

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

“Modelo de asignación de espacios en estantes con división horizontal para una  
cadena minorista.”

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del título de:

**Ingeniero(a) en Logística y Transporte**

Presentado por:

Luis Gabriel Castro Reyes

Tamara Lisbeth Tomalá Chuchuca

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2023

# DEDICATORIA

Todo el tiempo y esfuerzo requerido en este proyecto va dedicado a mi familia, mi enamorado y mejores amigos, quienes me han brindado su cariño, confianza y apoyo incondicional durante cada etapa de mi vida.

Tamara Tomalá Chuchuca

Dedico este trabajo a mi familia quienes son el pilar fundamental de mi vida; a mis mejores amigos, cuyo apoyo inquebrantable me ha sostenido en cada desafío y a mis amigos, con quienes he compartido experiencias memorables.

Luis Castro Reyes

# AGRADECIMIENTOS

Gracias al tutor de nuestra Materia Integradora por el tiempo invertido en guiarnos y aconsejarnos para que finalicemos este proyecto de manera exitosa.

Pero, sobre todo, agradezco a mis padres, mi razón de ser, quienes me inspiran a ser mejor cada día y a lograr cada meta que me propongo.

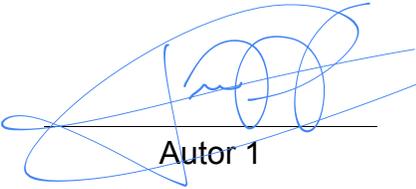
Tamara Tomalá Chuchuca

Además de mi amada familia y leales amistades, deseo expresar un profundo agradecimiento a los tutores y maestros cuyos valiosos consejos han sentado las bases de mi desarrollo académico y profesional.

Luis Castro Reyes

# DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; LUIS GABRIEL CASTRO REYES y TAMARA LISBETH TOMALÁ CHUCHUCA damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.



---

Autor 1



---

Autor 2

# EVALUADORES

MSc Carlos Ronquillo

PhD Carlos Aníbal  
Suárez

# RESUMEN

Una cadena minorista se encuentra en la necesidad de mejorar el proceso de surtido de cartones de leche en sus perchas. Con esta finalidad, se plantea la implementación de una herramienta capaz de elaborar planogramas guía. El objetivo de esta iniciativa radica en el aumento de la utilidad neta de la empresa, y la mejora sustancial del servicio al cliente.

Primero, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de la gama actual de productos ofrecidos por la empresa, categorizándolos en subfamilias. Consecuentemente, se procedió a examinar las características de los productos. Siguiendo los requerimientos de la empresa, se desarrolló un modelo matemático basado en el Problema de Asignación de Espacios en Estantes, mediante un algoritmo de Programación Lineal en Python. El algoritmo devolvió las ubicaciones óptimas de los productos en estantes específicos y calculó el valor aproximado de la utilidad máxima. Posterior a ello, se representó la distribución del número de caras por producto en un planograma.

Se concluye que, mediante el análisis minucioso de la información y la ejecución de esta herramienta de planificación, la empresa tiene la posibilidad de incrementar sus beneficios, agilizar los procesos de reposición en los estantes y mitigar la pérdida de ventas, logrando al mismo tiempo alcanzar los estándares deseados de servicio ofrecido al cliente.

**Palabras clave:** Planificación, programación lineal, utilidad, Asignación de Espacios en Estantes.

# **ABSTRACT**

*A retailer finds itself in need of improving the milk carton assortment process on its racks. With this purpose, the implementation of a tool capable of preparing guide planograms is proposed. The objective of this initiative lies in increasing the company's net profit, and substantially improving customer service.*

*First, a comprehensive analysis of the current products offered by the company was carried out, categorizing them into subfamilies. Consequently, the characteristics of the products were examined. Following the company's requirements, a mathematical model based on the Shelf Space Allocation Problem was developed, using a Linear Programming algorithm in Python. The algorithm returned the optimal locations of the products on specific shelves and calculated the approximate value of the maximum profit. After that, the distribution of the number of faces per product was represented in a planogram.*

*It is concluded that, through the meticulous analysis of the information and the execution of this planning tool, the company has the possibility of increasing its benefits, speeding up the processes of replenishment on the shelves and mitigating the loss of sales, at the same time achieving the desired standards of service offered to the customer.*

**Keywords:** *Planning, linear programming, utility, Shelf Space Allocation.*

# INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
INDICE GENERAL .....	1
INDICE DE FIGURAS .....	3
INDICE DE TABLAS .....	4
GLOSARIO .....	5
CAPÍTULO 1.....	6
1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1 Descripción del problema .....	7
1.2 Justificación del problema.....	8
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo general .....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9
1.4 Marco Teórico.....	9
1.4.1 Marco conceptual .....	10
1.4.1.1 Minorista.....	10
1.4.1.2 Objetivos de empresas tipo retailer (minorista) .....	10
1.4.1.3 Actualidad de las empresas tipo .....	11
1.4.1.4 Surtido .....	11
1.4.1.5 Merchandising visual (Mercadeo visual) .....	12
1.4.2 Estado del arte.....	12
1.4.2.1 Análisis de la bibliografía .....	14
CAPÍTULO 2.....	18
2.1 Técnicas de investigación .....	18
2.1.1 Levantamiento de información.....	18
2.1.2 Recopilación de los datos .....	19
2.2 Análisis de la información levantada: Situación actual .....	19
2.3 Descripción de los modelos.....	20

2.3.1 Problema de empaquetamiento (Bin Packing Problem).....	20
2.3.2 Problema de asignación de espacios en estantes.....	22
2.4 <i>Uso de software</i> .....	32
2.5 <i>Consideraciones legales y éticas</i> .....	34
2.6 <i>Fases del proyecto</i> .....	35
2.7 <i>Cronograma de trabajo</i> .....	36
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	38
3.1 <i>Análisis de resultados</i> .....	38
3.1.1 <i>Análisis de escenarios</i> .....	38
3.1.1.1 <i>Escenario Actual</i> .....	38
3.1.1.2 <i>Escenario Propuesto</i> .....	39
3.1.2 <i>Análisis estadístico</i> .....	40
3.1.3 <i>Análisis de costos</i> .....	42
3.1.4 <i>Especificaciones del prototipo</i> .....	44
3.1.5 <i>Diseño del prototipo</i> .....	45
3.1.6 <i>Propuesta de valor</i> .....	45
3.1.7 <i>Otras alternativas para el modelo</i> .....	46
3.1.7.1 <i>Apilar</i> .....	46
3.1.7.2 <i>Unificar estantes</i> .....	47
3.1.7.3 <i>Considerar demanda</i> .....	48
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	49
4.1 <i>Conclusiones y recomendaciones</i> .....	49
4.1.1 <i>Conclusiones</i> .....	49
4.1.2 <i>Recomendaciones</i> .....	50
<b>ANEXOS</b> .....	51
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	52

# INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación del modelo de negocio.....	10
Figura 2 Lluvia de ideas de la ubicación de lácteos en perchas.....	18
Figura 3 Representación gráfica del Problema de Empaquetamiento.....	22
Figura 4 Logo de Python.....	32
Figura 5 Logo de Spyder.....	33
Figura 6 Logo de Pulp.....	34
Figura 7 Planograma actual por marca.....	39
Figura 8 Planograma del modelo por marca.....	40
Figura 9 Planograma del modelo por marca con apilamiento.....	47
Figura 10 Planograma del modelo por marca con unificación de nivel.....	47

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla correspondiente a los índices usados en el modelo.....	24
Tabla 2	Tabla correspondiente a los parámetros de estante usados en el modelo .....	25
Tabla 3	Tabla correspondiente a los parámetros de productos usados en el modelo.....	25
Tabla 4	Tabla correspondiente a otros parámetros usados en el modelo .....	25
Tabla 5	Tabla correspondiente las variables de decisión usadas en el modelo .....	26
Tabla 6	Tabla correspondiente otras variables usadas en el modelo.....	26
Tabla 7	Tabla correspondiente a los colores por marca .....	38
Tabla 8	Tabla correspondiente al espacio ocupado por subfamilia .....	41
Tabla 9	Tabla correspondiente al porcentaje de ocupación.....	41
Tabla 10	Tabla correspondiente a las unidades usadas por subfamilia .....	42
Tabla 11	Tabla correspondiente a la utilidad por estante .....	43
Tabla 12	Tabla correspondiente a la utilidad por subfamilia.....	44
Tabla 13	Tabla correspondiente a la relación entre demanda, utilidad y caras.....	48
Tabla 14	Tabla correspondiente a la información general de cada producto .....	51
Tabla 15	Tabla correspondiente a la demanda de cada producto de la sección.....	51

# GLOSARIO

<b>CARDINAL</b>	Principal, fundamental.
<b>APRIMAR</b>	Perfeccionar.
<b>CUSTOMIZADO</b>	Adaptado según preferencias del negocio.
<b>RETAILER</b>	Empresa que vende productos directamente al cliente.
<b>MERCHANDISING</b>	Estrategias que estimulan la compra de un producto.
<b>FACING</b>	Cantidad de producto que se exhibe en percha (caras)
<b>GÓNDOLA</b>	Percha, estante.
<b>SURTIDO</b>	Conjunto de artículos que se ofrecen dentro de un local.
<b>PLANOGRAMA</b>	Representación de la ubicación de mercadería en góndolas.
<b>PLANÍMETRO</b>	Planograma.
<b>ESTANTERÍA</b>	Conjunto de estantes dispuestos verticalmente.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Gracias a la globalización, hoy en día se destinan más recursos al desarrollo de la cadena logística que abarca procedimientos desde la recolección de materia prima hasta que el producto elaborado llega al cliente final para su consumo.

Muchos negocios ven en la optimización una herramienta cardinal para simplificar labores de modo que les permita destacarse sobre la competencia y, por ende, abarcar un mercado cada vez mayor. Por tal razón buscan aprimar sus actividades mediante la aplicación de programas customizados con el principal objetivo de generar ganancias significativas y así invertir en su expansión.

