clasificación permite utilizar las ranuras de los bloques de una manera más eficiente, al categorizarlas y ordenarlas según su grado de utilización. El nombramiento de las ranuras proviene de la relación de movimientos similares de los productos. La herramienta puede generar una asignación óptima del código de ranura donde se asignan productos de desplazamiento rápido más cercano del punto de entrada/salida del almacén, lo que garantiza la minimización de los tiempos de manipulación del material.

8. *Política de almacenamiento de volumen de negocios*

De Koster (2007) explica que la política de almacenamiento de volumen de negocios consiste en la ocupación del almacén de acuerdo con el volumen de negocio por producto, es decir, los productos con mayores tasas de ventas se encuentran en los lugares más cercanos al área de embarque y de igual manera, los productos con poco margen de ventas son almacenados en la parte más lejana.

9. *Política de almacenamiento basada en clases*

El almacenamiento basado en clases según de Koster (2007), combina algunos de los métodos mencionados con anterioridad. Una forma clásica de formar los grupos o clases es la utilización del principio de Pareto, el cual consiste en distribuir las clases en tres grupos donde el 20% de los productos impactan en el 80% del volumen del negocio. Los productos que tienen una tasa de rotación más elevada se clasifican con el nombre de “clase A”, los productos que tienen una rotación más baja comparados con los de clase A, se clasifican con el nombre de “clase B”, y así sucesivamente. Con frecuencia sólo se clasifican en tres clases ABC y puede ser resuelto matemáticamente como sigue:

- TH_i número de unidades manejadas por unidad de tiempo
- N_i número de ubicaciones de almacenamiento asignadas

Dividir los artículos en clases usando el análisis de Pareto basado en el número de turnos TH_i/N_i , para determinar el número requerido de ubicaciones de almacenamiento por cada clase C_k .

- Ajuste adecuado del total de espacios requeridos por el artículo clasificado en C_k
$$N_k = p * \sum_{i \in C_k} N_i, \text{ donde } 0 < p < 1 \quad \text{Ec. (2.9)}$$

- Tipo de análisis para la clase basado en el Nivel de Servicio:

Q_k espacio de almacén requerido por periodo por clase $k = \sum_{i \in C_k} Q_i$ para Q_i independiente: $p_{k(m)} = \text{prob}(Q_k = m) = \sum_{m_i: \sum_i m_i} [\prod_i p_i(m_i)]$, donde $p_i(\cdot)$: función de masa de probabilidad para Q_i . Ec. (2.10)

Asignar cada clase a la ubicación requerida y priorizando de acuerdo a su número de turnos:

$$TH_k/N_k \text{ donde } TH_k = \sum_{i \in C_k} TH_i \quad \text{Ec. (2.11)}$$

Basado en resultados experimentales de simulación, Petersen (2005) concluye que con respecto a la distancia de desplazamiento en un sistema de selección manual de pedidos, el almacenamiento de volumen de ventas total supera al almacenamiento basado en clases. La brecha entre los dos depende de la estrategia de partición de clase (es decir, número de clases, porcentaje del volumen total por clase) y el método de enrutamiento utilizado. Sin embargo, estos estudios sugieren usar el método basado en clases con 2 a 4 clases en la práctica, ya que es más fácil de implementar que el método basado en volumen; no requiere una lista completa de los elementos clasificados por volumen y requiere menos tiempo para administrar que los otros métodos dedicados.

Existen distintas formas para distribuir las clases ABC en un sistema de recolección de pedidos de bajo nivel (Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007). Una forma sugiere que cada pasillo debe contener sólo una clase, dando como resultado una ruta como se muestra en la Ilustración 18. No obstante, no es la única manera de distribuir en los pasillos las clases propuestas, la idea formal consiste en acercar los productos de clase A, al área de embarque y dependiendo de la configuración del almacén, se pueden utilizar los espacios disponibles como se puede observar de igual manera en la Ilustración 18 (Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007). Las estrategias óptimas en la administración del almacén dependen de los pasillos dispuestos, del tamaño del almacén, del número de productos, de los bloques preestablecidos. En el esquema de almacenamiento no existe una metodología para determinar la partición de clases para sistemas de recolección de bajo nivel.

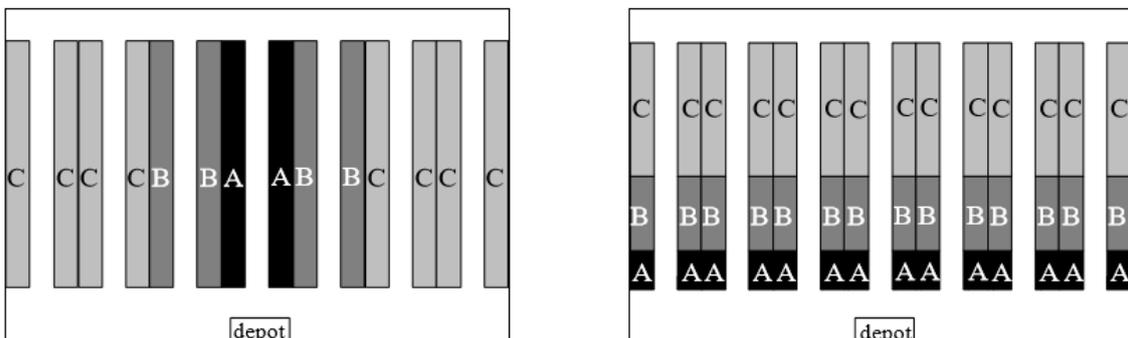


Ilustración 18. Clasificación ABC.
Fuente: Koster, Le-Duc & Roodbergen (2007).

Se han desarrollado diversos trabajos bajo la clasificación de clases ABC, uno de estos trabajos es un modelo de optimización analítica para el diseño de centros de distribución bajo políticas de almacenamiento basadas en clases (Cardona, Rivera & Ramírez 2016). El análisis incluyó la comparación de políticas de almacenamiento aleatorias, basadas en

la facturación completa y en la distribución de clases con un modelo de optimización no lineal para minimizar el valor esperado de la distancia por viaje del montacargas, un estimado del costo de manejo de materiales y fue resuelto utilizando métodos analíticos. Thomas y Meller (2014) desarrollaron una expresión analítica para modelar las operaciones de separación y selección de pedidos para el estudio del problema de configuración del almacén, que definieron como la forma del almacén y la localización de los muelles. Con este marco matemático, Thomas (2014) propuso directrices del diseño para el almacén de preparación de pedidos, incluyendo la forma del almacén, el tamaño del área hacia adelante y la altura del techo del almacén. Roodbergen (2015) propuso un método de diseño para determinar simultáneamente la política de enrutamiento, la disposición del almacén y la política de almacenamiento. El modelo demuestra el impacto de estas políticas de control en la mejor configuración a través de un estudio de caso. Sin embargo, no se proporcionaron directrices generales con respecto a la forma del almacén. Estos estudios abordan el problema integrado usando métodos heurísticos y técnicas de simulación. El objetivo de este trabajo es, desde el punto de vista analítico, una intuición que sugieren los procesos heurísticos y de simulación (Roodbergen 2015). Una forma común de asignar posiciones de almacenamiento a los productos es organizar el espacio disponible siguiendo una distribución basada en clases. Este trabajo utilizó una clasificación de productos ABC y una estrategia de ranurado a distancia, localizando los productos con mayores volúmenes de ventas más cercanos al punto de depósito y recolección como lo muestra la Ilustración 19, así como la geometría óptima para dicho almacén con el fin de minimizar el valor esperado de la distancia de viaje (Roodbergen 2015).

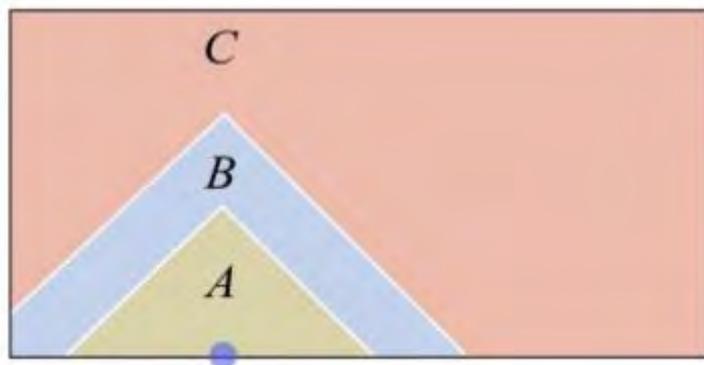


Ilustración 19. Clasificación basada en clases partiendo desde un punto de entrada/salida.
Fuente: Ang, Lim & Sim (2012).

Y la distancia de viaje esperado quedó simplificada en la ecuación 2.12:

$$E(D) = \frac{t_A}{w_1 ab} \iint_{R_A} D(x, y) dy dx + \frac{t_B}{w_2 ab} \iint_{R_B} D(x, y) dy dx + \frac{t_C}{w_3 ab} \iint_{R_C} D(x, y) dy dx$$

Donde:

$E(D)$ = Distancia de viaje esperado

t_i = Demanda de clase

w_i = Proporción de área ocupada por clase

x, y = Posición de clase

R_i = Región de clase

Con este trabajo se concluyó que un almacén bajo una política de almacenamiento basada en clases con una clasificación de productos ABC y un punto fijo de depósito y recolección, cuando se trata de una distribución aleatoria, debe ubicarse en el centro y el ancho del almacén debe ser dos veces mayor a su longitud.

9.1 Agrupamiento por familias

El agrupamiento por familias según de Koster (2007), es una desviación de la clasificación por grupos y consiste en el agrupamiento de productos en función de la orden de carga, es decir, un cliente puede ordenar dos determinados productos y esto genera la necesidad de almacenarlos juntos. Claramente, la agrupación de productos se puede combinar con algunas de las políticas de almacenamiento mencionadas anteriormente. Por ejemplo, es posible utilizar el almacenamiento basado en clases y al mismo tiempo agrupar elementos relacionados. Para justificar la utilización de este método, la agrupación familiar debe estar sustentada por una correlación estadística obtenida de las órdenes de carga. Se pueden mencionar dos métodos de agrupación familiar y son los siguientes:

a. Método complementario

Este método se divide en dos fases: la primera fase consiste en el agrupamiento de los productos en función de la fuerza de demanda conjunta o complementaria; la segunda fase consiste en localizar a los productos dentro de un grupo lo más cercano posible entre sí. Esta forma de agrupamiento se puede simplificar con el apoyo de la metodología P-Mediana.

b. Método de contacto

Este método consiste en la clasificación de productos con base en la coincidencia de contacto entre el producto i y el producto j dentro de una orden de carga, es decir, la frecuencia de contacto entre el tipo de elemento i y el tipo de elemento j se define como el número de veces que un selector de órdenes selecciona el tipo de elemento i directamente después del tipo de elemento j o el tipo de elemento j directamente después del tipo de elemento i . Para mejorar la recolección de producto, es conveniente colocar en la misma ruta a dos productos que coinciden en la orden de carga y así, minimizar los movimientos de recolección.

2.4 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DE UN ALMACÉN

La eficiencia de un almacén está constituida por la correcta conexión que existe en todos los elementos que tiene que recorrer un producto para ser recibido y enviado, esto quiere decir que tiene que haber una correcta coordinación durante el flujo primario del almacén (recepción, almacenamiento, preparación de pedido y embarque). Además de las actividades primarias, están las actividades secundarias que no tienen contacto directo con el producto, pero que son elementales para llevar una correcta administración y son:

contabilidad, inventario y control (Pareto 1985). Tener un control acerca de la eficiencia o la capacidad efectiva en la gestión y aprovechamiento de recursos es una métrica fundamental para visualizar si se tienen áreas de oportunidad para mejorar y en donde enfocar los recursos si se quiere invertir para crecer (Anna, Outi, & Hanna 2002). El Centro de Investigación Técnico VTT de Finlandia realizó un estudio de Benchmarking durante los años 1999-2000 con 39 compañías industriales y almacenes contratados. El objetivo del estudio se concentró en examinar las condiciones actuales de los almacenes finlandeses para crear directrices que ayudaran a mejorarlos.

Según la información obtenida durante este estudio, se concluyó que los datos más importantes para medir la eficiencia de un almacén son los datos de flujo de materiales, el personal y los principales elementos de coste (edificación y terreno, maquinaria, equipo de almacenamiento, costos de operación de inversión, costos de subcontratación, información sobre activos líquidos y flotantes, nivel de servicio y actividades de almacenamiento). En cuanto a la eficiencia del almacén, se encontraron tres resultados importantes. En primer lugar, se encontró la estructura de la orden de pedido; en segundo lugar, la utilización del espacio; en tercer lugar, los métodos de trabajo. Todos estos aspectos tienen gran influencia en la eficiencia del trabajo y la rentabilidad del almacén. Una orden de pedido se puede definir como el tipo y la cantidad de artículos que se deben coleccionar para ser enviados a un cliente en particular. El estudio realizado por VTT determinó que los costos logísticos y la eficiencia están contenidos con este rubro y van en función del tamaño promedio del pedido. La eficiencia está determinada por una correlación inversa entre el tamaño promedio de la orden y el tiempo (en minutos) de recolección de pedido. Otro factor importante que influye en la eficiencia corresponde a la diferencia de tamaño existente entre dos pedidos. Dos de las operaciones más costosas son la recolección y el empaquetado + embarque, por consiguiente, el objetivo es mejorar y reducir estos costos, los cuales se pueden dar a partir de la utilización del espacio como se puede observar en la Ilustración 20, donde se desglosan las partes en que puede ser mermada la eficiencia.

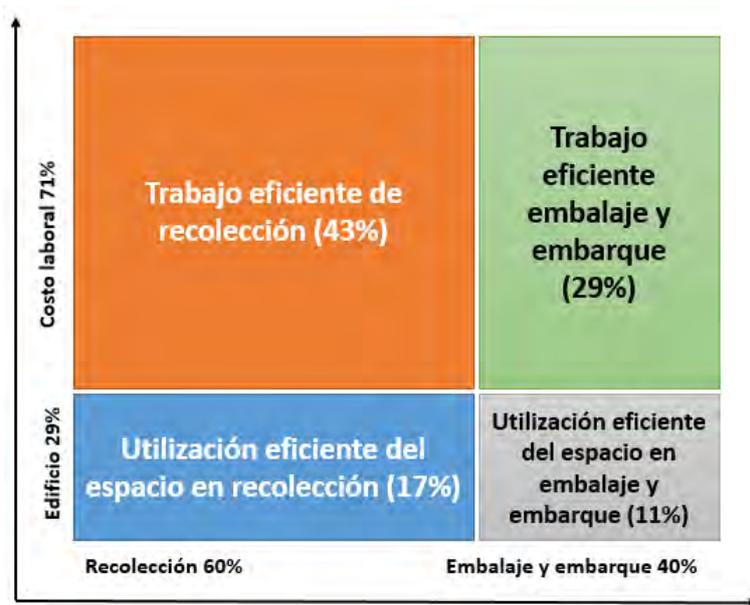


Ilustración 20. Factores clave del costo de eficiencia.
Fuente: Anna, Outi, & Hanna (2002).

Los factores clave que pueden ayudar a mejorar la eficiencia de un almacén están representados en la Ilustración 21, en la cual se puede observar la relación que existe entre los elementos y que influencia tienen unos con otros. La estructura de las ordenes de pedido es factor clave para lograr la eficiencia del trabajo, por lo tanto, sólo cambiando la estructura de la orden, la eficiencia aumentaría. Estos tres factores tienen un impacto fuerte en la eficiencia del almacén, por lo tanto, si se quiere trabajar en su desarrollo y administración, se deben proponer proyectos e ideas que impacten directamente en estos puntos para ver mejoras en el desempeño y reducción de costos del almacén.

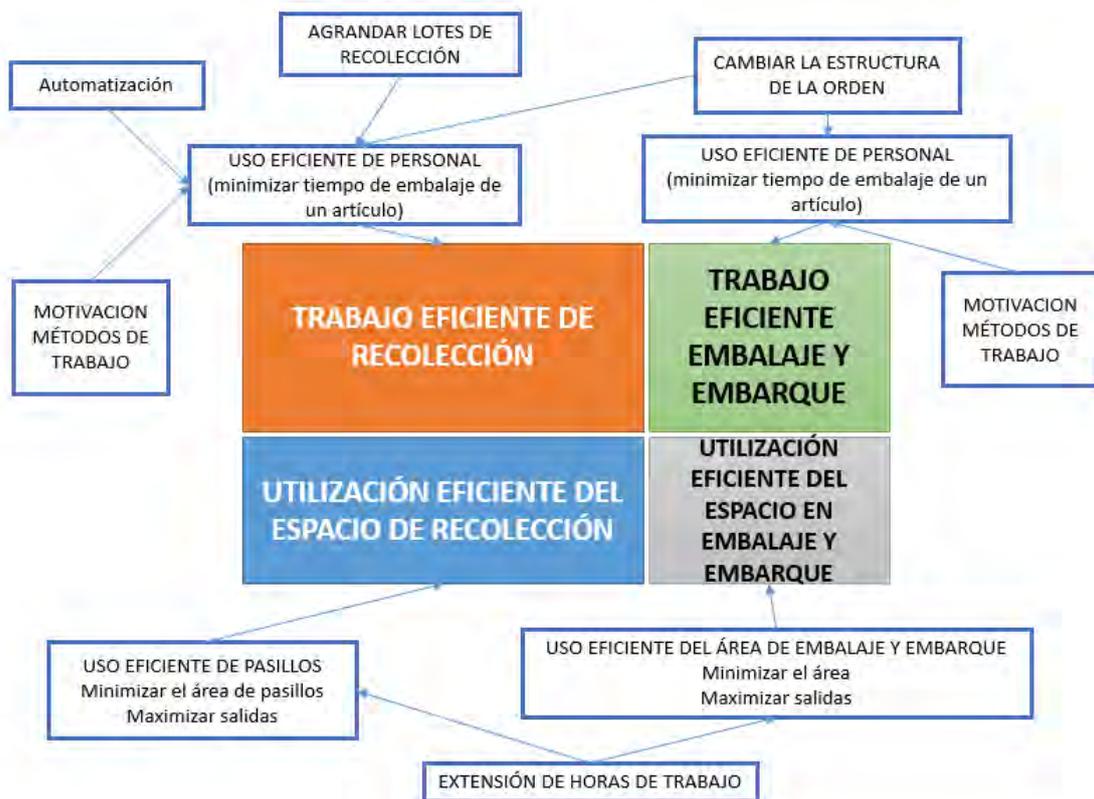


Ilustración 21. Factores importantes para mejorar la eficiencia de un almacén.
Fuente: Adaptado de Anna, Outi & Hanna (2002).

En la Cadena de Suministro se ha indagado muy poco acerca del impacto de los procesos que ocurren en un almacén. Sin embargo, se han utilizado herramientas para estudiar algunas de las actividades logísticas que lo componen, tal es el caso de la Simulación y de varios trabajos que se han centrado en el uso eficiente de un almacén. Un ejemplo de estos trabajos es el realizado por el Departamento de Ingeniería de Telecomunicaciones y Sistemas de la Universidad Autónoma de Barcelona que realizó un estudio para proponer una metodología de diseño de almacenes a nivel estratégico. El trabajo consistió en el estudio de un almacén de materias primas de una empresa óptica que estaba dispuesto en estantes en su parte central y un operador se encargaba de recolectar los artículos según la orden de carga. El proceso de recolección era un sistema muy conservador, es decir, los artículos con sobre inventario eran colocados en cajas debajo o encima del estante del artículo correspondiente, y si excedía el espacio, los artículos eran colocados en cajas maestras que eran llevadas a un área de almacenamiento aleatorio cercano. El proceso de reabastecimiento también era un sistema conservador, el cual consistía en que, si el recolector encontraba la bandeja con pocos artículos, tenía que reemplazarla.

El estudio reveló que de los 470 m² que ocupaban los estantes y los pasillos, únicamente era necesario el 42% del espacio empleado, ya que había mucho espacio libre en las bandejas debido a las políticas conservadoras de almacenamiento. El estudio también consideró ciertas características que afectaban su desempeño, las cuales consistían en la imposibilidad de incrementar el terreno de almacenamiento, la recepción de artículos en

función de la demanda del proveedor, la venta estacional y regional de ciertos artículos y el almacenamiento de materia prima y producto de distribución en un mismo pasillo y con características similares.

En la simulación se utilizaron diferentes modelos para representar los posibles escenarios y valorar las alternativas que representaba cada uno. La prioridad era modelar el tamaño de producción y distribución, el plazo de entrega, las políticas de reposición de bandejas, analizar diferentes tipos de bastidores, las limitaciones de equipos y recursos, eficiencia del método de almacenamiento, el rendimiento del método de recolección y la eficiencia de diseño. Como resultado se obtuvo que las bandejas y estantes tenían que ser rediseñadas para contener tantos artículos como fuera posible, en menos estantes lineales; al mismo tiempo, las bandejas tenían que ser lo suficientemente grandes para contener lo de un día de operación (el tamaño fue determinado por cálculos realizados en hojas de Excel). Además, para que los nuevos cambios funcionaran, tenía que mejorarse el método de recolección, el cual fue modelado a partir de Redes de Petri de Colores para determinar el número de operadores para cada proceso, las mejores políticas operativas y una distribución aceptable para manejar operaciones eficientes de alimentación.

La simulación basada en agentes es relativamente una nueva tecnología en el dominio de la simulación. Se ha estudiado desde 1980, y el campo sólo ha ganado un amplio reconocimiento desde mediados de la década de 1990. Apareció como una expansión para los Automatas Celulares y se centró en la simulación de colonias de insectos primitivos. Hoy en día, los modelos basados en agentes (ABM's, por sus siglas en inglés) se han utilizado en una variedad de aplicaciones, incluyendo el modelado de naciones, economía y negocios (Maram & Safwan 2014). No se tiene aún una definición precisa de ABM pero pueden definirse como objetos autónomos que perciben su entorno y actúan en él para lograr ciertos objetivos. Los agentes tienen la capacidad de sentir su entorno, comunicarse con otros agentes, construir percepciones, tomar decisiones y tomar acciones en un intento de satisfacer simultáneamente sus objetivos. La distinción principal entre ABM es la capacidad de generar un nuevo agente que hereda todas las características del padre (Maram & Safwan 2014).

Utilizando el enfoque de simulación basado en agentes Shgair & Altarazi (2014), estudiaron los efectos del número de bloques de almacenamiento, longitud de pasillo, número de pasillos y la distancia recorrida en función del tamaño de orden de pedido para una política de almacenamiento basada en clases. El software utilizado fue NetLogo en el cual definieron a los agentes "celdas de almacenamiento" donde se almacenan los artículos. El algoritmo de simulación describe un conjunto de agentes (celdas de almacenamiento) que se organizan de acuerdo con los parámetros de capacidad de almacenamiento y de diseño especificados en el almacén. Se creó un conjunto de agentes (picks) de acuerdo con el tamaño del pedido especificado. El 50% de las selecciones fueron asignadas a la clase A, el 30% a la clase B y el 20% a la clase C. Las selecciones se asignaron aleatoriamente dentro de cada área dedicada. Se creó un agente (selector de pedidos) y se ubicó en el depósito. Mientras los elementos de la lista de pedidos no se seleccionan por completo, el selector de pedidos aplica un heurístico en forma de S para recoger elementos. Después de seleccionar todos los elementos de la lista de pedidos, el

selector de pedidos regresa al almacén. Entonces, el modelo da un mensaje de usuario que indica la distancia viajada por el recolector de la orden. Con el fin de realizar el proceso de verificación fácilmente, el programa de computadora se dividió en módulos.

2.5 ESTUDIOS REALIZADOS EN UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Los almacenes son componentes clave de las cadenas de suministro modernas donde los productos se almacenan temporalmente para cumplir con los pedidos de los clientes. Son esenciales para facilitar la coordinación entre producción y demanda (Tompkins 2003). Aunque muchas empresas intentan adoptar diversas estrategias como la estrategia just-in-time para sincronizar el suministro directo a los clientes, los almacenes seguirán desempeñando un papel vital en la gestión logística (Tompkins 2003). La selección de pedidos se considera la actividad más intensiva en mano de obra y, por lo tanto, más costosa en las operaciones de almacén de pedidos manuales. La selección de pedidos consume aproximadamente el 55% de los gastos operativos totales del almacén (Tompkins 2003). Además, el tiempo de viaje entre ubicaciones representa el 50% del tiempo total de recolección (Tompkins 2003). Por lo tanto, la reducción en la distancia de viaje tendrá un efecto significativo en el aumento de la productividad de los almacenes, disminuyendo su tiempo de producción y costos operativos. El objetivo general de esta tesis consiste en optimizar el almacenamiento, una de las cuatro actividades logísticas en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas a partir de una política de almacenamiento basada en clases e implementar dicha política utilizando un modelo de simulación para apoyar la toma de decisiones de la Gerencia de Operaciones. A continuación, en la Tabla 2 se presentan estudios de investigación que se han realizado en las diferentes actividades logísticas, principalmente en el almacenamiento; así como el año y los autores que han abordado este tema.

*Tabla 2. Revisión de la Literatura.
Fuente: Elaboración propia (2017).*

Autor	Año	Propuesta	Síntesis de propuesta
B. Rouwenhorst, B. Reuter, V. Stockrahm, G. J. van Houtum R.J. Mantel W.H. M. Zijm	1999	Warehouse design and control: Framework and literature review	- Clasificación de los problemas de diseño y control del almacén. - Estudios orientados al diseño de almacenes
Kees Jan Roodbergen René de Koster	2001	Routing methods for warehouses with multiple cross aisles	- Problemas de enrutamiento y diseño para los almacenes de pasillos paralelos. - Heurísticas para determinar las rutas de selección de pedidos en un almacén con dos o más pasillos transversales.
M.-K. Lee E. A. Elsayed	2005	Optimization of warehouse storage	- Aplicación de modelos para mejorar la eficiencia en la gestión de almacenes

		capacity under a dedicated storage policy	utilizados en astilleros, centrados en las actividades de recolección, envasado y embarque.
René de Koster, Tho Le-Duc, Kees Jan Roodbergen	2005	Design and control of warehouse order picking: a literature review	- Descripción sobre los problemas típicos de decisión en el diseño y control de procesos manuales de selección de pedidos. -Diseño óptimo (interno), métodos de asignación de almacenamiento, métodos de enrutamiento, ordenamiento por lotes y zonificación.
Peter Baker, Marco Canessa	2006	Warehouse design: A structure approach	- En este artículo se analiza la literatura actual sobre la metodología general del diseño de almacenes, junto con la literatura sobre herramientas y técnicas utilizadas para áreas específicas de análisis.
Jinxiang Gu, Marc Goetshalckx Leon F. McGinnis	2006	Research on warehouses operation: A comprehensive review	- Revisión sobre los problemas de planificación de operaciones de almacén. - Los problemas clasificados en recepción, almacenamiento, selección de pedidos y envío.
Román Buil Miquel Ángel Piera	2007	New warehouse design methodology at strategic and operational level	- Diseño de un almacén bajo varias restricciones de espacio debido al aumento de volumen y la nueva ubicación del almacén. - Configuración de la disposición del almacén, el diseño de la política de almacenamiento, el diseño de la política de reposición, el diseño de la política de picking, la política de enrutamiento y también las bandejas y el diseño de los tamaños de las estanterías.
Mengfei Yu, René de Koster	2009	The impact of order batching and picking area	- Este artículo propone un modelo de aproximación

		zoning on order picking system performance.	basado en la teoría de la red de colas para analizar el impacto de la ordenación por lotes y la división de áreas de picking en el tiempo medio de procesamiento de órdenes en un sistema de picking de orden pick-and-pass
M. B. M. de Koster, E. S. Van der Poort, M. Wolters	2010	Efficient order-batching methods in warehouse	- Agrupación de órdenes juntos en el proceso de picking para formar una única ruta de picking, reduce el tiempo de viaje y, como tal, este fenómeno se puede encontrar en muchos almacenes.
Francesco Longo	2011	Operational strategies and internal logistic costs analysis in a real warehouse based on Modeling & Simulation	- El artículo se centra en el problema de gestión de almacén dentro de los nodos de la cadena de suministro. - Se presenta un ejemplo de aplicación que considera el efecto de la asignación de recursos en los costos logísticos internos.
Marek Matusiak, René de Koster, Leo Kroon, Jari Saarinen	2013	A fast-simulated annealing method for batching precedence-constrained customer orders in a warehouse	- Método de enrutamiento por orden y lote conjunto para resolver este problema combinado de encaminamiento de precedencia y de ordenado por lotes. - Consta de dos sub-algoritmos: un algoritmo óptimo para el enrutamiento; y un algoritmo de recocido simulado para el procesamiento por lotes.
Ö. Öztürkoglu, K. R. Gue R. D. Meller	2013	A constructive aisle design model for unit-load warehouse with multiple pickup and deposit points	- Modelo de almacén basado en la red de ubicaciones individuales de pallets y sus interacciones con pasillos transversales apropiados para evaluar la distancia de

			viaje esperada de un diseño dado. - Utiliza la Optimización de Enjambre de Partículas.
John J. Bartholdi, Steven T. Hackman	2014	Warehouse and Distribution Science	- Administración de un almacén, distribución y problemas a los que se enfrenta.
Wenrong Lu, Duncan McFarlane, Vaggelis Giannikas, Quan Zhang	2015	An algorithm for dynamic order-picking in warehouse operations	- Este artículo se centra específicamente en la selección de pedidos. - La selección de pedidos es la operación de recuperar mercancías de almacenes específicos según los pedidos de los clientes.
C. Battista A. Fumi F. Giordano M.M. Schiraldi	---	Storage Location Assignment Problem: implementation in a warehouse design optimization tool	Este trabajo se centra en las posibles mejoras de las prácticas comunes de gestión de almacenamiento, tomando como referencia la investigación de operaciones SLAP (Problema de Asignación de Ubicación de Almacenamiento).

