

# Disminución de liquidaciones APT en productos perecibles de Walmart Chile

*24 de diciembre, 2023*

Camila Delgado Soler  
Ingeniería Civil Industrial

## Resumen ejecutivo

Walmart Chile, filial de Wal-Mart Stores Inc, con una trayectoria de más de cien años. Se ha establecido como una destacada empresa en la comercialización de alimentos y productos de supermercado. Opera mediante una red de 390 locales distribuidos en cinco formatos distintos. Este proyecto se trabaja específicamente en el área de Supply Chain, en productos perecederos (PPS).

Dentro del área se identificó un problema en la herramienta “Acción de Precio Temporal” (APT), destinada a liquidar mercadería para reducir el sobre stock en las tiendas, disminuir stock de productos pronto a vencer o darles la última oportunidad de venta. El uso de APT aumentó un 0,67% el 2023 en comparación con el año pasado, generando un impacto negativo de quince mil millones de pesos, presentando un desafío para la empresa.

El objetivo principal de este proyecto es reducir las Acciones de Precio Temporal para productos perecederos, disminuyendo de 0,78% a 0,3% en un plazo de tres meses.

Se desarrolló un modelo de programación lineal que determina las nuevas coberturas óptimas por combinación de ítem-local, cuya información se incorpora al Global Replenishment System (GRS) para generar compras automáticas. Esta solución fue elegida por su enfoque directo en el problema de Walmart Chile y su adaptabilidad a las necesidades de la empresa, minimizando las liquidaciones por APT.

La implementación de esta solución se llevó a cabo mediante la metodología agile. Se analizó el funcionamiento de GRS, se definió la función objetivo junto con sus parámetros, variables y restricciones, y finalmente se integró el resultado al sistema de GRS.

El modelo desarrollado logró optimizar las coberturas para cada ítem-local, lo que resultó en una mejora significativa, reduciendo en un 55% las Acciones de Precio Temporal (APT) en un lapso de 3 semanas para tres locales específicos. Esto confirma el cumplimiento del objetivo del proyecto.

## Abstract

Walmart Chile, a subsidiary of Wal-Mart Stores Inc, with a history of more than one hundred years. It has established itself as a prominent company in the marketing of food and supermarket products. It operates through a network of 390 stores distributed in five different formats. This project is specifically worked on in the Supply Chain area, on perishable products (PPS).

Within the area, a problem was identified in the “Temporary Price Action” (TPA) tool, intended to liquidate merchandise to reduce overstock in stores, reduce stock of products soon to expire or give them the last opportunity to sell. The use of APT increased by 0.67% in 2023 compared to last year, generating a negative impact of fifteen billion pesos, presenting a challenge for the company.

The main objective of this project is to reduce the Temporary Price Actions for perishable products, decreasing from 0.78% to 0.3% within a period of three months.

A linear programming model was developed that determines the new optimal coverage by item-local combination, whose information is incorporated into the Global Replenishment System (GRS) to generate automatic purchases. This solution was chosen for its direct focus on Walmart Chile's problem and its adaptability to the company's needs, minimizing APT settlements.

The implementation of this solution was carried out using the agile methodology. The operation of GRS was analyzed, the objective function was defined along with its parameters, variables and constraints, and finally the result was integrated into the GRS system.

The developed model managed to optimize the coverage for each item-location, which resulted in a significant improvement, reducing Temporary Price Actions (APT) by 55% in a period of 3 weeks for three specific locations. This confirms the fulfillment of the project objective.

## Índice

Resumen ejecutivo .....	2
Abstract .....	3
1. Introducción .....	6
1.1. Contexto de la empresa .....	6
1.2. Contexto del problema .....	7
1.3. Problemática.....	10
2. Objetivos .....	14
2.1. Objetivo general .....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. Medidas de desempeño.....	15
4. Estado del Arte .....	15
4.1. Situación Inicial.....	15
4.2. Revisión literatura .....	16
5. Alternativas de solución .....	18
6. Solución .....	22
6.1. Metodología .....	22
6.2. Solución alcanzada.....	23
6.3. Riesgos de la solución .....	25
6.4. Evaluación económica.....	26
7. Plan de implementación.....	27
8. Resultados .....	28
8.1. Resultados obtenidos.....	28
8.2. Impacto en las medidas de desempeño .....	29
8.3. Impacto económico .....	31
8.4. Impacto en el proceso .....	31
8.5. Impacto ético:.....	33

8.6.	Otros impactos .....	33
9.	Conclusiones .....	34
10.	Referencias .....	35
11.	Anexos .....	37

## Índice de gráficos:

Gráfico 1: Evolutivo APT desde 2018 a 2023 .....	8
Gráfico 2: Cantidad de APT por segmento .....	8
Gráfico 3: Vida útil en góndola. ....	10
Gráfico 4: Vida útil en góndola para la acelga .....	14
Gráfico 5: Evolución métrica primaria (APT).....	30
Gráfico 6: Evolución métrica primaria (APT).....	31

## Índice de tablas:

Tabla 1: Tabla de vida útil final vs días de cobertura.....	13
Tabla 2: Matriz de selección para solución.....	19
Tabla 3: Matriz de riesgo y mitigación.....	26
Tabla 4: Flujo de caja .....	27
Tabla 5: Comparación de coberturas .....	29
Tabla 6: Evaluación Kpi (1) .....	29
Tabla 7: Evaluación Kpi (2) .....	30
Tabla 8: Evaluación Kpi (3) .....	30

# 1. Introducción

## 1.1. Contexto de la empresa<sup>1</sup>

Walmart Chile, filial de Wal-Mart Stores Inc, cuenta con una trayectoria de más de un siglo, ha experimentado un crecimiento constante y ha diversificado sus operaciones a lo largo de su historia, consolidándose como una empresa que destaca entre los principales actores dentro de la industria retail, enfocándose principalmente en la comercialización de alimentos y productos de supermercados, operando a través de una red de 390 locales bajo 5 formatos de negocio diferentes:

**Líder:** Un supermercado de amplia superficie, que adopta la idea de “todo en un solo lugar”. Destaca por su diverso catálogo, que abarca desde productos para el hogar, electrodomésticos, ropa, alimentos, entre otros. Actualmente la compañía cuenta con 98 locales de este formato.

**Líder express:** Se destaca por brindar de manera constante la opción más rápida para las compras de abastecimiento de las distintas familias de Chile a precios convenientes, garantizando la alta calidad de sus productos y satisfaciendo las necesidades de los clientes mediante una amplia gama de mercadería. Existen 93 locales de este formato.

**Express400:** Conocido también como “Ekono”, es un supermercado que se destaca por su oferta de productos esenciales y de primera necesidad para las familias chilenas. Aunque sus establecimientos tienen un tamaño menor en comparación con el líder express. Existen 62 locales de este formato.

**SuperBodega aCuenta:** Supermercado enfocado a las familias chilenas de menor poder adquisitivo, ofreciéndoles precios más económicos comercializando sus productos de marca propia. Actualmente la compañía cuenta con 126 locales de este formato.

---

<sup>1</sup> *Nosotros.* (2021, junio 13). WalmartChile – Walmart Chile es uno de los principales actores en la industria de las ventas al por menor del país (retail); WalmartChile. <https://www.walmartchile.cl/contenidos/nosotros/>

**Central Mayorista:** Tal como lo dice su nombre, este formato se especializa en las ventas mayoristas, requiriendo una cantidad mínima de productos para acceder a precios más económicos. Existen 11 locales de este formato.

Estos puntos de ventas se encuentran distribuidos a lo largo de todo el territorio nacional, desde Arica a Punta Arenas.

Por otra parte, cada formato de supermercado se divide en tres segmentos:

- Alimentos consumibles y Pets (ACP): líquidos, mascotas, cosméticos, entre otros.
- Comercialización general (GM): electrónica, línea blanca hogar, jardinería, juguetes, entre otros.
- Productos Perecibles (PPS): alimentos perecederos, tales como: proteínas, frutas, verduras, panadería, congelados, entre otros.

Además, Walmart Chile, cuenta con un programa de marcas propias, el cual se inició hace más de tres décadas con el propósito de crear productos que ofrezcan un valor excepcional a sus clientes, permitiéndoles ahorrar dinero y mejorar su calidad de vida.

## 1.2. Contexto del problema

Actualmente, los supermercados de Walmart Chile ofrecen una amplia variedad de productos perecibles, donde la duración de la vida útil desempeña un papel crucial en su comercialización. Para abordar eficazmente la gestión de estos productos, la empresa ha implementado dos herramientas conocidas como "Acción de Precio Temporal" (APT) y "Rebaja por norma de retiro" (RNR), las cuales están diseñadas para la liquidación de mercadería con el fin de reducir sobre stock en las tiendas, disminuir stock de productos pronto a vencer o darles la última oportunidad de venta.

Dado que se trata de productos perecibles, la merma es un factor constante. Esto puede ocurrir debido a que el producto haya caducado, presente algún defecto o se enfrente a otros problemas.

A continuación, se presenta un gráfico de barras dónde se puede observar el porcentaje de las Acciones de Precio Temporal (APT) desde 2018 a 2023, considerando los meses de enero a julio.