Cada industria prioriza diversos elementos que, luego de pasar algunos análisis de factibilidad, se traducen en mayores ingresos al final de determinados periodos. Para los minoristas, uno de estos componentes clave es la definición de caras que posee un artículo en las estanterías tomando en consideración factores como la demanda, los costos de reposición, las dimensiones tanto del producto como de los estantes e incluso estrategias de merchadising.

El proyecto tiene como finalidad mejorar el proceso de elaboración de planogramas mediante un programa que plasme la exhibición más adecuada de mercadería en góndolas para aprovechar de mejor manera los recursos que se emplean en la distribución, venta y almacenamiento.

## **1.1 Descripción del problema**

De manera general, definir las exhibiciones en una cadena minorista puede llegar a representar mucho trabajo porque se considera una gran variedad de factores y esto se debe realizar en el menor tiempo posible. Pese a que el negocio cuenta con personal experimentado en la elaboración de planogramas, se pudo constatar que existen oportunidades de desarrollo y mejora dentro de esta área; por tanto, el estudio se centrará en ello.

Por un lado, las exhibiciones son empleadas dentro del sistema de reaprovisionamiento automático por lo que, si no están bien definidas, las cantidades pedidas al proveedor llegan a ser menores que las requeridas y el local queda desabastecido. En consecuencia, se pierden muchas ventas mientras llega la nueva mercadería para rellenar las perchas afectando severamente los números de la compañía y los indicadores de satisfacción del cliente. Asimismo, una exhibición de artículos ineficaz provoca que los costos operativos relacionados al reabastecimiento de estanterías aumenten dado que se incrementa la frecuencia de reposición.

Por otro lado, el tiempo que conlleva elaborar planímetros causa que no se realice una fase de revisión posterior, sino que se mantiene la distribución obtenida en primera instancia. En el momento que la tienda acrecienta su surtido añadiendo más productos al catálogo, estos planogramas quedan desactualizados y se dificulta asignar una exhibición apropiada sin perjudicar a los productos más antiguos del local.

La sección que se analiza en este documento corresponde a los lácteos no refrigerados con envases de cartón debido a la exactitud de sus dimensiones, características y demanda.

## **1.2 Justificación del problema**

Fomentar la investigación en cualquier rama de la industria es de gran relevancia debido a que está fuertemente relacionada con el Noveno Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) titulado “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación” (ONU, 2015).

En el caso de las empresas que comercializan bienes como los minoristas, existen herramientas que permiten llegar al usuario de tal manera que se lo incite a adquirir más dentro del local y, como resultado, se dinamiza el proceso de compra y venta expandiendo el alcance del negocio. Este progreso trae consigo dos principales componentes: el desarrollo de procesos innovadores y el crecimiento económico.

Por una parte, las empresas se dedican a invertir más en la innovación de sus operaciones para ampliar el margen de ganancias y ser más competitivos. Por ende, las instituciones de educación superior se convierten en piezas esenciales en la formación de profesionales capaces de generar nuevos conocimientos que serán aprovechados por las entidades privadas.

Por otra parte, el crecimiento económico impulsa la generación de más plazas de empleo e inversiones en proyectos sociales cuyos principales beneficiarios serán las comunas donde se desarrollen esas obras.

Al final del estudio se planea obtener un algoritmo capaz de definir las ubicaciones de cada producto en percha de modo que se maximice la utilidad y se puedan realizar comparaciones con el escenario actual.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Definir el frente óptimo de los productos, mediante el estudio de la demanda y la utilidad unitaria, para mejorar la rentabilidad de la empresa.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar la exhibición actual que maneja la empresa, con la guía de indicadores locales, para determinar un marco de referencia apropiado.
- Elaborar un algoritmo usando el software PYTHON para maximizar las ganancias netas obtenidas por producto a partir del planograma.
- Comparar el escenario actual y el propuesto, por medio de un análisis exhaustivo, para determinar la eficiencia de la solución encontrada y su impacto en la industria.

## **1.4 Marco Teórico**

La revisión bibliográfica ayuda a aclarar conceptos importantes que se mencionan a lo largo del documento con la finalidad de conocer más a profundidad el tema que se está tratando.

Es apropiado considerar estudios previos para usarlos como un referente y elaborar juicios que permitan generar nuevos conocimientos que aporten significativamente al área de estudio.

## 1.4.1 Marco conceptual

### 1.4.1.1 *Minorista*

(Mulhern, 1997) indica que el retail representa la culminación del proceso de marketing que vincula al consumidor con la empresa productora. El minorista, en particular, se encarga de agrupar diferentes tipos de mercancía en un solo lugar y ofrecerla al comprador para suplir sus necesidades rápidamente. Los actores que intervienen en el modelo de negocio suelen ser tres: los productores, el negocio y, por último, el cliente final.

**Figura 1 Representación del modelo de negocio**



### 1.4.1.2 *Objetivos de empresas tipo retailer (minorista)*

De acuerdo con (Czerniachowska et al., 2021) las cadenas minoristas están interesadas en maximizar los beneficios producto de su actividad comercial. Por ello, se da impulso a áreas específicas que puedan conllevar cuantiosos ahorros como, por ejemplo, la logística y el control de inventarios (Mulhern, 1997).

De manera general, algunas políticas que usualmente se adoptan son:

- Mejora del nivel de satisfacción del cliente.
- Implementación de nuevas tecnologías.
- Desarrollo de modelos de control de procesos.

### **1.4.1.3 Actualidad de las empresas tipo**

(Edirisinghe & Munson, 2023) señala que la competitividad en el sector retail ha aumentado por la presencia de los canales digitales que proveen una mayor customización a los usuarios. Así pues, es necesario que se identifiquen nuevas formas de innovar y transformar los locales para no perder clientela. Los mismos autores sugieren que se trabaje en la adecuación de las estanterías tomando como eje central el comportamiento del cliente.

Sin embargo, previo a la definición de espacios para cada producto del catálogo, se deben seleccionar aquellos que sean realmente atractivos para los compradores por medio del surtido. “La planificación del surtido merece mucha atención de profesionales y académicos debido a su impacto directo en el éxito comercial de los minoristas” (Timonina-Farkas et al., 2020).

### **1.4.1.4 Surtido**

El surtido especifica las cantidades de cada existencia que maximizan las ganancias del minorista considerando restricciones como espacios limitados, el capital disponible, entre otros (Timonina-Farkas et al., 2020).

(Hübner et al., 2021) menciona que el producto con mayor exhibición es más propenso a generar mayores ventas e incluso los costos relacionados al reaprovisionamiento disminuyen.

Como punto de partida, los productos más beneficiosos para la compañía serán aquellos que posean un mayor número de caras; caso contrario, la exhibición será mínima y acordada con el proveedor.

Es importante notar que el frente está muy vinculado con las características tanto del producto como de la estructura que exhibirá a dicho producto.

#### **1.4.1.5 *Merchandising visual (Mercadeo visual)***

El diseño de las tiendas debe lograr que los artículos sean fáciles de encontrar mejorando la experiencia de compra del cliente, por lo que es necesario realizar ajustes constantes en las ubicaciones, precios e incluso señalética para atraer la atención del usuario.

El mercadeo visual es un factor clave en las compras, especialmente en aquellas no planificadas (Czerniachowska et al., 2021). Para incitar la adquisición de un artículo es necesario mejorar la presentación dentro de las perchas, ya sea el estado del empaque, espacios ocupados, niveles en percha e incluso el aseo del estante.

#### **1.4.2 Estado del arte**

El desenvolvimiento de este proyecto mantiene relación con trabajos previos, los cuales serán mencionados a continuación:

- **Linearization technique for transformation non-linear shelf space allocation problem into a linear one.**
  - Autores: Kateryna Czerniachowska y Krzysztof Lutoslawski.
  - Origen: Wroclaw, Polonia.
  - Año: 2022

- **Product assortment and space allocation strategies to attract loyal and non-loyal customers.**
  - Autores: Anna Timonina-Farkas, Argyro Katsifou y Ralf W. Seifert.
  - Origen: Lausana, Suiza.
  - Año: 2020.
- **Shelf space allocation problem with horizontal shelf division.**
  - Autores: Kateryna Czerniachowskaa, Krzysztof Lutosławskia, Agata Kozinaa, Karolina Mateńczuka, Adrianna Koziarkiewicz, Marcin Pietranikb, Aleksandra Markowskaa.
  - Origen: Wrocław, Polonia.
  - Año: 2021.
- **Shelf space dimensioning and product allocation in retail stores.**
  - Autores: Alexander Hübnera, Tobias Düsterhöftb y Manuel Ostermeier.
  - Origen: Straubing, Alemania.
  - Año: 2020.
- **Strategic rearrangement of retail shelf space allocations: Using data insights to encourage impulse buying.**
  - Autores: Gihan S. Edirisinghea y Charles L. Munson.
  - Origen: Washington, Estados Unidos.
  - Año: 2022.

#### **1.4.2.1 Análisis de la bibliografía**

El minorista tiene que resolver el compromiso entre el atractivo de la tienda y los costos operativos correspondientes. Al aumentar la cantidad de productos en el surtido, se puede atraer a una mayor cantidad de clientes a la tienda, incrementando el tráfico y, en consecuencia, las ventas generales de los minoristas. La introducción de un producto al surtido conlleva un costo de orden de preparación, así como costos de inventario relacionados. Dado que el espacio en los estantes es limitado, una mayor cantidad de productos también significa menos espacio de almacenamiento y, en consecuencia, un menor nivel de inventario por producto, lo que genera mayores costos de inventario. El bajo nivel de inventario puede resultar en un aumento en la probabilidad de agotamiento de existencias o en un reabastecimiento frecuente (para productos estándar) y, por lo tanto, en un mayor costo de instalación. El minorista tiene que encontrar un equilibrio entre productos estándar y variables, teniendo en cuenta la limitación de espacio en los estantes (Timonina-Farkas et al., 2020).