2.6 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Con base en el análisis de investigación y en los autores vistos en este capítulo, se llegó a la conclusión que la mejor manera de abordar el problema que presenta Embotelladora las Margaritas es a partir del desarrollo de una política de almacenamiento basada en clases (de Koster 2007). Actualmente su almacén trabaja con un sistema semi-aleatorizado, ya que cada uno de los productos tiene un destino fijo, sin embargo, por la dinámica del trabajo diario y por la alta variabilidad de la entrada de producto al almacén, estos son dispuestos en los espacios que se tengan disponibles sin seguir un orden. Se propone una política de almacenamiento basada en clases a partir de un modelo de Programación Entera. Esta tesis consistirá en un análisis de Optimización-Simulación.

Para llevar a cabo la optimización del almacén, se propone una clasificación únicamente de tres categorías: A, B y C; dónde la categoría A contendrá el 20% de los productos de mayor demanda; la categoría B contendrá el 30% de los productos de demanda media; y la categoría C, quien contendrá el 50% restante de los productos de menor demanda. Esta clasificación será llevada a cabo a partir de las distancias existentes entre cada uno de los racks y las áreas de recepción y carga de productos. Por esta razón, se empleará la modelación de un problema de transporte (el cual será explicado y desarrollado en el

capítulo 3) que describirá el abastecimiento de la demanda destinada a cada uno de los racks para formalizar la clasificación de productos en las categorías mencionadas con anterioridad. Para mitigar la variabilidad de las entradas de producto al almacén a través del año, los productos de cada categoría tendrán una política de almacenamiento aleatorio que permita colocar los productos de demandas similares a una distancia igual hacia las áreas de recepción y embarque.

Una vez hecha la optimización del almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas, se utilizará un software de simulación llamado AnyLogic para modelarlo y comparar entre dos escenarios: un escenario que represente el comportamiento del sistema actual y otro escenario que represente la aplicación de la política de almacenamiento basada en clases, es decir, el panorama futuro y esperado de la empresa. Con esta comparación se podrá validar el modelo de Optimización-Simulación aplicado al almacén y se resolverá el problema presentado por Embotelladora las Margaritas. También el modelo de simulación dará información relevante en cuanto a eficiencia y tiempos muertos en el almacén. Esta información ayudará a los decisores a gestionar mejor sus recursos y dirigirlos hacia las áreas de mayor problema.

CAPÍTULO 3. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO 2500 O T1

En el capítulo 2, se estudiaron diferentes políticas y métodos de solución en problemas de almacenamiento, una de las cuatro actividades logísticas del almacén 2500. Con esta investigación, se llegó a la conclusión de aplicar una Política de Almacenamiento Basada en Clases junto con la combinación de un Problema de Transporte de Programación Entera. El almacén 2500 tiene dos modalidades en la recepción de producto: el producto fabricado en la Embotelladora y el producto que no se fabrica ahí mismo, sino que es traído de otra embotelladora que se encuentra en Cuautla o es producto comprado. Cada una de estas dos actividades tiene un lugar i específico para ser realizado; una vez que se recibe el producto, este es almacenado en un espacio j del almacén, donde espera hasta ser llamado por una orden de carga y es dirigido hacia la zona de carga para terminar el embarque y la consolidación de pedido.

El desarrollo de la solución del problema de almacenamiento planteado en esta tesis es resuelto a partir de la metodología de Hillier & Lieberman (2010) explicada en su libro “Introducción a la Investigación de Operaciones” que consta de seis pasos y son los siguientes:

1. Definición del problema de interés y recolección de datos relevantes
2. Formulación de un modelo matemático que represente el problema
3. Desarrollo de un procedimiento basado en computadora para derivar una solución para el problema a partir del modelo
4. Prueba y mejoramiento del modelo de acuerdo a las necesidades
5. Preparación para la aplicación del modelo prescrito por la administración
6. Implementación

Cada una de las etapas de la metodología serán explicadas brevemente a continuación y serán aplicadas en el problema que presenta el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas.

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INTERÉS Y RECOLECCIÓN DE DATOS RELEVANTES

Hillier & Lieberman (2010) definen esta primera etapa como un resumen bien definido del problema que será analizado, en donde se incluye la determinación de los objetivos apropiados, las restricciones sobre lo que es posible hacer, las interrelaciones del área en estudio, entre otras cosas. Esta etapa es muy importante, pues afectará de forma significativa la relevancia de las conclusiones de estudio. Eso quiere decir, que el no especificar correctamente la definición del problema, puede crear ambigüedades al momento de resolverlo y llegar a una solución errónea. El problema de Embotelladora las Margaritas queda definido de la siguiente manera:

El almacén de producto terminado también llamado almacén 2500 o T1 de Embotelladora las Margaritas en Pachuca, Hidalgo actualmente tiene una localización empírica del producto terminado y del producto comprado en su almacén; además, interactúa con los almacenes 1700 y 1500 que no cuentan con

una división física y únicamente tienen una división virtual administrada por el sistema SAP. Esta situación genera una problemática con la localización de los productos, ya que todos se encuentran almacenados en el mismo espacio y durante las épocas de mayor producción, los productos se posicionan en los espacios disponibles sin respetar su asignación previamente establecida. En consecuencia, existe un mayor recorrido de los montacarguistas y un mayor uso de los recursos dispuestos para el almacén al almacenar, localizar y recolectar el producto.

Otro aspecto importante consiste en la recolección de datos e información relevante para el problema. Se necesitan muchos datos para lograr la comprensión exacta del problema y así proporcionar el insumo adecuado para el modelo matemático que se elaborará en la siguiente etapa del estudio (Hillier & Lieberman 2010). La toma de datos debe ser realizada con mucho cuidado porque será la información que alimente al modelo y si se está alimentando con información incorrecta, el resultado también será incorrecto. Para la toma de datos del almacén 2500 se estuvo visitando la Embotelladora los días lunes en un horario de nueve de la mañana a una de la tarde por un periodo de cuatro meses; aunado a esto, fue proporcionada la información de envíos por el Jefe de Operaciones de la planta, información que fue extraída de sus bases de datos del sistema SAP. La información recabada se presenta en la Tabla 3 (para revisar información completa, ver Anexo A).

*Tabla 3. Envíos realizados por el almacén 2500 a sus diferentes CEDIS.
Fuente: Adaptado del Sistema SAP del almacén 2500 (2017).*

No. de Producto	SKU	Nombre del Producto	Venta trimestral (Tarimas)
1	800001	CC 355 ML VR 24 B	25
2	800002	CC 500 ML VR 24 B	434
3	800004	CC 3 LT PNR 9 B	13383
...			
224	809010	DVR ARA 300 ML PNR 6 B	1
225	851009	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	1211
226	851036	Coca-Cola sin Azúcar 235ALN 12B	40

La información presentada en la Tabla anterior contiene el SKU, el nombre de cada producto y la venta acumulada de tarimas por SKU en los meses de enero, febrero y marzo de 2017. El Jefe de Operaciones también proporcionó el croquis del almacén (ver Ilustración 22), el cual fue adaptado con medidas que fueron tomadas durante las visitas realizadas a la Embotelladora. El layout se presenta enseguida y describe la posición de cada uno de los racks que tiene el almacén, así como los espacios en piso que son usados para almacenar producto. Las letras: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M y N son los nombres asignados para los racks; y las letras: R, U, V, W y Z son las letras asignadas para los espacios que se tienen en piso. Los demás bloques presentados en el croquis son espacios ocupados por el edificio. Las flechas en el croquis muestran los pasillos por donde pueden transitar el montacargas. Cada rack tiene tres niveles, un número variado de filas (estas filas serán descritas en la formulación del problema) y 14 espacios por fila. El único que cuenta con cuatro niveles es el rack A. Para determinar la capacidad de cada

uno de los espacios en piso, se tomó en cuenta un número promedio de tarimas que se pueden almacenar a partir del área disponible; además, se tomó en cuenta que sólo se puede colocar un segundo nivel a las tarimas que están en piso.

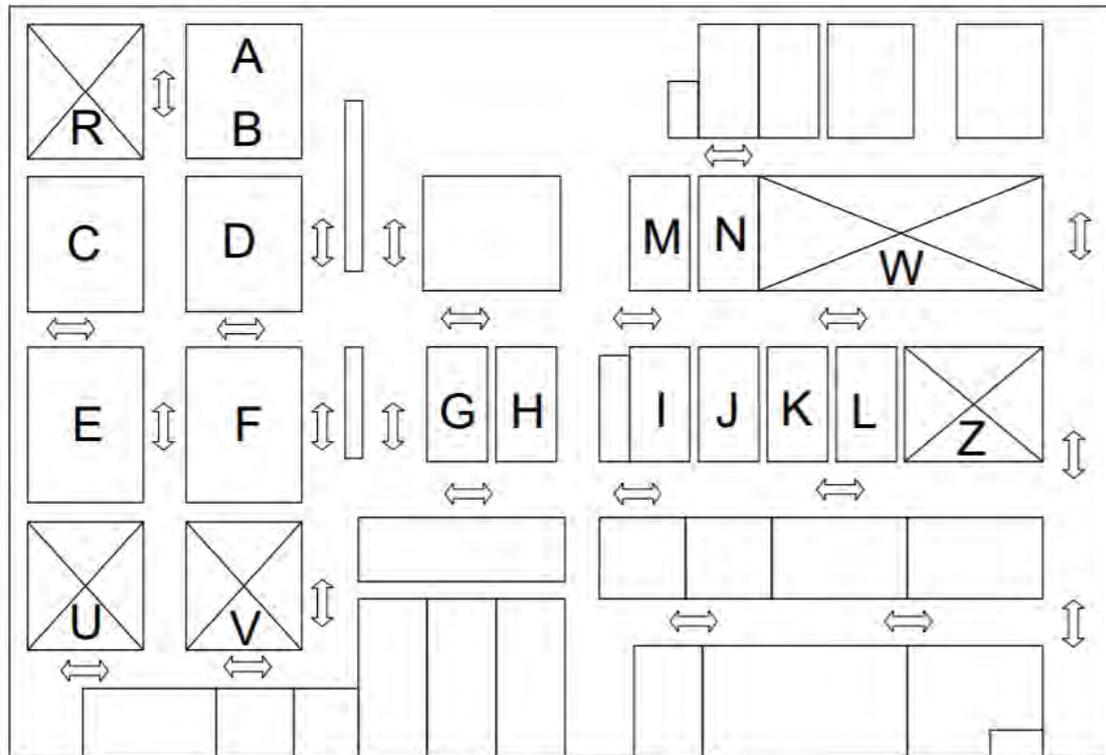


Ilustración 22. Layout del almacén de Embotelladora las Margaritas.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Con la información del layout, se calculó el tiempo que tarda en ser llevado cualquier producto desde el área de recepción i , hasta el espacio de almacenamiento j . Es decir, el producto X o Y , es recibido en el almacén y debe hacer un recorrido para ser almacenado. Este tiempo de recorrido fue calculado con base en dos parámetros: la distancia del punto de recepción i al punto de almacenamiento j ; y la velocidad del montacargas. Por políticas del almacén, se tiene establecida una velocidad máxima del montacargas de 10 km/h, por dicha razón, este fue el valor estándar que se utilizó para calcular cada uno de los tiempos de traslado. Se decidió utilizar la unidad “tiempo” ya que, al realizar el acomodo de producto en los niveles más altos del rack, influye mucho el tiempo de ascenso y descenso del carro portahorquillas del montacargas y no tanto la distancia que hay del suelo a cada uno de los niveles. El tiempo de ascenso por cada nivel fue tomado durante las visitas al almacén y se calculó un valor estándar de ascenso por nivel de 4,5 segundos y de descenso el mismo tiempo de 4,5 segundos. Para calcular el tiempo de traslado hacia cada rack, se nombró a cada espacio del rack con una letra, además, el nombre está acompañado de dos números: el primer número representa la fila y el segundo número representa la columna del rack como se muestra a continuación en la Ilustración 23.



Ilustración 23. Clasificación de cada espacio del rack.
Fuente: Adaptado de Best (2017).

El tiempo de traslado del punto de recepción hacia cada rack fue calculado de la siguiente manera:

$$t = \frac{d_{ij}}{v_m * (1 \text{ h} / 3600 \text{ s}) * (1000 \text{ m} / 1 \text{ km})} + t_a + t_d \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

t = tiempo total de recorrido para almacenar X o Y producto (s)

d_{ij} = distancia del punto de recepción i al punto de almacenamiento j (m)

v_m = velocidad del montacargas (km/h)

t_a = tiempo de ascenso (s)

t_d = tiempo de descenso (s)

El tiempo que el montacargas tarda en introducir el producto en el rack y el tiempo que el montacargas tarda en tomar el producto se dejó implícito para todos, ya que todos los productos requieren la misma maniobra. En las Tablas 4 y 5 (para revisar información completa, ver Anexos B y C respectivamente) se indica el tiempo de traslado hacia cada uno de los espacios de almacenamiento del almacén 2500, así como su punto de origen.

Tabla 4. Tiempo de traslado del área de producción hacia cada uno de los espacios del almacén 2500.

Fuente: Elaboración propia (2017)

Celda	Tiempo (s)								
A11	52,85	C23	54,73	D310	79,39	F111	44,31	H23	68,17
A12	53,89	C24	55,75	D311	80,41	F112	45,31	H24	69,17
A13	54,93	C25	56,77	E11	34,02	F113	46,31	H25	70,17
...									
R12	52,56	U212	75,82	V24	68,51	Z17	59,68	Z228	96,16
R13	53,52	U213	76,7	V25	69,45	Z18	60,56	Z229	97,04
R14	54,48	U214	77,58	V26	70,39	Z19	61,44	Z230	97,92

Tabla 5. Tiempo de traslado del área de compra hacia cada uno de los espacios del almacén 2500.

Fuente: Elaboración propia (2017).

Celda	Tiempo (s)								
A11	86,16	C23	100,08	D310	111,38	F111	77,9	H23	74,75
A12	87,2	C24	101,08	D311	112,38	F112	78,9	H24	75,75
A13	88,24	C25	102,08	E11	81,516	F113	79,9	H25	76,75
...									
R12	87,47	U212	117,84	V24	98,47	Z17	57,64	Z228	94,12
R13	88,43	U213	118,72	V25	99,41	Z18	58,52	Z229	95
R14	89,39	U214	119,6	V26	100,35	Z19	59,4	Z230	95,88

3.2 FORMULACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO QUE REPRESENTA EL PROBLEMA

Una vez que el problema ha sido definido, el siguiente paso consiste en la construcción de un modelo matemático que describa la esencia del problema. Un modelo matemático es una representación idealizada y se expresa en términos de símbolos y expresiones matemáticas. De esta forma, si deben tomarse n decisiones cuantificables relacionadas entre sí, se representan como variables de decisión. En consecuencia, la medida de desempeño adecuada se expresa como una función matemática de estas variables de decisión (Hillier & Lieberman 2010). Esta función se llama función objetivo. También se expresan en términos matemáticos todas las limitaciones que se puedan imponer sobre los valores de las variables de decisión, casi siempre en forma de ecuaciones o desigualdades. Con frecuencia, tales expresiones matemáticas de las limitaciones reciben el nombre de restricciones. Las constantes (los coeficientes o el lado derecho de las expresiones) de las restricciones y de la función objetivo se llaman parámetros del modelo. El modelo matemático puede decir entonces que el problema es elegir los valores de las variables de decisión de manera que se maximice la función objetivo, sujeto a las restricciones dadas (Hillier & Lieberman 2010).

El problema que presenta el almacén de Embotelladora las Margaritas consiste en la redistribución de los productos en los racks que ya se tienen dispuestos. Este problema será resuelto a partir de una política de almacenamiento basada en clases y apoyada de un problema de transporte. La necesidad de utilizar un problema de transporte viene a raíz de que el almacén no tiene una distribución simétrica de sus racks y aún no se tienen los racks catalogados en secciones A, B y C; división que será de utilidad para aplicar la política de almacenamiento basada en clases. En el capítulo anterior de esta tesis, se llevó a cabo la explicación y el desarrollo del modelo matemático de una clasificación basada en clases. La formulación del problema se va a dividir en dos etapas, la clasificación de los productos en categorías A, B y C; y la formulación del problema de transporte para la asignación de un espacio a cada uno de los productos Coca-Cola.

Para comenzar con la política de almacenamiento basada en clases es importante mencionar que la mayoría de los productos son almacenados en los racks. Otros, por sus características físicas, no pueden ser puestos ahí, por lo tanto, son colocados en piso, en

zonas que ya han sido designadas para este tipo de almacenamiento. La Tabla 6 (para revisar información completa, ver Anexo D) se presentan los productos con una clasificación binaria, dónde se especifica que productos son almacenados en racks y que productos son almacenados en piso.

*Tabla 6. División del producto dependiendo el tipo de almacenamiento que recibe.
Fuente: Elaboración propia (2017).*

No. de Producto	SKU	Nombre del Producto	Rack	Piso
1	800001	CC 355 ML VR 24 B	0	1
2	800002	CC 500 ML VR 24 B	0	1
3	800004	CC 3 LT PNR 9 B	1	0
...				
224	809010	DVR ARA 300 ML PNR 6 B	1	0
225	851009	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	1	0
226	851036	Coca-Cola sin Azúcar 235ALN 12B	0	1

Cada una de las secciones (piso y rack) deben tener su propia clasificación A, B y C puesto que cada sección realiza recorridos diferentes y almacena productos diferentes. Mencionado esto, se aplicará la política de almacenamiento basada en clases a cada sección comenzando por los productos que se almacenan en racks.

Cada uno de los SKU o productos, tienen un impacto diferente para la empresa, por lo tanto, los productos de mayor demanda, los productos que generan mayores movimientos logísticos dentro del almacén son los productos que tienen que realizar los recorridos más cortos. Para esto, se lleva a cabo la siguiente clasificación en la Tabla 7 (para revisar información completa, ver Anexo E):

- Columna 1: No. de Producto
- Columna 2: SKU
- Columna 3: Nombre de Producto
- Columna 4: Venta trimestral (Tarimas)
- Columna 5: Porcentaje de Consumo Total. Se calcula dividiendo la demanda por producto (en tarimas), entre la suma total de todos los productos (en tarimas) para obtener el porcentaje de consumo por producto. Este porcentaje es calculado de la siguiente manera: $Consumo\ total = D_i / \sum_{i=1}^n D_i$, dónde i representa la cantidad de productos y va desde 1 a n .

*Tabla 7. Porcentaje de Consumo Total por Producto.
Fuente: Elaboración propia (2017)*

No. de Producto	SKU	Nombre del Producto	Venta trimestral (Tarimas)	% Consumo Total
1	800004	CC 3 LT PNR 9 B	13383	18,49%
2	800007	CC 2 LT PNR 9B	10055	13,89%
3	800010	CC 600 ML PNR 24 B	5481	7,57%

...				
165	809007	DVR ARA 1 LT PNR 4 B	38	0,05%
166	809010	DVR ARA 300 ML PNR 6 B	1	0,00%
167	851009	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	1211	1,67%

Una vez calculado el Porcentaje de Consumo Total para cada SKU, el siguiente paso consiste en reorganizar los productos de mayor a menor consumo para poder asignarles una clasificación. La Tabla 8 (para revisar información completa, ver Anexo F) muestra la clasificación por clase y la información por cada columna:

- Columna 1: No. de Producto
- Columna 2: SKU
- Columna 3: Porcentaje de participación por SKU. Consiste en el cálculo de $1/N$, donde N representa el número de artículos manejados en esta sección del almacén, y el valor obtenido representa la fracción del total de cada producto
- Columna 4: Consumo Total
- Columna 5: Porcentaje de participación (acumulado)
- Columna 6: Porcentaje de Consumo Total (acumulado)
- Columna 7: Clase

*Tabla 8. Definición de Clases de los productos almacenados en racks.
Fuente: Elaboración propia (2017).*

No. de Producto	SKU	% de participación por SKU	% Consumo Total	% de participación (acumulado)	% de Consumo (acumulado)	Clase
1	800004	0,5988%	18,49%	0,5988%	18,49%	A
2	800007	0,5988%	13,89%	1,1976%	32,39%	
...						
150	806155	0,5988%	0,57%	19,1617%	88,21%	
144	805977	0,5988%	0,57%	19,7605%	88,78%	
82	803410	0,5988%	0,55%	20,3593%	89,33%	B
20	800503	0,5988%	0,50%	20,9581%	89,83%	
...						
127	805875	0,5988%	0,05%	49,1018%	98,42%	
74	801876	0,5988%	0,05%	49,7006%	98,47%	
56	801557	0,5988%	0,05%	50,2994%	98,52%	C
130	805878	0,5988%	0,05%	50,8982%	98,56%	
...						
124	805862	0,5988%	0,00%	99,4012%	100,00%	
125	805863	0,5988%	0,00%	100,0000%	100,00%	

Una vez realizada la clasificación ABC de los productos que son almacenados en racks, se continúa con la clasificación de los productos que son almacenados en piso. En la Tabla 9 (para revisar información completa, ver Anexo G) se muestra directamente y sin las

etapas anteriores la clasificación de esta sección, la cual siguió el mismo método de clasificación que los productos que son almacenados en racks.

Tabla 9. Definición de Clases de los productos almacenados en piso.
Fuente: Elaboración Propia (2017).

No. de Producto	SKU	% de participación por SKU	% Consumo Total	% de participación (acumulado)	% de Consumo (acumulado)	Clase
26	801436	1,6949%	76,98%	1,6949%	76,98%	A
3	800006	1,6949%	8,85%	3,3898%	85,83%	
...						
10	800074	1,6949%	0,39%	16,9492%	96,27%	
7	800056	1,6949%	0,30%	18,6441%	96,57%	B
5	800038	1,6949%	0,26%	20,3390%	96,83%	
27	801507	1,6949%	0,25%	22,0339%	97,07%	
...						
13	800214	1,6949%	0,07%	47,4576%	99,17%	C
17	800328	1,6949%	0,06%	49,1525%	99,23%	
15	800302	1,6949%	0,06%	50,8475%	99,29%	
37	805152	1,6949%	0,06%	52,5424%	99,35%	
...						
45	806658	1,6949%	0,00%	98,3051%	100,00%	C
50	806721	1,6949%	0,00%	100,0000%	100,00%	

Una vez culminada la primera etapa que consistía en clasificar los productos en cada una de las clases: A, B y C, correspondientes a los dos tipos de almacenamiento: en rack y en piso, se procede a la segunda etapa que consiste en la aplicación del problema de transporte para asignar los productos en su espacio correspondiente. En particular, el problema general de transporte se refiere, en sentido literal o figurado, a la distribución de cualquier mercancía desde cualquier grupo de centros de suministro, llamados orígenes, a cualquier grupo de centros de recepción, llamados destinos, de tal manera que se minimicen los costos totales de distribución (Hillier & Lieberman 2010). De acuerdo con Hillier & Lieberman (2010), el modelo de un problema de transporte se basa en los siguientes supuestos sobre estos suministros y demandas.

1. **Supuesto de requerimientos:** cada origen tiene un suministro fijo de unidades, el cual debe distribuirse completo entre los destinos. Con a_i se denota el número de unidades que suministra el origen i , para $i= 1, 2, \dots, n$. De manera similar, el destino tiene una demanda fija de unidades, y debe satisfacerse por los orígenes. Con d_j se denota el número de unidades que recibe el destino j , para $j= 1, 2, \dots, m$.
2. **Propiedad de soluciones factibles:** un problema de transporte tiene soluciones factibles si y sólo si:

$$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m d_j \quad \text{Ec. (3.2)}$$

3. **Supuesto de costo:** El costo de distribuir unidades de un origen a un destino dados en directamente proporcional al número de unidades distribuidas. Por lo tanto, este costo es igual al costo unitario de distribución multiplicado por el número de unidades distribuidas. El costo unitario del origen i al destino j se denota por C_{ij} .

El modelo de transporte queda representado como la cantidad de unidades transportadas desde un origen i , hasta un destino j , y denotado como X_{ij} , buscando el mínimo costo de transportación. El problema de transporte queda definido de la siguiente manera:

$$\text{minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} * X_{ij} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = a_i, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ec. (3.4)}$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = d_j, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, m \quad \text{Ec. (3.5)}$$

$$X_{ij} \geq 1, \quad \text{para toda } i \text{ y } j \quad \text{Ec. (3.6)}$$

Para el caso de Embotelladora las Margaritas, el problema se va a dividir en dos partes, un modelo que trabaje con los productos que son almacenados en racks y el otro, con los productos que son almacenados en piso. En ambos problemas se va a anexar un subíndice más que representa el tipo de producto que se va a almacenar y será identificado con la letra k . Por lo tanto, para el problema del almacenamiento en racks, la variable que representa la cantidad de producto distribuido queda como X_{ijk} , que representa la cantidad de artículos enviados X del origen i , al destino j , perteneciente al producto k , y el modelo queda reestructurado de la siguiente manera:

$$\text{minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p C_{ijk} * X_{ijk} \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p X_{ijk} = a_{ik}, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ec. (3.8)}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p X_{ijk} = d_{jk}, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, m \quad \text{Ec. (3.9)}$$

$$X_{ijk} \geq 1, \quad \text{para toda } i, j \text{ y } k \quad \text{Ec. (3.10)}$$

Donde:

- a_{ik} = Cantidad de producto k disponible en el origen i
- d_{jk} = Cantidad de producto k que se va a almacenar en el espacio j
- C_{ijk} = Tiempo que tarda en almacenar la cantidad de producto k , proveniente del origen i , y almacenado en el espacio j

Para el problema del almacenamiento en piso, la variable que representa la cantidad de producto distribuido queda identificada como Y_{ijk} , variable que representa la cantidad de artículos enviados Y del origen i , al destino j , perteneciente al producto k , y el modelo queda reestructurado de la siguiente manera:

$$\text{minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p C_{ijk} * Y_{ijk} \quad \text{Ec. (3.11)}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p Y_{ijk} = a_{ik}, \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ec. (3.12)}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p Y_{ijk} = d_{jk}, \quad \text{para } j = 1, 2, \dots, m \quad \text{Ec. (3.13)}$$

$$Y_{ijk} \geq 1, \quad \text{para toda } i, j \text{ y } k \quad \text{Ec. (3.14)}$$

Donde:

- a_{ik} = Cantidad de producto k disponible en el origen i ;
- d_{jk} = Cantidad de producto k que se va a almacenar en el espacio j ;
- C_{ijk} = Tiempo que tarda en almacenar la cantidad de producto k , proveniente del origen i , y almacenado en el espacio j .

3.3 DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO BASADO EN COMPUTADORA PARA DERIVAR UNA SOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA A PARTIR DEL MODELO

Una vez formulado el modelo matemático del problema en estudio, la siguiente etapa consiste en desarrollar un procedimiento (por lo general en computadora) para obtener una solución a partir de este modelo (Hillier & Lieberman 2010). Para dar solución al problema se utilizó Hyper LINGO 10, una herramienta integral diseñada para construir y resolver problemas lineales, no lineales, cuadráticos, semi-definidos, estocásticos y enteros. Sin embargo, Hyper LINGO 10 tiene una limitación en cuanto al uso de variables, únicamente puede trabajar con 8.000 variables por corrida. Por esta razón, se optó por dividir la introducción de información al software para que fuera capaz de procesarla y dar un resultado. Los pasos que se explican a continuación fueron los que se siguieron para resolver el problema pese a la limitante de las variables que puede trabajar el software:

1. Usar la política de almacenamiento basada en clases para crear un conjunto de 8.000 variables (permitidas por el software) en función de su demanda, es decir, primero se seleccionó el producto de mayor demanda, luego el segundo producto de mayor demanda, y así sucesivamente hasta tener un conjunto de 8000 variables.
2. Una vez creado el conjunto, este se introduce en LINGO y se corre el programa para generar un resultado.
3. A partir del resultado de LINGO, se seleccionan las celdas que son ocupadas por los productos con los que se corrió el programa, luego son eliminadas las celdas para que no sean opción en la siguiente corrida.
4. Se repite la operación, ahora con un segundo conjunto de variables de menor demanda diferentes a las usadas en la primera corrida.
5. Se lleva a cabo este proceso iterativamente hasta terminar con las 138.000 variables con las que tenía que correr el programa inicialmente.