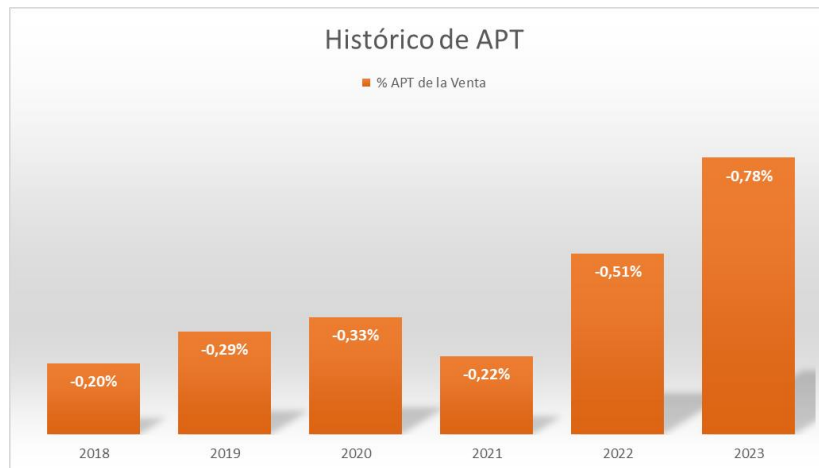


Gráfico 1: Evolutivo APT desde 2018 a 2023<sup>2</sup>

Se destaca un aumento significativo en 2023 en comparación con los años anteriores, con un 0,78%, equivalente a una cifra de \$48.313.860.754, lo que refleja la necesidad de abordar y optimizar la gestión de liquidaciones en la compañía. Esta pérdida por APT se calcula como la diferencia entre el precio comercial y precio de liquidación.

Las liquidaciones en los supermercados representan una práctica ampliamente adoptada por la industria retail, donde los locales buscan poner a disposición de los consumidores sus productos a precios más bajos para liquidar su inventario existente y evitar una gran cantidad de productos en merma.

En el contexto de Walmart Chile, se pone un énfasis significativo en la gestión de productos perecederos, dado su limitado período de vida útil. Esta atención especial a la gestión de productos perecederos se vuelve crucial para minimizar las pérdidas y maximizar la rentabilidad.

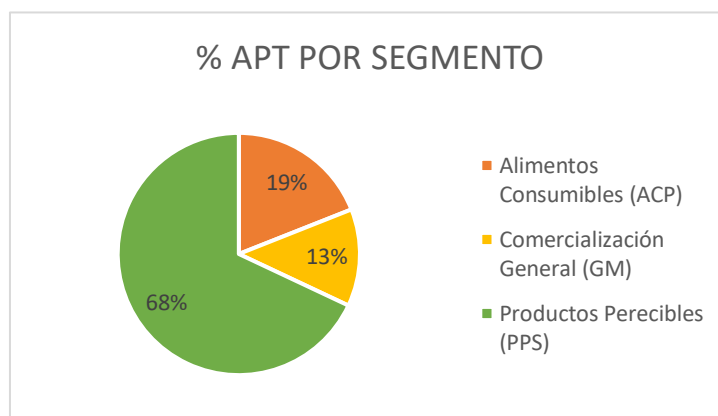


Gráfico 2: Cantidad de APT por segmento<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Confección propia con datos entregados por Walmart Chile, en un período de enero- agosto 2023.

<sup>3</sup> Confección propia con datos entregados por Walmart Chile.



Como se puede observar en el gráfico 2, el mayor porcentaje de Acciones de Precio Temporal (APT) está asociado al segmento de productos perecederos (PPS), representando un 68% del total, lo que equivale a un monto de \$36.821.212.038. Dentro de este segmento, las categorías de caseros (fruta y verdura), panadería y proteínas destacan como las principales contribuyentes a las APT. Este fenómeno se debe principalmente a la vida útil más corta de estos productos en comparación con el resto de las categorías.<sup>4</sup>

La cadena de vida útil de un producto se entiende de la siguiente manera: un artículo tiene una vida útil inicialmente asignada, sin embargo, esta se va consumiendo a medida que atraviesa diferentes etapas en el proceso de distribución y comercialización. Por lo tanto, la vida útil final, que es el período de tiempo durante el cual el producto se encuentra disponible en la góndola para su venta, obteniéndose de la siguiente ecuación:

$$\text{Vida útil final} = \text{Vida útil inicial} - \text{Tiempo consumido hasta la llegada al CD} \\ - \text{Tiempo de preparación} - \text{Tiempo de despacho} - \text{Norma de retiro}^5$$

Para este estudio, se agruparon los productos en cuatro casos, según la duración de su vida útil final (en góndola):

- Caso 1: Esta categoría incluye productos que tienen una vida útil en góndola de menor o igual a 10 días. Estos productos deben ser vendidos rápidamente para evitar pérdidas por caducidad.
- Caso 2: Aquí se encuentran los productos cuya vida útil en góndola son mayores a 10 y menor o igual a 15 días. Estos productos tienen una duración moderada y permiten un poco más de flexibilidad en su gestión de inventario.
- Caso 3: Esta categoría engloba a los productos que tienen una vida útil en la góndola mayor a 15 y menor o igual a 20 días. Son productos que cuentan con una duración relativamente prolongada en comparación a los casos anteriores.
- Caso 4: Por último, los productos con una vida útil en la góndola de más de 20 días. Estos productos son los más duraderos y permiten una mayor flexibilidad en su gestión de inventario.

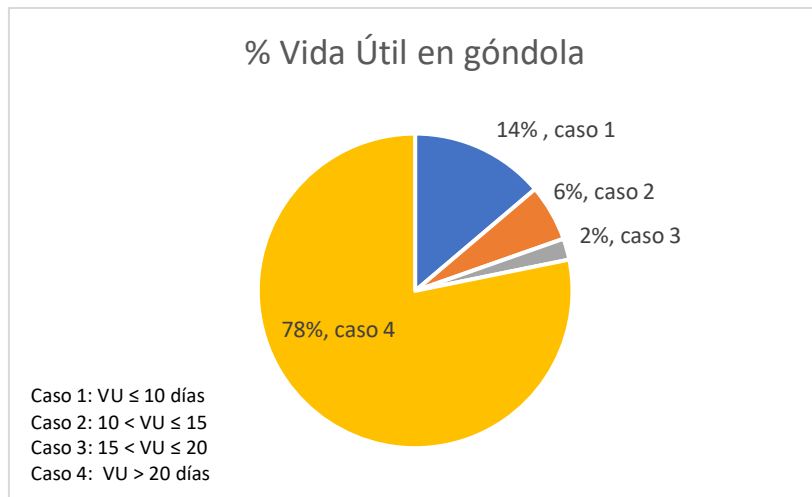
Este enfoque de agrupación por casos permite una mejor comprensión y gestión de los productos en función de su vida útil en góndola, lo que a su vez puede ayudar a tomar decisiones para optimizar los días de cobertura de estos mismo.

---

<sup>4</sup> Véase en 11.1 Anexo A

<sup>5</sup> Norma de retiro corresponde al 15% de la vida útil inicial del producto.

Walmart Chile emplea un indicador denominado coberturas, el cual se utiliza para determinar el stock de seguridad para cada ítem específico asociado a un local en particular. Se adjunta un gráfico que representa la vida útil final (VU) de los productos comercializados por Walmart Chile:



*Gráfico 3: Vida útil en góndola<sup>6</sup>.*

El gráfico 3 muestra que los productos con una vida útil en góndola menor a 15 días (casos 1 y 2) representan el 20% del volumen total. Estos productos son más propensos a verse afectados por la aplicación de Acción de Precio Temporal (APT), ya que tienen un período de venta más corto.

En los últimos 4 meses, los productos de los casos 1 y 2 han tenido una liquidación de setecientos millones de pesos. Esto representa una pérdida significativa para Walmart Chile.

### 1.3. Problemática

Según los antecedentes ya mencionados en el punto anterior, se puede apreciar que las liquidaciones por APT han aumentado un 0,67% el año 2023 en comparación al año pasado, teniendo un impacto negativo de quince mil millones.

Walmart Chile, requiere disminuir las APT, con lo cual también se verán disminuidas las mermas de los productos. Estas liquidaciones dependen principalmente de tres departamentos: Supply Chain, Comercial y Operacional.

<sup>6</sup> Confección propia con datos entregados por Walmart Chile.

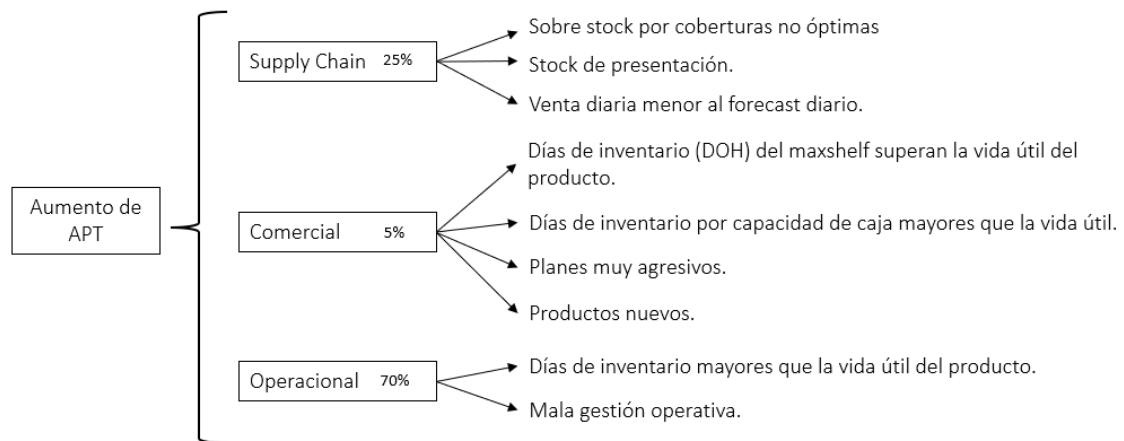


Figura 1: Diagrama de causal<sup>7</sup>

Esta problemática será enfocada desde la perspectiva del departamento de Supply Chain, dado que los otros departamentos no son parte interesada en este estudio.