Una limitación de la literatura sobre asignación de espacio en estantes es evitar los métodos de asignación de productos, como el tapado y anidado, según su forma o tipo de paquete. Los productos de conveniencia son productos que permiten a los clientes acceder fácilmente a los productos y realizar compras rápidamente (por ejemplo, salsa de tomate en el planograma de salchicha, picante en la carne fresca o planograma de pescado). Los productos locales varían de una tienda a otra (p. ej., periódicos, obsequios patrimoniales, productos frescos) en una cadena minorista. Además, permite que el producto se asigne en niveles de estante específicos (el estante más bajo y grande para productos pesados, el nivel bajo para productos de movimiento rápido, el nivel de

los ojos para productos caros, cualquier otro nivel no dedicado) así como en partes verticales específicas de un planograma (como cerca del pasillo o en la parte central) (Czerniachowska et al., 2021).

Para definir el nivel vertical y la altura de un segmento de estante, se deben considerar restricciones adicionales. Un segmento de estantería puede tener una altura mínima específica que represente la distancia entre dos tablas de estantería. Esto generalmente depende de las pautas de marketing y diseño. Además, se debe considerar una cierta brecha de captación para que los clientes aún puedan retirar productos de este segmento. La altura máxima de un segmento es el límite superior de la distancia vertical entre dos segmentos. Depende de la categoría del producto (p. ej., bolsa grande de comida para perros frente a dulces pequeños) y de las opciones para apilar artículos (p. ej., comida enlatada frente a comida en bolsa), para evitar apilamientos inestables (Hübner et al., 2021).

Proponemos un esquema de reorganización de la asignación de estantes para explotar este comportamiento de compra impulsivo del cliente de tres maneras. Primero, aseguramos una mayor visibilidad, en términos de ubicación atractiva y espacio dedicado en la tienda, para productos históricamente más populares y rentables. En segundo lugar, colocamos productos cerca unos de otros que los clientes tradicionalmente han comprado juntos. Finalmente, cuando movemos una familia de productos a un pasillo completamente diferente, la reemplazamos con productos que los datos de transacciones sugieren que pueden interesar al comprador del producto reasignado. De esta manera, mientras examinan un pasillo donde solía estar el producto deseado, los clientes notan nuevos productos que de otra manera no habrían visto. Con estas

técnicas, nos esforzamos por generar compras impulsivas a través de una ubicación estratégica en los estantes (Edirisinghe & Munson, 2023).

El producto se puede colocar en el estante en dos orientaciones: frontal o lateral. La disponibilidad de orientación se define por el tipo de paquete y la visibilidad de la marca para el cliente. Por lo tanto, el ancho del producto se toma para el cálculo del espacio ocupado para la orientación frontal. De lo contrario, se toma la profundidad del producto para el cálculo del espacio ocupado para la orientación lateral. Se utilizan los números mínimo y máximo de caras para que el producto sea lo suficientemente visible en el estante. Estos números son definidos por el minorista. Para resolver el problema, el objetivo es definir el número de caras de un producto en cada estante definiendo su orientación para maximizar el beneficio total del minorista sujeto al conjunto de restricciones, que agrupamos en 5 categorías: restricciones de estante, restricciones de producto, restricciones de orientación, restricciones de estantes múltiples y restricciones de relación. (Czerniachowska & Lutoslawski, 2022)

La información recopilada con ayuda de esta bibliografía, en conjunto con el análisis de la situación actual de la empresa de cadena minorista, son la base para desarrollar la metodología de este proyecto. Estas investigaciones previas mantienen una gran relación con la temática en cuestión, debido a que mencionan definiciones relevantes como *tapado* y *anidado* (haciendo referencia a que ningún producto debe estar dentro o encima de otro), consideran restricciones como las medidas de las góndolas y de los productos, el peso máximo que soporta cada estante y la demanda de cada producto, además, indican que existen productos en el mercado que son divididos por subfamilias o categorías, es decir, los clasifican en base a sus características logrando una mayor organización dentro del planograma.

Los artículos citados mantienen armonía con la finalidad de este presente proyecto, dado que desarrollan problemas que tienen maximizar la utilidad referente a las ventas de los productos que desean ubicar en los estantes, brindando a su vez, un óptimo nivel de servicio.

Otro aspecto importante a destacar es que mencionan la ubicación de productos en góndolas basándose en el nivel de lineal, es decir, colocarlos al nivel de los ojos para que sean más llamativos a los clientes, localizarlos al inicio o final del pasillo dependiendo su marca o precio de venta, o ubicarlos en estantes de un nivel bajo a razón del peso del producto. Esto permite brindarle un mejor servicio al consumidor, no sólo teniendo disponible el producto deseado en stock, sino otorgándole mayor empatía y comodidad.

# CAPÍTULO 2

## 2.1 Técnicas de investigación

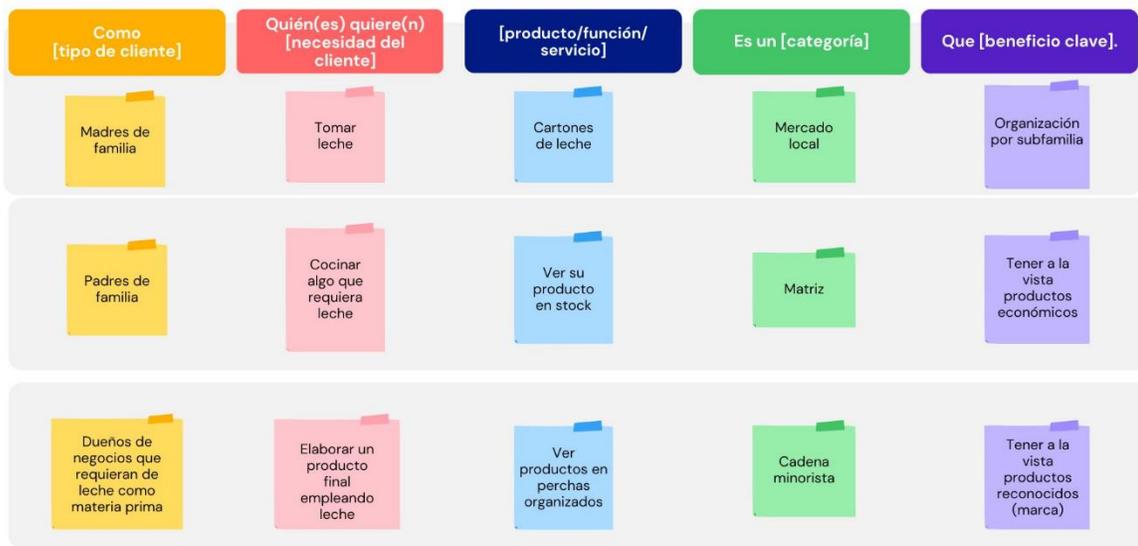
### 2.1.1 Levantamiento de información

Para esta fase, se efectuó una lluvia de ideas relacionada con la ubicación de productos lácteos en perchas, y se definió consideraciones y propuestas de mejora. Esto se realizó con ayuda de post-its en línea en la plataforma Canva.

Figura 2 Lluvia de ideas de la ubicación de lácteos en perchas

### Lluvia de ideas

Proyecto/producto:



Con base en la lluvia de ideas se determinó las preferencias de compra de los clientes. Los productos deben contar con stock suficiente y estar clasificados por subfamilia o características pertinentes como precio y marca.

Se realizó entrevistas con personal de la cadena minorista, principalmente con el Gerente de Ventas y Abastecimiento. Él contextualizó la situación actual que maneja la empresa. Se constató que los percheros surten los estantes de leche en cartones de acuerdo con su experiencia. Los productos son colocados conforme alcancen en las perchas, sin considerar su rotación. No obstante, se respeta que existen estantes para cada subfamilia.

Un punto a tener en consideración es que los productos de alta rotación deben ser reabastecidos con mayor prontitud. Esto ayuda a evitar agotados y, por ende, ventas perdidas.

### **2.1.2 Recopilación de los datos**

Se recibió archivos con datos correspondientes a cada producto. Entre esa información se puede mencionar las dimensiones y demanda del artículo. Además, se constató que esta demanda también incluye espacios de exhibición especiales de los proveedores.

## ***2.2 Análisis de la información levantada: Situación actual***

El proceso de elaboración de planogramas se realiza mediante un software. Las ubicaciones se definen individualmente por producto, por ello, el tiempo para terminar una sección se prolonga.

Otro factor a considerar es que no todas las tiendas pueden tener la misma cantidad de estantes. Por ende, se necesita de un algoritmo de optimización que realice el trabajo en menor tiempo.

Los encargados de realizar las planimetrías demoran más de 3 días en culminarlas. Las actualizaciones posteriores son realizadas por el Departamento de Abastecimiento. Ellos emplean otros indicadores que no se relacionan con la ganancia neta del artículo.

Con la mejora en la elaboración de planogramas se busca incrementar las ventas de estos productos. Con ello, beneficiar a la utilidad de la empresa y el tiempo invertido en reponer los estantes.

Preliminarmente, las perchas se clasificaron por subfamilias y el número mínimo de caras de cada producto en exhibición sea dos. El número máximo de caras será 8 por producto. Las dimensiones de las perchas son 60cm de ancho y 24cm de alto, y la cantidad de estantes disponibles en el pasillo es de 12.

### ***2.3 Descripción de los modelos***

Se profundizó en la teoría y desarrollo de problemas de Bin Packing y Asignación de Espacios en Estantes (SSAP o Shelf Space Allocation Problem).

#### **2.3.1 Problema de empaquetamiento (Bin Packing Problem)**

El BPP es un problema NP-difícil. Según (Martello & Toth, 1990) se basa en un conjunto de objetos de varios tamaños que deben ser almacenados en un número mínimo de bins o contenedores. Estos poseen diferentes capacidades y costos de utilización.

Este tipo de problema ha sido ampliamente estudiado durante los últimos quince años. La principal finalidad es encontrar algoritmos heurísticos rápidos que proporcionen buenas soluciones aproximadas.