Esta fue la estrategia a seguir para dar solución al problema, ya que la capacidad de LINGO únicamente permitía trabajar con 8.000 variables.

Para definir la cantidad de unidades a almacenar por producto se llevó a cabo la siguiente fórmula:

$$X_{ki} = (T_{ki} / \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^n T_{ki}) * 100 \quad \text{Ec. (3.15)}$$

Donde:

X_{ki} = Cantidad en tarimas del producto k proveniente del área de recepción i

T_{ki} = Total de tarimas del producto k provenientes del área de recepción i

Esta fórmula se aplicó para cada uno de los productos, dando como resultado las Tablas 10 y 11 (para revisar información completa, ver Anexos H y I respectivamente), las cuales vienen clasificadas a partir de los productos que son almacenados en rack y en piso.

*Tabla 10. Tarimas almacenadas en los racks por producto k provenientes del origen i .
Fuente: Elaboración propia (2017).*

No. Producto	SKU	Nombre del Producto	Producción	Compras	Cuautla	Total
1	800004	CC 3 LT PNR 9 B	43,0	13,0	0,0	56,0
2	800007	CC 2 LT PNR 9B	33,0	9,0	0,0	42,0
3	800010	CC 600 ML PNR 24 B	18,0	5,0	0,0	23,0
...						
165	805861	YGT BEB DZNO 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
166	805862	YGT BEB MNGO 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
167	805863	YGT BEB MNZA 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0

*Tabla 11. Tarimas almacenadas en el piso por producto k provenientes del origen i .
Fuente: Elaboración propia (2017).*

No. Producto	SKU	Nombre del Producto	Producción	Compras	Cuautla	Total
1	801436	CIELP GARRAFON 20 LT	151,0	9,0	0,0	160,0
2	800006	CC 355 ML ALN 24 B	0,0	18,0	0,0	18,0
3	800055	CC 2.5 LT PR 8 B	0,0	3,0	3,0	6,0
...						
57	800226	CC Light 235ml VNR 24B	0,0	0,0	0,0	0,0
58	806658	FUZE TEA MGO-MZNLLA 222 ML ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
59	806721	GLC VW RESTORE 340 ML ALN 6 BOT	0,0	0,0	0,0	0,0

Una vez que se obtuvo cada uno de los valores necesarios para correr el programa, se continuó con su diseño en LINGO, el cual quedó de la siguiente manera para los productos almacenados en racks:

SETS :

```

RECEPCION / PRODUCCION, COMPRAS, CUAUTLA / : ;
INVENTARIO /
A11, A12, A13, A14, A15, A21, A22, A23, A24, A25, A31, A32, A33, A34, A35, A41, A42, A4
3, A44, A45, B11, B12, B13, B14, B15, B16, B21, B22, B23, B24, B25, B26, B31, B32, B33,
B34, B35, B36, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C110, C111, C21, C22, C23,
C24, C25, C26, C27, C28, C29, C210, C211, C31, C32, C33, C34, C35, C36, C37, C38, C39,
C310, C311, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D110, D111, D21, D22, D23, D2
4, D25, D26, D27, D28, D29, D210, D211, D31, D32, D33, D34, D35, D36, D37, D38, D39, D3

```


053.71,054.73,055.75,056.77,057.79,058.81,059.83,060.85,061.87,062.89,
070.69,071.71,072.73,073.75,074.77,075.79,076.81,077.83,078.85,079.87,
080.89,034.21,035.23,036.25,037.27,038.29,039.31,040.33,041.35,042.37,
043.39,044.41,052.21,053.23,054.25,055.27,056.29,057.31,058.33,059.35,
060.37,061.39,062.41,070.21,071.23,072.25,073.27,074.29,075.31,076.33,
077.35,078.37,079.39,080.41,034.02,035.02,036.02,037.02,038.02,039.02,
040.02,041.02,042.02,043.02,044.02,045.02,046.02,052.02,053.02,054.02,
055.02,056.02,057.02,058.02,059.02,060.02,061.02,062.02,063.02,064.02,
070.02,071.02,072.02,073.02,074.02,075.02,076.02,077.02,078.02,079.02,
080.02,081.02,082.02,034.31,035.31,036.31,037.31,038.31,039.31,040.31,
041.31,042.31,043.31,044.31,045.31,046.31,052.31,053.31,054.31,055.31,
056.31,057.31,058.31,059.31,060.31,061.31,062.31,063.31,064.31,070.31,
071.32,072.31,073.31,074.31,075.31,076.31,077.31,078.31,079.31,080.31,
081.31,082.31,042.41,043.41,044.41,045.41,046.41,060.41,061.41,062.41,
063.41,064.41,078.41,079.41,080.41,081.41,082.41,048.17,049.17,050.17,
051.17,052.17,066.17,067.17,068.17,069.17,070.17,084.17,085.17,086.17,
087.17,088.17,046.57,047.57,048.57,049.57,050.57,064.57,065.57,066.57,
067.57,068.57,082.57,083.57,084.57,085.57,086.57,051.60,052.60,053.60,
054.60,055.60,069.60,070.60,071.60,072.60,073.60,087.60,088.60,089.60,
090.60,091.60,058.09,059.09,060.09,061.09,062.09,076.09,077.09,078.09,
079.09,080.09,094.09,095.09,096.09,097.09,098.09,063.85,064.85,065.85,
066.85,067.85,081.85,082.85,083.85,084.85,085.85,099.85,100.85,101.85,
102.85,103.85,035.60,036.60,037.60,038.60,039.60,053.60,054.60,055.60,
056.60,057.60,071.60,072.60,073.60,074.60,075.60,041.36,042.36,043.36,
044.36,045.36,059.36,060.36,061.36,062.36,063.36,077.36,078.36,079.36,
080.36,081.36,

086.16,087.20,088.24,089.28,090.32,104.16,105.20,106.24,107.28,108.32,
122.16,123.20,124.24,125.28,126.32,140.16,141.20,142.24,143.28,144.32,
079.92,080.96,082.00,083.04,084.08,085.12,097.92,098.96,100.00,101.04,
102.08,103.12,115.92,116.96,118.00,119.04,120.08,121.12,080.08,081.08,
082.08,083.08,084.08,085.08,086.08,087.08,088.08,089.08,090.08,098.08,
099.08,100.08,101.08,102.08,103.08,104.08,105.08,106.08,107.08,108.08,
116.08,117.08,118.08,119.08,120.08,121.08,122.08,123.08,124.08,125.08,
126.08,066.38,067.38,068.38,069.38,070.38,071.38,072.38,073.38,074.38,
075.38,076.38,084.38,085.38,086.38,087.38,088.38,089.38,090.38,091.38,
092.38,093.38,094.38,102.38,103.38,104.38,105.38,106.38,107.38,108.38,
109.38,110.38,111.38,112.38,081.52,082.52,083.52,084.52,085.52,086.52,
087.52,088.52,089.52,090.52,091.52,092.52,093.52,099.52,100.52,101.52,
102.52,103.52,104.52,105.52,106.52,107.52,108.52,109.52,110.52,111.52,
117.52,118.52,119.52,120.52,121.52,122.52,123.52,124.52,125.52,126.52,
127.52,128.52,129.52,067.90,068.90,069.90,070.90,071.90,072.90,073.90,
074.90,075.90,076.90,077.90,078.90,079.90,085.90,086.90,087.90,088.90,
089.90,090.90,091.90,092.90,093.90,094.90,095.90,096.90,097.90,103.90,
104.90,105.90,106.90,107.90,108.90,109.90,110.90,111.90,112.90,113.90,
114.90,115.90,054.75,055.75,056.75,057.75,058.75,072.75,073.75,074.75,
075.75,076.75,090.75,091.75,092.75,093.75,094.75,054.75,055.75,056.75,
057.75,058.75,072.75,073.75,074.75,075.75,076.75,090.75,091.75,092.75,
093.75,094.75,046.82,047.82,048.82,049.82,050.82,064.82,065.82,066.82,
067.82,068.82,082.82,083.82,084.82,085.82,086.82,051.86,052.86,053.86,
054.86,055.86,069.86,070.86,071.86,072.86,073.86,087.86,088.86,089.86,
090.86,091.86,058.34,059.34,060.34,061.34,062.34,076.34,077.34,078.34,
079.34,080.34,094.34,095.34,096.34,097.34,098.34,064.10,065.10,066.10,
067.10,068.10,082.10,083.10,084.10,085.10,086.10,100.10,101.10,102.10,
103.10,104.10,032.03,033.03,034.03,035.03,036.03,050.03,051.03,052.03,
053.03,054.03,068.03,069.03,070.03,071.03,072.03,037.79,038.79,039.79,
040.79,041.79,055.79,056.79,057.79,058.79,059.79,073.79,074.79,075.79,
076.79,077.79,

086.16,087.20,088.24,089.28,090.32,104.16,105.20,106.24,107.28,108.32,
122.16,123.20,124.24,125.28,126.32,140.16,141.20,142.24,143.28,144.32,

079.92,080.96,082.00,083.04,084.08,085.12,097.92,098.96,100.00,101.04,
102.08,103.12,115.92,116.96,118.00,119.04,120.08,121.12,080.08,081.08,
082.08,083.08,084.08,085.08,086.08,087.08,088.08,089.08,090.08,098.08,
099.08,100.08,101.08,102.08,103.08,104.08,105.08,106.08,107.08,108.08,
116.08,117.08,118.08,119.08,120.08,121.08,122.08,123.08,124.08,125.08,
126.08,066.38,067.38,068.38,069.38,070.38,071.38,072.38,073.38,074.38,
075.38,076.38,084.38,085.38,086.38,087.38,088.38,089.38,090.38,091.38,
092.38,093.38,094.38,102.38,103.38,104.38,105.38,106.38,107.38,108.38,
109.38,110.38,111.38,112.38,081.52,082.52,083.52,084.52,085.52,086.52,
087.52,088.52,089.52,090.52,091.52,092.52,093.52,099.52,100.52,101.52,
102.52,103.52,104.52,105.52,106.52,107.52,108.52,109.52,110.52,111.52,
117.52,118.52,119.52,120.52,121.52,122.52,123.52,124.52,125.52,126.52,
127.52,128.52,129.52,067.90,068.90,069.90,070.90,071.90,072.90,073.90,
074.90,075.90,076.90,077.90,078.90,079.90,085.90,086.90,087.90,088.90,
089.90,090.90,091.90,092.90,093.90,094.90,095.90,096.90,097.90,103.90,
104.90,105.90,106.90,107.90,108.90,109.90,110.90,111.90,112.90,113.90,
114.90,115.90,054.75,055.75,056.75,057.75,058.75,072.75,073.75,074.75,
075.75,076.75,090.75,091.75,092.75,093.75,094.75,054.75,055.75,056.75,
057.75,058.75,072.75,073.75,074.75,075.75,076.75,090.75,091.75,092.75,
093.75,094.75,046.82,047.82,048.82,049.82,050.82,064.82,065.82,066.82,
067.82,068.82,082.82,083.82,084.82,085.82,086.82,051.86,052.86,053.86,
054.86,055.86,069.86,070.86,071.86,072.86,073.86,087.86,088.86,089.86,
090.86,091.86,058.34,059.34,060.34,061.34,062.34,076.34,077.34,078.34,
079.34,080.34,094.34,095.34,096.34,097.34,098.34,064.10,065.10,066.10,
067.10,068.10,082.10,083.10,084.10,085.10,086.10,100.10,101.10,102.10,
103.10,104.10,032.03,033.03,034.03,035.03,036.03,050.03,051.03,052.03,
053.03,054.03,068.03,069.03,070.03,071.03,072.03,037.79,038.79,039.79,
040.79,041.79,055.79,056.79,057.79,058.79,059.79,073.79,074.79,075.79,
076.79,077.79
;

ENDDATA

```
MIN= @SUM ( ENTREGAS(I,J,K): X(I,J,K)*C(I,J) );
@FOR ( STORAGE(I,K):
    @SUM ( INVENTARIO(J): X(I,J,K) ) = A(I,K)
);
@FOR ( INVENTARIO(J):
    @SUM ( STORAGE(I,K): X(I,J,K) ) = D(J)
);
```

El problema de transporte tiene una complejidad computacional polinomial $O(n^2)$, lo que quiere decir que no tardó demasiado en dar un resultado óptimo. El resultado que se obtuvo al correr el programa en LINGO se muestra en la Tabla 12 (para revisar información completa, ver Anexo J). La Tabla está diseñada de la siguiente manera:

- Columna 1: Corresponde al nombre del Rack en el almacén
- Columna 2: Nombre del Producto
- Columna 3: Clasificación del producto en su respectiva clase
- Columna 4: Procedencia y punto de recepción

Tabla 12. Asignación de cada producto i , a cada espacio del rack k .
Fuente: Elaboración propia (2017).

Rack	Producto	Clase	Procedencia
A11	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
A12	SM 600 ML PNR 12 B	A	Producción
A13	CIELP 5 LT PNR 4 B	A	Producción

071.78,072.70,073.62,074.54,075.46,076.38,077.30,078.22,079.14,080.06,
080.98,084.26,085.18,086.10,087.02,087.94,088.86,089.78,090.70,091.62,
092.54,093.46,094.38,095.30,096.22,097.14,098.06,098.98,052.36,053.24,
054.12,055.00,055.88,056.76,057.64,058.52,059.40,060.28,061.16,062.04,
062.92,063.80,064.68,065.56,066.44,067.32,068.20,069.08,069.96,070.84,
071.72,072.60,073.48,074.36,075.24,076.12,077.00,077.88,070.36,071.24,
072.12,073.00,073.88,074.76,075.64,076.52,077.40,078.28,079.16,080.04,
080.92,081.80,082.68,083.56,084.44,085.32,086.20,087.08,087.96,088.84,
089.72,090.60,091.48,092.36,093.24,094.12,095.00,095.88
;

ENDDATA

```
MIN= @SUM (ENTREGAS(I,J,K): Y(I,J,K)*C(I,J));
@FOR (STORAGE(I,K):
    @SUM (INVENTARIO(J): Y(I,J,K)) = A(I,K)
);
@FOR (INVENTARIO(J):
    @SUM (STORAGE(I,K): Y(I,J,K)) = D(J)
);
```

El resultado que se obtuvo al correr el programa en LINGO se muestra en la Tabla 13 (para revisar información completa, ver Anexo K). La Tabla está diseñada de la siguiente manera:

- Columna 1: Corresponde al nombre del Rack en el almacén
- Columna 2: Nombre del Producto
- Columna 3: Clasificación del producto en su respectiva clase
- Columna 4: Procedencia y punto de recepción

*Tabla 13. Asignación de cada producto i, a cada espacio del rack k.
Fuente: Elaboración propia (2017)*

Piso	Producto	Clase	Procedencia
R11	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R12	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R13	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
...			
Z228	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z229	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z230	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción

Las tablas anteriores muestran los resultados obtenidos del programa que fue puesto en LINGO para dar solución al problema planteado por Embotelladora las Margaritas.

3.4 PRUEBA DEL MODELO Y MEJORAMIENTO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES

Hillier y Lieberman (2010) mencionan que es inevitable que la primera versión de un modelo matemático tenga fallas, puesto que existen factores o interrelaciones relevantes que no fueron incorporadas. Además, siempre está presente el error humano al momento de formular e introducir información. Estas circunstancias no se pueden eludir dadas las dificultades de comunicación y comprensión de todos los aspectos y sutilezas de un problema operacional complejo, así como la dificultad de recolectar datos confiables. Por

esta razón, el modelo debe probarse exhaustivamente para identificar y corregir la mayor cantidad de errores. A partir de aquí, se comienza un proceso iterativo para mejorar el modelo y asegurar su validez.

Para llevar a cabo la verificación del modelo y validar que este funciona correctamente, se utilizó analógicamente un proceso de validación aplicado en las hojas de cálculo (por su semejanza con el desarrollo e introducción del modelo en LINGO). Esta validación es desarrollada (ver Ilustración 24) por Baker & Powell (2007) en su libro *The art of modeling with spreadsheets* y es explicada a continuación:

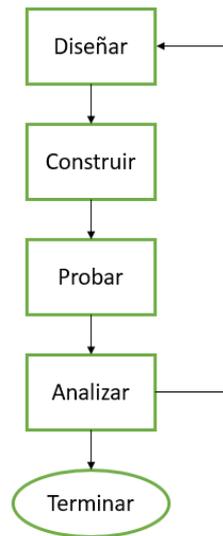


Ilustración 24. Validación del modelo.
Fuente: Adaptado de Baker & Powell (2007).

Comenzar un modelo de cero resulta una tarea difícil y más si no se cuenta con una estrategia que te pueda apoyar en su construcción. Por esta razón, se empleó el flujograma de Baker y Powell (2007) para orientar y evitar errores en los que se cae con frecuencia.

1. **Diseño de un modelo:** debe comenzar por formalizar la estructura de lo que queremos representar: las variables que se van a utilizar, su posición, su relación lógica con las demás variables, el formato. Diseñar un formato que sea fácil de entender y que pueda comunicar su información por sí mismo.
2. **Construcción del modelo:** tiene la finalidad de evitar la introducción de errores. Muchos softwares brindan muchas herramientas que te permiten llevar a cabo este paso. Su objetivo principal se enfoca en la captura de datos e introducción de fórmulas.
3. **Probar el modelo:** una estrategia funcional es la utilización de valores de los cuales se puede predecir su resultado, así se puede comparar que realmente está arrojando los datos esperados. Se debe tomar en cuenta que el modelo puede estar mal, por esto, siempre se debe corroborar cada uno de los resultados hasta estar seguro de que la información que arroja es la correcta.
4. **Análisis del modelo:** después de haber realizado todas las etapas cuidadosamente, el siguiente paso consiste en llevar a cabo un análisis que sea confiable para ciertas

situaciones. A continuación, se brindan algunos ejemplos que puedes seguir para hacer un análisis:

- Análisis del Caso Base
- Análisis del “¿qué pasaría sí?”
- Análisis del punto de equilibrio
- Análisis de optimización
- Análisis de simulación

Durante esta etapa se desarrollaron cada uno de los puntos expuestos hasta obtener un resultado coherente del modelo. El análisis del modelo se llevará a cabo en el capítulo 4 a partir de un análisis de simulación.

3.5 PREPARACIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL MODELO PRESCRITO POR LA ADMINISTRACIÓN

En el punto anterior se explicaron los pasos que se siguieron para verificar y validar este modelo matemático, el siguiente paso consiste en documentar lo que se ha hecho y como se ha logrado, así como los métodos de aplicación de la investigación. Este paso será omitido, ya que la explicación, formulación, desarrollo y aplicación del modelo están descritas en esta tesis. Para formalizar la metodología de aplicación de esta investigación en el sistema real, se va a trabajar con el Jefe de Operaciones para que sea diseñado acorde a sus necesidades. Como es un caso de estudio, su implementación será llevada a un modelo de simulación, en donde se verá el impacto y el resultado de esta investigación a partir de dos escenarios: un escenario actual o la manera en cómo se está manejando el almacén actualmente y un escenario donde se aplique la política de almacenamiento basada en clases y la asignación de cada uno de los espacios del almacén en función del resultado obtenido por LINGO. La implementación será abordada y explicada en el capítulo 4.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA DE ALMACENAMIENTO BASADA EN CLASES

El análisis y solución de un problema se ve reflejado en su implementación, etapa que culmina cada uno de los esfuerzos realizados por parte de las personas involucradas en la solución del problema (Hillier & Lieberman 2010). La implementación consiste en aplicar cada una de las soluciones propuestas para alcanzar los objetivos que detonaron este trabajo. Sin embargo, el análisis y los resultados obtenidos en esta investigación no se van a aplicar en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas, al menos no en un tiempo inmediato, por esta razón se decidió aplicar la política de almacenamiento basada en clases en un modelo de simulación, donde se contrastan dos escenarios: el primer escenario brinda un acercamiento del trabajo del almacén hoy en día; y el segundo escenario describe el contenido de la política de almacenamiento que se expone y se explica en esta tesis.

4.1 MODELO DE SIMULACIÓN

Un modelo de simulación es una herramienta utilizada para dar solución a problemas del mundo real que no permiten encontrar una solución mediante la experimentación porque resultan ser costosos, imposibles o peligrosos (Borshchev 2013). Por esta razón, se construye un modelo que describe el comportamiento del sistema real, a partir de detalles que se consideran importantes para el sistema, desechando los que se consideran irrelevantes. Esto hace que el modelo sea menos complejo que el original. Una vez construido el modelo, en él se puede comenzar a explorar y entender la estructura, así como el comportamiento del sistema original; probar cómo se comporta el sistema bajo ciertas condiciones, jugar y comparar diferentes escenarios para optimizarlo (Borshchev 2013). Existen tres métodos de simulación: dinámica de sistemas, modelación de eventos discretos y modelación basada en agentes. La elección del método debe basarse en el sistema modelado y el propósito de la modelación. El modelo propuesto en esta tesis es una modelación de eventos discretos, ya que está planteado a partir de una serie de procesos y una secuencia de operaciones, las cuales son desarrolladas por entidades (Borshchev 2013). El simulador que se va a usar para la modelación de los dos sistemas es AnyLogic 8.0.5 Personal Learning Edition. Un Simulador estudiantil que se encuentra limitado por la creación de 50,000 agentes y un máximo de 200 recursos.

4.2 SIMULACIÓN DEL ALMACÉN 2500

La simulación del almacén 2500 se desarrollará en dos etapas: la primera etapa mostrará un panorama del trabajo diario que se realiza en el almacén; la segunda etapa mostrará la política de almacenamiento basada en clases explicada en el Capítulo 3 de esta tesis para que al final se comparen los resultados y se observen las mejoras de esta nueva propuesta.

4.2.1 MODELACIÓN DEL SISTEMA

La modelación del sistema comenzó con el establecimiento de los racks y los espacios que se tienen dispuestos para almacenar producto que no tiene cabida en los racks. En la Ilustración 25 se muestra la distribución que se usó para acomodar los racks y espacios vacíos.

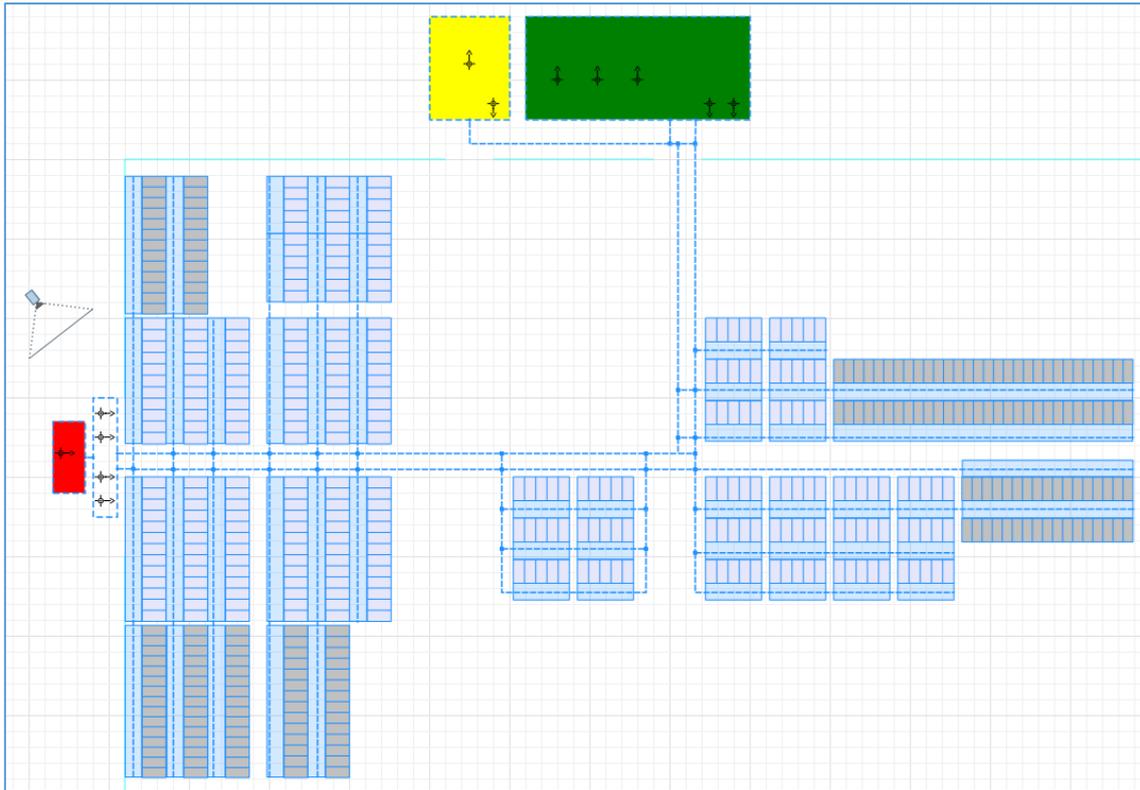


Ilustración 25. Distribución del almacén en Anylogic.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Los racks usados para simular el almacén son descritos por un recurso llamado “Pallet Rack” y están divididos en dos colores: los racks de color azul representan los racks fijos del almacén y los racks de color gris representan los espacios que se tienen disponibles para almacenar producto en piso. El espacio calculado de racks en color azul es de 4228, ya que cada fila de racks tiene la capacidad de almacenar entre 14 y 15 tarimas dependiendo del tamaño de la misma. Para los racks en color gris, se propuso una cantidad aproximada de 3120 espacios, definida por el conteo que se realizó durante las visitas programadas. Las líneas punteadas en la Ilustración 25 representan el camino que pueden seguir los montacargas para cargar y descargar producto. El recuadro rojo de lado izquierdo representa el área de producción o el área donde se generan las tarimas que serán almacenadas en los racks; el recuadro verde que se encuentra localizado en la parte posterior representa el área de carga de los camiones y el recuadro de color amarillo que se encuentra de su lado izquierdo representa el área donde se reciben las tarimas que son compradas o que provienen de Cuautla.

Una vez establecidos los racks, se definieron los recursos que transportarán las tarimas, es decir, los montacargas. Para describir el comportamiento del montacargas se empleó un recurso llamado “Resource Pool” (ver Ilustración 26) que permite establecer una cantidad de montacargas para realizar la carga y descarga de tarimas. Este recurso tiene la imagen del montacargas como se ve en la Ilustración 26 y se crearon tres tipos diferentes de “Resource Pool”, uno que describe el trabajo realizado por los montacargas de producción (4 recursos), otro que describe el comportamiento de los montacargas de

picking (2 recursos) y otro que describe el comportamiento del montacargas de compras (1 recurso).

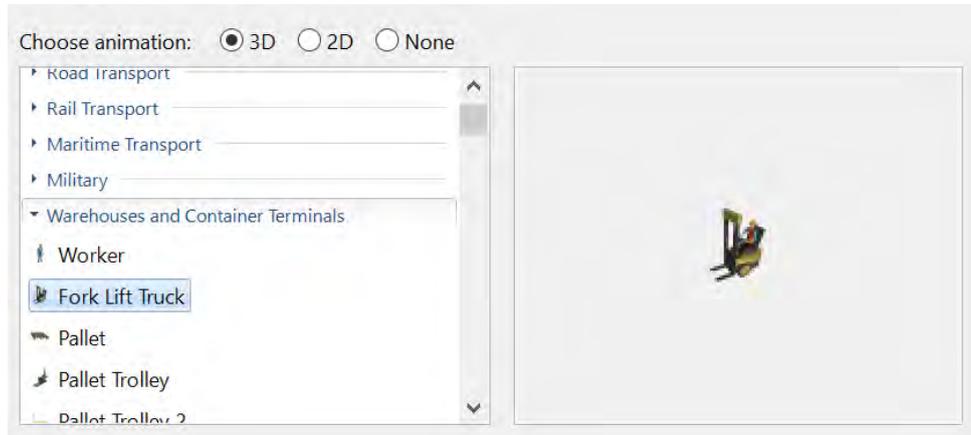


Ilustración 26. Recurso empleado para los montacargas.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Las características del “Resource Pool” se muestran en la Ilustración 26, la cantidad de montacargas contenidos, la velocidad del recurso, la localización del recurso y las actividades que realizarán una vez terminada su tarea.