El departamento de Supply Chain representa el 25% de esta problemática y para identificar la causa raíz, se optó por aplicar la técnica del Diagrama de Ishikawa<sup>8</sup>, considerando los siguientes puntos:

- **Desconocimiento de la vida útil de los productos sensibles en góndola:** se percibe que el 70% de los analistas no están informados sobre la duración de la vida útil de los productos en góndola.
- **Falta de información para determinar las coberturas de productos sensibles:** la ausencia de datos precisos dificulta la planificación de inventario para productos sensibles.
- **Falta de protocolo ante productos sensibles:** no existe un procedimiento específico para el manejo de productos sensibles, lo que puede llevar a un mal manejo de estos mismos.
- **Falta de seguimiento y control de las coberturas para productos sensibles:** la falta de supervisión y seguimiento de las coberturas existentes puede dar lugar a un desajuste entre la demanda y el inventario disponible.
- **Productos sensibles llegan con poca vida útil a sala:** el 80% de los productos llegan a los locales con una vida útil reducida, lo que limita su tiempo disponible para ser vendidos a los consumidores.
- **Uso de FEFO sin considerar la ubicación geográfica:** La adopción de la política FEFO (primero en vencer, primero en salir) por parte del centro de distribución, sin tener en

<sup>7</sup> Confección propia con datos entregados por Walmart Chile.

<sup>8</sup> Modelo Ishikawa confeccionado en reunión de trabajo de analistas del área PPS, Supply Chain.

cuenta la ubicación geográfica de los locales puede resultar en un inadecuado flujo de inventario. Esta metodología provoca que los productos lleguen a los locales con una vida útil en góndola cercana al 70% de su vida total. Esto puede provocar pérdidas por caducidad, así como una menor satisfacción de los clientes.

- **Largos tiempos de envío:** los tiempos de envío prolongados (entre 1 a 5 días) pueden afectar negativamente la vida útil de los productos.
- **Distancia entre locales y centro de distribución:** la distancia geográfica entre los establecimientos y el centro de distribución puede influir en la vida útil de los productos.
- **Reposición ineficiente:** una reposición inadecuada por parte de los locales puede dar lugar a un desequilibrio entre la oferta y la demanda.
- **Gestión de inventario deficiente:** una gestión inapropiada del inventario, incluyendo la falta de análisis y planificación adecuadas, puede contribuir a la acumulación de stock no deseado.
- **Sobre stock debido a planificación ineficiente:** una planificación deficiente de las coberturas puede resultar en un exceso de stock de productos sensibles. El 40% de las coberturas son mayores que la vida útil en góndola de los productos sensibles.

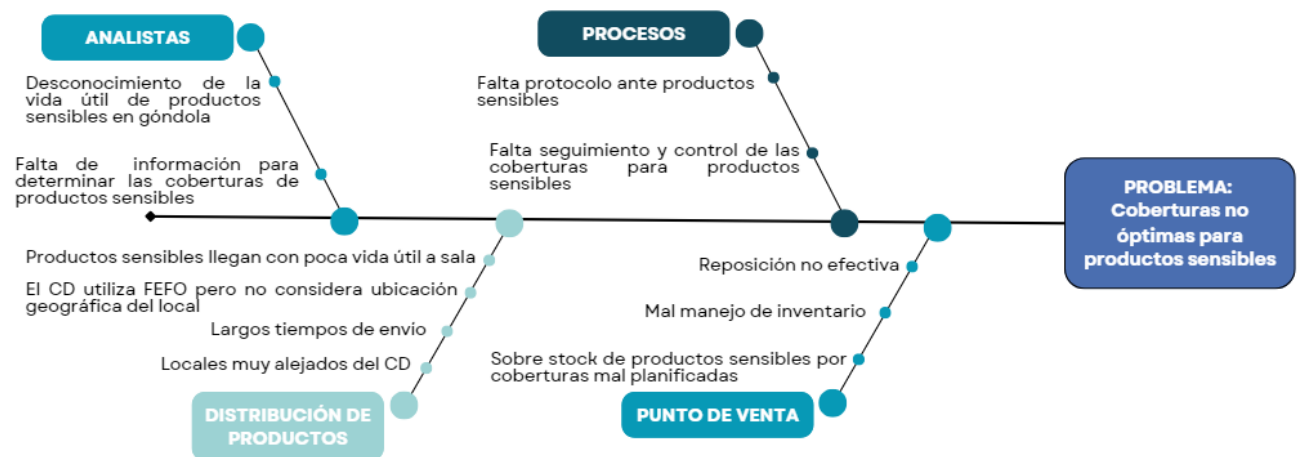


Figura 2: Diagrama Ishikawa<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Confección propia con datos entregados por Walmart Chile.

A continuación, se detalla la causa raíz:

Coberturas<sup>10</sup> no óptimas para productos sensibles: esto hace referencia a que los productos llegan a las tiendas con una vida útil en góndola igual o menor que los días de cobertura previstos. Además, no existe un proceso para determinar estas coberturas. Esto significa que los productos pueden vencerse antes de que se vendan, lo que resulta en pérdidas económicas. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo:

Productos	Vida útil final (días)	Cobertura (días)	% APT últimas 4 semanas
Plátanos	3	3	6%
Diente de dragón	2	3	10%
Trozo carne	4	4	12%
Pechuga de pollo	5	6	8%

*Tabla 1: Tabla de vida útil final vs días de cobertura<sup>11</sup>.*

Esto se debe en gran parte a la mala utilización del método FEFO ("First Expired, First Out") en el centro de distribución. A pesar de que este método debería garantizar que los productos más cercanos a su fecha de vencimiento se envíen primero. Sin embargo, debido a la variabilidad en la vida útil de los productos según su ubicación geográfica, es importante ajustar la aplicación de FEFO. Esto significa que, para un mismo producto, se establecen los mismos días de cobertura en todos los locales, sin considerar que la vida útil final de dicho producto varía según la ubicación del local. El resultado es que los productos con distintas vidas útiles se distribuyen de la misma manera, generando problemas de inventario y pérdidas económicas. El siguiente gráfico ilustra cómo un mismo producto llega con distinta vida útil según la región, y en el caso de este producto en particular, se establecieron coberturas de 3 días para todos los locales, lo cual es un problema.

<sup>10</sup> Este indicador se basa en la proyección de la demanda futura y se calcula considerando el número de días hacia adelante necesarios para cubrir las variaciones esperadas en la demanda.

<sup>11</sup> Confección propia con datos entregados por Walmart Chile

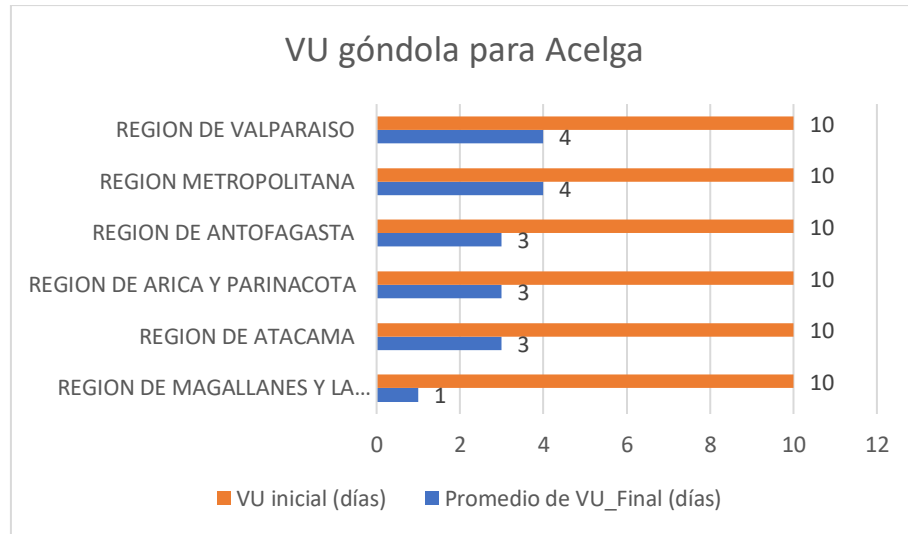


Gráfico 4: Vida útil en góndola para la acelga<sup>12</sup>

Por lo tanto, este proyecto se centrará en optimizar los días de cobertura en función de la vida útil final de los productos y la aplicación efectiva de un método de gestión de inventario para minimizar las pérdidas y garantizar que los productos se vendan antes de su vencimiento. El resultado de esta optimización se reflejará en una reducción de las Acciones de Precio Temporal (APT).

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Disminuir las Acciones de Precio Temporal (APT) de los productos perecibles en los locales de Walmart Chile de 0,78% a 0,3% en un plazo de 3 meses.

### 2.2. Objetivos específicos

1. Reducir el número de productos que llegan con vida útil en góndola menor o igual que los días de cobertura.
2. Reducir el porcentaje de coberturas que representan más del 50% de la vida útil final de los productos perecederos a un máximo del 30%.
3. Minimizar la merma debido a productos vencidos en tiendas.
4. Desarrollar e implementar una solución que disminuya las APT en los productos perecibles.
5. Validar la efectividad de la solución con un análisis comparativo del antes y después.
6. Cuantificar la mejora económica asociada a la implementación de la solución.

<sup>12</sup> Confección propia con datos entregados por Walmart Chile

### 3. Medidas de desempeño

Para evaluar el desempeño de la solución implementada en la gestión de Acción de Precio Temporal (APT) en Walmart Chile, es fundamental establecer medidas de desempeño que reflejen los objetivos del proyecto.

- 1) Porcentaje de Acción de precio temporal (APT)

$$\%APT = \frac{APT}{VENTA}$$

- 2) Días de Coberturas vs vida útil:

$$Días\ de\ Cobertura_{i,j} < Vida\ útil\ en\ góndola_{i,j}$$

- 3) Merma<sup>13</sup>:

- La gestión de la merma desempeña un papel fundamental en la optimización de costos, especialmente en un área que opera con productos perecederos. Un adecuado control de las mermas permite reducir los gastos asociados a la pérdida de ingresos, causados por factores como el vencimiento del producto, la corta vida útil y su deterioro gradual.

$$Merma = \frac{productos\ dañados}{productos\ vendidos}$$

### 4. Estado del Arte

#### 4.1. Situación Inicial

Walmart Chile emplea un sistema automatizado de compras conocido como Global Replenishment System (GRS). Este sistema está diseñado para garantizar un abastecimiento eficiente de sus tiendas, proporcionando las cantidades óptimas de productos en el momento adecuado para satisfacer la demanda. Cada producto en el sistema GRS cuenta con parámetros específicos, que incluyen datos como los días de cobertura, los valores mínimos y máximos de pedido, y otros criterios relevantes.