El modelo estándar es presentado de la siguiente manera:

$$\text{Min } B = \sum_{i=1}^n y_i$$

Sujeto a:

$$B \geq 1,$$

$$\sum_{j=1}^n a_j x_{ij} \leq C y_i, \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \forall j \in \{1, \dots, n\}$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in \{1, \dots, n\} \forall j \in \{1, \dots, n\}$$

$y_i = 1$  si el bin  $i$  es utilizado; 0 en caso contrario

$x_{ij} = 1$  si el objeto  $j$  es puesto en el bin  $i$ ; 0 en caso contrario

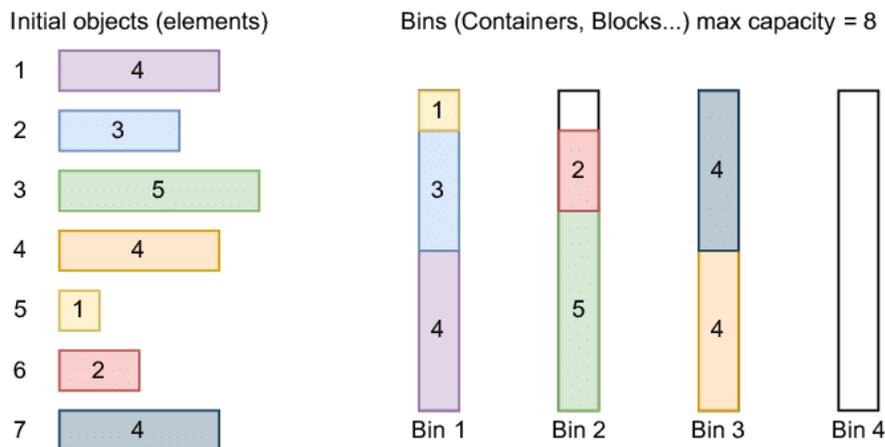
$a_j$ : Peso del objeto  $j$

$C$ : Capacidad de cualquier contenedor

Este tipo de problema se relaciona con el proyecto actual en cuanto a que se busca ubicar artículos en estantes, siguiendo una analogía, los cartones de leche son los “artículos” y las perchas son los “contenedores”.

La diferencia radica en que al implementarlo no se contemplaría restricciones como el número mínimo o máximo de caras de los productos. Los niveles del lineal o que no se buscaría maximizar el espacio ocupado en los estantes. Esta razón impide que sea escoja esta opción como mejor alternativa de solución.

**Figura 3 Representación gráfica del Problema de Empaquetamiento**



### 2.3.2 Problema de asignación de espacios en estantes

(Tsai & Huang, 2014) integraron datos de compras en tiendas y datos de movimiento de productos para abordar problemas de asignación de espacio en estantes. Su estudio resultó en un enfoque de minería de datos que considera las asociaciones de productos de los clientes y la información de sus recorridos de compras para resolver estos problemas de asignación de espacio en estantes. Por otro lado, (Gajjar & Adil, 2008) presentaron la linealización en tramos como un modelo lineal alternativo. En este modelo, utilizaron la relajación de programación lineal para obtener límites superiores ajustados.

Las características clave del modelo propuesto son:

- Proporcionar atractivo de los estantes para diferentes niveles.
- Asignar productos a estantes según su tipo (no todos los productos pueden colocarse en cada estante).
- Agrupar productos similares en clústeres (conjuntos o aglomerados de artículos con las mismas características) en un estante para proporcionar una alternativa en caso de falta de stock.
- Utilizar más de una orientación posible (frontal y lateral) de un producto en el estante.

En algunos casos, el modelo no lineal de programación entera se reescribió como uno lineal. Los beneficios de la técnica de linealización aplicada en la investigación son:

- Ampliar el modelo con variables de decisión continuas y binarias permite omitir la no linealidad.
- Manejar el producto de dos variables binarias.
- Manejar el producto de una variable binaria y una variable continua.

Este problema se basó en un planograma de estantes con una misma longitud teniendo en consideración restricciones impuestas por los minoristas. El objetivo del minorista es determinar cuántas caras de cada producto se deben distribuir en cada estante, maximizando el beneficio total del planograma.

La disponibilidad máxima de un producto en varios estantes se determinó por su límite de suministro. Cada estante tuvo diferentes niveles de atractivo, que dependen de su altura y visibilidad. En el planograma, se identificaron cuatro niveles de atractivo en los estantes verticales: nivel de estiramiento, nivel de los ojos, nivel del tacto y nivel de inclinación.

El producto se colocó en el estante en dos orientaciones: frontal o lateral. La disponibilidad de cada orientación se determinó según el tipo de paquete y la visibilidad de la marca para el cliente. Por lo tanto, el ancho del producto se consideró en el cálculo el espacio ocupado para la orientación frontal, mientras que la profundidad del producto se utilizó para calcular el espacio ocupado en la orientación lateral. Se estableció un número mínimo y máximo de caras visibles para que el producto sea suficientemente visible en el estante.

Con el análisis de la información previamente mencionada, se constató que el tipo de problema que mejor se adapta a este proyecto es la Asignación de Espacios en Estantes, y se desarrolló el modelo matemático de a continuación.

**Tabla 1 Tabla correspondiente a los índices usados en el modelo**

<b>ÍNDICES</b>		
<i>S</i>	Número total de estantes (12)	
<i>P</i>	Número total de productos (25)	
<i>R</i>	Número total de orientaciones de producto (de frente y de lado) (2)	
<i>i</i>	Índice del estante	$i = 1, \dots, 12$
<i>j</i>	Índice del producto	$j = 1, \dots, 25$
<i>r</i>	Índice de orientación	$r = 1, \dots, 2$

**Tabla 2** Tabla correspondiente a los parámetros de estante usados en el modelo

PARÁMETROS DE LOS ESTANTES	
$s_i^l$	Longitud del estante $i$ (60 cm)
$s_i^d$	Profundidad del estante $i$ (40 cm)
$s_i^h$	Altura del estante $i$ (24 cm)
$s_i^a$	Atractivo del estante $i$ (depende del nivel donde se ubique)
$s_i^t$	Tipo de estante $i$ (por subfamilia)

Para la programación, se crearon nuevas variables donde se cambiaban tanto la  $i$  como la  $j$  pero teniendo en cuenta que no cambia la definición de la variable original.

**Tabla 3** Tabla correspondiente a los parámetros de productos usados en el modelo

PARÁMETROS DE LOS PRODUCTOS	
$p_j^w$	Ancho del producto $j$
$p_j^d$	Profundidad del producto $j$
$p_j^h$	Altura del producto $j$
$p_j^u$	Beneficio unitario del producto $j$
$p_j^s$	Límite de suministro del producto $j$
$p_j^l$	Clúster del producto $j$
$p_j^t$	Tipo de producto $j$

**Tabla 4** Tabla correspondiente a otros parámetros usados en el modelo

OTROS PARÁMETROS	
$t_{ij}$	Compatibilidad entre el tipo de producto y estante: $\begin{cases} 1, si s_i^t = p_j^t \\ 0, de otra manera \end{cases}$
$p_{jr}^o$	$\begin{cases} 1, si la orientación r está disponible en el producto j \\ 0, de otra manera \end{cases}$
$f_j^{min}$	Número mínimo de caras del producto $j$ (2)
$f_j^{max}$	Número máximo de caras del producto $j$ (8)
$s_j^{min}$	Número mínimo de estantes para ubicar el producto $j$ (1)
$s_j^{max}$	Número máximo de estantes para ubicar el producto $j$ (2)

**Tabla 5** Tabla correspondiente las variables de decisión usadas en el modelo

Variables de decisión	
$x_{ij}$	<b>Binaria:</b> $\begin{cases} 1, \text{ si el producto } j \text{ va en el estante } i \\ 0, \text{ de otra manera} \end{cases}$
$f_{ij}$	<b>Entera:</b> número de caras del producto $j$ en el estante $i$
$y_{ijr}^o$ $y_{ijr}^c$	<b>Binaria:</b> $\begin{cases} 1, \text{ si el producto } j \text{ va en el estante } i \text{ en la orientación } r \\ 0, \text{ de otra manera} \end{cases}$

**Tabla 6** Tabla correspondiente otras variables usadas en el modelo

OTRAS VARIABLES (PARA LA LINEALIZACIÓN)	
$\alpha_{ijr}$	Multiplicación entre una variable continua y una binaria $\alpha_{ijr} = f_{ij}y_{ijr}^o$
$\beta_{ijr}$	Multiplicación entre variables binarias $\beta_{ijr} = x_{ij}y_{ijr}^o$
$\gamma_{ij}$	Variable de la restricción lógica $\gamma_{ij} \leq x_{aj} \wedge \gamma_{ij} \leq x_{bj}; a, b = 1, \dots, S$
$a, c_2$	Variables continuas
$b, z_1, z_2$	Variables binarias
$u$	Cota superior para $c_2$

**Función Objetivo:**

$$\max \sum_{j=1}^{25} \sum_{i=1}^{12} p_j^u f_{ij}$$

**Restricciones:**

**Del estante:**

- *Longitud del estante:*

$$\forall(i) \left[ \sum_{j=1}^{25} (\alpha_{ij1} p_j^w + \alpha_{ij2} p_j^d) \leq s_i^l \right]$$

$$\forall(i, j) [\alpha_{ijr} \leq f_j^{\max} y_{ijr}^o]$$

$$\forall(i, j, r) [\alpha_{ijr} \leq f_{ij}]$$

$$\forall(i, j, r) [\alpha_{ijr} \geq f_{ij} - f_j^{\max} (1 - y_{ijr}^o)]$$

$$\forall(i, j, r)[\alpha_{ijr} \geq 0]$$

El ancho ( $p_j^w$ ) y la profundidad ( $p_j^d$ ) del producto  $j$  no debe exceder la longitud del estante  $i$ , el cual está representado por  $s_i^l$ . Esta restricción fue linealizada, debido a que previamente se multiplicaban las restricciones de anchura y profundidad con una variable binaria ( $y_{ijr}^0$ ), por lo que se creó la variable  $\alpha_{ijr}$ , que cumple lo especificado antes.

- *Altura del estante:*

$$\forall(i, j)[x_{ij}p_j^h \leq s_i^h]$$

La altura de los productos seleccionados para estar en sus respectivos estantes no debe exceder a la altura de cada estante. Esto permitirá que alcancen los productos en las perchas y así mismo, no desperdiciar demasiado espacio.