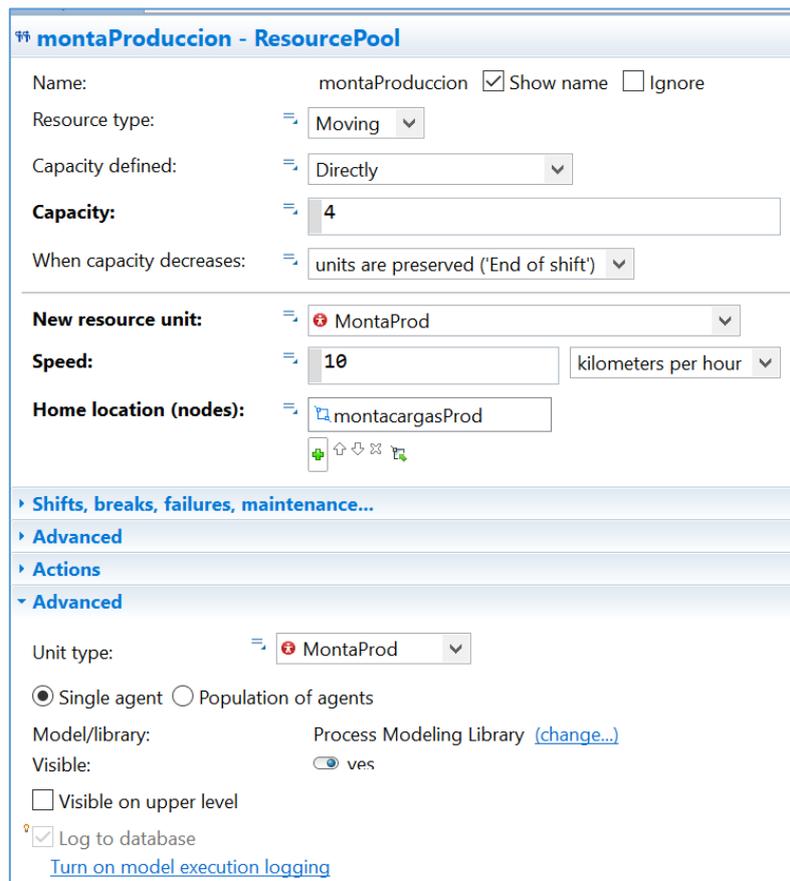


Ilustración 27. Características del montacargas.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Para describir el comportamiento de las tarimas se usó un “Agent Type” el cual es generado en dos áreas distintas, dependiendo su origen o procedencia: producción o

compras/Cuautla. La Tabla 14 (para revisar información completa, ver Anexo L) muestra los datos que se ingresaron para determinar el comportamiento de las tarimas:

Tabla 14. Procedencia y destino para cada SKU empleados en Anylogic.
Fuente: Elaboración propia (2017)

Número	SKU	Origen		Destino		Tiempo de espera en el almacén (días)
		Producción (tarimas)	Cuautla/Compras (tarimas)	Almacén (tarimas)	Piso (tarimas)	
1	800001	0	2	0	2	3,6000
2	800002	0	30	0	30	0,2074
3	800004	721	217	938	0	0,0067
...						
231	809010	0	0	0	0	89,3510
232	851009	61	24	85	0	0,0743
233	851036	0	3	0	3	2,2336

En la Tabla 14 se describen las siguientes columnas:

- SKU: El SKU de cada uno de los productos;
- Origen: Área donde son generadas las tarimas: producción o Cuautla/compras. Es un valor ajustado por la limitada capacidad de la versión de prueba del simulador;
- Destino: Área donde son almacenadas las tarimas: rack o piso (el rack o piso destino dependen de cada uno de los modelos). De igual manera, este dato fue ajustado por la capacidad del simulador;
- Tiempo de espera en el almacén: Describe el tiempo que cada tarima permanece en el almacén antes de ser tomado por el montacargas de picking para su salida.

La secuencia de la lógica del almacenamiento, espera en el almacén y picking de las tarimas se muestra a continuación en la Ilustración 28.



Ilustración 28. Lógica del movimiento de las tarimas.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Esta secuencia comienza con un recurso llamado “Source”, el cual permite generar los agentes (tarimas) con las que va a trabajar la simulación. Las propiedades que contiene este recurso son las que se muestran en la Ilustración 29 y que corresponden al nombre del recurso, la cantidad de agentes fabricados en un lapso de tiempo o a partir de una distribución de probabilidad, la localización u hogar de los agentes, así como su velocidad.

p800004 - Source

Name: p800004 Show name Ignore

Arrivals defined by: Rate

Arrival rate: 201 per day

Set agent parameters from DB:

Multiple agents per arrival:

Limited number of arrivals:

New agent: Producto

Location of arrival: Network / GIS node

Node: Produccion

Speed: 10 kilometers per hour

▶ **Advanced**

▶ **Actions**

▼ **Advanced**

Agent type: Producto

Ilustración 29. Propiedades del recurso "Source".
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Después de crear los agentes con los que va a trabajar la simulación, el siguiente paso consiste en definir como serán almacenadas las tarimas y en dónde. Esta operación esta descrita por el recurso "RackStore" y sus propiedades se muestran en la Ilustración 30. Aquí se programa el movimiento de las tarimas para que sean almacenadas en un determinado rack, además, se especifica quien llevara a cabo la acción de transportar las tarimas hacia su destino.

rackB204 - RackStore

Name: rackB204 Show name Ignore

Pallet rack / Rack system: B2

The cell is: Chosen automatically

Choose cell closest to: Back of storage/zone

Move agent to: cell (with elevation)

Elevation time per level: 0 seconds

Use delay:

Delay time: 7.1 seconds

Agent location (queue): montacargasProd

▼ **Resources**

Use resources to move:

Resource sets (alternatives): montaProduc... 1

↑ ↓ ×

Add list

Move at the speed of resource:

Moving resource: montaProduccion

Ilustración 30. Propiedades del recurso "RackStore".
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Con un “Delay” se simula el tiempo de espera que cada tarima tiene en el almacén y es la información presentada en la Tabla 14. Cada producto tiene una rotación diferente dentro del almacén. Las propiedades de cada tiempo de espera se muestran en la Ilustración 31.

delayB204 - Delay

Name: delayB204 Show name Ignore

Type: Specified time
 Until stopDelay() is called

Delay time: 0.0067 days

Maximum capacity:

Agent location: [dropdown]

Ilustración 31. Propiedades del recurso “Delay”.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Una vez que cada tarima cumple su tiempo de espera en el almacén, esta debe ser tomada por un recurso (montacargas) para ser llevada al área de carga. Esta operación es realizada con el recurso “RackPick” y sus propiedades se pueden observar en la Ilustración 32. Donde se configura el destino de la tarima, la velocidad del recurso, así como el recurso que llevará a cabo esta operación.

pickB204 - RackPick

Name: pickB204 Show name Ignore

Pallet rack / Rack system: B2

Destination is: Network node

Node: Embarque

Use delay:

Delay time: 7.1 seconds

Take agent from: cell (with elevation)

Drop time per level: 0 seconds

Resources

Use resources to move:

Resource sets (alternatives): picking 1

Add list

Ilustración 32. Propiedades del recurso “RackPick”.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

Para finalizar la secuencia de operaciones realizadas por las tarimas se tiene que terminar la programación con un “Sink” un recurso empleado para finalizar las tareas y desaparecer los agentes. Sus propiedades se pueden observar en la Ilustración 33.

sink - Sink

Name: sink Show name Ignore

Actions

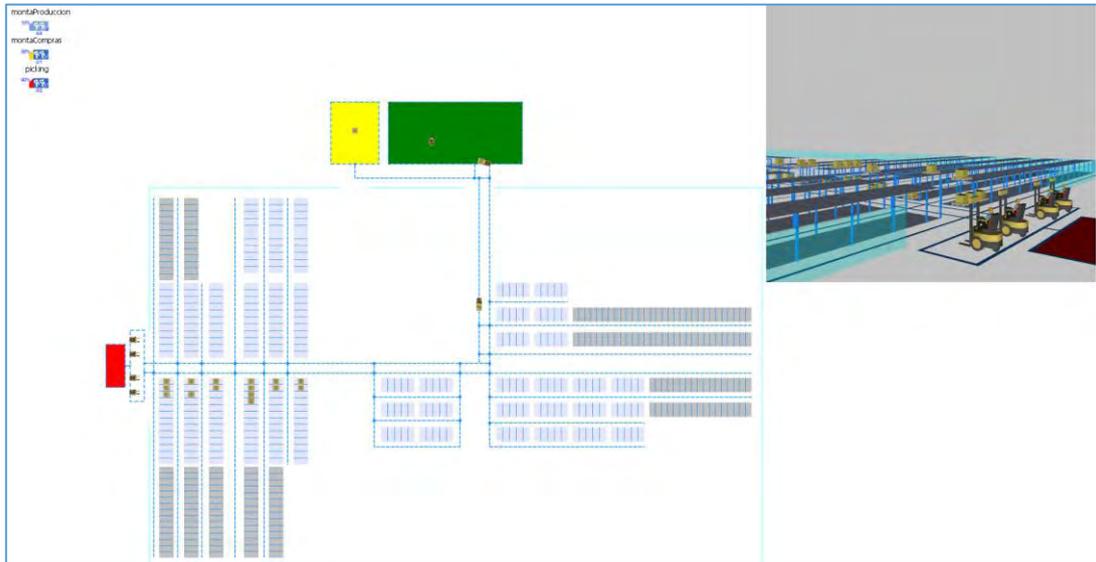
Advanced

Agent type: Producto

Ilustración 33. Propiedades del recurso “Sink”.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).

4.2.2 MODELACIÓN CON EL ESCENARIO ACTUAL

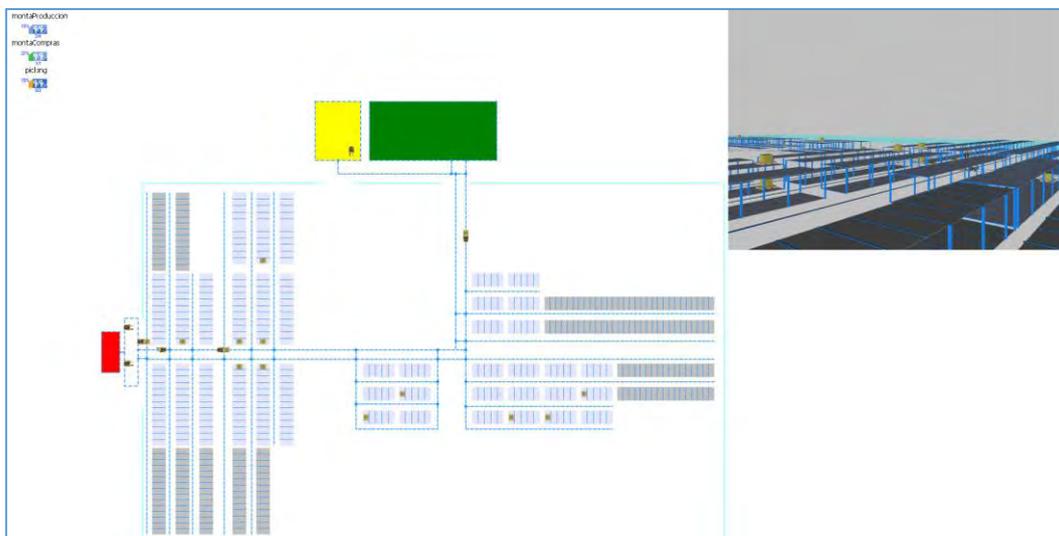
La modelación del escenario actual está basada en la Ilustración 8 del Capítulo 1 y los datos de la Tabla 14. Por la capacidad del simulador sólo se trabajó con aproximadamente el 30% de los datos del almacén; sin embargo, esto dio resultados favorables para la tesis. La simulación de este escenario se puede apreciar en la Ilustración 34.



*Ilustración 34. Simulación con el Escenario Actual.
Fuente: Anylogic 8.0.5 Personal Learning Edition (2017).*

4.2.3 MODELACIÓN CON LA POLÍTICA DE ALMACENAMIENTO BASADA EN CLASES

De igual manera, la información que fue procesada en la simulación fue solo de aproximadamente el 30% de los datos proporcionados por el almacén, obteniendo con esto resultados positivos para la tesis. La distribución de esta simulación está basada en la política de almacenamiento basada en clases desarrollada en el Capítulo 3 y se puede apreciar en la Ilustración 35.



*Ilustración 35. Simulación con la política de almacenamiento basada en clases.
Fuente: Anylogic Personal Learning Edition (2017).*

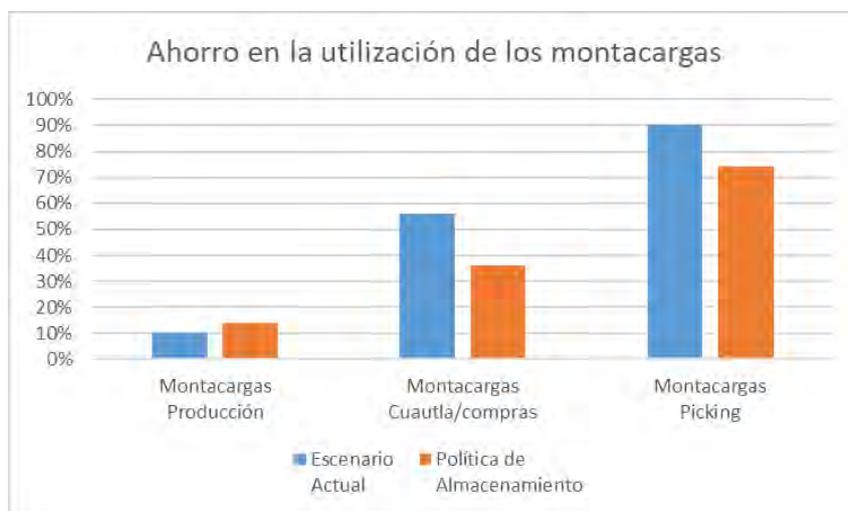
4.3 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Cada modelo de simulación se configuró para ejecutarse por 20 días. Los datos que presentó Embotelladora las Margaritas eran un acumulado de tres meses, sin embargo, se decidió ejecutar el programa únicamente por 20 días debido a la limitación de generación de agentes. Los resultados obtenidos de los dos modelos de simulación se pueden apreciar en la Tabla 15 presentada a continuación:

*Tabla 15. Resultados de la simulación.
Fuente: Elaboración propia (2017)*

	Escenario Actual	Política de Almacenamiento	Resultados
Montacargas Producción	10%	14%	-4%
Montacargas Cuautla/compras	56%	36%	20%
Montacargas Picking	90%	74%	16%

La Tabla 15 contrasta la utilización de cada uno de los montacargas con los que cuenta el almacén. Como se puede observar, en el escenario actual los montacargas de producción tienen un porcentaje de ocupación menor en 4% que los mismos montacargas con la política de almacenamiento. Sin embargo, los montacargas de Cuautla/compras y picking tienen un porcentaje de ocupación menor con la política de almacenamiento comparando los mismos montacargas con el escenario actual dando un valor de 20% y 16% respectivamente. Esto quiere decir que la política de almacenamiento tiene un impacto positivo en la gestión de los montacargas del almacén. Como se había mencionado en el Capítulo 2, de las cuatro actividades logísticas de un almacén, el order picking es la actividad que más demanda recursos y aquí se está presentando un 16% de ahorro. En la Ilustración 36 se muestra ilustrativamente lo que se acaba de explicar:



*Ilustración 36. Ahorro en la utilización de montacargas.
Fuente: Elaboración propia (2017).*

RECOMENDACIONES

Con los resultados obtenidos y la investigación que se realizó en el almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas se proponen algunas recomendaciones para aprovechar de mejor manera los recursos con los que cuentan. Cabe mencionar que el modelo de simulación se corrió únicamente con aproximadamente el 30% de la demanda del almacén y sólo se contemplaron las operaciones de las actividades logísticas, haciendo a un lado otro tipo de operaciones como las realizadas por los montacargas de producción, quienes también están encargados de abastecer de materia prima a cada una de sus líneas. Las recomendaciones son las siguientes:

1. Orden y limpieza: sin duda alguna, uno de los aspectos más importantes a considerar, ya que de esto depende mantener la seguridad en el almacén y la eficiencia en la búsqueda de objetos.
2. Respetar los lugares asignados: al respetar el lugar de cada producto, el cumplimiento de la orden de carga será inmediato porque los montacarguistas tendrán el plano exacto del almacén y la ubicación de productos.
3. Combinar dos políticas de almacenamiento: la política de almacenamiento aleatorio y la política de almacenamiento basada en clases. Como la demanda de los productos está regida por temporalidades, si se mantiene un lugar específico para cada producto, se desperdiciarían espacios. Por esta razón, los productos que comparten la misma categoría deben ser almacenados en el mismo sitio para aprovechar al máximo los espacios que se tienen y más cuando la capacidad del almacén está al límite con la demanda de sus productos.
4. Definir cada una de las actividades de los montacargas de producción puesto que, al ser asignados a cada línea, existen tiempos muertos que se pueden utilizar en otras actividades como apoyo a los montacargas de preparación de pedido. El almacén cuenta únicamente con dos montacargas para esta actividad y es una de las actividades de mayor demanda de recursos en el almacén.
5. En entrevista con el personal del almacén se mencionó que el registro de la ubicación de cada producto es controlado por ellos mismos y que la información es transmitida turno a turno. Para mejorar este aspecto se considera llevar a cabo la política de almacenamiento basada en clases.
6. Los productos de mayor demanda deben estar almacenados en los racks del primer nivel, ya que son los racks que demandan menos tiempo y tienen mejor accesibilidad.
7. El almacén cuenta con dos puertas de acceso, se debería considerar la opción de mantener abiertas las dos puertas para mejorar el tráfico de montacargas y llevar a cabo recorridos más cortos.

Estas son algunas de las recomendaciones obtenidas durante las visitas realizadas a la Embotelladora, así como del análisis realizado para resolver el problema.

CONCLUSIONES

El almacén 2500 de Embotelladora las Margaritas tiene un sistema de almacenamiento que presenta muchas áreas de oportunidad. El estudio que se realizó en esta tesis expone las aplicaciones de algunas herramientas de Investigación de Operaciones que han mostrado analíticamente una mejoría en la eficiencia del lugar con la implementación de una política de almacenamiento basada en clases y probada en un modelo de simulación que representa las condiciones del trabajo diario del almacén actualmente. A partir de un problema de transporte y la combinación teórica de los diferentes tipos de almacenamiento, se llegó a la conclusión de clasificar cada uno de los productos en tres categorías diferentes “A, B, C”; así como su asignación a cada espacio del almacén. Una de las etapas que generan mayor costo en el almacén es la preparación de pedido con un impacto de entre el 55 a 75% como se mencionó en el capítulo 2. La solución a este problema hace énfasis en esta etapa del almacenamiento, ya que reduce en un 16% una de las herramientas más utilizadas para su operación, que es la ocupación de los montacargas. Actualmente sólo se tienen dos montacargas para llevar a cabo esta actividad y dependiendo de la carga de trabajo, solicitan apoyo al montacargas encargado de recibir las compras y el producto proveniente de Cuautla. Es así como dos y parcialmente tres montacargas realizan la carga de los camiones que van dirigidos a los CEDIS de Corporación RICA.

El trabajo de investigación utilizó un problema de transporte para enrutar a cada uno de los productos en sus diferentes destinos en el almacén a partir de la suma de dos rutas: la ruta de las áreas de recepción al espacio del almacenamiento y la ruta del espacio del almacenamiento al área de carga. Esta combinación dio como resultado un valor en tiempo y el modelo encontró las rutas más cortas para almacenar los productos de mayor proporción en el almacén. De esta manera el modelo dio prioridad a los productos de mayor demanda a ser almacenados en las áreas más próxima al punto de carga y de este modo, disminuir la utilización de los montacargas encargados de esta labor. Así mismo, se aplicó esta nueva ubicación en un modelo de simulación que representa las entradas y salidas del almacén 2500 para validar su impacto, dando como resultado una disminución en la utilización de los montacargas. La solución del problema siguió una optimización-simulación en donde: con un método exacto se encontraron los valores óptimos del modelo de transporte, los cuales fueron aplicados en un modelo de simulación como método de validación del modelo de transporte. La simulación es una herramienta muy poderosa que permite observar el comportamiento de un sistema y ver los cambios que presenta si alguno de sus elementos es alterado. Sirve como un medio que vislumbra el impacto de alguna decisión sin tener que llevarla al sistema real. Con esto se concluye que analíticamente se obtuvieron resultados favorables en el almacén 2500 disminuyendo la utilización de los montacargas.

ANEXO A. Envíos realizados por el almacén 2500 a sus diferentes CEDIS

No. de Producto	SKU	Nombre del Producto	Venta trimestral (Tarimas)
1	800001	CC 355 ML VR 24 B	25
2	800002	CC 500 ML VR 24 B	434
3	800004	CC 3 LT PNR 9 B	13383
4	800006	CC 355 ML ALN 24 B	1486
5	800007	CC 2 LT PNR 9B	10055
6	800010	CC 600 ML PNR 24 B	5481
7	800012	CC 1LT PNR 12 B	3286
8	800016	CC 1.5 LT PNR 12 B	83
9	800017	CC 2.5 LT PNR 9 B	16
10	800029	MPK CC 355 ML ALN 6 B	33
11	800031	CC 400 ML PNR 24 B	1334
12	800034	CC 1.25 LT PNR 12 B	9
13	800038	CC 473 ML ALN 24 B	43
14	800039	MPK CC 600 ML PNR 4 B	441
15	800040	MPK CC 2 PNR 2 B 2	232
16	800055	CC 2.5 LT PR 8 B	470
17	800056	CC 2 LT PR 8 B	51
18	800057	CC 500 ML PNR 12 B	599
19	800068	CC 300ML PNR 24 B	3240
20	800071	CC 1.5 LT PR 12 B	182
21	800072	CC 235 ML ALN 24B	242
22	800074	MPK CC 235 ML ALN 8B	66
23	800087	CC 235ml VNR 24B	23
24	800201	CC L 355 ML ALN 24 B	124
25	800210	CC L 2 LT PNR 6 B	2
26	800211	CC L 600ML PNR 12 B	799
27	800214	MPK CC L 355 ML ALN 6 B	12
28	800222	CCL 300ml PNR 12 B	50
29	800226	CC Light 235ml VNR 24B	1
30	800302	FTA NJA 355 ML ALN 24 B	10
31	800307	FTA NJA 600 ML PNR 12 B	610
32	800315	MPK FTA NJA 355 ML ALN 6 B	3
33	800316	FTA NJA 400 ML PNR 12 B	116
34	800328	FTA NJA 2 LT PR 8 B	11
35	800330	FTA NJ 3 LT PNR 4	77
36	800334	FTA Naranja 2L PNR 4B	777
37	800336	FANTA NJA 235ml ALN 6B	16
38	800503	FTA FRE 600 ML PNR 12 B	358
39	800517	FTA Fresa 2lt PNR 4B	485
40	800803	FCA 355 ML ALN 24 B	16
41	800808	FCA 600 ML PNR 12 B	507
42	800816	MPK FCA 355 ML ALN 6 B	3
43	800825	FCA 3 LT PNR 4	51

44	800830	FKA 2LT PNR 4B	986
45	801002	SPT 355 ML ALN 24 B	26
46	801008	SPT 600 ML PNR 12 B	601
47	801015	MPK SPT 355 ML LATA 6 B	4
48	801016	SPT 400 ML PNR 12 B	119
49	801026	SPT 3 LT PNR 4	31
50	801029	SPRITE 2 LT PR 8 B	6
51	801032	SPRITE 2L PNR 4B	728
52	801033	SPRITE 235ml ALN 6B	9
53	801202	LFT BY MDT 600 ML PNR 12 B	288
54	801229	LFT BY MDT 3 LT PNR 4 B	94
55	801233	LIFT by Mundet 2lt PNR 4B	650
56	801305	DWP 355 ML ALN 24 B	16
57	801307	DWP 600 ML PNR 12 B	897
58	801401	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	2851
59	801402	CIELP 600 ML PNR 24 B	1896
60	801403	CIELP 1 LT PNR 12 B	3061
61	801404	CIELP 5 LT PNR 4 B	1521
62	801436	CIELP GARRAFON 20 LT	12921
63	801468	MPK CIELP 600 ML PNR 6 B	3
64	801505	CIELM 600 ML PNR 12 B	331
65	801506	CIELM 2 LT PNR 6 B	290
66	801507	CIELM 355 ML ALN 12 B	41
67	801513	CIELM 235 ML ALN 12B	2
68	801536	CIEL MINI C/J MZA 300ML PNR 6B	17
69	801537	CIEL MINI C/J NJA 300ML PNR 6B	13
70	801538	CIEL MINI C/J UVA 300ML PNR 6B	17
71	801539	CIEL MINI C/J MNG 300ML PNR 6B	13
72	801540	CIEL P 355 ML PNR 24B	94
73	801543	C EXP LIMON 600 ML 12B	10
74	801544	C EXP JAMAICA 600 ML 12B	8
75	801545	C EXP MANDARINA 600 ML 12B	4
76	801546	C EXP LIMON 1 LT 6B	12
77	801547	C EXP JAMAICA 1 LT 6B	4
78	801551	C EXP MANDARINA 1 LT 6B	20
79	801552	C EXP MORAS 1 LT 6B	31
80	801553	C EXP LIMON 1.5 LT 6B	8
81	801554	C EXP JAMAICA 1.5 LT 6B	3
82	801555	C EXP MANDARINA 1.5 LT 6B	9
83	801556	C EXP MORAS 1.5 LT 6B	27
84	801557	C EXP MIX 600 ML PNR 12B	36
85	801558	C EXP MIX 1 LT PNR 6B	49
86	801559	C EXP MIX 1.5 LT PNR 6B	58
87	801568	Ciel Mini Uva 125ml TP 10B	1
88	801569	Ciel Mini Mza 125ml TP 10B	0
89	801571	Ciel Mini Mza 125ml TP 10BSAMPLING	1

90	801828	PWD FTS500 ML PNR 6 B	53
91	801829	PWD MOR 500 ML PNR 6 B	172
92	801831	PWD LMN-LMN 500 ML PNR 6 B	28
93	801834	PWD MOR 600 ML PNR 6 B	83
94	801836	PWD LMN-LMN 600 ML PNR 6 B	29
95	801837	PWD FTS600 ML PNR 6 B	45
96	801857	PWD FTS1LT PNR 6 B	67
97	801858	PWD LMN-LMN 1LT PNR 6 B	39
98	801859	PWD MOR 1LT PNR 6 B	121
99	801862	PWD UVA 500 ML PNR 6 B	15
100	801864	PWD MOR 200 ML POUCH 20 B	6
101	801871	PWD ION4 + J NJA 500ML PNR 6 B	24
102	801876	POWERADE ION4 C/JUGO NARANJA 1LT 6BOT	36
103	801882	PWDE ZERO MORAS 600 ML PNR 6B	1
104	801889	PWD ION4 NJA 600ML PNR 6B	17
105	801913	MIX LFTFTAFCASPT 355 ML ALN 24 B	101
106	801990	MPK CC FTA 2 LT PNR 2 B	24
107	801991	MPK CC SPR 2 LT PNR 2 B	17
108	801992	MPK CC L 2 LT PNR 2 B	9
109	801993	MPK FIESTA 4CC2CMIN2FCA 2 LT PNR 8 B	14
110	803111	Joya Tuti-Friti 2lt PNR 4B	302
111	803410	Joya Durazno 2lt PNR 4B	401
112	803703	CC Z 600 ML PNR 12 B	148
113	803708	MPK CC sin Azúcar 355ML ALN 6B	7
114	803709	Coca-Cola sin Azúcar 355ML ALN 12B	15
115	803710	CC Z 2 LT PNR 6 B	30
116	803723	CCZ 300ml PNR 12 B	5
117	803726	Coca Cola sin Azúcar 235ml VNR 6B	19
118	803728	Coca Cola sin Azúcar 3lt PNR 4B(Trad) \$20	52
119	803730	Coca Cola sin Azúcar 1.5lt PNR 4B	146
120	804301	SPT Z 355 ML ALN 12 B	5
121	804603	FKA Sin Azúcar 2lt PNR 4B	25
122	804605	MPK 1CC + 1FKA SA 2lt PNR 2B	25
123	805006	FTI MIX 250 ML PNR 24 B	216
124	805033	DVN MNG1 LT TP 4 B	21
125	805034	DVN DZN 1 LT TP 4 B	22
126	805035	DVJ MNZ 1 LT TP 4 B	5
127	805036	DVN MNZ 1 LT TP 4 B	2
128	805037	DVJ NJA 1 LT TP 4 B	4
129	805038	DVJ UVA 1 LT TP 4 B	3
130	805039	DVJ PÑA 1 LT TP 4 B	10
131	805051	DVN DZNO 250 ML TP 4	16
132	805052	DVN MNG250 ML TP 4	17
133	805053	DVJ MZNA 250 ML TP 4	7
134	805054	DVN MZNA 250 ML TP 4	3
135	805059	DVN MNG 335 ML ALN 1B	6