Actualmente, Walmart Chile carece de un sistema o proceso que permita determinar las coberturas en función de la vida útil final de los productos. Esto ha llevado a situaciones en las

---

<sup>13</sup> Macarena, T. (2019), Recupera de: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170592/Dise%C3%B1o-de-un-modelo-de-gesti%C3%B3n-para-la-implementaci%C3%B3n-del-plan-estrat%C3%A9gico.pdf?sequence=1>

que se envía más inventario del necesario, generando pérdidas económicas debido a la caducidad de los productos.

## 4.2. Revisión literatura

Una correcta gestión de inventario es muy importante, especialmente cuando se trata de productos perecibles. Determinar el momento exacto para realizar pedidos y la cantidad adecuada a solicitar es una decisión que no se debe tomar a la ligera.

En base a la literatura, se han identificado diversos sistemas de reabastecimiento para la gestión de inventario con demanda conocida:

- 1) Modelos deterministas para demanda independiente: Estos modelos parten del supuesto de que la demanda de un producto en inventario es independiente de la demanda de otros productos en el mismo inventario. La demanda se estima a partir de pronósticos o pedidos reales de los clientes cuando se conoce con cierto grado de certidumbre (Bustos, Chacón, 2010).<sup>14</sup>
- 2) Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ): Modelo más sencillo dentro de los modelos de inventario. Según Nahmias “Describe el importante compromiso entre los costos fijos y los costos de mantener el inventario, y es la base para el análisis de sistemas más complicados” (Nahmias, 2007, p 195)<sup>15</sup>. Además, hay que tener en cuenta que trabaja bajo el supuesto de conocer la demanda y que sea constante.
- 3) Justo a tiempo (JIT): Como consecuencia del Kanban de Toyota, se crea este modelo, en donde el exceso de inventario se reduce al máximo. “Los defensores señalan que una parte esencial de la implementación del JIT es la reducción de los tiempos de preparación, y con ello los costos de este rubro. A medida que los costos de preparación decrecen, la teoría tradicional de la cantidad económica de pedido indica que deben reducirse los tamaños de lote” (Nahmias, 2007, p.200).<sup>16</sup>
- 4) Simulación y optimización: La simulación y la optimización mediante técnicas de modelamiento pueden ayudar a determinar las mejores políticas de reabastecimiento en base a datos y escenarios específicos. También existen

---

<sup>14</sup> Bustos, Chacón (2010). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio en Venezuela*

<sup>15</sup> Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (5ª. Ed.)

<sup>16</sup> Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (5ª. Ed.)



métodos más avanzados, como el uso de técnicas de optimización estocástica y programación dinámica para determinar los niveles de stock de seguridad de manera más precisa, considerando la variabilidad en la demanda y otros factores (Relph, 2015).<sup>17</sup>

Los sistemas de reabastecimiento son herramientas que pueden ayudar a las empresas a gestionar su inventario de forma eficiente. La elección del sistema adecuado dependerá de las características específicas de la empresa y de los productos que gestiona.

La gestión de inventario es un proceso importante en diversos sectores, incluido el sector médico, un ejemplo interesante de dicho sector, fue un banco de sangre en Cali que utilizó un “modelo matemático para la planeación y el control del inventario de glóbulos rojos en el banco de sangre” (Arboleda, Salcedo, 2018)<sup>18</sup> basado en programación lineal por metas, donde utilizan variables aleatorias y restricciones. Este enfoque demuestra cómo las técnicas matemáticas y la optimización pueden aplicarse de manera efectiva en situaciones de gestión de inventario críticas, como el suministro de componentes sanguíneos, que son vitales para la atención médica. El modelo matemático utilizado en este caso permitió al banco de sangre reducir la merma de glóbulos rojos en un 20%, lo que representa una mejora significativa. Este enfoque puede ser aplicado en otros sectores, como la industria alimentaria, para ayudar a las empresas a reducir la merma de productos perecederos y mejorar la eficiencia de sus operaciones.

Otra alternativa moderna que está siendo ampliamente utilizada en la industria, y que Walmart no debería pasar por alto, es el machine learning (aprendizaje automático), “ayuda a los minoristas a optimizar los precios, recopilar datos de los clientes y hacer que los procesos logísticos sean más eficientes. La capacidad del aprendizaje automático para optimizar la industria minorista reduce los costos y construye relaciones más sólidas con los clientes” (Gottsegen, 2019)<sup>19</sup>. En el contexto de productos perecibles, en donde enviar la cantidad precisa a las tiendas es crucial para no generar pérdidas, debido a su limitada vida útil y volatilidad de la demanda. Machine Learning demuestra su capacidad excepcional para generar recomendaciones de cantidades, aprovechando su habilidad para aprender con precisión a partir de datos históricos. “El Machine Learning también puede tener en cuenta las limitaciones de la cadena de

---

<sup>17</sup> Relph, G. C. (2015). Inventory Management: Advanced methods for managing inventory within business systems.

<sup>18</sup> J. Arboleda-Zuñiga, and B.F. Salcedo-Moncada (2018). “Modelo matemático para administrar el inventario del banco de sangre de un centro hospitalario”, Rev. Ing. Investig. Desarro., vol. 18 (2), pp. 5-14.

<sup>19</sup> Gottsegen, G. (2019). Machine learning is changing the way retailers do business. Built In.

suministro, como los tiempos de entrega al proveedor y las cantidades mínimas o máximas de orden. En base a todas estas consideraciones, genera propuestas de pedido para toda la gama de productos cada 24 horas.” (Glatzel, Hopkins, Lange & Weiss, 2016)<sup>20</sup>. Estos modelos permiten tomar decisiones informadas sobre los niveles óptimos de inventario, integrando técnicas de optimización como el "EOQ" para minimizar los costos asociados al almacenamiento. (Andreas C. Müller y Sarah Guido, 2016)<sup>21</sup>

Walmart podría beneficiarse de la adopción de modelos de aprendizaje automático para la gestión de inventarios. Estos modelos podrían ayudar a la empresa a reducir las pérdidas de productos perecederos, mejorar la eficiencia de la cadena de suministro y aumentar la satisfacción de los clientes.

Por último, se encuentra el método FIFO (First in, First Out) es un enfoque más tradicional para la gestión de inventario que se basa en la idea de que los productos que ingresaron primero al almacén son los primeros en salir. Este método es relevante cuando se trata de productos perecibles o con fecha de caducidad. Dicho método aplicado “con la ayuda de computadoras puede facilitar que las empresas regulen la entrada y salida de materias primas del almacén para que no haya más acumulación que hace que las materias primas caduquen” (Sembiring, A. C., Tampubolon, J., BrSitanggang, D. R., Turnip, M., & Subash, 2019)<sup>22</sup>. El uso de sistemas informáticos para la implementación del método FIFO ofrece ventajas en términos de automatización y precisión. Es una estrategia efectiva para la gestión de inventario, especialmente en industrias que manejan productos perecibles. Ayuda a evitar el desperdicio y garantiza que los productos más antiguos se utilicen antes de que caduquen.

## 5. Alternativas de solución

En base a las investigaciones realizadas, se han determinado tres alternativas de solución para abordar el problema planteado:

1. Implementación de un modelo matemático basado en programación lineal para calcular los días de cobertura, considerando la vida útil final de los productos.

---

<sup>20</sup> Glatzel, C., Hopkins M., Lange T. & Weiss U. (2016, 28 noviembre) The secret to a smarter fresh-food replenishment? Machine learning. McKinsey & Company

<sup>21</sup> Müller, A. C., & Guido, S. (2016). Introduction to Machine Learning with Python

<sup>22</sup> Sembiring, A. C., Tampubolon, J., BrSitanggang, D. R., Turnip, M., & Subash. (2019). Improvement of inventory system using first in first out (FIFO) method

2. Rediseño del método de gestión de inventario actual en el centro de distribución de Walmart Chile, reemplazando el enfoque “FEFO” por un nuevo método que priorice la vida útil de los productos y garantice una distribución equitativa a nivel nacional.
3. Utilización de un modelo de Machine Learning que predice cuánto enviar productos a las tiendas, teniendo en cuenta restricciones de pedidos mínimo, máximo.

Luego de presentar las tres soluciones para abordar el desafío actual, resulta esencial tomar en cuenta criterios fundamentales en la selección de la solución óptima. Con este propósito, se desarrolló una matriz de selección con cuatro criterios, cada uno con un peso asignado: costo (15%), dificultad de implementación (15%), rapidez de resultados (25%) y su impacto en el problema (45%). Esta matriz evaluará las soluciones utilizando la escala de Likert, donde se asignarán valores del 1 al 5, siendo 1 el valor más bajo y 5 el valor más alto.

Solución	Costo (15%)	Dificultad de implementación (15%)	Rapidez de resultados (25%)	¿Ataca directamente el problema? (45%)	Ponderación Total
Modelo matemático	-	Baja (2)	Alta (4)	Muy Alta (5)	3,55
Rediseñar el método de gestión de inventario	-	Muy Alta (5)	Medio (3)	Alta (4)	3,3
Modelo de Machine Learning	Medio (3)	Medio (3)	Medio (3)	Medio (3)	3

Tabla 2: Matriz de selección para solución<sup>23</sup>

Para abordar el problema mencionado inicialmente, se han seleccionado dos soluciones iniciales. La primera solución propuesta implica un rediseño del proceso actual utilizado para calcular las coberturas. Actualmente, no existe un proceso estandarizado para esta tarea, lo que resulta en que cada analista del área tome decisiones sobre las coberturas sin un análisis exhaustivo.