- *Profundidad del estante:*

$$\forall(i, j)[(\beta_{ij1}p_j^d + \beta_{ij2}p_j^w) \leq s_i^d]$$

$$\forall(i, j, r)[\beta_{ijr} \leq x_{ij}]$$

$$\forall(i, j, r)[\beta_{ijr} \leq y_{ijr}^0]$$

$$\forall(i, j, r)[\beta_{ijr} \geq x_{ij} + y_{ijr}^0 - 1]$$

Los productos deben caber en la profundidad del estante, ya sean colocados de forma frontal o lateral en los estantes.

## De los productos:

- *Mínimo y máximo número de caras:*

$$\forall(j) \left[ f_j^{min} \leq \sum_{i=1}^{12} f_{ij} \leq \left\lceil \frac{f_j^{max}}{s_i^a} \right\rceil \right]$$

Para todos productos, el número de sus caras en los estantes debe ser mínimo  $f_j^{min}$ , en este caso es de 2 caras, y a su vez, no debe exceder el número máximo de caras que viene expresado por  $\frac{f_j^{max}}{s_i^a}$ , donde  $s_i^a$  es el atractivo del estante  $i$ .

- *Para el límite de suministro:*

$$\forall(j) \left[ \sum_{i=1}^{12} f_{ij} \leq p_j^s \right]$$

El total de caras no debe exceder el límite de surtido de productos establecido por la empresa.

- *Para la compatibilidad entre estante y producto:*

$$\forall(i,j) [t_{ij} \geq x_{ij}]$$

Debe existir armonía entre el tipo del producto con el tipo de estante, considerando que en un tipo de estante pueden ubicarse varios tipos de productos. Por ello,  $x_{ij}$  no debe exceder a  $t_{ij}$ .

**De orientación:**

- *Orientación frontal es posible:*

$$\forall(i, j)[y_{ij1}^o \leq p_{j1}^o]$$

El producto  $j$  estará ubicado en un estante de manera frontal en caso de que el producto sea apto para colocarlo frontalmente.

- *Orientación lateral es posible:*

$$\forall(i, j)[y_{ij2}^o \leq p_{j2}^o]$$

El producto  $j$  estará ubicado en un estante de manera lateral en caso de que el producto sea apto para colocarlo lateralmente.

- *Una sola orientación es posible:*

$$\forall(i, j)[y_{ij2}^o = 1 - y_{ij1}^o]$$

$$\forall(i, j) \left[ \sum_{r=1}^2 y_{ijr}^o = 1 \right]$$

El producto  $j$  estará ubicado en un estante de una sola manera, o bien frontal, o bien, lateralmente.

- *La misma orientación en todos los estantes:*

$$\forall(j)[\max(y_{ij1}^o) \neq \max(y_{ij2}^o)]$$

Los productos estarán ubicados en todos los estantes de una sola manera, o bien frontal, o bien, lateral.

### **Multiestantes:**

- *Número mínimo y máximo de estanterías:*

$$\forall(j) \left[ s_j^{min} \leq \sum_{i=1}^{12} x_{ij} \leq s_j^{max} \right]$$

El número de productos que serán ubicados en los estantes deben alcanzar en el máximo número de estantes disponibles, respetando a la vez, emplear un número mínimo de perchas.

- *Solo siguiente estante:*

$$\forall(j) \forall(a, b: |a - b| \neq 1 \wedge a < b, a, b = 1, \dots, 12) [x_{aj} * x_{bj} = 0]$$

Un producto debe ser colocado en un estante, sin repetirse en la siguiente percha.

- *Mismas caras para las estanterías:*

$$\forall(i, j) [f_{ij} = \max(f_{kj}) \vee f_{ij} = 0]$$

En todos los estantes debe haber igual cantidad de caras de los productos, independientemente de la subfamilia.

- *El mismo clúster en la misma estantería:*

$$\forall(i) \forall(m, n: p_m^l = p_n^l, m, n = 1, \dots, 25) [x_{im} = x_{in}]$$

En los estantes debe ubicarse el mismo tipo de producto, en este caso, conforme a su subfamilia.

### De relación:

- *Relación de las caras:*

$$\forall(i, j) \left[ \beta_{ij1} * \frac{s_i^l}{p_j^w} + \beta_{ij2} * \frac{s_i^l}{p_j^d} \geq f_{ij} \right]$$

De cualquier manera, que se ubique el producto, se debe respetar las medidas de ancho o profundo.

- *Relación de las caras y orientación:*

$$\forall(i, j) \left[ x_{ij} \leq \sum_{r=1}^2 \beta_{ijr} \right]$$

El número de caras que es un valor natural  $\beta_{ijr}$  va a ser mayor o igual que el  $x_{ij}$  porque esa es binaria.

### De las variables de decisión:

- *El producto  $j$  va en el estante  $i$ :*

$$\forall(i, j) [x_{ij} \in \{0,1\}]$$

Si un producto  $j$  va en el estante  $i$ , es representado por el 1; en caso contrario, por un 0.

- *Número de caras:*

$$\forall(i, j) \left[ f_{ij} = \{0, \dots, \left\lceil \frac{f_j^{max}}{s_{i\hat{a}}} \right\rceil \right]$$

El número de caras va desde 2 como mínimo hasta una cantidad máxima que respete las características que hacen atractivo cada producto.

- *Orientación frontal y lateral:*

$$\forall(i, j)[y_{ijr}^o \in \{0,1\}]$$

## **2.4 Uso de software**

### **Python**

Según (Python Software Foundation, 2021), Python es un lenguaje de programación potente y fácil de aprender, que tiene estructuras de datos de alto nivel eficientes y un simple pero efectivo sistema de programación orientado a objetos. La sencilla sintaxis de Python y su tipado dinámico, junto a su naturaleza interpretada lo convierten en un lenguaje ideal para scripting y desarrollo rápido de aplicaciones en muchas áreas, para la mayoría de las plataformas.

El intérprete de Python es fácilmente extensible con funciones y tipos de datos implementados en C o C++ (u otros lenguajes que permitan ser llamados desde C). Además, es apropiado como un lenguaje para extender aplicaciones modificables.

**Figura 4 Logo de Python**



## Spyder

Spyder es un entorno científico gratuito y de código abierto, escrito en Python y diseñado específicamente para científicos, ingenieros y analistas de datos. Esta herramienta ofrece una combinación única de funcionalidades avanzadas de edición, análisis, depuración y creación de perfiles, propias de una herramienta de desarrollo integral.

Además, también proporciona capacidades de exploración de datos, ejecución interactiva, inspección profunda y visualización impresionante, características propias de un paquete científico. (Spyder, 2023)

**Figura 5 Logo de Spyder**



## Pulp

PuLP es una librería de Python utilizada para modelar y resolver problemas de optimización mediante programación lineal, lo cual incluye soporte para problemas de maximización y minimización con restricciones. Está disponible bajo una licencia de código abierto (*open source*), lo que fomenta y facilita su uso dentro de otros proyectos que necesiten capacidades de optimización lineal.

PuLP permite indicar el tipo de problema que hay que optimizar mediante palabras reservadas de la propia librería, maximización (`LpMaximize`) o minimización (`LpMinimize`), que deberán usarse cuando comencemos a definirlo.

Además, incluye soporte base para todos y cada uno de los elementos básicos de un problema de optimización: Variables (LpVariable), Función objetivo y restricciones. (Universidad Oberta de Catalunya, 2023)

**Figura 6 Logo de Pulp**



### ***2.5 Consideraciones legales y éticas***

La recopilación de datos e información, así como su análisis posterior, se llevaron a cabo después de obtener el consentimiento de ambas partes involucradas mediante la firma de un contrato de confidencialidad. El propósito de este contrato era garantizar la privacidad y la protección de la información de la empresa, evitando su divulgación no autorizada.

Es necesario desarrollar la planificación de surtido conforme a las buenas prácticas de abastecimiento. Respecto a reglamentos sobre la exhibición de productos, en las “Normas regulatorias para cadenas de supermercados y sus proveedores” (Ministerio Coordinador de Producción, 2017) se encontró lo siguiente:

De acuerdo con el artículo 26, “No se permitirá que una categoría de productos por proveedor o de marca propia ocupe exclusivamente una sola góndola o estantería; al contrario, esta deberá estar ocupada también por otros productos similares o competidores...”

Con el propósito de ser amigable con el medio ambiente, la herramienta de planificación incorporada en este proyecto neutraliza las emisiones de carbono. Esto se logra mediante la eliminación del consumo de papel, desarrollando sus etapas de manera digital.

## **2.6 Fases del proyecto**

- ✓ Realizar una reunión con el equipo de la empresa para compartir información vinculada al proyecto.
- ✓ Visitar la matriz de la cadena minorista ubicada en la ciudad de Guayaquil para familiarizarse con la empresa.
- ✓ Obtener una comprensión clara de los requisitos de la empresa y los objetivos del proyecto integrador.
- ✓ Buscar una solución alternativa que se ajuste a la situación actual de la empresa.
- ✓ Analizar la información proporcionada por el personal responsable de la empresa.
- ✓ Implementar el modelo matemático seleccionado.
- ✓ Utilizar Programación Lineal en base a la Asignación de Espacios en Estantes como enfoque de aplicación.
- ✓ Diseñar el planograma óptimo y comparar los resultados con la situación actual de la empresa.
- ✓ Entregar el diseño del planograma al equipo de la cadena minorista.

## **2.7 Cronograma de trabajo**

El proyecto investigativo se realizó en 3 principales etapas. La primera, en el mes de mayo, en la cual se efectuó el levantamiento de información mediante entrevistas, la definición de objetivos, la definición de oportunidades de mejora, la propuesta de proyecto y la revisión literaria para comprender a profundidad la temática abordada.

Durante la segunda etapa, en el mes de junio, se definió la metodología, se purificó e interpretó los datos proporcionados por la empresa, se evaluaron las alternativas de solución además de aspectos legales involucrados con el proyecto integrador.

En la tercera y última etapa, que abarca desde julio hasta agosto, se programó el modelo planteado. Cabe mencionar que durante el transcurso de esta etapa se modificó el algoritmo para evitar que el programa sea muy restrictivo y genere infactibilidad en la solución brindada. Con los resultados obtenidos, se explicó los beneficios del modelo modificado para la empresa.