136	805080	DVN MNG453 ML ALN 6 B	7
137	805142	DVN DZNO 413 ML VNR 12 B	565
138	805143	DVN MNG413 ML VNR 12 B	501
139	805144	DVJ MZNA 413 ML VNR 12 B	24
140	805145	DVN MZNA 413 ML VNR 12 B	24
141	805146	DVN DZNO 250 ML VNR 12 B	64
142	805148	DVN MNG250 ML VNR 12 B	56
143	805150	DVN DZNO 335 ML ALN 12 B	7
144	805151	DVN GYB 335 ML ALN 12 B	3
145	805152	DVN MNG335 ML ALN 12 B	10
146	805174	FTI MGO 250 ML PNR 6 B	19
147	805176	FTI NJA 250 ML PNR 6 B	7
148	805177	FTI FTS250 ML PNR 6 B	8
149	805178	FTI UVA 250 ML PNR 6 B	8
150	805262	MIX Del Valle Néctar Mixto 400ml PBN 6BT	15
151	805602	MPK FIESTA 2CC1CMIN1FCA 2 LT PNR 4B	26
152	805603	MPK 1CC1LFT 2 LT PNR 2 B	23
153	805607	MPK CC FCA 2 LT PNR 2 B	29
154	805612	MPK CC L 600 ML PNR 4 B	2
155	805613	MPK 1CC+1SM 2LT PNR 2 B	85
156	805636	MIX 6FTA+6SM+6JYA TTF+6JYA DUR 355ML VR	27
157	805638	MIX 3SM+2FTA+2SPT+2FCA 2 LT PNR 9 B	721
158	805639	MIX JOYA 2TTF+1DUR+1MAND 3 LT PNR 4 B	7
159	805640	MIX 2SM+2FTA+2SPT+2FCA 235ML ALN 8 B	9
160	805859	YGT BEB FRESA 240g PNR BOT	0
161	805860	YGT BEB GYBA 240g PNR BOT	0
162	805861	YGT BEB DZNO 240g PNR BOT	0
163	805862	YGT BEB MNGO 240g PNR BOT	0
164	805863	YGT BEB MNZA 240g PNR BOT	0
165	805870	CREMA PASTEURIZADA 450ml PNR BOT	0
166	805875	UHT SAB CAPUCCINO 200ML TP BOT	37
167	805876	UHT SAB FRESA 200ML TP BOT	52
168	805877	UHT SAB CHOCOLATE 200ML TP BOT	60
169	805878	UHT SAB VAINILLA 200ml TP BOT	33
170	805879	UHT ENTERA 1LT TP BOT	1217
171	805880	UHT ENTERA 200ML TP BOT	4
172	805881	UHT LIGHT 1LT TP BOT	47
173	805882	UHT DESLACTOSADA 1LT TP BOT	204
174	805894	UHT DESLACTOSADA LIGHT 1LT TP BOT	30
175	805896	UHT SAB MIX 3CHO, 3CAP, 3VAN, 3FRE, 3ENT	3
176	805897	UHT Semidescremada 1LT 1B	19
177	805901	VF CP 600 ML PNR 12 B	884
178	805930	VF CP 1.5 lt PNR 6 B	25
179	805940	VP NJA 400 ML PNR 12 B	20
180	805950	VF CP 3 LT PNR 6 B	78
181	805955	VF MNG600 ML PNR 12 B	276

182	805956	VF GYB 600 ML PNR 12 B	617
183	805977	VF CP 2LT PNR 6 B	409
184	805984	V FRUT CP 355 ML PNR 12B	267
185	805985	Valle Frut Guayaba 355ml PNR 12B	195
186	805986	Valle Frut Uva 355ml PNR 12B	172
187	806051	L&N 235 ML ALN 12B	4
188	806055	L&N 600 ML PNR 12B	333
189	806057	L&N 450 ML ALN 12B	5
190	806060	L&N 2lt PNR 4B	170
191	806151	N&N 235 ML ALN 12B	4
192	806155	N&N 600 ML PNR 12B	412
193	806157	N&N 450 ML ALN 12B	5
194	806160	N&N 2 LT PNR 4B	212
195	806252	JAM&N 600ML PNR 6B	222
196	806253	JAM&N 235ml ALN 12B	18
197	806643	FTEA NGO LMN C/JGO 600ML PNR 6B	21
198	806644	FTEA NGO DZNO C/JUGO 600 ML PNR 6 B	55
199	806647	FTEA V LMN C/JUGO 600 ML PNR 6 B	18
200	806658	FUZE TEA MGO-MZNLLA 222 ML ALN 6B	0
201	806659	FUZE TEA MGO-MZNLLA 600 ML PNR 6B	27
202	806661	FTEA NGO LMN 453ML ALN 6B	1
203	806662	FTEA NGO DZNO 453 ML ALN 6B	2
204	806663	FTEA LIM+DZNO+MNG 453 ML ALN 6B	3
205	806666	MIX FUZE TEA 3MNGMNZ+3NEGDZ 222ML ALN 6B	5
206	806713	GLC MIX MULTISAB 500 ML PNR 6	2
207	806721	GLC VW RESTORE 340 ML ALN 6 BOT	0
208	806806	BURN 450ML ALN 6 B	2
209	806808	BURN BLUE 450ML ALN 6 B	3
210	806816	BURN 235 ML ALN 6 B	2
211	806817	BURN BLUE 235 ML ALN 6 B	3
212	807101	SM 355 ML VR 24 B	14
213	807102	SM 600 ML PNR 12 B	1276
214	807104	SM 355 ML ALN 12 B	32
215	807115	SM 400ml PNR 12	182
216	807116	SM 3 LT PNR 4 BOT	39
217	807117	SIDRAL MUNDET 2 LT RP 8BOT	39
218	807137	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	2250
219	807254	DV NUTRIDEFENSAS NJA 125ML TP 10B	6
220	807255	DV NUTRIDEFENSAS MZ, NJ, DZ 125ML TP 10B	7
221	807401	Monster Energy 473ml ALN 4B	134
222	809006	DVR GRA 1 LT PNR 4 B	5
223	809007	DVR ARA 1 LT PNR 4 B	38
224	809010	DVR ARA 300 ML PNR 6 B	1
225	851009	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	1211
226	851036	Coca-Cola sin Azúcar 235ALN 12B	40

ANEXO B. Tiempo de traslado del área de producción hacia cada uno de los espacios del almacén 2500

Celda	Tiempo (s)								
A11	52,85	C23	54,73	D310	79,39	F111	44,31	H23	68,17
A12	53,89	C24	55,75	D311	80,41	F112	45,31	H24	69,17
A13	54,93	C25	56,77	E11	34,02	F113	46,31	H25	70,17
A14	55,97	C26	57,79	E12	35,02	F21	52,31	H31	84,17
A15	57,01	C27	58,81	E13	36,02	F22	53,31	H32	85,17
A21	70,85	C28	59,83	E14	37,02	F23	54,31	H33	86,17
A22	71,89	C29	60,85	E15	38,02	F24	55,31	H34	87,17
A23	72,93	C210	61,87	E16	39,02	F25	56,31	H35	88,17
A24	73,97	C211	62,89	E17	40,02	F26	57,31	I11	46,57
A25	75,01	C31	70,69	E18	41,02	F27	58,31	I12	47,57
A31	88,85	C32	71,71	E19	42,02	F28	59,31	I13	48,57
A32	89,89	C33	72,73	E110	43,02	F29	60,31	I14	49,57
A33	90,93	C34	73,75	E111	44,02	F210	61,31	I15	50,57
A34	91,97	C35	74,77	E112	45,02	F211	62,31	I21	64,57
A35	93,01	C36	75,79	E113	46,02	F212	63,31	I22	65,57
A41	106,85	C37	76,81	E21	52,02	F213	64,31	I23	66,57
A42	107,89	C38	77,83	E22	53,02	F31	70,31	I24	67,57
A43	108,93	C39	78,85	E23	54,02	F32	71,31	I25	68,57
A44	109,97	C310	79,87	E24	55,02	F33	72,31	I31	82,57
A45	111,01	C311	80,89	E25	56,02	F34	73,31	I32	83,57
B11	46,61	D11	34,21	E26	57,02	F35	74,31	I33	84,57
B12	47,65	D12	35,23	E27	58,02	F36	75,31	I34	85,57
B13	48,69	D13	36,25	E28	59,02	F37	76,31	I35	86,57
B14	49,73	D14	37,27	E29	60,02	F38	77,31	J11	51,6
B15	50,77	D15	38,29	E210	61,02	F39	78,31	J12	52,6
B16	51,81	D16	39,31	E211	62,02	F310	79,31	J13	53,6
B21	64,61	D17	40,33	E212	63,02	F311	80,31	J14	54,6
B22	65,65	D18	41,35	E213	64,02	F312	81,31	J15	55,6
B23	66,69	D19	42,37	E31	70,02	F313	82,31	J21	69,6
B24	67,73	D110	43,39	E32	71,02	G11	42,41	J22	70,6
B25	68,77	D111	44,41	E33	72,02	G12	43,41	J23	71,6
B26	69,81	D21	52,21	E34	73,02	G13	44,41	J24	72,6
B31	82,61	D22	53,23	E35	74,02	G14	45,41	J25	73,6
B32	83,65	D23	54,25	E36	75,02	G15	46,41	J31	87,6
B33	84,69	D24	55,27	E37	76,02	G21	60,41	J32	88,6
B34	85,73	D25	56,29	E38	77,02	G22	61,41	J33	89,6
B35	86,77	D26	57,31	E39	78,02	G23	62,41	J34	90,6
B36	87,81	D27	58,33	E310	79,02	G24	63,41	J35	91,6
C11	34,69	D28	59,35	E311	80,02	G25	64,41	K11	58,09
C12	35,71	D29	60,37	E312	81,02	G31	78,41	K12	59,09
C13	36,73	D210	61,39	E313	82,02	G32	79,41	K13	60,09
C14	37,75	D211	62,41	F11	34,31	G33	80,41	K14	61,09
C15	38,77	D31	70,21	F12	35,31	G34	81,41	K15	62,09

C16	39,79	D32	71,23	F13	36,31	G35	82,41	K21	76,09
C17	40,81	D33	72,25	F14	37,31	H11	48,17	K22	77,09
C18	41,83	D34	73,27	F15	38,31	H12	49,17	K23	78,09
C19	42,85	D35	74,29	F16	39,31	H13	50,17	K24	79,09
C110	43,87	D36	75,31	F17	40,31	H14	51,17	K25	80,09
C111	44,89	D37	76,33	F18	41,31	H15	52,17	K31	94,09
C21	52,69	D38	77,35	F19	42,31	H21	66,17	K32	95,09
C22	53,71	D39	78,37	F110	43,31	H22	67,17	K33	96,09
Celda	Tiempo (s)								
K34	97,09	R15	55,44	U215	78,46	V27	71,33	Z110	62,32
K35	98,09	R16	56,4	U31	84,14	V28	72,27	Z111	63,2
L11	63,85	R17	57,36	U32	85,02	V29	73,21	Z112	64,08
L12	64,85	R18	58,32	U33	85,9	V210	74,15	Z113	64,96
L13	65,85	R19	59,28	U34	86,78	V211	75,09	Z114	65,84
L14	66,85	R110	60,24	U35	87,66	V212	76,03	Z115	66,72
L15	67,85	R111	61,2	U36	88,54	V213	76,97	Z116	67,6
L21	81,85	R112	62,16	U37	89,42	V214	77,91	Z117	68,48
L22	82,85	R113	63,12	U38	90,3	W11	65,91	Z118	69,36
L23	83,85	R21	69,6	U39	91,18	W12	66,83	Z119	70,24
L24	84,85	R22	70,56	U310	92,06	W13	67,75	Z120	71,12
L25	85,85	R23	71,52	U311	92,94	W14	68,67	Z121	72
L31	99,85	R24	72,48	U312	93,82	W15	69,59	Z122	72,88
L32	100,85	R25	73,44	U313	94,7	W16	70,51	Z123	73,76
L33	101,85	R26	74,4	U314	95,58	W17	71,43	Z124	74,64
L34	102,85	R27	75,36	U315	96,46	W18	72,35	Z125	75,52
L35	103,85	R28	76,32	U41	102,14	W19	73,27	Z126	76,4
M11	35,6	R29	77,28	U42	103,02	W110	74,19	Z127	77,28
M12	36,6	R210	78,24	U43	103,9	W111	75,11	Z128	78,16
M13	37,6	R211	79,2	U44	104,78	W112	76,03	Z129	79,04
M14	38,6	R212	80,16	U45	105,66	W113	76,95	Z130	79,92
M15	39,6	R213	81,12	U46	106,54	W114	77,87	Z21	72,4
M21	53,6	U11	48,14	U47	107,42	W115	78,79	Z22	73,28
M22	54,6	U12	49,02	U48	108,3	W116	79,71	Z23	74,16
M23	55,6	U13	49,9	U49	109,18	W117	80,63	Z24	75,04
M24	56,6	U14	50,78	U410	110,06	W21	83,91	Z25	75,92
M25	57,6	U15	51,66	U411	110,94	W22	84,83	Z26	76,8
M31	71,6	U16	52,54	U412	111,82	W23	85,75	Z27	77,68
M32	72,6	U17	53,42	U413	112,7	W24	86,67	Z28	78,56
M33	73,6	U18	54,3	U414	113,58	W25	87,59	Z29	79,44
M34	74,6	U19	55,18	U415	114,46	W26	88,51	Z210	80,32
M35	75,6	U110	56,06	V11	47,69	W27	89,43	Z211	81,2
N11	41,36	U111	56,94	V12	48,63	W28	90,35	Z212	82,08
N12	42,36	U112	57,82	V13	49,57	W29	91,27	Z213	82,96
N13	43,36	U113	58,7	V14	50,51	W210	92,19	Z214	83,84
N14	44,36	U114	59,58	V15	51,45	W211	93,11	Z215	84,72

N15	45,36	U115	60,46	V16	52,39	W212	94,03	Z216	85,6
N21	59,36	U21	66,14	V17	53,33	W213	94,95	Z217	86,48
N22	60,36	U22	67,02	V18	54,27	W214	95,87	Z218	87,36
N23	61,36	U23	67,9	V19	55,21	W215	96,79	Z219	88,24
N24	62,36	U24	68,78	V110	56,15	W216	97,71	Z220	89,12
N25	63,36	U25	69,66	V111	57,09	W217	98,63	Z221	90
N31	77,36	U26	70,54	V112	58,03	Z11	54,4	Z222	90,88
N32	78,36	U27	71,42	V113	58,97	Z12	55,28	Z223	91,76
N33	79,36	U28	72,3	V114	59,91	Z13	56,16	Z224	92,64
N34	80,36	U29	73,18	V21	65,69	Z14	57,04	Z225	93,52
N35	81,36	U210	74,06	V22	66,63	Z15	57,92	Z226	94,4
R11	51,6	U211	74,94	V23	67,57	Z16	58,8	Z227	95,28
R12	52,56	U212	75,82	V24	68,51	Z17	59,68	Z228	96,16
R13	53,52	U213	76,7	V25	69,45	Z18	60,56	Z229	97,04
R14	54,48	U214	77,58	V26	70,39	Z19	61,44	Z230	97,92

ANEXO C. Tiempo de traslado del área de compra hacia cada uno de los espacios del almacén 2500

Celda	Tiempo (s)								
A11	86,16	C23	100,08	D310	111,38	F111	77,9	H23	74,75
A12	87,2	C24	101,08	D311	112,38	F112	78,9	H24	75,75
A13	88,24	C25	102,08	E11	81,516	F113	79,9	H25	76,75
A14	89,28	C26	103,08	E12	82,516	F21	85,9	H31	90,75
A15	90,32	C27	104,08	E13	83,516	F22	86,9	H32	91,75
A21	104,16	C28	105,08	E14	84,516	F23	87,9	H33	92,75
A22	105,2	C29	106,08	E15	85,516	F24	88,9	H34	93,75
A23	106,24	C210	107,08	E16	86,516	F25	89,9	H35	94,75
A24	107,28	C211	108,08	E17	87,516	F26	90,9	I11	46,82
A25	108,32	C31	116,08	E18	88,516	F27	91,9	I12	47,82
A31	122,16	C32	117,08	E19	89,516	F28	92,9	I13	48,82
A32	123,2	C33	118,08	E110	90,516	F29	93,9	I14	49,82
A33	124,24	C34	119,08	E111	91,516	F210	94,9	I15	50,82
A34	125,28	C35	120,08	E112	92,516	F211	95,9	I21	64,82
A35	126,32	C36	121,08	E113	93,516	F212	96,9	I22	65,82
A41	140,16	C37	122,08	E21	99,516	F213	97,9	I23	66,82
A42	141,2	C38	123,08	E22	100,516	F31	103,9	I24	67,82
A43	142,24	C39	124,08	E23	101,516	F32	104,9	I25	68,82
A44	143,28	C310	125,08	E24	102,516	F33	105,9	I31	82,82
A45	144,32	C311	126,08	E25	103,516	F34	106,9	I32	83,82
B11	79,92	D11	66,38	E26	104,516	F35	107,9	I33	84,82
B12	80,96	D12	67,38	E27	105,516	F36	108,9	I34	85,82
B13	82	D13	68,38	E28	106,516	F37	109,9	I35	86,82
B14	83,04	D14	69,38	E29	107,516	F38	110,9	J11	51,86
B15	84,08	D15	70,38	E210	108,516	F39	111,9	J12	52,86
B16	85,12	D16	71,38	E211	109,516	F310	112,9	J13	53,86
B21	97,92	D17	72,38	E212	110,516	F311	113,9	J14	54,86
B22	98,96	D18	73,38	E213	111,516	F312	114,9	J15	55,86
B23	100	D19	74,38	E31	117,516	F313	115,9	J21	69,86

B24	101,04		D110	75,38		E32	118,516		G11	54,75		J22	70,86
B25	102,08		D111	76,38		E33	119,516		G12	55,75		J23	71,86
B26	103,12		D21	84,38		E34	120,516		G13	56,75		J24	72,86
B31	115,92		D22	85,38		E35	121,516		G14	57,75		J25	73,86
B32	116,96		D23	86,38		E36	122,516		G15	58,75		J31	87,86
B33	118		D24	87,38		E37	123,516		G21	72,75		J32	88,86
B34	119,04		D25	88,38		E38	124,516		G22	73,75		J33	89,86
B35	120,08		D26	89,38		E39	125,516		G23	74,75		J34	90,86
B36	121,12		D27	90,38		E310	126,516		G24	75,75		J35	91,86
C11	80,08		D28	91,38		E311	127,516		G25	76,75		K11	58,34
C12	81,08		D29	92,38		E312	128,516		G31	90,75		K12	59,34
C13	82,08		D210	93,38		E313	129,516		G32	91,75		K13	60,34
C14	83,08		D211	94,38		F11	67,9		G33	92,75		K14	61,34
C15	84,08		D31	102,38		F12	68,9		G34	93,75		K15	62,34
C16	85,08		D32	103,38		F13	69,9		G35	94,75		K21	76,34
C17	86,08		D33	104,38		F14	70,9		H11	54,75		K22	77,34
C18	87,08		D34	105,38		F15	71,9		H12	55,75		K23	78,34
C19	88,08		D35	106,38		F16	72,9		H13	56,75		K24	79,34
C110	89,08		D36	107,38		F17	73,9		H14	57,75		K25	80,34
C111	90,08		D37	108,38		F18	74,9		H15	58,75		K31	94,34
C21	98,08		D38	109,38		F19	75,9		H21	72,75		K32	95,34
C22	99,08		D39	110,38		F110	76,9		H22	73,75		K33	96,34
Celda	Tiempo (s)		Celda	Tiempo (s)		Celda	Tiempo (s)		Celda	Tiempo (s)		Celda	Tiempo (s)
K34	97,34		R15	90,35		U215	120,48		V27	101,29		Z110	60,28
K35	98,34		R16	91,31		U31	126,16		V28	102,23		Z111	61,16
L11	64,1		R17	92,27		U32	127,04		V29	103,17		Z112	62,04
L12	65,1		R18	93,23		U33	127,92		V210	104,11		Z113	62,92
L13	66,1		R19	94,19		U34	128,8		V211	105,05		Z114	63,8
L14	67,1		R110	95,15		U35	129,68		V212	105,99		Z115	64,68
L15	68,1		R111	96,11		U36	130,56		V213	106,93		Z116	65,56
L21	82,1		R112	97,07		U37	131,44		V214	107,87		Z117	66,44
L22	83,1		R113	98,03		U38	132,32		W11	66,26		Z118	67,32
L23	84,1		R21	104,51		U39	133,2		W12	67,18		Z119	68,2
L24	85,1		R22	105,47		U310	134,08		W13	68,1		Z120	69,08
L25	86,1		R23	106,43		U311	134,96		W14	69,02		Z121	69,96
L31	100,1		R24	107,39		U312	135,84		W15	69,94		Z122	70,84
L32	101,1		R25	108,35		U313	136,72		W16	70,86		Z123	71,72
L33	102,1		R26	109,31		U314	137,6		W17	71,78		Z124	72,6
L34	103,1		R27	110,27		U315	138,48		W18	72,7		Z125	73,48
L35	104,1		R28	111,23		U41	144,16		W19	73,62		Z126	74,36
M11	32,03		R29	112,19		U42	145,04		W110	74,54		Z127	75,24
M12	33,03		R210	113,15		U43	145,92		W111	75,46		Z128	76,12
M13	34,03		R211	114,11		U44	146,8		W112	76,38		Z129	77
M14	35,03		R212	115,07		U45	147,68		W113	77,3		Z130	77,88
M15	36,03		R213	116,03		U46	148,56		W114	78,22		Z21	70,36
M21	50,03		U11	90,16		U47	149,44		W115	79,14		Z22	71,24
M22	51,03		U12	91,04		U48	150,32		W116	80,06		Z23	72,12
M23	52,03		U13	91,92		U49	151,2		W117	80,98		Z24	73
M24	53,03		U14	92,8		U410	152,08		W21	84,26		Z25	73,88
M25	54,03		U15	93,68		U411	152,96		W22	85,18		Z26	74,76

M31	68,03	U16	94,56	U412	153,84	W23	86,1	Z27	75,64
M32	69,03	U17	95,44	U413	154,72	W24	87,02	Z28	76,52
M33	70,03	U18	96,32	U414	155,6	W25	87,94	Z29	77,4
M34	71,03	U19	97,2	U415	156,48	W26	88,86	Z210	78,28
M35	72,03	U110	98,08	V11	77,65	W27	89,78	Z211	79,16
N11	37,79	U111	98,96	V12	78,59	W28	90,7	Z212	80,04
N12	38,79	U112	99,84	V13	79,53	W29	91,62	Z213	80,92
N13	39,79	U113	100,72	V14	80,47	W210	92,54	Z214	81,8
N14	40,79	U114	101,6	V15	81,41	W211	93,46	Z215	82,68
N15	41,79	U115	102,48	V16	82,35	W212	94,38	Z216	83,56
N21	55,79	U21	108,16	V17	83,29	W213	95,3	Z217	84,44
N22	56,79	U22	109,04	V18	84,23	W214	96,22	Z218	85,32
N23	57,79	U23	109,92	V19	85,17	W215	97,14	Z219	86,2
N24	58,79	U24	110,8	V110	86,11	W216	98,06	Z220	87,08
N25	59,79	U25	111,68	V111	87,05	W217	98,98	Z221	87,96
N31	73,79	U26	112,56	V112	87,99	Z11	52,36	Z222	88,84
N32	74,79	U27	113,44	V113	88,93	Z12	53,24	Z223	89,72
N33	75,79	U28	114,32	V114	89,87	Z13	54,12	Z224	90,6
N34	76,79	U29	115,2	V21	95,65	Z14	55	Z225	91,48
N35	77,79	U210	116,08	V22	96,59	Z15	55,88	Z226	92,36
R11	86,51	U211	116,96	V23	97,53	Z16	56,76	Z227	93,24
R12	87,47	U212	117,84	V24	98,47	Z17	57,64	Z228	94,12
R13	88,43	U213	118,72	V25	99,41	Z18	58,52	Z229	95
R14	89,39	U214	119,6	V26	100,35	Z19	59,4	Z230	95,88

ANEXO D. División del producto dependiendo el tipo de almacenamiento que recibe

No. de Producto	SKU	Nombre del Producto	Rack	Piso
1	800001	CC 355 ML VR 24 B	0	1
2	800002	CC 500 ML VR 24 B	0	1
3	800004	CC 3 LT PNR 9 B	1	0
4	800006	CC 355 ML ALN 24 B	0	1
5	800007	CC 2 LT PNR 9B	1	0
6	800010	CC 600 ML PNR 24 B	1	0
7	800012	CC 1LT PNR 12 B	1	0
8	800016	CC 1.5 LT PNR 12 B	1	0
9	800017	CC 2.5 LT PNR 9 B	1	0
10	800029	MPK CC 355 ML ALN 6 B	0	1
11	800031	CC 400 ML PNR 24 B	1	0
12	800034	CC 1.25 LT PNR 12 B	1	0
13	800038	CC 473 ML ALN 24 B	0	1
14	800039	MPK CC 600 ML PNR 4 B	1	0
15	800040	MPK CC 2 PNR 2 B 2	1	0
16	800055	CC 2.5 LT PR 8 B	0	1
17	800056	CC 2 LT PR 8 B	0	1
18	800057	CC 500 ML PNR 12 B	1	0
19	800068	CC 300ML PNR 24 B	1	0

20	800071	CC 1.5 LT PR 12 B	0	1
21	800072	CC 235 ML ALN 24B	0	1
22	800074	MPK CC 235 ML ALN 8B	0	1
23	800087	CC 235ml VNR 24B	0	1
24	800201	CC L 355 ML ALN 24 B	0	1
25	800210	CC L 2 LT PNR 6 B	1	0
26	800211	CC L 600ML PNR 12 B	1	0
27	800214	MPK CC L 355 ML ALN 6 B	0	1
28	800222	CCL 300ml PNR 12 B	1	0
29	800226	CC Light 235ml VNR 24B	0	1
30	800302	FTA NJA 355 ML ALN 24 B	0	1
31	800307	FTA NJA 600 ML PNR 12 B	1	0
32	800315	MPK FTA NJA 355 ML ALN 6 B	0	1
33	800316	FTA NJA 400 ML PNR 12 B	1	0
34	800328	FTA NJA 2 LT PR 8 B	0	1
35	800330	FTA NJ 3 LT PNR 4	1	0
36	800334	FTA Naranja 2L PNR 4B	1	0
37	800336	FANTA NJA 235ml ALN 6B	0	1
38	800503	FTA FRE 600 ML PNR 12 B	1	0
39	800517	FTA Fresa 2lt PNR 4B	1	0
40	800803	FCA 355 ML ALN 24 B	0	1
41	800808	FCA 600 ML PNR 12 B	1	0
42	800816	MPK FCA 355 ML ALN 6 B	0	1
43	800825	FCA 3 LT PNR 4	1	0
44	800830	FKA 2LT PNR 4B	1	0
45	801002	SPT 355 ML ALN 24 B	0	1
46	801008	SPT 600 ML PNR 12 B	1	0
47	801015	MPK SPT 355 ML LATA 6 B	0	1
48	801016	SPT 400 ML PNR 12 B	1	0
49	801026	SPT 3 LT PNR 4	1	0
50	801029	SPRITE 2 LT PR 8 B	0	1
51	801032	SPRITE 2L PNR 4B	1	0
52	801033	SPRITE 235ml ALN 6B	0	1
53	801202	LFT BY MDT 600 ML PNR 12 B	1	0
54	801229	LFT BY MDT 3 LT PNR 4 B	1	0
55	801233	LIFT by Mundet 2lt PNR 4B	1	0
56	801305	DWP 355 ML ALN 24 B	0	1
57	801307	DWP 600 ML PNR 12 B	1	0
58	801401	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	1	0
59	801402	CIELP 600 ML PNR 24 B	1	0
60	801403	CIELP 1 LT PNR 12 B	1	0
61	801404	CIELP 5 LT PNR 4 B	1	0
62	801436	CIELP GARRAFON 20 LT	0	1
63	801468	MPK CIELP 600 ML PNR 6 B	1	0
64	801505	CIELM 600 ML PNR 12 B	1	0
65	801506	CIELM 2 LT PNR 6 B	1	0