<sup>23</sup> Fuente: elaboración propia.

Además, estas decisiones no son revisadas periódicamente, lo que puede llevar a una gestión ineficiente del inventario.

El enfoque actual para determinar las coberturas se basa en la vida útil inicial de los productos, lo cual no refleja con precisión la vida útil final de los productos perecibles. Para abordar esta deficiencia, se propone la implementación de un modelo matemático basado en programación lineal. Este modelo utiliza técnicas de optimización, considera variables críticas: la demanda, variabilidad en la vida útil y otros factores relevantes. El objetivo es determinar los días de cobertura del inventario de manera más precisa y óptima, tomando en cuenta la vida útil final de los productos.

El propósito principal de esta aproximación es minimizar las pérdidas económicas derivadas de las Acciones de Precio Temporal (APT) y asegurar que los productos se mantengan en stock durante el período adecuado. Los resultados obtenidos a través de este modelo se integrarán en el sistema automatizado de compras de Walmart Chile, el Global Replenishment System (GRS).

La introducción de este nuevo modelo matemático no solo mejorará la precisión en la gestión de inventario de productos perecibles, sino que también establecerá un sistema más sólido y adaptable para Walmart Chile, permitiendo una toma de decisiones más informada y estratégica en relación con la administración del stock en sus locales y centros de distribución, generando mejoras significativas en la eficiencia operativa y rentabilidad.

La segunda alternativa de solución implica una revisión y rediseño del método de gestión de inventario actual en el centro de distribución (CD) de Walmart Chile. En lugar de mantener el enfoque actual basado en FEFO (First Expired, First Out), se planteó la posibilidad de adoptar un nuevo método que priorice la vida útil de los productos. Este nuevo enfoque se diseñaría para garantizar una distribución equitativa de los productos a través de todos los locales en todo el territorio nacional, evitando que los productos con una vida útil más corta sean seleccionados por el método FEFO y lleguen a las regiones más distantes con una vida útil inferior en comparación con las regiones cercanas a la región Metropolitana.

La intención detrás de esta propuesta es reducir el desperdicio y minimizar las Acciones de Precio Temporal (APT) al asegurarse de que los productos lleguen a los locales con una vida útil adecuada. Para lograr esto, se contempló una combinación de los métodos FEFO y FIFO, donde a los locales cercanos a la Región Metropolitana se les enviarían productos seleccionados mediante el método FEFO, mientras que, a los locales más alejados, como Antofagasta, Arica y Magallanes, se les enviarían productos de acuerdo con el método FIFO. Esto se planificaba con la intención de

equilibrar la vida útil de los productos en todos los locales, asegurando que lleguen con la máxima vida útil posible a cada punto de venta.

En el centro de distribución (CD), al recibir un producto, se registra digitalmente su fecha de vencimiento. Como consecuencia, al reponer los productos en el piso<sup>24</sup> de venta, el sistema siempre sugiere el pallet con la fecha de vencimiento más próxima, lo que lleva a que la grúa lo desplace al piso. A partir de allí, se surten los productos a los distintos locales.

Sin embargo, después de una investigación más detallada, se encontraron limitaciones en la implementación de esta propuesta. Además, debido a que este proyecto se centra en el área de Supply Chain, resulta difícil intervenir en los procesos de reabastecimiento de los pisos y despachos del CD a los locales. Por lo tanto, se ha considerado que esta propuesta no es factible de implementar y se ha descartado como solución.

La razón principal por la que se escogió la solución de implementar un modelo de programación lineal radica en su capacidad para abordar directamente el problema central. En contraste, el modelo de machine Learning abarca únicamente un punto de la problemática, dicho modelo utiliza aproximadamente 50 factores como variables de entrada para generar resultados. Estos factores incluyen datos relacionados con los proveedores, las especificaciones de las tiendas y los umbrales máximos y mínimos de pedidos. Sin embargo, es importante destacar que el resultado proporcionado por este modelo no es una predicción directa de los valores mínimos o incrementales de los pedidos. En lugar de eso, utiliza estos factores como parte de su proceso para determinar la cantidad óptima a enviar a nivel local y producto. No obstante, la característica principal que se busca, es decir, la determinación de los días de cobertura en función de la vida útil final de los productos no es proporcionado por este modelo.

Adicionalmente, se consideró un aspecto crucial al seleccionar las soluciones, que es el costo involucrado. Es relevante destacar que el costo de la solución escogida no aplicó en el contexto específico de este problema. Esto se debe a que la solución será desarrollada internamente por un practicante de la empresa, por lo que se considera como un costo que ha sido incurrido.

---

<sup>24</sup> Piso: Ubicación física en el primer nivel del rack, claramente identificada, simplificando su tarea de gestión y localización.

## 6. Solución

### 6.1. Metodología

La metodología seleccionada para llevar a cabo este proyecto es *Agile*<sup>25</sup>, que consiste en un conjunto de técnicas aplicadas en ciclos de trabajo cortos. El objetivo principal de esta metodología es hacer que el proceso de entrega del proyecto sea más eficiente. Con cada etapa completada, se pueden entregar avances, eliminando la necesidad de esperar hasta el término del proyecto para abordar resultados (Zendesk, 2023)<sup>26</sup>. Esto permite la posibilidad de probar y mejorar la solución de manera continua si es necesario.

La implementación de esta metodología seguirá los siguientes casos:

- 1) Análisis de GRS:
  - 1) Para llevar a cabo la solución se debe comprender en detalle los parámetros utilizados por GRS en las compras automáticas de Walmart Chile. El propósito es comprender el funcionamiento del sistema actual y, posteriormente, comparar los resultados del modelo propuesto antes y después de su implementación en GRS.
- 2) Definir la función Objetivo:
  - 1) Establecer una función objetivo claramente definida en el modelo de optimización. Esta función estará alineada con los objetivos previamente mencionados, que buscan reducir las Acciones de Precio Temporal (APT) en el proceso de gestión de inventario.
- 3) Definir los parámetros y variables:
  - 1) Será crucial definir de manera precisa y concisa tanto los parámetros como las variables que serán incorporadas en el modelo de programación lineal.
- 4) Definir restricciones:
  - 1) Identificar y definir las restricciones asociadas al problema. Estas restricciones serán esenciales para garantizar que el modelo ofrezca una solución factible y efectiva.
- 5) Resultados:
  - 1) Una vez que el modelo esté construido y resulto, proporcionará un parámetro (días de cobertura) el cual debe ser incorporado a la plataforma de GRS.

Dado que esta metodología sigue un enfoque Agile, se llevarán a cabo iteraciones o sprints a lo largo del proyecto, lo que permitirá la posibilidad de realizar ajustes y modificaciones en función

---

<sup>25</sup> Más detalles en el anexo 11.2 B

<sup>26</sup> Zendesk. (2023, 14 febrero). ¿Qué es la metodología ágil y cuáles son las más utilizadas? Zendesk MX

de los resultados obtenidos. Esto asegurará una adaptación continua y una mejora constante del modelo y su implementación en el sistema de GRS.

## 6.2. Solución alcanzada

La solución desarrollada se fundamenta en rediseñar el actual proceso de determinación de las coberturas. Esta solución implica el uso un modelo de optimización lineal que determinará los días de cobertura óptimos basados en la vida útil final de los productos perecibles. El propósito principal de este enfoque es garantizar que los días de cobertura sean calculados de manera precisa y eficiente, considerando la duración real de los productos. A continuación, se describen los componentes del modelo:

### 1. Conjuntos:

- A: Conjunto de ítems (producto) que se deben entregar.
- K: Conjunto de locales.

### 2. Parámetros:

- $V_{i,j}$ : Vida útil en góndola del ítem i en el local j
- $D_j$ : Días mínimo de cobertura según frecuencia en el local j
- $F_{i,j}$ : Pronóstico de demanda diaria para el ítem i en el local j
- $I_{i,j}$ : Inventario objetivo del ítem i en el local j
- $Cap_j$ : Capacidad del local j

### 3. Variable de decisión:

- $C_{i,j}$ : Días de cobertura para el ítem i del local j

### 4. Restricciones:

- Los días de cobertura a lo más pueden ser un 30% de la vida útil en góndola del producto.
- La cantidad de productos que se le mandará al local debe ser menor que la capacidad del local.
- Los días de cobertura no puede superar la frecuencia<sup>27</sup> de entrega al local.

### 5. Función objetivo:

“Minimizar la diferencia entre el inventario objetivo y la cantidad diaria recibida en el local”.

---

<sup>27</sup> Frecuencia hace referencia a cuantos días se realizan despachos a los locales durante la semana.

Se puede definir el modelo matemático como:

$$\text{Mín} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K |I_{i,j} - F_{i,j} * C_{i,j}|$$

Sujeto a:

$$C_{i,j} \leq 0,3 V_{i,j} \quad \forall i \in A, j \in K$$

$$\sum_{i=1}^A [C_{i,j} * F_{i,j}] \leq Cap_j \quad \forall j \in K$$

$$D_j \leq C_{i,j} \quad \forall i \in A, j \in K$$

$$C_{i,j} \geq 0 \quad \forall i \in A, j \in K$$

Al tener una función objetivo con valor absoluto, hace que el modelo sea no lineal, sin embargo, se puede linealizar agregando una variable auxiliar Z y dos restricciones (4) y (5)<sup>28</sup>:

$$\text{Mín} \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^K Z_{i,j}$$

Sujeto a:

$$C_{i,j} \leq 0,3 V_{i,j} \quad \forall i \in A, j \in K \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^A [C_{i,j} * F_{i,j}] \leq Cap_j \quad \forall j \in K \quad (2)$$

$$D_j \leq C_{i,j} \quad \forall i \in A, j \in K \quad (3)$$

$$Z_{i,j} \geq I_{i,j} - [F_{i,j} * C_{i,j}] \quad \forall i \in A, j \in K \quad (4)$$

$$Z_{i,j} \geq [F_{i,j} * C_{i,j}] - I_{i,j} \quad \forall i \in A, j \in K \quad (5)$$

$$C_{i,j} \geq 0 \quad \forall i \in A, j \in K \quad (6)$$

$$Z_{i,j} \geq 0 \quad \forall i \in A, j \in K \quad (7)$$

<sup>28</sup> Se explica a mayor detalle la linealización en 11.3 Anexo C.