### **Rediseño del modelo planteado**

Luego de la implementación computacional del modelo, se decidió omitir las restricciones relacionadas con la rotación del producto ya que la empresa siempre va a tener que exhibir la marca que se encuentra en la parte frontal del empaque. Adicionalmente, el máximo de caras se modificó para que tome el límite de suministro del local y ya no un factor multiplicativo de rotación. Por último, se añadió una restricción que garantice la utilización de al menos 1 producto compatible por estante.

Para la reportería, se decidió añadir un bloque que procese la información obtenida del algoritmo, realice una tabla resumen y devuelva el Excel con esa tabla ordenado por estante.

# CAPÍTULO 3

## 3.1 *Análisis de resultados*

La correcta asignación de caras de los productos en estantes permitió a la empresa mantener acertados niveles de stock dentro del local ofreciendo un buen servicio al cliente. En esta sección se analizaron los resultados obtenidos a partir de la ejecución de un algoritmo basado en Programación Lineal de los productos lácteos encartonados del catálogo de la empresa.

### 3.1.1 *Análisis de escenarios*

Para comprender de mejor manera los escenarios de la problemática tratada, se graficó ambos casos. Con ello se pudo observar las divisiones de los productos tanto por marcas como por subfamilias dentro de las 3 estanterías.

**Tabla 7** Tabla correspondiente a los colores por marca

Color	Marca
Red	EL RANCHITO
Brown	GLORIA
Cyan	LA LECHERA
Yellow	REYLECHE
Purple	TA'RIKO
Orange	TONI
Dark Blue	TRU
Light Green	VITA

#### 3.1.1.1 *Escenario Actual*

En el escenario actual se obtuvo la siguiente planimetría:

**Figura 7 Planograma actual por marca**



Se pudo constatar que no se exhibió todo el surtido de productos lácteos ya que aquellos con menor dimensión fueron omitidos. Además, se añadieron nuevas marcas con un espacio reducido en los niveles 3 y 4.

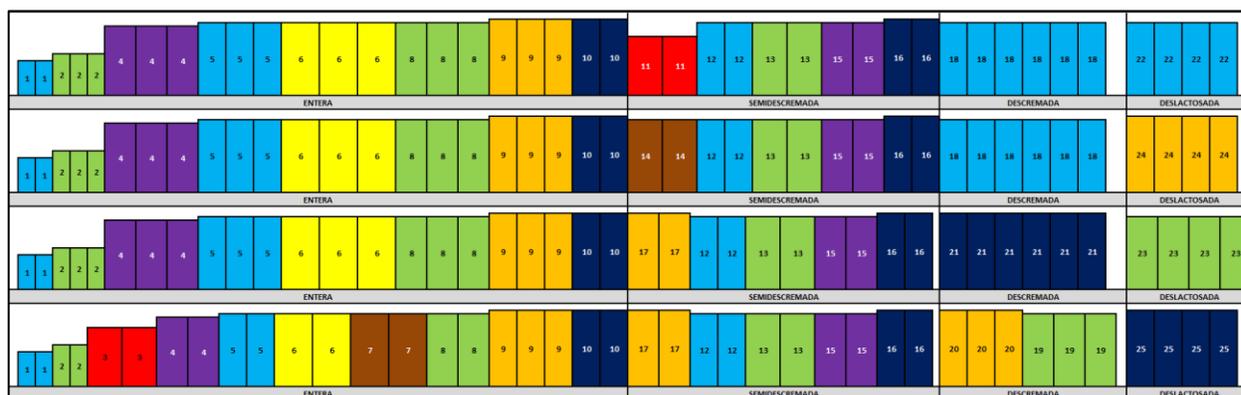
Cabe mencionar que se consideró una distribución más uniforme en cuanto a marcas ya que asignaron bloques para cada uno de los proveedores. Las longitudes de cada estante por subfamilia variaron dependiendo del nivel donde se encuentren. La única observación con esto es que se encontró un producto semidescremado en el estante de deslactosados.

Por último, los niveles de las estanterías fueron unificados para evitar espacios desperdiciados entre subfamilias.

### **3.1.1.2 Escenario Propuesto**

Al ejecutar el programa, se obtuvo una buena solución. Esta se graficó dando la siguiente planimetría:

**Figura 8 Planograma del modelo por marca**



En el planograma se exhibió todo el surtido de la sección analizada. No se añadieron marcas que estén fuera de la lista proporcionada por la empresa.

Es importante notar que la separación por marcas no es completamente uniforme. Los niveles de cada estantería fueron reservados específicamente por subfamilia. Se observó un espacio vacío entre las descremadas y deslactosadas.

### 3.1.2 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se tomaron tres tablas. La primera correspondiente al espacio destinado por subfamilia en el cual se encontró que el escenario actual destina una mayor longitud a los estantes de lácteos semidescremados que el modelo propuesto. Con respecto a las subfamilias de lácteos enteros y descremados, el modelo propuesto planteó mayores dimensiones para su ubicación en percha respecto al escenario actual. Por último, para el estante de lácteos deslactosados, la diferencia radica en 2 de los 4 estantes destinados a esta subfamilia concluyéndose que no existe mucha diferencia. Esto se visualizó mejor gracias a la tabla adjunta.

**Tabla 8 Tabla correspondiente al espacio ocupado por subfamilia**

ESTANTE	ESPACIO DESTINADO POR SUBFAMILIA (cm)									
	PROGRAMA					ESCENARIO ACTUAL				
	ENTERA	SEMIDESCREMADA	DESCREMADA	DESLACTOSADA	TOTAL	ENTERA	SEMIDESCREMADA	DESCREMADA	DESLACTOSADA	TOTAL
Estante 1	176				176	155				155
Estante 2	176				176	155				155
Estante 3	176				176	157				157
Estante 4	176				176	157				157
Estante 5		88			88		123			123
Estante 6		88			88		123			123
Estante 7		90			90		103			103
Estante 8		90			90		103			103
Estante 9			51		51			34		34
Estante 10			48		48			34		34
Estante 11			48		48			32		32
Estante 12			48		48			32		32
Estante 13				32	32				42	42
Estante 14				36	36				42	42
Estante 15				32	32				32	32
Estante 16				32	32				32	32

La segunda tabla empleada en el análisis fue la de porcentaje de ocupación por nivel. La estantería cuenta con 4 niveles enumerados que van desde lo más bajo (1) hasta lo más alto (4). La suma de cada uno de estos niveles es de 360 cm. Para el escenario actual, se obtuvo un porcentaje de ocupación promedio del 94%, esto pudo darse porque los estantes 3 y 4 poseían productos fuera de la lista brindada por lo que no se los tomó en cuenta para la reportería. Para el modelo realizado, el porcentaje de ocupación promedio fue del 96%, esto pudo darse porque existe una separación entre las familias de descremada y deslactosada. Con un proceso de revisión post - modelo, este margen se podría reducir hasta alcanzar un 97.5% como máximo. Lo que se puede destacar es que el espacio ocupado es casi uniforme entre todos los estantes.

**Tabla 9 Tabla correspondiente al porcentaje de ocupación**

% OCUPACIÓN POR NIVEL					
NIVEL	TOTAL (cm)	PROGRAMA		ESCENARIO ACTUAL	
		(cm)	%	(cm)	%
1	360	347	96%	354	98%
2	360	348	97%	354	98%
3	360	346	96%	324	90%
4	360	346	96%	324	90%

Por último, la tabla correspondiente a unidades usadas por subfamilia nos dio que con el modelo utiliza 13 productos más. Siendo la subfamilia de leches entera la categoría que más crece, siguiéndole la de leches descremadas. Por su parte, las categorías de deslactosadas y semidescremadas tendrán menor participación de caras dentro del planograma. El fondo se asume que es el máximo para cada producto dependiendo de la rotación y capacidad dentro del estante. Esto por disposición de la empresa que al contar con espacio reducido en su bodega, le favorece tener sus productos en exhibición.

**Tabla 10 Tabla correspondiente a las unidades usadas por subfamilia**

SUBFAMILIA	UNIDADES USADAS	
	PROGRAMA	ESCENARIO ACTUAL
Entera	87	68
Semidescremada	40	52
Descremada	24	16
Deslactosada	16	18
<b>TOTAL</b>	<b>167</b>	<b>154</b>

### 3.1.3 Análisis de costos

Al comparar nuestro modelo con otras alternativas, se obtuvo una reducción considerable en tiempos de elaboración de planímetros, pasando de días a minutos. Esto facilitó la labor de los gestores ya que así podrán partir de una solución factible y adecuarla en base a necesidades específicas del negocio. Estas necesidades pueden ser mayor participación en percha o exhibiciones especiales.

Con respecto a la viabilidad económica del modelo. Se contrastaron las utilidades entre la actualidad del planograma y el sugerido por el algoritmo que se resumen en dos tablas.

La primera tabla muestra la utilidad por estantes. Son 16 debido a que se realizó una división de góndolas por subfamilia, y cada una de estas tiene 4 estantes.

Se pudo observar que en la estantería de productos lácteos enteros tenemos un crecimiento que viene correlacionado con el espacio destinado para su ubicación. Así también ocurrió en los estantes de los productos descremados.

Las subfamilias de semidescremadas y deslactosadas posee un decrecimiento por la reducción de espacio destinado a su exhibición. Sin embargo, a nivel general, no se perjudicó la ganancia total de la sección analizada. Una medida sugerida para este caso fue implementar más fondo dentro del estante, pero quedó a criterio de la empresa.

Como resultado final, el incremento del valor de las caras de la sección 33 (lácteos no refrigerados) aumentó aproximadamente un 10%.