66	801507	CIELM 355 ML ALN 12 B	0	1
67	801513	CIELM 235 ML ALN 12B	0	1
68	801536	CIEL MINI C/J MZA 300ML PNR 6B	1	0
69	801537	CIEL MINI C/J NJA 300ML PNR 6B	1	0
70	801538	CIEL MINI C/J UVA 300ML PNR 6B	1	0
71	801539	CIEL MINI C/J MNG 300ML PNR 6B	1	0
72	801540	CIEL P 355 ML PNR 24B	1	0
73	801543	C EXP LIMON 600 ML 12B	1	0
74	801544	C EXP JAMAICA 600 ML 12B	1	0
75	801545	C EXP MANDARINA 600 ML 12B	1	0
76	801546	C EXP LIMON 1 LT 6B	1	0
77	801547	C EXP JAMAICA 1 LT 6B	1	0
78	801551	C EXP MANDARINA 1 LT 6B	1	0
79	801552	C EXP MORAS 1 LT 6B	1	0
80	801553	C EXP LIMON 1.5 LT 6B	1	0
81	801554	C EXP JAMAICA 1.5 LT 6B	1	0
82	801555	C EXP MANDARINA 1.5 LT 6B	1	0
83	801556	C EXP MORAS 1.5 LT 6B	1	0
84	801557	C EXP MIX 600 ML PNR 12B	1	0
85	801558	C EXP MIX 1 LT PNR 6B	1	0
86	801559	C EXP MIX 1.5 LT PNR 6B	1	0
87	801568	Ciel Mini Uva 125ml TP 10B	1	0
88	801569	Ciel Mini Mza 125ml TP 10B	1	0
89	801571	Ciel Mini Mza 125ml TP 10BSAMPLING	1	0
90	801828	PWD FTS500 ML PNR 6 B	1	0
91	801829	PWD MOR 500 ML PNR 6 B	1	0
92	801831	PWD LMN-LMN 500 ML PNR 6 B	1	0
93	801834	PWD MOR 600 ML PNR 6 B	1	0
94	801836	PWD LMN-LMN 600 ML PNR 6 B	1	0
95	801837	PWD FTS600 ML PNR 6 B	1	0
96	801857	PWD FTS1LT PNR 6 B	1	0
97	801858	PWD LMN-LMN 1LT PNR 6 B	1	0
98	801859	PWD MOR 1LT PNR 6 B	1	0
99	801862	PWD UVA 500 ML PNR 6 B	1	0
100	801864	PWD MOR 200 ML POUCH 20 B	1	0
101	801871	PWD ION4 + J NJA 500ML PNR 6 B	1	0
102	801876	POWERADE ION4 C/JUGO NARANJA 1LT 6BOT	1	0
103	801882	PWDE ZERO MORAS 600 ML PNR 6B	1	0
104	801889	PWD ION4 NJA 600ML PNR 6B	1	0
105	801913	MIX LFTFTAFCASPT 355 ML ALN 24 B	0	1
106	801990	MPK CC FTA 2 LT PNR 2 B	1	0
107	801991	MPK CC SPR 2 LT PNR 2 B	1	0
108	801992	MPK CC L 2 LT PNR 2 B	1	0
109	801993	MPK FIESTA 4CC2CMIN2FCA 2 LT PNR 8 B	1	0
110	803111	Joya Tuti-Friti 2lt PNR 4B	1	0
111	803410	Joya Durazno 2lt PNR 4B	1	0

112	803703	CC Z 600 ML PNR 12 B	1	0
113	803708	MPK CC sin Azúcar 355ML ALN 6B	0	1
114	803709	Coca-Cola sin Azúcar 355ML ALN 12B	0	1
115	803710	CC Z 2 LT PNR 6 B	1	0
116	803723	CCZ 300ml PNR 12 B	1	0
117	803726	Coca Cola sin Azúcar 235ml VNR 6B	1	0
118	803728	Coca Cola sin Azúcar 3lt PNR 4B(Trad) \$20	1	0
119	803730	Coca Cola sin Azúcar 1.5lt PNR 4B	1	0
120	804301	SPT Z 355 ML ALN 12 B	0	1
121	804603	FKA Sin Azúcar 2lt PNR 4B	1	0
122	804605	MPK 1CC + 1FKA SA 2lt PNR 2B	1	0
123	805006	FTI MIX 250 ML PNR 24 B	1	0
124	805033	DVN MNG1 LT TP 4 B	1	0
125	805034	DVN DZN 1 LT TP 4 B	1	0
126	805035	DVJ MNZ 1 LT TP 4 B	1	0
127	805036	DVN MNZ 1 LT TP 4 B	1	0
128	805037	DVJ NJA 1 LT TP 4 B	1	0
129	805038	DVJ UVA 1 LT TP 4 B	1	0
130	805039	DVJ PÑA 1 LT TP 4 B	1	0
131	805051	DVN DZNO 250 ML TP 4	1	0
132	805052	DVN MNG250 ML TP 4	1	0
133	805053	DVJ MZNA 250 ML TP 4	1	0
134	805054	DVN MZNA 250 ML TP 4	1	0
135	805059	DVN MNG 335 ML ALN 1B	0	1
136	805080	DVN MNG453 ML ALN 6 B	0	1
137	805142	DVN DZNO 413 ML VNR 12 B	1	0
138	805143	DVN MNG413 ML VNR 12 B	1	0
139	805144	DVJ MZNA 413 ML VNR 12 B	1	0
140	805145	DVN MZNA 413 ML VNR 12 B	1	0
141	805146	DVN DZNO 250 ML VNR 12 B	1	0
142	805148	DVN MNG250 ML VNR 12 B	1	0
143	805150	DVN DZNO 335 ML ALN 12 B	0	1
144	805151	DVN GYB 335 ML ALN 12 B	0	1
145	805152	DVN MNG335 ML ALN 12 B	0	1
146	805174	FTI MGO 250 ML PNR 6 B	1	0
147	805176	FTI NJA 250 ML PNR 6 B	1	0
148	805177	FTI FTS250 ML PNR 6 B	1	0
149	805178	FTI UVA 250 ML PNR 6 B	1	0
150	805262	MIX Del Valle Néctar Mixto 400ml PBN 6BT	1	0
151	805602	MPK FIESTA 2CC1CMIN1FCA 2 LT PNR 4B	1	0
152	805603	MPK 1CC1LFT 2 LT PNR 2 B	1	0
153	805607	MPK CC FCA 2 LT PNR 2 B	1	0
154	805612	MPK CC L 600 ML PNR 4 B	1	0
155	805613	MPK 1CC+1SM 2LT PNR 2 B	1	0
156	805636	MIX 6FTA+6SM+6JYA TTF+6JYA DUR 355ML VR	0	1
157	805638	MIX 3SM+2FTA+2SPT+2FCA 2 LT PNR 9 B	1	0

158	805639	MIX JOYA 2TTF+1DUR+1MAND 3 LT PNR 4 B	1	0
159	805640	MIX 2SM+2FTA+2SPT+2FCA 235ML ALN 8 B	0	1
160	805859	YGT BEB FRESA 240g PNR BOT	1	0
161	805860	YGT BEB GYBA 240g PNR BOT	1	0
162	805861	YGT BEB DZNO 240g PNR BOT	1	0
163	805862	YGT BEB MNGO 240g PNR BOT	1	0
164	805863	YGT BEB MNZA 240g PNR BOT	1	0
165	805870	CREMA PASTEURIZADA 450ml PNR BOT	1	0
166	805875	UHT SAB CAPUCCINO 200ML TP BOT	1	0
167	805876	UHT SAB FRESA 200ML TP BOT	1	0
168	805877	UHT SAB CHOCOLATE 200ML TP BOT	1	0
169	805878	UHT SAB VAINILLA 200ml TP BOT	1	0
170	805879	UHT ENTERA 1LT TP BOT	1	0
171	805880	UHT ENTERA 200ML TP BOT	1	0
172	805881	UHT LIGHT 1LT TP BOT	1	0
173	805882	UHT DESLACTOSADA 1LT TP BOT	1	0
174	805894	UHT DESLACTOSADA LIGHT 1LT TP BOT	1	0
175	805896	UHT SAB MIX 3CHO, 3CAP, 3VAN, 3FRE, 3ENT	1	0
176	805897	UHT Semidescremada 1LT 1B	1	0
177	805901	VF CP 600 ML PNR 12 B	1	0
178	805930	VF CP 1.5 lt PNR 6 B	1	0
179	805940	VP NJA 400 ML PNR 12 B	1	0
180	805950	VF CP 3 LT PNR 6 B	1	0
181	805955	VF MNG600 ML PNR 12 B	1	0
182	805956	VF GYB 600 ML PNR 12 B	1	0
183	805977	VF CP 2LT PNR 6 B	1	0
184	805984	V FRUT CP 355 ML PNR 12B	1	0
185	805985	Valle Frut Guayaba 355ml PNR 12B	1	0
186	805986	Valle Frut Uva 355ml PNR 12B	1	0
187	806051	L&N 235 ML ALN 12B	0	1
188	806055	L&N 600 ML PNR 12B	1	0
189	806057	L&N 450 ML ALN 12B	0	1
190	806060	L&N 2lt PNR 4B	1	0
191	806151	N&N 235 ML ALN 12B	0	1
192	806155	N&N 600 ML PNR 12B	1	0
193	806157	N&N 450 ML ALN 12B	0	1
194	806160	N&N 2 LT PNR 4B	1	0
195	806252	JAM&N 600ML PNR 6B	1	0
196	806253	JAM&N 235ml ALN 12B	0	1
197	806643	FTEA NGO LMN C/JGO 600ML PNR 6B	1	0
198	806644	FTEA NGO DZNO C/JUGO 600 ML PNR 6 B	1	0
199	806647	FTEA V LMN C/JUGO 600 ML PNR 6 B	1	0
200	806658	FUZE TEA MGO-MZNLLA 222 ML ALN 6B	0	1
201	806659	FUZE TEA MGO-MZNLLA 600 ML PNR 6B	1	0
202	806661	FTEA NGO LMN 453ML ALN 6B	0	1
203	806662	FTEA NGO DZNO 453 ML ALN 6B	0	1

204	806663	FTEA LIM+DZNO+MNG 453 ML ALN 6B	0	1
205	806666	MIX FUZE TEA 3MNGMNZ+3NEGDZ 222ML ALN 6B	0	1
206	806713	GLC MIX MULTISAB 500 ML PNR 6	1	0
207	806721	GLC VW RESTORE 340 ML ALN 6 BOT	0	1
208	806806	BURN 450ML ALN 6 B	0	1
209	806808	BURN BLUE 450ML ALN 6 B	0	1
210	806816	BURN 235 ML ALN 6 B	0	1
211	806817	BURN BLUE 235 ML ALN 6 B	0	1
212	807101	SM 355 ML VR 24 B	0	1
213	807102	SM 600 ML PNR 12 B	1	0
214	807104	SM 355 ML ALN 12 B	0	1
215	807115	SM 400ml PNR 12	1	0
216	807116	SM 3 LT PNR 4 BOT	1	0
217	807117	SIDRAL MUNDET 2 LT RP 8BOT	0	1
218	807137	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	1	0
219	807254	DV NUTRIDEFENSAS NJA 125ML TP 10B	1	0
220	807255	DV NUTRIDEFENSAS MZ, NJ, DZ 125ML TP 10B	1	0
221	807401	Monster Energy 473ml ALN 4B	0	1
222	809006	DVR GRA 1 LT PNR 4 B	1	0
223	809007	DVR ARA 1 LT PNR 4 B	1	0
224	809010	DVR ARA 300 ML PNR 6 B	1	0
225	851009	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	1	0
226	851036	Coca-Cola sin Azúcar 235ALN 12B	0	1

ANEXO E. Porcentaje de Consumo Total por Producto

No. de Producto	SKU	Nombre del Producto	Venta trimestral (Tarimas)	% Consumo Total
1	800004	CC 3 LT PNR 9 B	13383	18,49%
2	800007	CC 2 LT PNR 9B	10055	13,89%
3	800010	CC 600 ML PNR 24 B	5481	7,57%
4	800012	CC 1LT PNR 12 B	3286	4,54%
5	800016	CC 1.5 LT PNR 12 B	83	0,11%
6	800017	CC 2.5 LT PNR 9 B	16	0,02%
7	800031	CC 400 ML PNR 24 B	1334	1,84%
8	800034	CC 1.25 LT PNR 12 B	9	0,01%
9	800039	MPK CC 600 ML PNR 4 B	441	0,61%
10	800040	MPK CC 2 PNR 2 B 2	232	0,32%
11	800057	CC 500 ML PNR 12 B	599	0,83%
12	800068	CC 300ML PNR 24 B	3240	4,48%
13	800210	CC L 2 LT PNR 6 B	2	0,00%
14	800211	CC L 600ML PNR 12 B	799	1,10%
15	800222	CCL 300ml PNR 12 B	50	0,07%
16	800307	FTA NJA 600 ML PNR 12 B	610	0,84%
17	800316	FTA NJA 400 ML PNR 12 B	116	0,16%

18	800330	FTA NJ 3 LT PNR 4	77	0,11%
19	800334	FTA Naranja 2L PNR 4B	777	1,07%
20	800503	FTA FRE 600 ML PNR 12 B	358	0,50%
21	800517	FTA Fresa 2lt PNR 4B	485	0,67%
22	800808	FCA 600 ML PNR 12 B	507	0,70%
23	800825	FCA 3 LT PNR 4	51	0,07%
24	800830	FKA 2LT PNR 4B	986	1,36%
25	801008	SPT 600 ML PNR 12 B	601	0,83%
26	801016	SPT 400 ML PNR 12 B	119	0,17%
27	801026	SPT 3 LT PNR 4	31	0,04%
28	801032	SPRITE 2L PNR 4B	728	1,01%
29	801202	LFT BY MDT 600 ML PNR 12 B	288	0,40%
30	801229	LFT BY MDT 3 LT PNR 4 B	94	0,13%
31	801233	LIFT by Mundet 2lt PNR 4B	650	0,90%
32	801307	DWP 600 ML PNR 12 B	897	1,24%
33	801401	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	2851	3,94%
34	801402	CIELP 600 ML PNR 24 B	1896	2,62%
35	801403	CIELP 1 LT PNR 12 B	3061	4,23%
36	801404	CIELP 5 LT PNR 4 B	1521	2,10%
37	801468	MPK CIELP 600 ML PNR 6 B	3	0,00%
38	801505	CIELM 600 ML PNR 12 B	331	0,46%
39	801506	CIELM 2 LT PNR 6 B	290	0,40%
40	801536	CIEL MINI C/J MZA 300ML PNR 6B	17	0,02%
41	801537	CIEL MINI C/J NJA 300ML PNR 6B	13	0,02%
42	801538	CIEL MINI C/J UVA 300ML PNR 6B	17	0,02%
43	801539	CIEL MINI C/J MNG 300ML PNR 6B	13	0,02%
44	801540	CIEL P 355 ML PNR 24B	94	0,13%
45	801543	C EXP LIMON 600 ML 12B	10	0,01%
46	801544	C EXP JAMAICA 600 ML 12B	8	0,01%
47	801545	C EXP MANDARINA 600 ML 12B	4	0,00%
48	801546	C EXP LIMON 1 LT 6B	12	0,02%
49	801547	C EXP JAMAICA 1 LT 6B	4	0,01%
50	801551	C EXP MANDARINA 1 LT 6B	20	0,03%
51	801552	C EXP MORAS 1 LT 6B	31	0,04%
52	801553	C EXP LIMON 1.5 LT 6B	8	0,01%
53	801554	C EXP JAMAICA 1.5 LT 6B	3	0,00%
54	801555	C EXP MANDARINA 1.5 LT 6B	9	0,01%
55	801556	C EXP MORAS 1.5 LT 6B	27	0,04%
56	801557	C EXP MIX 600 ML PNR 12B	36	0,05%
57	801558	C EXP MIX 1 LT PNR 6B	49	0,07%
58	801559	C EXP MIX 1.5 LT PNR 6B	58	0,08%
59	801568	Ciel Mini Uva 125ml TP 10B	1	0,00%
60	801569	Ciel Mini Mza 125ml TP 10B	0	0,00%
61	801571	Ciel Mini Mza 125ml TP 10BSAMPLING	1	0,00%
62	801828	PWD FTS500 ML PNR 6 B	53	0,07%
63	801829	PWD MOR 500 ML PNR 6 B	172	0,24%

64	801831	PWD LMN-LMN 500 ML PNR 6 B	28	0,04%
65	801834	PWD MOR 600 ML PNR 6 B	83	0,12%
66	801836	PWD LMN-LMN 600 ML PNR 6 B	29	0,04%
67	801837	PWD FTS600 ML PNR 6 B	45	0,06%
68	801857	PWD FTS1LT PNR 6 B	67	0,09%
69	801858	PWD LMN-LMN 1LT PNR 6 B	39	0,05%
70	801859	PWD MOR 1LT PNR 6 B	121	0,17%
71	801862	PWD UVA 500 ML PNR 6 B	15	0,02%
72	801864	PWD MOR 200 ML POUCH 20 B	6	0,01%
73	801871	PWD ION4 + J NJA 500ML PNR 6 B	24	0,03%
74	801876	POWERADE ION4 C/JUGO NARANJA 1LT 6BOT	36	0,05%
75	801882	PWDE ZERO MORAS 600 ML PNR 6B	1	0,00%
76	801889	PWD ION4 NJA 600ML PNR 6B	17	0,02%
77	801990	MPK CC FTA 2 LT PNR 2 B	24	0,03%
78	801991	MPK CC SPR 2 LT PNR 2 B	17	0,02%
79	801992	MPK CC L 2 LT PNR 2 B	9	0,01%
80	801993	MPK FIESTA 4CC2CMIN2FCA 2 LT PNR 8 B	14	0,02%
81	803111	Joya Tuti-Friti 2lt PNR 4B	302	0,42%
82	803410	Joya Durazno 2lt PNR 4B	401	0,55%
83	803703	CC Z 600 ML PNR 12 B	148	0,20%
84	803710	CC Z 2 LT PNR 6 B	30	0,04%
85	803723	CCZ 300ml PNR 12 B	5	0,01%
86	803726	Coca Cola sin Azúcar 235ml VNR 6B	19	0,03%
87	803728	Coca Cola sin Azúcar 3lt PNR 4B(Trad)\$20	52	0,07%
88	803730	Coca Cola sin Azúcar 1.5lt PNR 4B	146	0,20%
89	804603	FKA Sin Azúcar 2lt PNR 4B	25	0,03%
90	804605	MPK 1CC + 1FKA SA 2lt PNR 2B	25	0,03%
91	805006	FTI MIX 250 ML PNR 24 B	216	0,30%
92	805033	DVN MNG1 LT TP 4 B	21	0,03%
93	805034	DVN DZN 1 LT TP 4 B	22	0,03%
94	805035	DVJ MNZ 1 LT TP 4 B	5	0,01%
95	805036	DVN MNZ 1 LT TP 4 B	2	0,00%
96	805037	DVJ NJA 1 LT TP 4 B	4	0,01%
97	805038	DVJ UVA 1 LT TP 4 B	3	0,00%
98	805039	DV J PÑA 1 LT TP 4 B	10	0,01%
99	805051	DVN DZNO 250 ML TP 4	16	0,02%
100	805052	DVN MNG250 ML TP 4	17	0,02%
101	805053	DVJ MZNA 250 ML TP 4	7	0,01%
102	805054	DVN MZNA 250 ML TP 4	3	0,00%
103	805142	DVN DZNO 413 ML VNR 12 B	565	0,78%
104	805143	DVN MNG413 ML VNR 12 B	501	0,69%
105	805144	DVJ MZNA 413 ML VNR 12 B	24	0,03%
106	805145	DVN MZNA 413 ML VNR 12 B	24	0,03%
107	805146	DVN DZNO 250 ML VNR 12 B	64	0,09%
108	805148	DVN MNG250 ML VNR 12 B	56	0,08%
109	805174	FTI MGO 250 ML PNR 6 B	19	0,03%

110	805176	FTI NJA 250 ML PNR 6 B	7	0,01%
111	805177	FTI FTS250 ML PNR 6 B	8	0,01%
112	805178	FTI UVA 250 ML PNR 6 B	8	0,01%
113	805262	MIX Del Valle Néctar Mixto 400ml PBN 6BT	15	0,02%
114	805602	MPK FIESTA 2CC1CMIN1FCA 2 LT PNR 4B	26	0,04%
115	805603	MPK 1CC1LFT 2 LT PNR 2 B	23	0,03%
116	805607	MPK CC FCA 2 LT PNR 2 B	29	0,04%
117	805612	MPK CC L 600 ML PNR 4 B	2	0,00%
118	805613	MPK 1CC+1SM 2LT PNR 2 B	85	0,12%
119	805638	MIX 3SM+2FTA+2SPT+2FCA 2 LT PNR 9 B	721	1,00%
120	805639	MIX JOYA 2TTF+1DUR+1MAND 3 LT PNR 4 B	7	0,01%
121	805859	YGT BEB FRESA 240g PNR BOT	0	0,00%
122	805860	YGT BEB GYBA 240g PNR BOT	0	0,00%
123	805861	YGT BEB DZNO 240g PNR BOT	0	0,00%
124	805862	YGT BEB MNGO 240g PNR BOT	0	0,00%
125	805863	YGT BEB MNZA 240g PNR BOT	0	0,00%
126	805870	CREMA PASTEURIZADA 450ml PNR BOT	0	0,00%
127	805875	UHT SAB CAPUCCINO 200ML TP BOT	37	0,05%
128	805876	UHT SAB FRESA 200ML TP BOT	52	0,07%
129	805877	UHT SAB CHOCOLATE 200ML TP BOT	60	0,08%
130	805878	UHT SAB VAINILLA 200ml TP BOT	33	0,05%
131	805879	UHT ENTERA 1LT TP BOT	1217	1,68%
132	805880	UHT ENTERA 200ML TP BOT	4	0,01%
133	805881	UHT LIGHT 1LT TP BOT	47	0,07%
134	805882	UHT DESLACTOSADA 1LT TP BOT	204	0,28%
135	805894	UHT DESLACTOSADA LIGHT 1LT TP BOT	30	0,04%
136	805896	UHT SAB MIX 3CHO, 3CAP, 3VAN, 3FRE, 3ENT	3	0,00%
137	805897	UHT Semidescremada 1LT 1B	19	0,03%
138	805901	VF CP 600 ML PNR 12 B	884	1,22%
139	805930	VF CP 1.5 lt PNR 6 B	25	0,04%
140	805940	VP NJA 400 ML PNR 12 B	20	0,03%
141	805950	VF CP 3 LT PNR 6 B	78	0,11%
142	805955	VF MNG600 ML PNR 12 B	276	0,38%
143	805956	VF GYB 600 ML PNR 12 B	617	0,85%
144	805977	VF CP 2LT PNR 6 B	409	0,57%
145	805984	V FRUT CP 355 ML PNR 12B	267	0,37%
146	805985	Valle Frut Guayaba 355ml PNR 12B	195	0,27%
147	805986	Valle Frut Uva 355ml PNR 12B	172	0,24%
148	806055	L&N 600 ML PNR 12B	333	0,46%
149	806060	L&N 2lt PNR 4B	170	0,24%
150	806155	N&N 600 ML PNR 12B	412	0,57%
151	806160	N&N 2 LT PNR 4B	212	0,29%
152	806252	JAM&N 600ML PNR 6B	222	0,31%
153	806643	FTEA NGO LMN C/JGO 600ML PNR 6B	21	0,03%
154	806644	FTEA NGO DZNO C/JUGO 600 ML PNR 6 B	55	0,08%
155	806647	FTEA V LMN C/JUGO 600 ML PNR 6 B	18	0,02%

156	806659	FUZE TEA MGO-MZNLLA 600 ML PNR 6B	27	0,04%
157	806713	GLC MIX MULTISAB 500 ML PNR 6	2	0,00%
158	807102	SM 600 ML PNR 12 B	1276	1,76%
159	807115	SM 400ml PNR 12	182	0,25%
160	807116	SM 3 LT PNR 4 BOT	39	0,05%
161	807137	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	2250	3,11%
162	807254	DV NUTRIDEFENSAS NJA 125ML TP 10B	6	0,01%
163	807255	DV NUTRIDEFENSAS MZ, NJ, DZ 125ML TP 10B	7	0,01%
164	809006	DVR GRA 1 LT PNR 4 B	5	0,01%
165	809007	DVR ARA 1 LT PNR 4 B	38	0,05%
166	809010	DVR ARA 300 ML PNR 6 B	1	0,00%
167	851009	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	1211	1,67%

ANEXO F. Definición de Clases de los productos almacenados en racks

No. de Producto	SKU	% de participación por SKU	% Consumo Total	% de participación (acumulado)	% de Consumo (acumulado)	Clase
1	800004	0,5988%	18,49%	0,5988%	18,49%	A
2	800007	0,5988%	13,89%	1,1976%	32,39%	
3	800010	0,5988%	7,57%	1,7964%	39,96%	
4	800012	0,5988%	4,54%	2,3952%	44,50%	
12	800068	0,5988%	4,48%	2,9940%	48,98%	
35	801403	0,5988%	4,23%	3,5928%	53,21%	
33	801401	0,5988%	3,94%	4,1916%	57,15%	
161	807137	0,5988%	3,11%	4,7904%	60,25%	
34	801402	0,5988%	2,62%	5,3892%	62,87%	
36	801404	0,5988%	2,10%	5,9880%	64,97%	
7	800031	0,5988%	1,84%	6,5868%	66,82%	
158	807102	0,5988%	1,76%	7,1856%	68,58%	
131	805879	0,5988%	1,68%	7,7844%	70,26%	
167	851009	0,5988%	1,67%	8,3832%	71,93%	
24	800830	0,5988%	1,36%	8,9820%	73,30%	
32	801307	0,5988%	1,24%	9,5808%	74,54%	
138	805901	0,5988%	1,22%	10,1796%	75,76%	
14	800211	0,5988%	1,10%	10,7784%	76,86%	
19	800334	0,5988%	1,07%	11,3772%	77,94%	
28	801032	0,5988%	1,01%	11,9760%	78,94%	
119	805638	0,5988%	1,00%	12,5749%	79,94%	
31	801233	0,5988%	0,90%	13,1737%	80,84%	
143	805956	0,5988%	0,85%	13,7725%	81,69%	
16	800307	0,5988%	0,84%	14,3713%	82,53%	
25	801008	0,5988%	0,83%	14,9701%	83,36%	
11	800057	0,5988%	0,83%	15,5689%	84,19%	
103	805142	0,5988%	0,78%	16,1677%	84,97%	
22	800808	0,5988%	0,70%	16,7665%	85,67%	

104	805143	0,5988%	0,69%	17,3653%	86,36%		
21	800517	0,5988%	0,67%	17,9641%	87,03%		
9	800039	0,5988%	0,61%	18,5629%	87,64%		
150	806155	0,5988%	0,57%	19,1617%	88,21%		
144	805977	0,5988%	0,57%	19,7605%	88,78%		
82	803410	0,5988%	0,55%	20,3593%	89,33%		B
20	800503	0,5988%	0,50%	20,9581%	89,83%		
148	806055	0,5988%	0,46%	21,5569%	90,29%		
38	801505	0,5988%	0,46%	22,1557%	90,74%		
81	803111	0,5988%	0,42%	22,7545%	91,16%		
39	801506	0,5988%	0,40%	23,3533%	91,56%		
29	801202	0,5988%	0,40%	23,9521%	91,96%		
142	805955	0,5988%	0,38%	24,5509%	92,34%		
145	805984	0,5988%	0,37%	25,1497%	92,71%		
10	800040	0,5988%	0,32%	25,7485%	93,03%		
152	806252	0,5988%	0,31%	26,3473%	93,34%		
91	805006	0,5988%	0,30%	26,9461%	93,64%		
151	806160	0,5988%	0,29%	27,5449%	93,93%		
134	805882	0,5988%	0,28%	28,1437%	94,21%		
146	805985	0,5988%	0,27%	28,7425%	94,48%		
159	807115	0,5988%	0,25%	29,3413%	94,73%		
63	801829	0,5988%	0,24%	29,9401%	94,97%		
147	805986	0,5988%	0,24%	30,5389%	95,21%		
149	806060	0,5988%	0,24%	31,1377%	95,44%		
83	803703	0,5988%	0,20%	31,7365%	95,65%		
88	803730	0,5988%	0,20%	32,3353%	95,85%		
70	801859	0,5988%	0,17%	32,9341%	96,01%		
26	801016	0,5988%	0,17%	33,5329%	96,18%		
17	800316	0,5988%	0,16%	34,1317%	96,34%		
30	801229	0,5988%	0,13%	34,7305%	96,47%		
44	801540	0,5988%	0,13%	35,3293%	96,60%		
118	805613	0,5988%	0,12%	35,9281%	96,72%		
65	801834	0,5988%	0,12%	36,5269%	96,83%		
5	800016	0,5988%	0,11%	37,1257%	96,95%		
141	805950	0,5988%	0,11%	37,7246%	97,05%		
18	800330	0,5988%	0,11%	38,3234%	97,16%		
68	801857	0,5988%	0,09%	38,9222%	97,25%		
107	805146	0,5988%	0,09%	39,5210%	97,34%		
129	805877	0,5988%	0,08%	40,1198%	97,42%		
58	801559	0,5988%	0,08%	40,7186%	97,50%		
108	805148	0,5988%	0,08%	41,3174%	97,58%		
154	806644	0,5988%	0,08%	41,9162%	97,66%		
62	801828	0,5988%	0,07%	42,5150%	97,73%		
128	805876	0,5988%	0,07%	43,1138%	97,80%		
87	803728	0,5988%	0,07%	43,7126%	97,87%		
23	800825	0,5988%	0,07%	44,3114%	97,94%		