### 6.3. Riesgos de la solución

Al momento de implementar la solución se puede generar distintos riesgos, tales como:

- **Escalabilidad del modelo:** Los modelos de programación lineal que involucran productos perecederos a nivel de ítem-local suelen ser complejos debido a la multitud de factores y restricciones que deben considerarse. En este caso, la vida útil en góndola a nivel de producto y local podría complicar aún más los cálculos y la ejecución del modelo.
- **No se cumplan los tiempos de entrega, almacenamiento y transporte:** la vida útil en góndola se calcula restándole a la vida útil inicial una serie de tiempos que dependen del proveedor, centro de distribución y transporte. Si estos tiempos no se cumplen, la vida útil en góndola se reducirá, lo que podría provocar mermas, insatisfacción de los clientes y pérdidas de ventas.
- **Datos de entrada no actualizados:** Existe la posibilidad de que, durante la implementación del modelo, los datos de entrada no sean los correctos o no estén actualizados. Esto podría dar lugar a resultados subóptimos o inesperados, lo que a su vez podría afectar la eficacia de la solución.
- **Caída de la fuente de información:** Dado que toda la información necesaria se encuentra en tablas, si estas fuentes de información experimentan interrupciones o caídas, la ejecución del modelo podría verse obstaculizada, lo que afectaría la precisión y eficiencia de la solución.

A continuación, se inserta la matriz de riesgo junto con sus respectivas mitigaciones:

Riesgo	Probabilidad	Consecuencias	Nivel de Riesgo	Estrategia de Mitigación
Escalabilidad del modelo	Probable (4)	Importante (4)	Alto	Para abordar la complejidad y escalabilidad del modelo, se llevará a cabo la ejecución del modelo con software especializado en la resolución de problemas de programación lineal. Esto garantizará una ejecución eficiente y precisa.
No se cumplan los tiempos de entrega, almacenamiento y transporte	Posible (3)	Moderada (3)	Medio	Para mitigar este riesgo, es importante establecer controles y procesos para garantizar que los tiempos se cumplan. Estos controles podrían ser: monitoreo constante de los tiempos, implantación de sanciones para los proveedores y transportistas que no cumplan con los tiempos establecidos, entre otros.
Datos de entrada no actualizados	Muy probable (5)	Moderada (3)	Alto	Para prevenir errores en los datos de entrada, se implementará un proceso de doble verificación. Esto implica revisar y validar cuidadosamente los datos para asegurarse de que sean precisos y relevantes antes de utilizarlos en el modelo.
Caída de la fuente de información	Posible (3)	Menor (2)	Bajo	Se establecerá un sistema de seguimiento y revisión periódica de las tablas y las fuentes de datos. Esto asegurará que los datos estén actualizados y sean coherentes con las condiciones en tiempo real, lo que garantizará un funcionamiento óptimo del modelo.

Tabla 3: Matriz de riesgo y mitigación<sup>29</sup>

Al abordar estos riesgos de manera proactiva con las estrategias propuestas, se minimizará la probabilidad de problemas durante la implementación de la solución y se garantizará su eficacia a largo plazo.

#### 6.4. Evaluación económica

El análisis financiero de esta solución se verá reflejada en la disminución de APT, en donde ya los locales no deberían realizar este método para disminuir su stock, obviamente siempre y cuando este sobre stock este dado por los días de cobertura, por ende, el beneficio de la empresa sería vender toda su mercadería a su precio original sin ningún descuento adicional. Por otra parte, como se mencionó anteriormente la solución no generará costos adicionales, debido a que el software que se escogerá para desarrollar el modelo de programación lineal, Walmart Chile, ya

<sup>29</sup> Véase en 11.4 Anexo D.

cuanta con licencia, el único costo sería la remuneración al practicante durante el período de su práctica, lo cual corresponde a \$1.152.000. Además, se considera la inversión de un computador.

Quedando el flujo de caja de la siguiente forma:

	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
Ingresos		\$ 94.617.866	\$ 99.874.414	\$ 103.028.343	\$ 105.130.962
Costos		\$ -288.000	\$ -288.000	\$ -288.000	
Depreciación		\$ -7.999,9	\$ -7.999,9	\$ -7.999,9	
GoP del ejercicio anterior					
Utilidad antes de impuestos		\$ 94.321.866	\$ 99.578.414	\$ 102.732.343	\$ 105.130.962
Impuesto 27%		\$ -25.466.904	\$ -26.886.172	\$ -27.737.733	\$ -28.385.360
Utilidad después de impuestos		\$ 68.854.962	\$ 72.692.242	\$ 74.994.610	\$ 76.745.602
Depreciación		\$ 7.999,9	\$ 7.999,9	\$ 7.999,9	\$ -
GoP del ejercicio anterior					
Inversión	\$ -599.990				
Flujo de caja contable	\$ -599.990	\$ 68.862.962	\$ 72.700.242	\$ 75.002.610	\$ 76.745.602

Tabla 4: Flujo de caja

El impacto económico generado por este proyecto es sumamente positivo. Considerando una tasa de descuento (WACC) del 5,5%, el Valor Actual Neto (VAN) de \$255.814.251 indica que se esperan flujos de efectivo futuros significativamente superiores a la inversión inicial. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) de 11483% confirma la alta rentabilidad del proyecto. Estos números demuestran de manera concluyente que la iniciativa no solo es rentable, sino que también generará un impacto económico positivo sustancial para la empresa, ofreciendo la posibilidad de obtener ganancias considerables a lo largo del tiempo.

## 7. Plan de implementación

Para implementar la solución, se utilizó el lenguaje de modelamiento para programación matemática AMPL<sup>30</sup>, aprendido durante el curso de optimización. AMPL facilita la resolución de problemas de optimización lineal al digitalizar el modelo, dividiéndolo en un archivo .mod para el modelo y un archivo .dat para los datos del problema. Para el desarrollo del modelo, se empleó Cplex.

Una vez programado el modelo en el archivo .mod, se llevó a cabo una prueba inicial con un conjunto limitado de combinaciones. Se seleccionó un local y todos los productos de la categoría de caseros (verduras y frutas) con una vida útil en góndola inferior a 15 días. El propósito era evaluar la coherencia de las nuevas coberturas, asegurando que no excedieran la vida útil final del producto. Los datos se introdujeron mediante un archivo .dat.

<sup>30</sup> Véase en 11.5 Anexo E

Se realizaron ajustes en el modelo para generar un archivo .xlsx con el objetivo de facilitar el análisis. Estos ajustes garantizaron que los días de cobertura no superar el 30% de la vida útil en góndola y cumplieran con las restricciones especificadas en el modelo.

Confirmada la eficacia del modelo con la prueba inicial, se procedió a utilizar los datos de tres locales, considerando todos los productos con una vida útil en góndola inferior a 15 días. Con el objetivo de evaluar la efectividad del modelo en la reducción de Acciones de Precio Temporal (APT), se aplicaron las nuevas coberturas durante un período de 3 semanas en estos tres locales. Durante este tiempo, se excluyeron todas las intervenciones del área de Supply Chain para observar el impacto real de la modificación en las coberturas. Este enfoque permitió una evaluación precisa del impacto generado al intervenir en las estrategias de cobertura.

El modelo desarrollado en AMPL genera un archivo Excel que indica, a nivel de ítem y local, las nuevas coberturas recomendadas para cada combinación. Sin embargo, el sistema GRS no acepta números específicos. Por lo tanto, para simplificar el proceso de modificación de coberturas, se vinculó la salida del archivo de AMPL a OneDrive<sup>31</sup>. Se diseñó un flujo en la herramienta Dataiku<sup>32</sup> para procesar los datos generados, con el fin de generar un archivo Excel con información sobre el ítem, local y la diferencia entre la cobertura existente y la nueva propuesta por el modelo. Este archivo se actualiza automáticamente en la misma carpeta de OneDrive cada vez que se ejecuta el flujo. Permitiendo a los analistas descargar este archivo actualizado y cargarlo en el sistema GRS, modificando así las coberturas de los productos en los locales correspondientes. Esta integración entre AMPL, Dataiku y OneDrive simplifica y automatiza el proceso de ajuste de coberturas, permitiendo una gestión más ágil y eficiente de la información generada por el modelo.

## 8. Resultados

### 8.1. Resultados obtenidos

A partir de la implementación del modelo en AMPL, se obtuvo la solución óptima que minimiza la diferencia entre el inventario objetivo y la cantidad diaria recibida en el local. La ejecución del código se llevó a cabo con éxito en un tiempo promedio de 2 segundos por iteración. El resultado exportado desde Dataiku en formato Excel entregó los días de cobertura óptimos para las

---

<sup>31</sup> Herramienta utilizada por Walmart para almacenar.

<sup>32</sup> Véase en 11.6 Anexo F

combinaciones de 3 locales específicos, lo cual fue ingresado a GRS, generando las compras automáticas.

En comparación con las coberturas iniciales, se observó una disminución en las mismas luego de la implementación. A continuación, se muestra el resumen de estos resultados:

	Mínimo	Máximo	Promedio
Cobertura Base	0	9	4,48
Cobertura Modelo	1	4,5	2,5

*Tabla 5: Comparación de coberturas<sup>33</sup>*

Además, de la totalidad de los ítems, un 75% obtuvieron coberturas menores con el modelo, siendo en promedio una reducción de 2 días.