**Tabla 11 Tabla correspondiente a la utilidad por estante**

UTILIDAD - CARAS						
ESTANTE	PROGRAMA	ESCENARIO ACTUAL	DIFERENCIA	%		
Estante 1	\$ 5.03	\$ 3.91	\$ 1.12	29%		
Estante 2	\$ 4.79	\$ 3.91	\$ 0.88	22%		
Estante 3	\$ 5.03	\$ 4.46	\$ 0.57	13%		
Estante 4	\$ 5.03	\$ 4.46	\$ 0.57	13%		
Estante 5	\$ 2.60	\$ 2.97	\$ -0.37	-13%		
Estante 6	\$ 2.60	\$ 2.97	\$ -0.37	-13%		
Estante 7	\$ 2.65	\$ 2.63	\$ 0.03	1%		
Estante 8	\$ 2.10	\$ 2.63	\$ -0.53	-20%		
Estante 9	\$ 2.18	\$ 1.45	\$ 0.73	50%		
Estante 10	\$ 1.98	\$ 1.45	\$ 0.53	36%		
Estante 11	\$ 1.77	\$ 1.25	\$ 0.52	42%		
Estante 12	\$ 1.77	\$ 1.25	\$ 0.52	42%		
Estante 13	\$ 1.40	\$ 1.54	\$ -0.14	-9%		
Estante 14	\$ 1.25	\$ 1.54	\$ -0.29	-19%		
Estante 15	\$ 1.36	\$ 1.31	\$ 0.04	3%		
Estante 16	\$ 1.22	\$ 1.31	\$ -0.09	-7%		
<b>TOTAL</b>	\$ 42.77	\$ 39.05	\$ 3.71	10%		

La segunda tabla muestra la utilidad por subfamilia. El impacto de las semidescremadas y deslactosadas se solventa gracias a las otras dos subfamilias. Otra medida sugerida para este caso fue reducir el tamaño de la estantería dedicada a descremadas y cederle el espacio a las semidescremadas. Al menos dos productos de este tipo se pueden añadir por estante para esta familia. Sin embargo, la utilidad no varió en gran medida.

**Tabla 12 Tabla correspondiente a la utilidad por subfamilia**

UTILIDAD POR SUBFAMILIA						
SUBFAMILIA	PROGRAMA	ESCENARIO ACTUAL	DIFERENCIA	%		
ENTERA	\$ 19.89	\$ 16.75	\$ 3.14	19%		
SEMIDESCREMADA	\$ 9.95	\$ 11.19	\$ -1.25	-11%		
DESCREMADA	\$ 7.70	\$ 5.40	\$ 2.29	42%		
DESLACTOSADA	\$ 5.23	\$ 5.71	\$ -0.48	-8%		
<b>TOTAL</b>	\$ 42.77	\$ 39.05	\$ 3.71			

Con ello, se ratifica que el modelo planteado efectivamente representa beneficio para la empresa tanto en el tiempo como en la utilidad.

### 3.1.4 Especificaciones del prototipo

El algoritmo cumplió con todas las restricciones especificadas en el segundo capítulo de este proyecto, destacando entre ellas las estipulaciones en cuanto a medidas de longitud y altura de los productos, así como el mínimo y máximos números de caras.

Es funcional debido a que leyó datos a partir de una tabla elaborada en una hoja de cálculo, siendo flexible y de fácil acceso para el usuario. Está compuesto de variables de decisión (número de caras, utilidad total), parámetros (contienen información y características de los productos y estantes) y las restricciones fijadas por la empresa.

El algoritmo cumplió las necesidades de la empresa, con relación a que mejora la utilidad total a recibir por la venta de productos lácteos en cartones, evita invertir demasiado tiempo de reposición de stock y ofrece un buen servicio a sus consumidores.

### **3.1.5 Diseño del prototipo**

El algoritmo implementado en Python ha sido diseñado con la finalidad de permitir al usuario ingresar la información concerniente a los productos y estantes desde un archivo con extensión .xlsx. Estos datos serán empleados como parámetros fundamentales para el funcionamiento del algoritmo. La información incluirá la utilidad unitaria de los productos, la cantidad y dimensiones en centímetros tanto de los productos como de los estantes, la subfamilia a la que pertenece cada producto y estante además de los valores mínimo y máximo de caras y estantes disponibles.

Una vez que el algoritmo sea ejecutado, proporcionará como resultado la cantidad de caras asignadas a cada producto en su correspondiente estante, al mismo tiempo que indicará la utilidad máxima alcanzable mediante la implementación del planograma generado.

### **3.1.6 Propuesta de valor**

La herramienta de planificación propuesta representa un alto beneficio para la cadena minorista. Tiene el potencial de aumentar las utilidades netas de los productos en aproximadamente 10% en comparación con el estado actual. Esta solución no solo contribuye a reducir los tiempos de reposición de los productos en los estantes, sino que también optimiza la utilización del espacio disponible.

Un complemento adicional es la capacidad para brindar un servicio al cliente más satisfactorio, mediante la categorización precisa de los cartones por subfamilia. Esto ayuda a que el usuario encuentre lo que necesita en menos tiempo.

Un aspecto destacado es la comprensibilidad del algoritmo para los usuarios. El sistema permite la entrada de datos mediante una plantilla de Excel, una herramienta comúnmente utilizada que posibilita el manejo eficiente de grandes cantidades de datos.

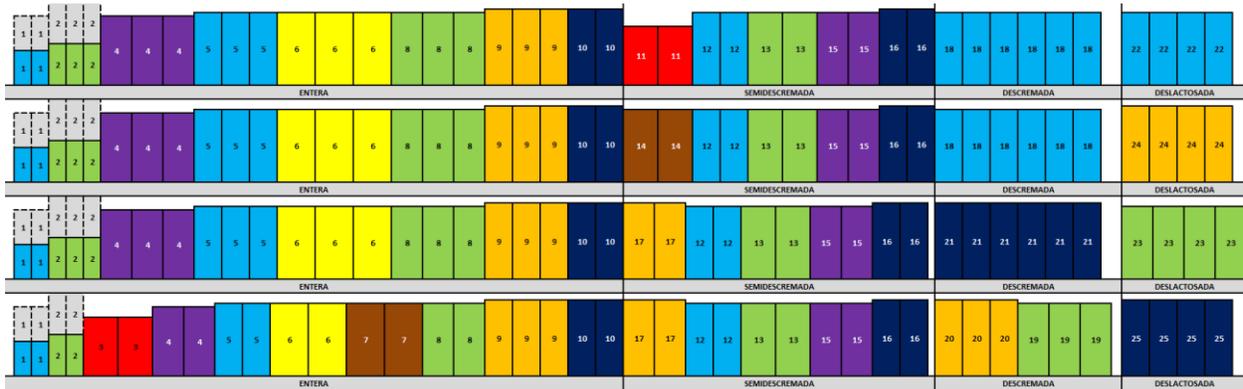
Es esencial resaltar nuevamente que el algoritmo ha sido diseñado en total conformidad con las restricciones establecidas por la empresa. Puede adaptarse para incorporar más delimitaciones.

### **3.1.7 Otras alternativas para el modelo**

#### ***3.1.7.1 Apilar***

Los productos, al ser encartonados, pueden presentar la cualidad de apilamiento. Esta cualidad indica que los empaques pueden ser sobrepuestos formando una pila. En el planograma obtenido se pudo determinar que 2 productos no están aprovechando el espacio vertical en su totalidad. Dentro del modelo principal no se consideró ya que fue solicitud de la empresa. Sin embargo, se decidió crear un planograma con esta alternativa para constatar qué tan beneficiosa puede llegar a ser. El planograma es el siguiente:

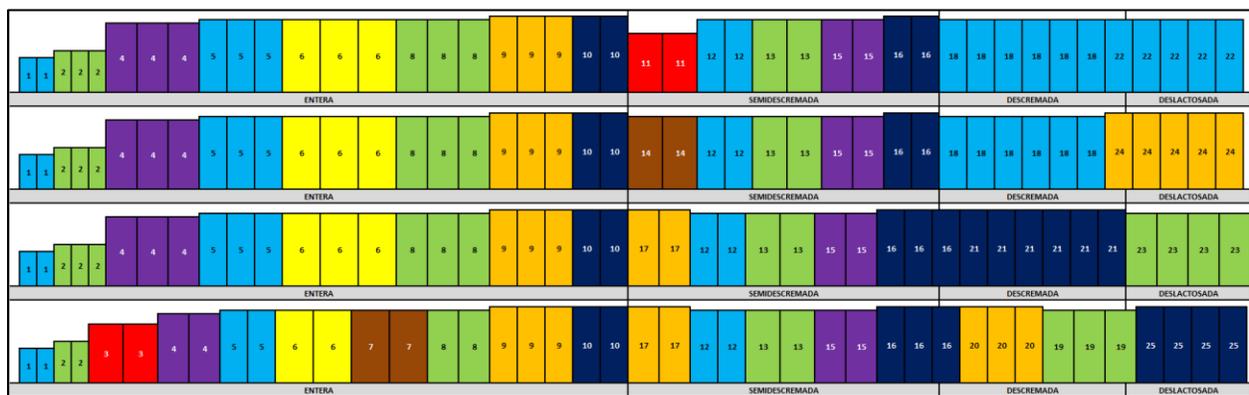
**Figura 9 Planograma del modelo por marca con apilamiento**



### 3.1.7.2 Unificar estantes

Para evitar que haya espacios desperdiciados se pueden unificar los estantes de cada nivel. En una fase de revisión posterior, se determinó que la suma de estos espacios vacíos dio lugar a la cabida de un nuevo producto por nivel. Esto impacta positivamente en la utilidad de las estanterías. El planograma que consideró este escenario también fue diseñado y se muestra a continuación:

**Figura 10 Planograma del modelo por marca con unificación de nivel**



### 3.1.7.3 Considerar demanda

Como último escenario alternativo, se puede modificar el modelo para que tome en consideración la demanda semanal de los productos y así referenciar un aproximado de las ventas de la sección analizada.