15	800222	0,5988%	0,07%	44,9102%	98,01%	
57	801558	0,5988%	0,07%	45,5090%	98,08%	
133	805881	0,5988%	0,07%	46,1078%	98,15%	
67	801837	0,5988%	0,06%	46,7066%	98,21%	
160	807116	0,5988%	0,05%	47,3054%	98,26%	
69	801858	0,5988%	0,05%	47,9042%	98,32%	
165	809007	0,5988%	0,05%	48,5030%	98,37%	
127	805875	0,5988%	0,05%	49,1018%	98,42%	
74	801876	0,5988%	0,05%	49,7006%	98,47%	
56	801557	0,5988%	0,05%	50,2994%	98,52%	C
130	805878	0,5988%	0,05%	50,8982%	98,56%	
51	801552	0,5988%	0,04%	51,4970%	98,61%	
27	801026	0,5988%	0,04%	52,0958%	98,65%	
84	803710	0,5988%	0,04%	52,6946%	98,69%	
135	805894	0,5988%	0,04%	53,2934%	98,73%	
66	801836	0,5988%	0,04%	53,8922%	98,77%	
116	805607	0,5988%	0,04%	54,4910%	98,81%	
64	801831	0,5988%	0,04%	55,0898%	98,85%	
55	801556	0,5988%	0,04%	55,6886%	98,89%	
156	806659	0,5988%	0,04%	56,2874%	98,93%	
114	805602	0,5988%	0,04%	56,8862%	98,96%	
139	805930	0,5988%	0,04%	57,4850%	99,00%	
89	804603	0,5988%	0,03%	58,0838%	99,03%	
90	804605	0,5988%	0,03%	58,6826%	99,07%	
77	801990	0,5988%	0,03%	59,2814%	99,10%	
73	801871	0,5988%	0,03%	59,8802%	99,13%	
106	805145	0,5988%	0,03%	60,4790%	99,17%	
105	805144	0,5988%	0,03%	61,0778%	99,20%	
115	805603	0,5988%	0,03%	61,6766%	99,23%	
93	805034	0,5988%	0,03%	62,2754%	99,26%	
153	806643	0,5988%	0,03%	62,8743%	99,29%	
92	805033	0,5988%	0,03%	63,4731%	99,32%	
140	805940	0,5988%	0,03%	64,0719%	99,35%	
50	801551	0,5988%	0,03%	64,6707%	99,37%	
86	803726	0,5988%	0,03%	65,2695%	99,40%	
109	805174	0,5988%	0,03%	65,8683%	99,43%	
137	805897	0,5988%	0,03%	66,4671%	99,45%	
155	806647	0,5988%	0,02%	67,0659%	99,48%	
78	801991	0,5988%	0,02%	67,6647%	99,50%	
40	801536	0,5988%	0,02%	68,2635%	99,53%	
100	805052	0,5988%	0,02%	68,8623%	99,55%	
76	801889	0,5988%	0,02%	69,4611%	99,57%	
42	801538	0,5988%	0,02%	70,0599%	99,60%	
99	805051	0,5988%	0,02%	70,6587%	99,62%	
6	800017	0,5988%	0,02%	71,2575%	99,64%	
71	801862	0,5988%	0,02%	71,8563%	99,66%	

113	805262	0,5988%	0,02%	72,4551%	99,68%
80	801993	0,5988%	0,02%	73,0539%	99,70%
43	801539	0,5988%	0,02%	73,6527%	99,72%
41	801537	0,5988%	0,02%	74,2515%	99,74%
48	801546	0,5988%	0,02%	74,8503%	99,75%
98	805039	0,5988%	0,01%	75,4491%	99,77%
45	801543	0,5988%	0,01%	76,0479%	99,78%
8	800034	0,5988%	0,01%	76,6467%	99,79%
54	801555	0,5988%	0,01%	77,2455%	99,81%
79	801992	0,5988%	0,01%	77,8443%	99,82%
111	805177	0,5988%	0,01%	78,4431%	99,83%
112	805178	0,5988%	0,01%	79,0419%	99,84%
46	801544	0,5988%	0,01%	79,6407%	99,85%
52	801553	0,5988%	0,01%	80,2395%	99,86%
110	805176	0,5988%	0,01%	80,8383%	99,87%
101	805053	0,5988%	0,01%	81,4371%	99,88%
163	807255	0,5988%	0,01%	82,0359%	99,89%
120	805639	0,5988%	0,01%	82,6347%	99,90%
162	807254	0,5988%	0,01%	83,2335%	99,91%
72	801864	0,5988%	0,01%	83,8323%	99,92%
94	805035	0,5988%	0,01%	84,4311%	99,93%
85	803723	0,5988%	0,01%	85,0299%	99,93%
164	809006	0,5988%	0,01%	85,6287%	99,94%
96	805037	0,5988%	0,01%	86,2275%	99,94%
132	805880	0,5988%	0,01%	86,8263%	99,95%
49	801547	0,5988%	0,01%	87,4251%	99,96%
47	801545	0,5988%	0,00%	88,0240%	99,96%
53	801554	0,5988%	0,00%	88,6228%	99,97%
97	805038	0,5988%	0,00%	89,2216%	99,97%
37	801468	0,5988%	0,00%	89,8204%	99,97%
136	805896	0,5988%	0,00%	90,4192%	99,98%
102	805054	0,5988%	0,00%	91,0180%	99,98%
117	805612	0,5988%	0,00%	91,6168%	99,99%
95	805036	0,5988%	0,00%	92,2156%	99,99%
157	806713	0,5988%	0,00%	92,8144%	99,99%
13	800210	0,5988%	0,00%	93,4132%	99,99%
61	801571	0,5988%	0,00%	94,0120%	100,00%
166	809010	0,5988%	0,00%	94,6108%	100,00%
75	801882	0,5988%	0,00%	95,2096%	100,00%
59	801568	0,5988%	0,00%	95,8084%	100,00%
126	805870	0,5988%	0,00%	96,4072%	100,00%
60	801569	0,5988%	0,00%	97,0060%	100,00%
121	805859	0,5988%	0,00%	97,6048%	100,00%
122	805860	0,5988%	0,00%	98,2036%	100,00%
123	805861	0,5988%	0,00%	98,8024%	100,00%
124	805862	0,5988%	0,00%	99,4012%	100,00%

125	805863	0,5988%	0,00%	100,0000%	100,00%	
-----	--------	---------	-------	-----------	---------	--

ANEXO G. Definición de Clases de los productos almacenados en piso

No. de Producto	SKU	% de participación por SKU	% Consumo Total	% de participación (acumulado)	% de Consumo (acumulado)	Clase
26	801436	1,6949%	76,98%	1,6949%	76,98%	A
3	800006	1,6949%	8,85%	3,3898%	85,83%	
6	800055	1,6949%	2,80%	5,0847%	88,63%	
2	800002	1,6949%	2,59%	6,7797%	91,22%	
9	800072	1,6949%	1,44%	8,4746%	92,66%	
8	800071	1,6949%	1,08%	10,1695%	93,74%	
58	807401	1,6949%	0,80%	11,8644%	94,53%	
12	800201	1,6949%	0,74%	13,5593%	95,27%	
29	801913	1,6949%	0,60%	15,2542%	95,88%	
10	800074	1,6949%	0,39%	16,9492%	96,27%	
7	800056	1,6949%	0,30%	18,6441%	96,57%	
5	800038	1,6949%	0,26%	20,3390%	96,83%	
27	801507	1,6949%	0,25%	22,0339%	97,07%	B
59	851036	1,6949%	0,24%	23,7288%	97,31%	
57	807117	1,6949%	0,23%	25,4237%	97,54%	
4	800029	1,6949%	0,20%	27,1186%	97,74%	
56	807104	1,6949%	0,19%	28,8136%	97,93%	
38	805636	1,6949%	0,16%	30,5085%	98,09%	
21	801002	1,6949%	0,15%	32,2034%	98,25%	
1	800001	1,6949%	0,15%	33,8983%	98,39%	
11	800087	1,6949%	0,14%	35,5932%	98,53%	
44	806253	1,6949%	0,11%	37,2881%	98,64%	
18	800336	1,6949%	0,10%	38,9831%	98,74%	
25	801305	1,6949%	0,10%	40,6780%	98,83%	
19	800803	1,6949%	0,09%	42,3729%	98,93%	
31	803709	1,6949%	0,09%	44,0678%	99,01%	
55	807101	1,6949%	0,08%	45,7627%	99,10%	
13	800214	1,6949%	0,07%	47,4576%	99,17%	C
17	800328	1,6949%	0,06%	49,1525%	99,23%	
15	800302	1,6949%	0,06%	50,8475%	99,29%	
37	805152	1,6949%	0,06%	52,5424%	99,35%	
39	805640	1,6949%	0,06%	54,2373%	99,41%	
24	801033	1,6949%	0,06%	55,9322%	99,46%	
35	805150	1,6949%	0,04%	57,6271%	99,50%	
34	805080	1,6949%	0,04%	59,3220%	99,54%	
30	803708	1,6949%	0,04%	61,0169%	99,58%	
33	805059	1,6949%	0,04%	62,7119%	99,62%	
23	801029	1,6949%	0,04%	64,4068%	99,65%	
32	804301	1,6949%	0,03%	66,1017%	99,69%	

49	806666	1,6949%	0,03%	67,7966%	99,71%
41	806057	1,6949%	0,03%	69,4915%	99,74%
43	806157	1,6949%	0,03%	71,1864%	99,77%
22	801015	1,6949%	0,02%	72,8814%	99,79%
42	806151	1,6949%	0,02%	74,5763%	99,81%
40	806051	1,6949%	0,02%	76,2712%	99,84%
52	806808	1,6949%	0,02%	77,9661%	99,85%
16	800315	1,6949%	0,02%	79,6610%	99,87%
20	800816	1,6949%	0,02%	81,3559%	99,89%
54	806817	1,6949%	0,02%	83,0508%	99,91%
36	805151	1,6949%	0,02%	84,7458%	99,92%
48	806663	1,6949%	0,01%	86,4407%	99,94%
47	806662	1,6949%	0,01%	88,1356%	99,95%
53	806816	1,6949%	0,01%	89,8305%	99,97%
51	806806	1,6949%	0,01%	91,5254%	99,98%
28	801513	1,6949%	0,01%	93,2203%	99,99%
46	806661	1,6949%	0,00%	94,9153%	99,99%
14	800226	1,6949%	0,00%	96,6102%	100,00%
45	806658	1,6949%	0,00%	98,3051%	100,00%
50	806721	1,6949%	0,00%	100,0000%	100,00%

ANEXO H. Tarimas almacenadas en los racks por producto k provenientes del origen i

No. Producto	SKU	Nombre del Producto	Producción	Compras	Cuatla	Total
1	800004	CC 3 LT PNR 9 B	43,0	13,0	0,0	56,0
2	800007	CC 2 LT PNR 9B	33,0	9,0	0,0	42,0
3	800010	CC 600 ML PNR 24 B	18,0	5,0	0,0	23,0
4	800012	CC 1LT PNR 12 B	11,0	3,0	0,0	14,0
5	800068	CC 300ML PNR 24 B	11,0	2,0	0,0	13,0
6	801403	CIELP 1 LT PNR 12 B	11,0	2,0	0,0	13,0
7	801401	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	11,0	1,0	0,0	12,0
8	807137	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	8,0	2,0	0,0	10,0
9	801402	CIELP 600 ML PNR 24 B	6,0	1,0	0,0	7,0
10	801404	CIELP 5 LT PNR 4 B	5,0	1,0	0,0	6,0
11	800031	CC 400 ML PNR 24 B	4,0	2,0	0,0	6,0
12	807102	SM 600 ML PNR 12 B	5,0	1,0	0,0	6,0
13	805879	UHT ENTERA 1LT TP BOT	0,0	5,0	0,0	5,0
14	851009	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	4,0	1,0	0,0	5,0
15	800830	FKA 2LT PNR 4B	3,0	1,0	0,0	4,0
16	801307	DWP 600 ML PNR 12 B	3,0	1,0	0,0	4,0
17	805901	VF CP 600 ML PNR 12 B	3,0	1,0	0,0	4,0
18	800211	CC L 600ML PNR 12 B	3,0	1,0	0,0	4,0
19	800334	FTA Naranja 2L PNR 4B	3,0	1,0	0,0	4,0
20	801032	SPRITE 2L PNR 4B	3,0	0,0	0,0	3,0
21	805638	MIX 3SM+2FTA+2SPT+2FCA 2 LT PNR 9 B	0,0	3,0	0,0	3,0
22	801233	LIFT by Mundet 2lt PNR 4B	0,0	3,0	0,0	3,0
23	805956	VF GYB 600 ML PNR 12 B	2,0	0,0	0,0	2,0

24	800307	FTA NJA 600 ML PNR 12 B	2,0	0,0	0,0	2,0
25	801008	SPT 600 ML PNR 12 B	2,0	0,0	0,0	2,0
26	800057	CC 500 ML PNR 12 B	2,0	0,0	0,0	2,0
27	805142	DVN DZNO 413 ML VNR 12 B	0,0	2,0	0,0	2,0
28	800808	FCA 600 ML PNR 12 B	2,0	0,0	0,0	2,0
29	805143	DVN MNG413 ML VNR 12 B	0,0	2,0	0,0	2,0
30	800517	FTA Fresa 2lt PNR 4B	2,0	0,0	0,0	2,0
31	800039	MPK CC 600 ML PNR 4 B	0,0	2,0	0,0	2,0
32	806155	N&N 600 ML PNR 12B	1,0	0,0	0,0	1,0
33	805977	VF CP 2LT PNR 6 B	0,0	2,0	0,0	2,0
34	803410	Joya Durazno 2lt PNR 4B	1,0	0,0	0,0	1,0
35	800503	FTA FRE 600 ML PNR 12 B	1,0	0,0	0,0	1,0
36	806055	L&N 600 ML PNR 12B	1,0	0,0	0,0	1,0
37	801505	CIELM 600 ML PNR 12 B	1,0	0,0	0,0	1,0
38	803111	Joya Tuti-Friti 2lt PNR 4B	1,0	0,0	0,0	1,0
39	801506	CIELM 2 LT PNR 6 B	1,0	0,0	0,0	1,0
40	801202	LFT BY MDT 600 ML PNR 12 B	0,0	1,0	0,0	1,0
41	805955	VF MNG600 ML PNR 12 B	1,0	0,0	0,0	1,0
42	805984	V FRUT CP 355 ML PNR 12B	1,0	0,0	0,0	1,0
43	800040	MPK CC 2 PNR 2 B 2	0,0	1,0	0,0	1,0
44	806252	JAM&N 600ML PNR 6B	1,0	0,0	0,0	1,0
45	805006	FTI MIX 250 ML PNR 24 B	0,0	1,0	0,0	1,0
46	806160	N&N 2 LT PNR 4B	1,0	0,0	0,0	1,0
47	805882	UHT DESLACTOSADA 1LT TP BOT	0,0	1,0	0,0	1,0
48	805985	Valle Frut Guayaba 355ml PNR 12B	1,0	0,0	0,0	1,0
49	807115	SM 400ml PNR 12	1,0	0,0	0,0	1,0
50	801829	PWD MOR 500 ML PNR 6 B	0,0	1,0	0,0	1,0
51	805986	Valle Frut Uva 355ml PNR 12B	1,0	0,0	0,0	1,0
52	806060	L&N 2lt PNR 4B	1,0	0,0	0,0	1,0
53	803703	CC Z 600 ML PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
54	803730	Coca Cola sin Azúcar 1.5lt PNR 4B	0,0	0,0	0,0	0,0
55	801859	PWD MOR 1LT PNR 6 B	0,0	1,0	0,0	1,0
56	801016	SPT 400 ML PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
57	800316	FTA NJA 400 ML PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
58	801229	LFT BY MDT 3 LT PNR 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
59	801540	CIEL P 355 ML PNR 24B	0,0	0,0	0,0	0,0
60	805613	MPK 1CC+1SM 2LT PNR 2 B	0,0	0,0	0,0	0,0
61	801834	PWD MOR 600 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
62	800016	CC 1.5 LT PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
63	805950	VF CP 3 LT PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
64	800330	FTA NJ 3 LT PNR 4	0,0	0,0	0,0	0,0
65	801857	PWD FTS1LT PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
66	805146	DVN DZNO 250 ML VNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
67	805877	UHT SAB CHOCOLATE 200ML TP BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
68	801559	C EXP MIX 1.5 LT PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
69	805148	DVN MNG250 ML VNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
70	806644	FTEA NGO DZNO C/JUGO 600 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
71	801828	PWD FTS500 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
72	805876	UHT SAB FRESA 200ML TP BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
73	803728	Coca Cola sin Azúcar 3lt PNR 4B(Trad)\$20	0,0	0,0	0,0	0,0
74	800825	FCA 3 LT PNR 4	0,0	0,0	0,0	0,0

75	800222	CCL 300ml PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
76	801558	C EXP MIX 1 LT PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
77	805881	UHT LIGHT 1LT TP BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
78	801837	PWD FTS600 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
79	807116	SM 3 LT PNR 4 BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
80	801858	PWD LMN-LMN 1LT PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
81	809007	DVR ARA 1 LT PNR 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
82	805875	UHT SAB CAPUCCINO 200ML TP BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
83	801876	POWERADE ION4 C/JUGO NARANJA 1LT 6BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
84	801557	C EXP MIX 600 ML PNR 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
85	805878	UHT SAB VAINILLA 200ml TP BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
86	801552	C EXP MORAS 1 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
87	801026	SPT 3 LT PNR 4	0,0	0,0	0,0	0,0
88	803710	CC Z 2 LT PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
89	805894	UHT DESLACTOSADA LIGHT 1LT TP BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
90	801836	PWD LMN-LMN 600 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
91	805607	MPK CC FCA 2 LT PNR 2 B	0,0	0,0	0,0	0,0
92	801831	PWD LMN-LMN 500 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
93	801556	C EXP MORAS 1.5 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
94	806659	FUZE TEA MGO-MZNLLA 600 ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
95	805602	MPK FIESTA 2CC1CMIN1FCA 2 LT PNR 4B	0,0	0,0	0,0	0,0
96	805930	VF CP 1.5 lt PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
97	804603	FKA Sin Azúcar 2lt PNR 4B	0,0	0,0	0,0	0,0
98	804605	MPK 1CC + 1FKA SA 2lt PNR 2B	0,0	0,0	0,0	0,0
99	801990	MPK CC FTA 2 LT PNR 2 B	0,0	0,0	0,0	0,0
100	801871	PWD ION4 + J NJA 500ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
101	805145	DVN MZNA 413 ML VNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
102	805144	DVJ MZNA 413 ML VNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
103	805603	MPK 1CC1LFT 2 LT PNR 2 B	0,0	0,0	0,0	0,0
104	805034	DVN DZN 1 LT TP 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
105	806643	FTEA NGO LMN C/JGO 600ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
106	805033	DVN MNG1 LT TP 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
107	805940	VP NJA 400 ML PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
108	801551	C EXP MANDARINA 1 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
109	803726	Coca Cola sin Azúcar 235ml VNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
110	805174	FTI MGO 250 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
111	805897	UHT Semidescremada 1LT 1B	0,0	0,0	0,0	0,0
112	806647	FTEA V LMN C/JUGO 600 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
113	801991	MPK CC SPR 2 LT PNR 2 B	0,0	0,0	0,0	0,0
114	801536	CIEL MINI C/J MZA 300ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
115	805052	DVN MNG250 ML TP 4	0,0	0,0	0,0	0,0
116	801889	PWD ION4 NJA 600ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
117	801538	CIEL MINI C/J UVA 300ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
118	805051	DVN DZNO 250 ML TP 4	0,0	0,0	0,0	0,0
119	800017	CC 2.5 LT PNR 9 B	0,0	0,0	0,0	0,0
120	801862	PWD UVA 500 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
121	805262	MIX Del Valle Néctar Mixto 400ml PBN 6BT	0,0	0,0	0,0	0,0
122	801993	MPK FIESTA 4CC2CMIN2FCA 2 LT PNR 8 B	0,0	0,0	0,0	0,0
123	801539	CIEL MINI C/J MNG 300ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
124	801537	CIEL MINI C/J NJA 300ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
125	801546	C EXP LIMON 1 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0

126	805039	DV J PÑA 1 LT TP 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
127	801543	C EXP LIMON 600 ML 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
128	800034	CC 1.25 LT PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
129	801555	C EXP MANDARINA 1.5 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
130	801992	MPK CC L 2 LT PNR 2 B	0,0	0,0	0,0	0,0
131	805177	FTI FTS250 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
132	805178	FTI UVA 250 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
133	801544	C EXP JAMAICA 600 ML 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
134	801553	C EXP LIMON 1.5 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
135	805176	FTI NJA 250 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
136	805053	DVJ MZNA 250 ML TP 4	0,0	0,0	0,0	0,0
137	807255	DV NUTRIDEFENSAS MZ,NJ,DZ 125ML TP 10B	0,0	0,0	0,0	0,0
138	805639	MIX JOYA 2TTF+1DUR+1MAND 3 LT PNR 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
139	807254	DV NUTRIDEFENSAS NJA 125ML TP 10B	0,0	0,0	0,0	0,0
140	801864	PWD MOR 200 ML POUCH 20 B	0,0	0,0	0,0	0,0
141	805035	DVJ MNZ 1 LT TP 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
142	803723	CCZ 300ml PNR 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
143	809006	DVR GRA 1 LT PNR 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
144	805037	DVJ NJA 1 LT TP 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
145	805880	UHT ENTERA 200ML TP BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
146	801547	C EXP JAMAICA 1 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
147	801545	C EXP MANDARINA 600 ML 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
148	801554	C EXP JAMAICA 1.5 LT 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
149	805038	DVJ UVA 1 LT TP 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
150	801468	MPK CIELP 600 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
151	805896	UHT SAB MIX 3CHO, 3CAP, 3VAN, 3FRE, 3ENT	0,0	0,0	0,0	0,0
152	805054	DVN MZNA 250 ML TP 4	0,0	0,0	0,0	0,0
153	805612	MPK CC L 600 ML PNR 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
154	805036	DVN MNZ 1 LT TP 4 B	0,0	0,0	0,0	0,0
155	806713	GLC MIX MULTISAB 500 ML PNR 6	0,0	0,0	0,0	0,0
156	800210	CC L 2 LT PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
157	801571	Ciel Mini Mza 125ml TP 10BSAMPLING	0,0	0,0	0,0	0,0
158	809010	DVR ARA 300 ML PNR 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
159	801882	PWDE ZERO MORAS 600 ML PNR 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
160	801568	Ciel Mini Uva 125ml TP 10B	0,0	0,0	0,0	0,0
161	805870	CREMA PASTEURIZADA 450ml PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
162	801569	Ciel Mini Mza 125ml TP 10B	0,0	0,0	0,0	0,0
163	805859	YGT BEB FRESA 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
164	805860	YGT BEB GYBA 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
165	805861	YGT BEB DZNO 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
166	805862	YGT BEB MNGO 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
167	805863	YGT BEB MNZA 240g PNR BOT	0,0	0,0	0,0	0,0

ANEXO I. Tarimas almacenadas en el piso por producto k provenientes del origen i

No. Producto	SKU	Nombre del Producto	Producción	Compras	Cuautla	Total
1	801436	CIELP GARRAFON 20 LT	151,0	9,0	0,0	160,0
2	800006	CC 355 ML ALN 24 B	0,0	18,0	0,0	18,0
3	800055	CC 2.5 LT PR 8 B	0,0	3,0	3,0	6,0

4	800002	CC 500 ML VR 24 B	0,0	3,0	3,0	6,0
5	800072	CC 235 ML ALN 24B	0,0	3,0	0,0	3,0
6	800071	CC 1.5 LT PR 12 B	0,0	1,0	1,0	2,0
7	807401	Monster Energy 473ml ALN 4B	0,0	2,0	0,0	2,0
8	800201	CC L 355 ML ALN 24 B	0,0	2,0	0,0	2,0
9	801913	MIX LFTFTAFCASPT 355 ML ALN 24 B	0,0	1,0	0,0	1,0
10	800074	MPK CC 235 ML ALN 8B	0,0	1,0	0,0	1,0
11	800056	CC 2 LT PR 8 B	0,0	0,0	1,0	1,0
12	800038	CC 473 ML ALN 24 B	0,0	1,0	0,0	1,0
13	801507	CIELM 355 ML ALN 12 B	0,0	1,0	0,0	1,0
14	851036	Coca-Cola sin Azúcar 235ALN 12B	0,0	1,0	0,0	1,0
15	807117	SIDRAL MUNDET 2 LT RP 8BOT	0,0	0,0	0,0	0,0
16	800029	MPK CC 355 ML ALN 6 B	0,0	1,0	0,0	1,0
17	807104	SM 355 ML ALN 12 B	0,0	1,0	0,0	1,0
18	805636	MIX 6FTA+6SM+6JYA TTF+6JYA DUR 355ML VR	0,0	0,0	0,0	0,0
19	801002	SPT 355 ML ALN 24 B	0,0	1,0	0,0	1,0
20	800001	CC 355 ML VR 24 B	0,0	0,0	0,0	0,0
21	800087	CC 235ml VNR 24B	0,0	0,0	0,0	0,0
22	806253	JAM&N 235ml ALN 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
23	800336	FANTA NJA 235ml ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
24	801305	DWP 355 ML ALN 24 B	0,0	0,0	0,0	0,0
25	800803	FCA 355 ML ALN 24 B	0,0	0,0	0,0	0,0
26	803709	Coca-Cola sin Azúcar 355ML ALN 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
27	807101	SM 355 ML VR 24 B	0,0	0,0	0,0	0,0
28	800214	MPK CC L 355 ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
29	800328	FTA NJA 2 LT PR 8 B	0,0	0,0	0,0	0,0
30	800302	FTA NJA 355 ML ALN 24 B	0,0	0,0	0,0	0,0
31	805152	DVN MNG335 ML ALN 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
32	805640	MIX 2SM+2FTA+2SPT+2FCA 235ML ALN 8 B	0,0	0,0	0,0	0,0
33	801033	SPRITE 235ml ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
34	805150	DVN DZNO 335 ML ALN 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
35	805080	DVN MNG453 ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
36	803708	MPK CC sin Azúcar 355ML ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
37	805059	DVN MNG 335 ML ALN 1B	0,0	0,0	0,0	0,0
38	801029	SPRITE 2 LT PR 8 B	0,0	0,0	0,0	0,0
39	804301	SPT Z 355 ML ALN 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
40	806666	MIX FUZE TEA 3MNGMNZ+3NEGDZ 222ML ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
41	806057	L&N 450 ML ALN 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
42	806157	N&N 450 ML ALN 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
43	801015	MPK SPT 355 ML LATA 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
44	806151	N&N 235 ML ALN 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
45	806051	L&N 235 ML ALN 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
46	806808	BURN BLUE 450ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
47	800315	MPK FTA NJA 355 ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
48	800816	MPK FCA 355 ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
49	806817	BURN BLUE 235 ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
50	805151	DVN GYB 335 ML ALN 12 B	0,0	0,0	0,0	0,0
51	806663	FTEA LIM+DZNO+MNG 453 ML ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
52	806662	FTEA NGO DZNO 453 ML ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
53	806816	BURN 235 ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0
54	806806	BURN 450ML ALN 6 B	0,0	0,0	0,0	0,0

55	801513	CIELM 235 ML ALN 12B	0,0	0,0	0,0	0,0
56	806661	FTEA NGO LMN 453ML ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
57	800226	CC Light 235ml VNR 24B	0,0	0,0	0,0	0,0
58	806658	FUZE TEA MGO-MZNLLA 222 ML ALN 6B	0,0	0,0	0,0	0,0
59	806721	GLC VW RESTORE 340 ML ALN 6 BOT	0,0	0,0	0,0	0,0