## 8.2. Impacto en las medidas de desempeño

Para evaluar el impacto, se consideraron las medidas de desempeño definidas. A continuación, se detallan los resultados obtenidos.

### a) Acción de precio temporal (APT):

Situación Base		Resultado	
% APT	Pérdida	% APT	Pérdida
3,75%	\$25.719.689	1,69%	\$ 11.573.860

*Tabla 6: Evaluación Kpi (1)<sup>34</sup>*

La Acción de Precio Temporal (APT) experimentó una mejora significativa, disminuyendo en un 55% aproximadamente sus liquidaciones durante un período de 3 semanas en los tres locales específicos.

En el gráfico 5, se aprecia cómo, después de la implementación del modelo durante la semana 44, las acciones de precio temporal han experimentado una notable disminución.

<sup>33</sup> Elaboración propia con datos entregados por Walmart Chile.

<sup>34</sup> Elaboración propia con datos entregados por Walmart Chile.

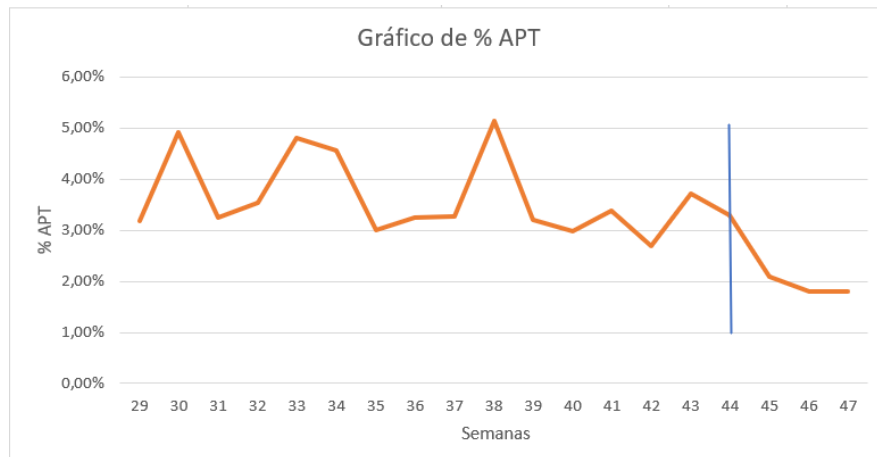


Gráfico 5: Evolución métrica primaria (APT)<sup>35</sup>

b) Días de Coberturas vs vida útil:

Situación Base	Resultado
75%	0%

Tabla 7: Evaluación Kpi (2)<sup>36</sup>

El porcentaje de combinaciones donde los días de cobertura superaban la vida útil en góndola se redujo pasando de un 75% a un 0%. Esta mejora indica que actualmente no existe ningún producto cuya cobertura supere su vida útil en góndola. Además, todas las coberturas se encuentran ahora dentro de un límite máximo del 30% de su vida útil final, lo que refleja un ajuste preciso y efectivo en la gestión de inventario.

c) Merma

Situación Base		Resultado	
% Merma	Pérdida	% Merma	Pérdida
2,52%	\$17.275.988	1,51%	\$ 10.365.593

Tabla 8: Evaluación Kpi (3)<sup>37</sup>

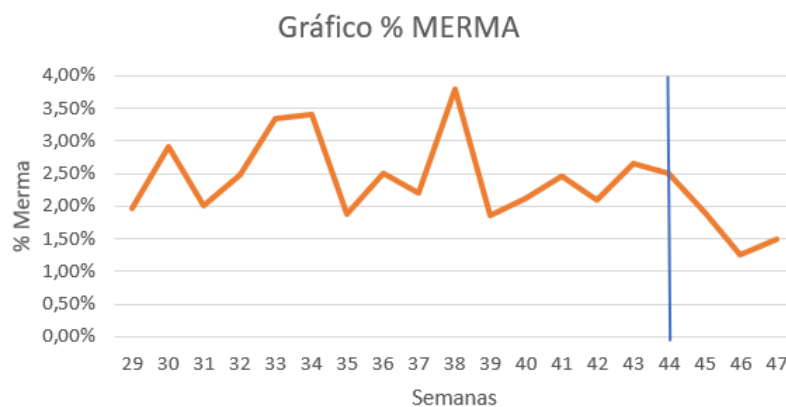
La merma también experimentó una mejora significativa, disminuyendo en un 40% aproximadamente su merma durante un período de 3 semanas en los tres locales específicos.

En el gráfico 6, se aprecia cómo, después de la implementación del modelo durante la semana 44, la merma ha experimentado una notable disminución.

<sup>35</sup> Elaboración propia con datos entregados por Walmart Chile.

<sup>36</sup> Elaboración propia con datos entregados por Walmart Chile.

<sup>37</sup> Elaboración propia con datos entregados por Walmart Chile.



*Gráfico 6: Evolución métrica primaria (APT)<sup>38</sup>*

La optimización de las coberturas permitió la venta de productos antes de que caducara su fecha de vencimiento. Es importante considerar que los productos perecederos se deterioran por la manipulación y pueden ser objeto de robo, lo que influye en que esta reducción no sea en un 100%.

Estos resultados demuestran el impacto positivo de las acciones implementadas, destacando mejoras significativas en la gestión de inventario, la reducción de APT y una óptima alineación entre las coberturas y la vida útil de los productos en góndola.

### 8.3. Impacto económico

El impacto económico de la solución implementada puede medirse en relación con los tres locales en los cuales se aplicó dicha solución. Antes de su implementación, el ingreso generado por los productos perecederos en estos 3 locales durante un período de tres semanas era de \$642.555.691. Con la implementación de la solución durante tres semanas, el ingreso aumentó a \$663.611.915, generando un margen de beneficio adicional de \$21.056.224.

Es esencial tener en cuenta que, si bien la idea inicial era vender toda la mercadería a precio completo sin recurrir a liquidaciones, en la práctica esto no es factible. Esto se debe a que, como se menciona a lo largo del informe, los productos involucrados son perecederos y están sujetos a la influencia de factores externos que pueden afectar la venta de manera óptima.

### 8.4. Impacto en el proceso

Este proyecto introduce un proceso para determinar las coberturas de manera óptima. Este proceso implica alrededor de 2 segundos para ejecutar el modelo matemático y

<sup>38</sup> Elaboración propia con datos entregados por Walmart Chile.

aproximadamente 20 minutos para que el sistema GRS realice las compras automáticas basadas en los resultados obtenidos. A pesar de requerir un tiempo adicional en comparación con el proceso anterior, se espera una reducción en los esfuerzos manuales, lo que conllevaría a un beneficio para los y las analistas del área. En términos de dotación de personal, no se anticipan cambios, ya que el proceso no demanda la contratación de más personal para su ejecución.

La solución implica una modificación en el proceso de cálculo utilizado por GRS para determinar el nivel de stock de seguridad. Luego, continua con el proceso para determinar las cantidades de pedidos por ítem para cada local.

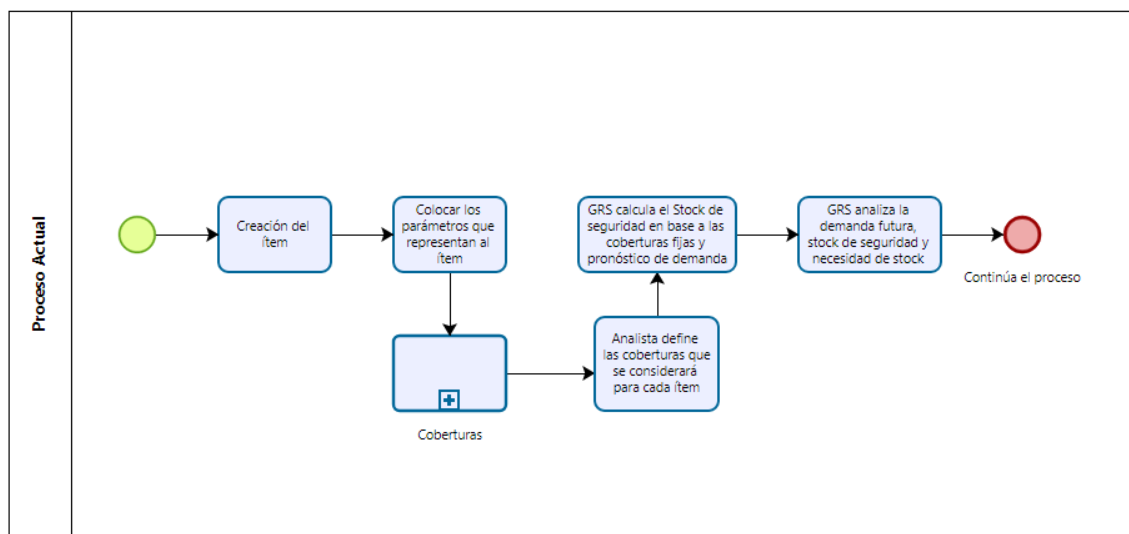


Figura 3: Proceso actual del análisis que realiza GRS para obtener stock de seguridad

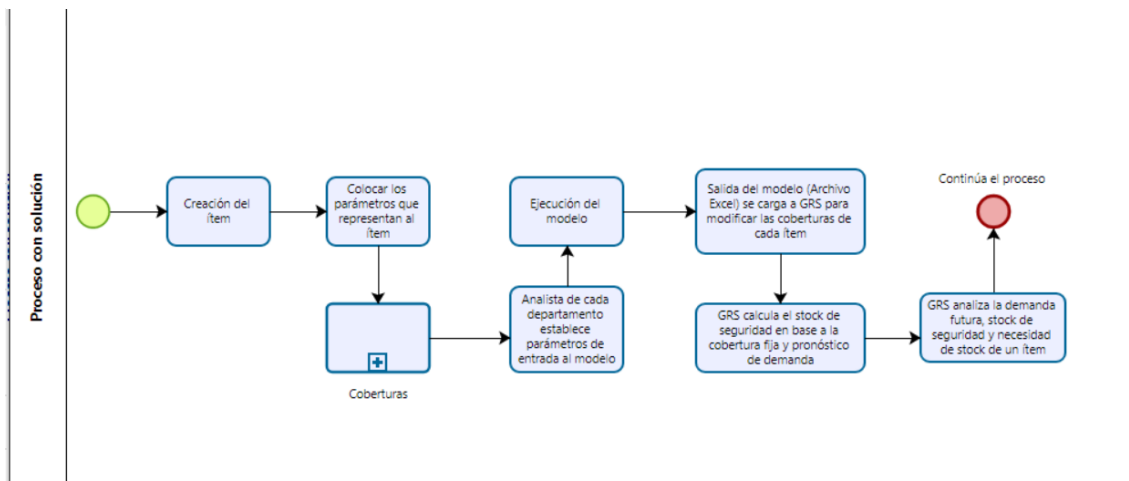


Figura 4: Cambio al subproceso de cálculo del stock de seguridad por parte de GRS



### 8.5. Impacto ético:

Desde una perspectiva ética, esta solución representa una mejora en los procesos actuales de la empresa al aprovechar las capacidades de un software para respaldar la toma de decisiones en la gestión de procesos de recepción. Esta implementación elimina la influencia de intereses personales al asignar las coberturas de manera objetiva, promoviendo así una mayor equidad y transparencia en las decisiones adoptadas.