**Tabla 13 Tabla correspondiente a la relación entre demanda, utilidad y caras**

PRODUCTO	UTILIDAD CON DEMANDA							
	UTILIDAD	DEMANDA SEMANAL	VENTA				CARAS	
			PROGRAMA	ESCENARIO ACTUAL	PROGRAMA	ESCENARIO ACTUAL		
1	\$ 0.13	11	\$ 1.45	\$ -		8	0	
2	\$ 0.08	6	\$ 0.48	\$ -		11	0	
3	\$ 0.07	14	\$ 0.92	\$ 0.92		2	4	
4	\$ 0.16	5	\$ 0.80	\$ 0.80		11	16	
5	\$ 0.13	20	\$ 2.67	\$ 2.67		11	8	
6	\$ 0.25	34	\$ 8.44	\$ 8.44		11	12	
7	\$ 0.34	13	\$ 4.46	\$ 4.46		2	4	
8	\$ 0.44	10	\$ 4.41	\$ 4.41		11	8	
9	\$ 0.34	8	\$ 2.72	\$ 2.72		12	8	
10	\$ 0.28	21	\$ 5.88	\$ 5.88		8	8	
11	\$ 0.07	7	\$ 0.46	\$ 0.46		2	4	
12	\$ 0.07	33	\$ 2.25	\$ 2.25		8	12	
13	\$ 0.44	14	\$ 6.21	\$ 6.21		8	4	
14	\$ 0.34	11	\$ 3.78	\$ 3.78		2	4	
15	\$ 0.16	11	\$ 1.77	\$ 1.77		8	12	
16	\$ 0.31	17	\$ 5.27	\$ 5.27		8	4	
17	\$ 0.32	3	\$ 0.95	\$ 0.95		4	12	
18	\$ 0.30	7	\$ 2.07	\$ 2.07		12	4	
19	\$ 0.44	6	\$ 2.66	\$ 2.66		3	4	
20	\$ 0.28	3	\$ 0.85	\$ 0.85		3	4	
21	\$ 0.33	2	\$ 0.66	\$ 0.66		6	4	
22	\$ 0.31	5	\$ 1.53	\$ 1.53		4	10	
23	\$ 0.31	10	\$ 3.13	\$ 3.13		4	4	
24	\$ 0.34	22	\$ 7.46	\$ -		4	0	
25	\$ 0.35	4	\$ 1.40	\$ 1.40		4	4	
TOTAL		297	\$ 72.68	\$ 63.29				

Con base en los resultados, el planograma se acopla bien con las ventas semanales. El frente es suficiente para que los productos tengan una buena notoriedad. El fondo será el máximo permitido para cada artículo dependiendo de su rotación. Esta reportería podría también ayudar en la toma de decisiones posteriores.

# CAPÍTULO 4

## **4.1 Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1.1 Conclusiones**

- Se analizó la exhibición actual que maneja la empresa, con la guía de indicadores locales, a fin de identificar oportunidades de mejora.
- Se desarrolló un algoritmo utilizando el software PYTHON que maximiza las ganancias netas por producto y devuelve el número de caras que deben ser ubicadas en el planograma ocupando el espacio disponible.
- Se determinó el frente óptimo de los productos, mediante técnicas de recopilación, análisis y discernimiento de información para, posteriormente, mejorar la rentabilidad de la empresa con su implementación. Es posible mejorar el servicio al cliente al evitar la pérdida de ventas y ofrecer una clasificación de los productos en perchas de una manera más organizada con la categorización por subfamilias.
- Se comparó el escenario actual que maneja la empresa y el propuesto en este proyecto, a través de un análisis exhaustivo, reflejándose la eficiencia de la solución encontrada y su impacto positivo en la cadena minorista. Se mejoraron las utilidades netas por producto en aproximadamente un 10% comparado con la situación actual de la empresa, así como se incrementó la utilización del espacio disponible en estantes en alrededor del 96%, cuando en el presente es del 94%.

#### 4.1.2 Recomendaciones

- El desarrollo del modelo computacional puede verse influenciado en gran medida por el tipo de restricciones con que se trabaja. Restricciones no lineales hacen que el tiempo de ejecución incremente por lo que es sugerido aplicar linealización.
- No todas las restricciones que se mencionan en las fuentes bibliográficas son de utilidad en el caso de estudio. Por ello hay que identificar las más adecuadas para el modelo que se quiere resolver.
- Los datos usados para la ejecución del algoritmo como la utilidad, las dimensiones y cantidad de los productos y estantes deben ser parámetros simples que puedan modificarse por los usuarios en una plantilla. Así se evita que modifiquen por error el código.
- Debido a que es muy probable que los datos nunca sigan una distribución teórica, se recomienda implementar un pronóstico de demanda para determinar qué tan factible será la planimetría desarrollada.

# ANEXOS

**Tabla 14** Tabla correspondiente a la información general de cada producto

Familia	Subfamilia	SKU	Pvp	Costo	Alto	Ancho	Profundidad
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	338302000	\$ 0.65	\$ 0.52	10	5	4
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	337105000	\$ 0.35	\$ 0.27	12	5	4
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	330547000	\$ 0.95	\$ 0.88	17	10	16
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON SEMIDESCREMADA	331016000	\$ 0.95	\$ 0.88	17	10	16
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	339502000	\$ 0.99	\$ 0.83	20	9	6
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	337209001	\$ 1.15	\$ 1.02	21	8	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON SEMIDESCREMADA	337127000	\$ 1.39	\$ 1.32	21	8	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESLACTOSADA	330553000	\$ 1.79	\$ 1.48	21	8	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESCREMADA	330545000	\$ 1.75	\$ 1.46	21	8	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	337229000	\$ 1.19	\$ 0.94	21	11	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	337227000	\$ 1.29	\$ 0.95	21	11	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON SEMIDESCREMADA	337215000	\$ 1.39	\$ 0.95	21	10	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON SEMIDESCREMADA	337228000	\$ 1.29	\$ 0.95	21	10	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	337217000	\$ 1.39	\$ 0.95	21	9	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESLACTOSADA	337218000	\$ 1.49	\$ 1.18	21	9	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESCREMADA	330551000	\$ 1.39	\$ 0.95	21	9	7
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON SEMIDESCREMADA	339503000	\$ 0.99	\$ 0.83	21	9	6
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESLACTOSADA	337907000	\$ 1.79	\$ 1.45	22	8	8
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	337906000	\$ 1.49	\$ 1.15	22	8	8
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON ENTERA	330584000	\$ 1.29	\$ 1.01	22	8	8
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON SEMIDESCREMADA	330585000	\$ 1.39	\$ 1.08	22	8	8
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESLACTOSADA	330586000	\$ 1.59	\$ 1.24	22	8	8
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESCREMADA	337905000	\$ 1.75	\$ 1.47	22	8	8
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON DESCREMADA	330598000	\$ 1.49	\$ 1.16	22	8	8
LECHE CARTON UHT	LECHE CARTON SEMIDESCREMADA	337147000	\$ 1.59	\$ 1.27	22	8	7

**Tabla 15** Tabla correspondiente a la demanda de cada producto de la sección

CODIGO	PRODUCTO	VENTA ACUM	VENTA SEMANAL
338302000	1	137	11
337105000	2	75	6
330547000	3	181	14
339502000	4	71	5
337209001	5	265	20
337229000	6	446	34
337227000	7	175	13
337217000	8	131	10
337906000	9	101	8
330584000	10	269	21
331016000	11	95	7
337127000	12	435	33
337215000	13	181	14
337228000	14	144	11
339503000	15	138	11
330585000	16	225	17
337147000	17	37	3
330545000	18	95	7
330551000	19	81	6
337905000	20	33	3
330598000	21	26	2
330553000	22	69	5
337218000	23	132	10
337907000	24	284	22
330586000	25	57	4

# BIBLIOGRAFÍA

- Czerniachowska, K., & Lutoslawski, K. (2022). Linearization technique for transformation non-linear shelf space allocation problem into a linear one. *Procedia Computer Science*, 207, 370–379. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2022.09.071>
- Czerniachowska, K., Lutoslawski, K., Kozina, A., Matenczuk, K., Markowska, A., Kozierekiewicz, A., Pietranik, M., Roemer, I., & Schieck, M. (2021). Shelf space allocation problem with horizontal shelf division. *Procedia Computer Science*, 192, 1550–1559. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.08.159>
- Edirisinghe, G. S., & Munson, C. L. (2023). Strategic rearrangement of retail shelf space allocations: Using data insights to encourage impulse buying. *Expert Systems with Applications*, 216, 119442. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2022.119442>
- Hübner, A., Düsterhöft, T., & Ostermeier, M. (2021). Shelf space dimensioning and product allocation in retail stores. *European Journal of Operational Research*, 292(1), 155–171. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2020.10.030>
- Mulhern, F. J. (1997). Retail marketing: From distribution to integration. *International Journal of Research in Marketing*, 14(2), 103–124. [https://doi.org/10.1016/S0167-8116\(96\)00031-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8116(96)00031-6)
- Timonina-Farkas, A., Katsifou, A., & Seifert, R. W. (2020). Product assortment and space allocation strategies to attract loyal and non-loyal customers. *European Journal of Operational Research*, 285(3), 1058–1076. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2020.02.019>
- Gajjar, H., & Adil, G. (2008). *A piecewise linearization for retail shelf space allocation problem and a local search heuristic*. *Annals of Operations Research*.
- Martello, S., & Toth, P. (1990). *Knapsack problems: Algorithms and computer implementations*. Chichester: Wiley and sons.
- Ministerio Coordinador de Producción, E. y. (2017, Febrero 22). *Normas regulatorias para cadenas de supermercados y sus proveedores*. Retrieved from Mmslaw: [https://nmsslaw.com.ec/wp-content/uploads/2017/03/MERCANTI-NORMAS\\_REGULATORIAS\\_PARA\\_CADENAS\\_DE\\_SUPERMERCADOS\\_Y\\_US\\_PROVEEDORES.pdf](https://nmsslaw.com.ec/wp-content/uploads/2017/03/MERCANTI-NORMAS_REGULATORIAS_PARA_CADENAS_DE_SUPERMERCADOS_Y_US_PROVEEDORES.pdf)

ONU. (2015, Septiembre). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Retrieved from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

*Python Software Foundation*. (2021). Retrieved from <https://docs.python.org/es/3/tutorial/>

*Spyder*. (2023). Retrieved from Spyder Integrated Development Environment: <https://www.spyder-ide.org/>

Tsai, C., & Huang, S. (2014). *A data mining approach to optimise shelf space allocation in consideration of customer purchase and moving behaviours*. International Journal of Production Research.

*Universidad Oberta de Catalunya*. (2023). Retrieved from Optimización con PuLP: <http://datascience.recursos.uoc.edu/es/optimizacion-con-pulp/>