ANEXO J. Asignación de cada producto i , a cada espacio del rack k

Rack	Producto	Clase	Procedencia
A11	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
A12	SM 600 ML PNR 12 B	A	Producción
A13	CIELP 5 LT PNR 4 B	A	Producción
A14	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
A15	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
A21	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
A22	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
A23	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
A24	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
A25	CC 500 ML PNR 12 B	A	Producción
A31	N&N 600 ML PNR 12B	A	Producción
A32	N&N 2 LT PNR 4B	B	Producción
A33	Joya Tuti-Friti 2lt PNR 4B	B	Producción
A34	CC Z 600 ML PNR 12 B	B	Compras
A35	Coca Cola sin Azúcar 1.5lt PNR 4B	B	Compras
A41	VF CP 3 LT PNR 6 B	B	Compras
A42	FTA NJ 3 LT PNR 4	B	Compras
A43	PWD FTS1LT PNR 6 B	B	Compras
A44	DVN DZNO 250 ML VNR 12 B	B	Compras
A45	UHT SAB CHOCOLATE 200ML TP BOT	B	Compras
B11	SM 600 ML PNR 12 B	A	Producción
B12	CIELP 600 ML PNR 24 B	A	Producción
B13	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción
B14	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
B15	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
B16	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
B21	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
B22	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
B23	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
B24	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
B25	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
B26	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
B31	L&N 2lt PNR 4B	B	Producción
B32	SM 400ml PNR 12	B	Producción
B33	FTA FRE 600 ML PNR 12 B	B	Producción
B34	CIELM 2 LT PNR 6 B	B	Producción
B35	FCA 600 ML PNR 12 B	A	Producción
B36	V FRUT CP 355 ML PNR 12B	B	Producción
C11	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
C12	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
C13	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
C14	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción

C15	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
C16	SM 600 ML PNR 12 B	A	Producción
C17	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
C18	CC 400 ML PNR 24 B	A	Producción
C19	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
C110	CC 400 ML PNR 24 B	A	Producción
C111	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
C21	CIELP 600 ML PNR 24 B	A	Producción
C22	SM 600 ML PNR 12 B	A	Producción
C23	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
C24	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
C25	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción
C26	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción
C27	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción
C28	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
C29	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
C210	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
C211	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción
C31	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
C32	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
C33	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
C34	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
C35	VF CP 600 ML PNR 12 B	A	Producción
C36	FTA Naranja 2L PNR 4B	A	Producción
C37	CC L 600ML PNR 12 B	A	Producción
C38	SPRITE 2L PNR 4B	A	Producción
C39	VF CP 600 ML PNR 12 B	A	Producción
C310	CC 500 ML PNR 12 B	A	Producción
C311	CC L 600ML PNR 12 B	A	Producción
D11	CIELP 5 LT PNR 4 B	A	Producción
D12	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
D13	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D14	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
D15	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
D16	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D17	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
D18	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
D19	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
D110	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
D111	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
D21	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
D22	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D23	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
D24	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
D25	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D26	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
D27	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
D28	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
D29	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
D210	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
D211	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción

D31	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
D32	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D33	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D34	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D35	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
D36	SPT 600 ML PNR 12 B	A	Producción
D37	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	A	Producción
D38	FKA 2LT PNR 4B	A	Producción
D39	FTA Naranja 2L PNR 4B	A	Producción
D310	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	A	Producción
D311	DWP 600 ML PNR 12 B	A	Producción
E11	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
E12	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción
E13	CC 400 ML PNR 24 B	A	Producción
E14	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
E15	CIELP 600 ML PNR 24 B	A	Producción
E16	CIELP 5 LT PNR 4 B	A	Producción
E17	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
E18	CIELP 600 ML PNR 24 B	A	Producción
E19	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
E110	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
E111	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
E112	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
E113	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
E21	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
E22	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
E23	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
E24	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
E25	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
E26	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
E27	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
E28	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
E29	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
E210	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
E211	CIELP 600 ML PNR 24 B	A	Producción
E212	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
E213	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
E31	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
E32	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
E33	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
E34	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
E35	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
E36	FTA NJA 600 ML PNR 12 B	A	Producción
E37	FTA NJA 600 ML PNR 12 B	A	Producción
E38	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	A	Producción
E39	FKA 2LT PNR 4B	A	Producción
E310	SPRITE 2L PNR 4B	A	Producción
E311	SPRITE 2L PNR 4B	A	Producción
E312	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	A	Producción
E313	FTA Fresa 2lt PNR 4B	A	Producción
F11	CIELP 5 LT PNR 4 B	A	Producción

F12	CC 400 ML PNR 24 B	A	Producción
F13	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
F14	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
F15	CIELP 5 LT PNR 4 B	A	Producción
F16	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
F17	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Producción
F18	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
F19	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
F110	SM 600 ML PNR 12 B	A	Producción
F111	CIELP 600 ML PNR 24 B	A	Producción
F112	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F113	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F21	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F22	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F23	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
F24	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
F25	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
F26	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F27	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
F28	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Producción
F29	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
F210	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F211	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
F212	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
F213	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
F31	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
F32	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F33	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F34	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
F35	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
F36	VF GYB 600 ML PNR 12 B	A	Producción
F37	VF GYB 600 ML PNR 12 B	A	Producción
F38	FTA Naranja 2L PNR 4B	A	Producción
F39	SPT 600 ML PNR 12 B	A	Producción
F310	CC L 600ML PNR 12 B	A	Producción
F311	VF CP 600 ML PNR 12 B	A	Producción
F312	JAM&N 600ML PNR 6B	B	Producción
F313	L&N 600 ML PNR 12B	B	Producción
G11	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
G12	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
G13	CC 300ML PNR 24 B	A	Producción
G14	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
G15	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
G21	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
G22	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
G23	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
G24	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
G25	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
G31	DWP 600 ML PNR 12 B	A	Producción
G32	DWP 600 ML PNR 12 B	A	Producción
G33	FKA 2LT PNR 4B	A	Producción

G34	Joya Durazno 2lt PNR 4B	B	Producción
G35	FCA 600 ML PNR 12 B	A	Producción
H11	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
H12	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
H13	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
H14	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
H15	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
H21	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
H22	CC 1LT PNR 12 B	A	Producción
H23	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Producción
H24	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
H25	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
H31	FTA Fresa 2lt PNR 4B	A	Producción
H32	Valle Frut Guayaba 355ml PNR 12B	B	Producción
H33	VF MNG600 ML PNR 12 B	B	Producción
H34	Valle Frut Uva 355ml PNR 12B	B	Producción
H35	CIELM 600 ML PNR 12 B	B	Producción
I11	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
I12	UHT ENTERA 1LT TP BOT	A	Compras
I13	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
I14	UHT ENTERA 1LT TP BOT	A	Compras
I15	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
I21	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
I22	CC 600 ML PNR 24 B	A	Compras
I23	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
I24	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
I25	CC 300ML PNR 24 B	A	Compras
I31	MIX 3SM+2FTA+2SPT+2FCA 2 LT PNR 9 B	A	Compras
I32	Coca Cola sin Azúcar 600 ML PNR 6 BOT	A	Compras
I33	PWD MOR 500 ML PNR 6 B	B	Compras
I34	DVN DZNO 413 ML VNR 12 B	A	Compras
I35	DVN MNG413 ML VNR 12 B	A	Compras
J11	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
J12	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
J13	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
J14	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
J15	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
J21	CC 600 ML PNR 24 B	A	Producción
J22	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
J23	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
J24	CC 2 LT PNR 9B	A	Producción
J25	CC 3 LT PNR 9 B	A	Producción
J31	VF CP 2LT PNR 6 B	A	Compras
J32	MPK CC 2 PNR 2 B 2	B	Compras
J33	FTI MIX 250 ML PNR 24 B	B	Compras
J34	DVN MNG413 ML VNR 12 B	A	Compras
J35	VF CP 2LT PNR 6 B	A	Compras
K11	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
K12	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
K13	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
K14	CC 600 ML PNR 24 B	A	Compras

K15	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
K21	VF CP 600 ML PNR 12 B	A	Compras
K22	LIFT by Mundet 2lt PNR 4B	A	Compras
K23	LIFT by Mundet 2lt PNR 4B	A	Compras
K24	MIX 3SM+2FTA+2SPT+2FCA 2 LT PNR 9 B	A	Compras
K25	LIFT by Mundet 2lt PNR 4B	A	Compras
K31	MPK CC 600 ML PNR 4 B	A	Compras
K32	DVN DZNO 413 ML VNR 12 B	A	Compras
K33	PWD MOR 1LT PNR 6 B	B	Compras
K34	SPT 400 ML PNR 12 B	B	Compras
K35	FTA NJA 400 ML PNR 12 B	B	Compras
L11	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
L12	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
L13	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Compras
L14	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
L15	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
L21	DWP 600 ML PNR 12 B	A	Compras
L22	FTA Naranja 2L PNR 4B	A	Compras
L23	MPK CC 600 ML PNR 4 B	A	Compras
L24	LFT BY MDT 600 ML PNR 12 B	B	Compras
L25	UHT DESLACTOSADA 1LT TP BOT	B	Compras
L31	LFT BY MDT 3 LT PNR 4 B	B	Compras
L32	CIEL P 355 ML PNR 24B	B	Compras
L33	MPK ICC+1SM 2LT PNR 2 B	B	Compras
L34	PWD MOR 600 ML PNR 6 B	B	Compras
L35	CC 1.5 LT PNR 12 B	B	Compras
M11	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
M12	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
M13	CC 300ML PNR 24 B	A	Compras
M14	Sidral Mundet 2lt PNR 4B	A	Compras
M15	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Compras
M21	CIELP 1 LT PNR 12 B	A	Compras
M22	CC 400 ML PNR 24 B	A	Compras
M23	CC 600 ML PNR 24 B	A	Compras
M24	UHT ENTERA 1LT TP BOT	A	Compras
M25	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
M31	CC 600 ML PNR 24 B	A	Compras
M32	UHT ENTERA 1LT TP BOT	A	Compras
M33	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras
M34	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
M35	CC 400 ML PNR 24 B	A	Compras
N11	SM 600 ML PNR 12 B	A	Compras
N12	CIELP 5 LT PNR 4 B	A	Compras
N13	CIELP 600 ML PNR 24 B	A	Compras
N14	CIELP 1.5 LT PNR 12 B	A	Compras
N15	UHT ENTERA 1LT TP BOT	A	Compras
N21	CC 1LT PNR 12 B	A	Compras
N22	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
N23	CC 3 LT PNR 9 B	A	Compras
N24	CC 1LT PNR 12 B	A	Compras
N25	CC 2 LT PNR 9B	A	Compras

N31	CC 600 ML PNR 24 B	A	Compras
N32	CC 1LT PNR 12 B	A	Compras
N33	FKA 2LT PNR 4B	A	Compras
N34	CC L 600ML PNR 12 B	A	Compras
N35	MIX 3SM+2FTA+2SPT+2FCA 2 LT PNR 9 B	A	Compras

ANEXO K. Asignación de cada producto i , a cada espacio del rack k

Piso	Producto	Clase	Procedencia
R11	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R12	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R13	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R14	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R15	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R16	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R17	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R18	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R19	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R110	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R111	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R112	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R113	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R21	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R22	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R23	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R24	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R25	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R26	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R27	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R28	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R29	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R210	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R211	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R212	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
R213	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U11	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U12	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U13	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U14	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U15	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U16	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U17	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U18	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U19	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U110	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U111	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U112	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U113	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U114	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U115	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U21	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción

U22	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U23	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U24	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U25	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U26	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U27	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U28	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U29	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U210	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U211	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U212	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U213	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U214	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U215	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U31	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U32	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U33	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U34	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U35	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U36	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U37	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U38	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U39	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U310	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U311	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U312	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U313	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U314	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U315	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U41	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U42	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U43	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U44	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U45	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U46	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U47	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U48	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U49	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U410	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
U411	SPT 355 ML ALN 24 B	B	Compras
U412	SM 355 ML ALN 12 B	B	Compras
U413	MPK CC 355 ML ALN 6 B	B	Compras
U414	Coca-Cola sin Azúcar 235ALN 12B	B	Compras
U415	CIELM 355 ML ALN 12 B	B	Compras
V11	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V12	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V13	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V14	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V15	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V16	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V17	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción

V18	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V19	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V110	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V111	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V112	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V113	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V114	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V21	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V22	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V23	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V24	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V25	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V26	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V27	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V28	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V29	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V210	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V211	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V212	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V213	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
V214	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W11	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W12	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W13	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W14	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W15	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W16	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W17	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W18	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W19	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W110	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W111	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W112	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W113	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W114	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W115	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W116	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W117	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W21	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W22	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W23	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W24	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W25	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W26	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W27	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W28	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W29	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W210	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W211	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W212	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W213	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción

W214	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W215	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W216	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
W217	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z11	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z12	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z13	CC L 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z14	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z15	CC 473 ML ALN 24 B	B	Compras
Z16	MPK CC 235 ML ALN 8B	A	Compras
Z17	CC 500 ML VR 24 B	A	Compras
Z18	CC 235 ML ALN 24B	A	Compras
Z19	CC 2.5 LT PR 8 B	A	Cuautla
Z110	CC 500 ML VR 24 B	A	Cuautla
Z111	CC L 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z112	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z113	CC 500 ML VR 24 B	A	Cuautla
Z114	CC 500 ML VR 24 B	A	Cuautla
Z115	CC 2.5 LT PR 8 B	A	Cuautla
Z116	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z117	Monster Energy 473ml ALN 4B	A	Compras
Z118	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z119	MIX LFTFTAFCASPT 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z120	CC 235 ML ALN 24B	A	Compras
Z121	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z122	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z123	CC 500 ML VR 24 B	A	Compras
Z124	CC 235 ML ALN 24B	A	Compras
Z125	CC 500 ML VR 24 B	A	Compras
Z126	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z127	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z128	CC 2 LT PR 8 B	A	Cuautla
Z129	CC 2.5 LT PR 8 B	A	Compras
Z130	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z21	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z22	CC 2.5 LT PR 8 B	A	Cuautla
Z23	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z24	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z25	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z26	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z27	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z28	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z29	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z210	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z211	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z212	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z213	CC 1.5 LT PR 12 B	A	Compras
Z214	CC 2.5 LT PR 8 B	A	Compras
Z215	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z216	CC 1.5 LT PR 12 B	A	Cuautla
Z217	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras

Z218	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z219	Monster Energy 473ml ALN 4B	A	Compras
Z220	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z221	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z222	CC 355 ML ALN 24 B	A	Compras
Z223	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Compras
Z224	CC 2.5 LT PR 8 B	A	Compras
Z225	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z226	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z227	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z228	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z229	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción
Z230	CIELP GARRAFON 20 LT	A	Producción

ANEXO L. Procedencia y destino para cada SKU empleados en Anylogic

Número	SKU	Origen		Destino		Tiempo de espera en el almacén (días)
		Producción (tarimas)	Cuautla/Compras (tarimas)	Almacén (tarimas)	Piso (tarimas)	
1	800001	0	2	0	2	3,6000
2	800002	0	30	0	30	0,2074
3	800004	721	217	938	0	0,0067
4	800006	0	104	0	104	0,0606
5	800007	551	153	704	0	0,0090
6	800010	307	77	384	0	0,0164
7	800012	184	46	230	0	0,0274
8	800016	0	6	6	0	1,0856
9	800017	0	1	1	0	5,6250
10	800029	0	2	0	2	2,7223
11	800031	71	22	93	0	0,0674
12	800034	0	1	1	0	10,0000
13	800038	0	3	0	3	2,1022
14	800039	0	31	31	0	0,2042
15	800040	0	16	16	0	0,3873
16	800044	0	0	0	1	6,4066
17	800046	0	0	2	0	3,0519
18	800055	0	33	0	33	0,1915
19	800056	0	4	0	4	1,7647
20	800057	35	7	42	0	0,1503
21	800068	189	38	227	0	0,0278
22	800071	0	13	0	13	0,4945
23	800072	0	17	0	17	0,3726
24	800074	0	5	0	5	1,3729
25	800087	0	2	0	2	3,8942
26	800201	0	9	0	9	0,7279
27	800210	0	0	0	0	45,0000
28	800211	41	15	56	0	0,1126
29	800214	0	1	0	1	7,4419

30	800222	2	1	3	0	1,8103
31	800226	0	0	0	0	154,2857
32	800302	0	1	0	1	9,1855
33	800307	37	6	43	0	0,1475
34	800315	0	0	0	0	27,7539
35	800316	6	2	8	0	0,7757
36	800328	0	1	0	1	8,5714
37	800330	0	5	5	0	1,1688
38	800334	45	9	54	0	0,1158
39	800336	0	1	0	1	5,5108
40	800503	21	4	25	0	0,2511
41	800517	27	7	34	0	0,1855
42	800803	0	1	0	1	5,7143
43	800808	30	5	35	0	0,1777
44	800816	0	0	0	0	28,6020
45	800825	0	4	4	0	1,7647
46	800830	53	16	69	0	0,0912
47	801002	0	2	0	2	3,4796
48	801008	34	8	42	0	0,1497
49	801015	0	0	0	0	21,9718
50	801016	6	2	8	0	0,7534
51	801026	0	2	2	0	2,9032
52	801029	0	0	0	0	15,0000
53	801032	43	8	51	0	0,1236
54	801033	1	0	0	1	9,5745
55	801202	0	20	20	0	0,3125
56	801229	0	7	7	0	0,9574
57	801233	0	46	46	0	0,1385
58	801305	0	1	0	1	5,5747
59	801307	54	9	63	0	0,1004
60	801401	178	22	200	0	0,0316
61	801402	109	24	133	0	0,0475
62	801403	176	38	214	0	0,0294
63	801404	84	23	107	0	0,0592
64	801436	855	50	0	905	0,0070
65	801463	0	0	0	0	34,1379
66	801468	0	0	0	0	27,5350
67	801505	20	3	23	0	0,2723
68	801506	15	5	20	0	0,3105
69	801507	0	3	0	3	2,1692
70	801513	0	0	0	0	49,5506
71	801536	0	1	1	0	5,2500
72	801537	0	1	1	0	6,7742
73	801538	0	1	1	0	5,4310
74	801539	0	1	1	0	6,6950
75	801540	5	2	7	0	0,9599

76	801543	1	0	1	0	9,3462
77	801544	1	0	1	0	11,9118
78	801545	0	0	0	0	24,9231
79	801546	1	0	1	0	7,3551
80	801547	0	0	0	0	23,9130
81	801551	1	0	1	0	4,5664
82	801552	1	1	2	0	2,8662
83	801553	1	0	1	0	11,9457
84	801554	0	0	0	0	25,9672
85	801555	1	0	1	0	10,1799
86	801556	0	2	2	0	3,3390
87	801557	0	3	3	0	2,5064
88	801558	0	3	3	0	1,8405
89	801559	0	4	4	0	1,5652
90	801568	0	0	0	0	147,7612
91	801569	0	0	0	0	1448,7805
92	801571	0	0	0	0	76,3496
93	801828	0	4	4	0	1,6854
94	801829	0	12	12	0	0,5225
95	801831	0	2	2	0	3,2202
96	801834	0	6	6	0	1,0793
97	801836	0	2	2	0	3,1060
98	801837	0	3	3	0	1,9813
99	801857	0	5	5	0	1,3404
100	801858	0	3	3	0	2,3273
101	801859	0	8	8	0	0,7465
102	801862	0	1	1	0	5,9985
103	801864	0	0	0	0	15,9249
104	801871	0	2	2	0	3,7082
105	801876	0	3	3	0	2,4803
106	801882	0	0	0	0	108,0000
107	801889	0	1	1	0	5,3465
108	801895	0	0	0	0	25,6059
109	801913	0	7	0	7	0,8871
110	801990	0	2	2	0	3,6953
111	801991	0	1	1	0	5,1990
112	801992	0	1	1	0	10,4247
113	801993	0	1	1	0	6,3202
114	803111	20	1	21	0	0,2980
115	803410	24	4	28	0	0,2246
116	803703	8	2	10	0	0,6074
117	803708	0	0	0	0	13,8104
118	803709	0	1	0	1	6,1987
119	803710	2	0	2	0	2,9785
120	803716	0	0	0	0	1170,0000
121	803723	0	0	0	0	17,0270

122	803726	0	1	1	0	4,6509
123	803728	0	4	4	0	1,7391
124	803730	0	10	10	0	0,6186
125	804301	0	0	0	0	16,9106
126	804603	2	0	2	0	3,5874
127	804605	0	2	2	0	3,5964
128	805006	0	15	15	0	0,4157
129	805033	0	1	1	0	4,3269
130	805034	0	2	2	0	4,1547
131	805035	0	0	0	0	17,0025
132	805036	0	0	0	0	41,1585
133	805037	0	0	0	0	21,2710
134	805038	0	0	0	0	26,4706
135	805039	0	1	1	0	9,1588
136	805051	0	1	1	0	5,6232
137	805052	0	1	1	0	5,3097
138	805053	0	1	1	0	12,1069
139	805054	0	0	0	0	36,0000
140	805059	0	0	0	0	14,4128
141	805079	0	0	0	1	12,4807
142	805080	0	0	0	0	13,6824
143	805142	0	40	40	0	0,1592
144	805143	0	35	35	0	0,1797
145	805144	0	2	2	0	3,8284
146	805145	0	2	2	0	3,7500
147	805146	0	4	4	0	1,4066
148	805148	0	4	4	0	1,6038
149	805150	0	0	0	0	12,8735
150	805151	0	0	0	0	35,5888
151	805152	0	1	0	1	9,2466
152	805174	0	1	1	0	4,6810
153	805176	0	1	1	0	12,0550
154	805177	0	1	1	0	10,6311
155	805178	0	1	1	0	10,6311
156	805262	0	1	1	0	6,1765
157	805602	0	2	2	0	3,4264
158	805603	0	2	2	0	3,9206
159	805607	0	2	2	0	3,1383
160	805612	0	0	0	0	40,3200
161	805613	0	6	6	0	1,0568
162	805636	0	2	0	2	3,3582
163	805638	0	51	51	0	0,1248
164	805639	0	0	0	0	12,8571
165	805640	0	1	0	1	9,4914
166	805859	0	0	0	0	1638,0000
167	805860	0	0	0	0	1638,0000

168	805861	0	0	0	0	1638,0000
169	805862	0	0	0	0	1638,0000
170	805863	0	0	0	0	2047,5000
171	805870	0	0	0	0	236,2500
172	805875	0	3	3	0	2,4442
173	805876	0	4	4	0	1,7272
174	805877	0	4	4	0	1,4938
175	805878	0	2	2	0	2,7170
176	805879	0	85	85	0	0,0740
177	805880	0	0	0	0	21,4196
178	805881	0	3	3	0	1,9077
179	805882	0	14	14	0	0,4419
180	805894	0	2	2	0	3,0285
181	805896	0	0	0	0	28,4211
182	805897	0	1	1	0	4,7843
183	805901	55	7	62	0	0,1018
184	805930	0	2	2	0	3,5451
185	805940	0	1	1	0	4,4471
186	805950	0	5	5	0	1,1520
187	805955	16	3	19	0	0,3266
188	805956	37	6	43	0	0,1458
189	805977	0	29	29	0	0,2201
190	805984	17	2	19	0	0,3365
191	805985	12	2	14	0	0,4626
192	805986	11	1	12	0	0,5246
193	806051	0	0	0	0	25,5159
194	806055	18	5	23	0	0,2706
195	806057	0	0	0	0	19,7802
196	806060	9	3	12	0	0,5281
197	806151	0	0	0	0	23,3128
198	806155	22	7	29	0	0,2186
199	806157	0	0	0	0	20,0000
200	806160	12	3	15	0	0,4252
201	806252	12	4	16	0	0,4048
202	806253	0	1	0	1	5,0028
203	806643	0	1	1	0	4,2914
204	806644	0	4	4	0	1,6514
205	806647	0	1	1	0	5,1139
206	806658	0	0	0	0	243,3750
207	806659	0	2	2	0	3,3750
208	806661	0	0	0	0	144,6429
209	806662	0	0	0	0	40,5000
210	806663	0	0	0	0	35,9600
211	806666	0	0	0	0	19,5090
212	806713	0	0	0	0	42,9796
213	806720	0	0	0	0	505,7143

214	806721	0	0	0	0	337,1429
215	806806	0	0	0	0	45,0000
216	806808	0	0	0	0	27,6657
217	806816	0	0	0	0	40,6452
218	806817	0	0	0	0	31,4607
219	807101	0	1	0	1	6,3380
220	807102	78	11	89	0	0,0706
221	807104	0	2	0	2	2,8041
222	807115	10	3	13	0	0,4936
223	807116	0	3	3	0	2,3077
224	807117	0	3	0	3	2,3226
225	807137	132	26	158	0	0,0400
226	807254	0	0	0	0	15,3607
227	807255	0	1	1	0	12,3288
228	807401	0	9	0	9	0,6742
229	809006	0	0	0	0	19,9789
230	809007	0	3	3	0	2,3720
231	809010	0	0	0	0	89,3510
232	851009	61	24	85	0	0,0743
233	851036	0	3	0	3	2,2336

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Ang M., Fim Y. F., & Sim M., “Robust Storage Assignment in Unit-Load Warehouse”, obtenido <http://www.mysmu.edu/faculty/yflim/yflim-MS2012.pdf>.
- Aminoff A., Kettunen O., & Pajunen-Muhonen H., “Research of Factors Affecting Warehouse Efficiency”, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 45-57.
- Anylogic, obtenido de <https://www.anylogic.com/features>, 2017.
- Ballou R. H., “Logística, Administración de la Cadena de Suministro”, México, Pearson Educación, 2004.
- Banks J., “Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practices”, United States of America, John Wiley & Sons Inc., 1998.
- Bartholdi J., & Hackman S., “Warehouse and Distribution Center”, Atlanta, Warehouse-Science, 2014.
- Battista C., Fumi A., Giordano F., & Schiraldi M., “Storage Location Assignment Problem: Implementation in a Warehouse Design Optimization Tool”, Department of Enterprise Engineering, University of Rome, 2012.
- Borshchev, A., “The Big Book of Simulation Modeling”, Anylogic North America, 2013.
- Bowerson D., Closs D., & Cooper M., “Administración y Logística de la Cadena de Suministro”, Ciudad de México, The McGraw-Hill, 2007.
- Buil R., & Piera M. A., “New Warehouse Design Methodology at Strategy and Operational Level”, University of Barcelona, Dept. of Telecommunications and Systems Engineering, 2007.
- Cardona L. F., Rivera L., & Ramírez H. J., “Analytical Optimization for the Warehouse Sizing Problem Under Class-Based Storage Policy”, *Ingeniería y Ciencia*, 221-248, 2016.
- Coca-Cola, obtenido de <http://www.coca-colamexico.com.mx/historia>, 2017.
- Corporación RICA, obtenido de http://mexricaempro.rica.com.mx:50000/irj/portalapps/Portal_RICA/html/index.html, 2016.
- De Koster R., Le-Duc T., & Roodbergen K. J., “Design and Control of Warehouse Order Picking”, RSM Erasmus University, 2007.
- Dinero en Imagen, obtenido de <http://www.dineroenimagen.com>, 2013.
- INEGI, obtenido de www.mapasparacolorear.com, 2010.
- Lee M. K., & Elsayed E. A., “Optimization of Warehouse Storage Capacity Under a Dedicated Storage Policy”, *International Journal of Production Research*, 1758-1805, 2005.
- Machi L. A., & McEvoy B. T., “The Literature Review”, Corwin Press, 2009.

Miljuš M., “Warehouse Management and Modeling”, Izmir University of Economics – Logistics Department, 2006.

Porter M., “Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance”, 1985.

Powell S. G., & Baker K. R., “Management Science: The Art of Modeling with Spreadsheets”, Wiley, 2007.

RICA, obtenido de <http://www.corporacionrica.com.mx/nuestra-historia>, 2016.

Roodberge K., “Simultaneous Determination of Warehouse Layout and Control Policies”, International Journal of Production Research, 3306-3326, 2015.

Rubio C., <http://forbes.es/actualizacion/2366/en-cuantos-paises-se-vende-cocacola>, 2014.

Shqair M. I., & Altarazi S. A., “Layout Design of Multiples Blocks Class-Based Storage Strategy Warehouses”, Indonesia, Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bali, 2014.

Thomas L. M., & Meller R. D., “Analitical Models for Warehouse Configuration”, IIE Transactions, 928-947, 2014.

Tompkins J. A., White J. A., Frazelle Y. A., & Tanchoco J. A., “Facilities Planning”. John Wiley & Sons, 2003.