Al alejarse de decisiones individuales, se reduce la probabilidad de sesgos, fomentando un enfoque más objetivo en las determinaciones. La introducción de esta herramienta no solo mejora la eficiencia, sino que también contribuye éticamente al entorno laboral al no implicar despidos, sino más bien al facilitar y enriquecer las tareas diarias de los colaboradores.

Por otro lado, al considerar la vida útil final de los productos, este modelo proporciona un conocimiento más preciso en la definición de coberturas, lo que conduce a un nivel de stock de seguridad más óptimo. Esto no solo evita el desperdicio innecesario de productos, sino que también asegura una gestión más responsable y ética de los recursos disponibles.

### 8.6. Otros impactos

La solución escogida tiene impactos en otras áreas, tales como:

- Clientes: Mejora en la experiencia del cliente al garantizar una mayor disponibilidad de productos perecibles y evitar la presencia de artículos cercanos a su fecha de vencimiento. Esta mejora eleva la percepción general de los clientes hacia los productos ofrecidos por Walmart.
- Medio ambiente: La determinación de las coberturas basadas en la vida útil final de los productos reduce significativamente el riesgo de que productos perecederos altamente sensibles caduquen antes de ser vendidos. Este enfoque contribuye directamente a la reducción de residuos, lo que impacta positivamente en el medio ambiente.
- Analistas: Proporciona a los analistas una visión más precisa y actualizada del inventario, permitiéndoles tomar decisiones más informadas y estratégicas en cuanto a la gestión de stocks y la optimización de recursos. Esto facilita una mejor planificación y ejecución en el proceso de abastecimiento.

## 9. Conclusiones

En conclusión, al considerar el problema diagnosticado y las necesidades de la empresa, la implementación del modelo de optimización y el rediseño del proceso para determinar las coberturas basadas en la vida útil final de los productos ha generado resultados positivos para la compañía. Esto se refleja en la reducción de la Acción de Precio Temporal (APT), la disminución de merma y en la gestión de las combinaciones donde las coberturas excedían la vida útil del producto, lo que anteriormente conducía a más liquidaciones.

El modelo ha demostrado su eficacia al asegurar que las coberturas no excedan el 30% de la vida útil final del producto, lo que ha mejorado la rentabilidad de Walmart. Durante las 3 semanas de implementación, se observó una reducción del 55% en la APT en los 3 locales utilizados, lo que indica una mejora significativa en los ingresos de la empresa. Esto implica la venta a precio completo en lugar de liquidar el exceso de stock.

La aplicación de esta solución fue posible gracias a los conocimientos ingenieriles proporcionados por la universidad, permitiendo una planificación acorde a las necesidades y restricciones de la empresa. Hubo mejoras tanto en los objetivos específicos como en los generales, evidenciados por la reducción mencionada previamente en la APT. Por tanto, se pudo concluir que los objetivos fueron alcanzados dentro del tiempo disponible para la implementación.

## 10. Referencias

- Asana, T. (2022, 9 octubre). Matriz de riesgos: Cómo evaluar los riesgos para lograr el éxito del proyecto [2022] • Asana. Asana. <https://asana.com/es/resources/risk-matrix-template>
- Bustos, Chacón (2010). *Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio en Venezuela*. Recuperado de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-10422012000300011](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422012000300011)
- Castillo,E., Conejo, A., Pedregal, P.,García, R., Alguacil,N .(2002, 20 febrero) formulación y Resolución de Modelos de programación matemática en Ingeniería y Ciencia. <http://dia.fi.upm.es/~jafernan/teaching/operational-research/LibroCompleto.pdf>
- Glatzel, C., Hopkins M., Lange T. & Weiss U. (2016, 28 noviembre) The secret to a smarter fresh-food replenishment? Machine learning. Mckinsey & Company <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our->
- Gottsegen, G. (2019). Machine learning is changing the way retailers do business. Built In. <https://builtin.com/artificial-intelligence/machine-learning-ecommerce-retail>
- J. Arboleda-Zuñiga, and B.F. Salcedo-Moncada (2018). “Modelo matemático para administrar el inventario del banco de sangre de un centro hospitalario”, Rev. Ing. Investig. Desarro., vol. 18 (2), pp. 5-14. Recuperado de: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamoso/article/view/11853/9740](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/11853/9740).
- Macarena, F. T. (2019). *UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN ESTRATÉGICO EN LA DIVISIÓN DE PERECEDEROS DEL ÁREA DE LOGÍSTICA Y SUPPLY CHAIN DE LA EMPRESA WALMART MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL*. Uchile.cl. Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170592/Dise%C3%B1o-de-un-modelo-de-gesti%C3%B3n-para-la-implementaci%C3%B3n-del-plan-estrat%C3%A9gico.pdf?sequence=1>

- Müller, A. C., & Guido, S. (2016). Introduction to Machine Learning with Python
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (5ª. Ed.)
- Nosotros. (2021, junio 13). WalmartChile – Walmart Chile es uno de los principales actores en la industria de las ventas al por menor del país (retail); WalmartChile. <https://www.walmartchile.cl/contenidos/nosotros/>.
- Relph, G. C. (2015). Inventory Management: Advanced methods for managing inventory within business systems. Relph, Geoff; Milner, Catherine: <https://www.abebooks.com/9780749473686/Inventory-Management-Advanced-Methods-Managing-0749473681/plp>
- Sembiring, A. C., Tampubolon, J., BrSitanggang, D. R., Turnip, M., & Subash. (2019). Improvement of inventory system using first in first out (FIFO) method. Journal of physics, 1361(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012070>.
- Zendesk. (2023, 14 febrero). ¿Qué es la metodología ágil y cuáles son las más utilizadas? Zendesk MX

## 11. Anexos

### 11.1. Anexo A: Tabla por categoría:

En la tabla se observa que las categorías que experimentan la mayor cantidad de liquidaciones a través de Acciones de Precio Temporal (APT) son caseros (que comprende futras y verduras), panadería y carnes. Esto implica que aproximadamente 10 días de su venta fueron por liquidación. El % de APT corresponde a cuanta APT se hizo respecto a la venta, considerando el mismo período.

Equipo	APT%	DÍAS DE VENTA
CASEROS	3,26%	10
CONGELADOS	0,34%	1
LACTÓMICOS	0,70%	2
PANADERÍA	2,05%	10
PROTEÍNAS	1,75%	9

### 11.2. Anexo B: metodología Agile.

La metodología Ágil o Agile se basa en 12 principios:

- 1) Satisfacer al cliente.
- 2) Requerimientos cambiantes.
- 3) Entregar software en funcionamiento frecuentemente.
- 4) Colaboración diaria.
- 5) Equipos con confianza, motivación.
- 6) Reuniones frecuentes.
- 7) Mediciones del progreso.
- 8) Promoción constante del desarrollo.
- 9) Excelencia técnica.
- 10) Ley de la simplicidad: Menos es más.
- 11) Unidades de trabajo auto-organizadas.
- 12) Reflexión para mejora continua.

La gestión de proyectos ágiles considera 5 pasos claves para su desarrollo:

- 1) Evaluación de procesos y estructura actual de la empresa: es acá donde se realiza el análisis de GRS, para evaluar su funcionamiento actual dentro de la empresa.
- 2) Sugerencias de mejora y optimización de procesos: acá se “define la función objetivo”, donde se trabaja el problema que enfrenta la empresa y se define una función para solucionar este problema.
- 3) Diseño de la aplicación con el cliente: acá se “definen los parámetros y variables”, donde en base a los requerimientos de la empresa se definen las variables y los parámetros que serán ingresados para encontrar las variables que optimicen el modelo.
- 4) Construcción de la aplicación e implementación: en este punto se “definen las restricciones” en base a las necesidades de la empresa.
- 5) Evolución y monitoreo: en este punto se ven los “resultados” que entrega la solución implementada. Posteriormente es posible evaluar los distintos escenarios y en base a los resultados, implementar mejoras.

### **11.3. Anexo C: Linealización de problemas de programación no lineal:**

Los problemas programación lineal (PPL) se limitan a situaciones en las que tanto la función objetivo como las restricciones son de naturaleza lineal. Si la función objetivo o alguna de las restricciones no cumple con esta característica lineal, se clasifican como problemas de programación no lineal (PPNL). No obstante, en ciertos casos, es factible llevar a cabo una conversión que transforme un PPNL en un PPL equivalente (Castillo, E. Conejo, A., Pedregal, P., García, R., Alguacil, N, 2002)

El PPNL que minimiza

$$Z = |\mathbf{c}^T \mathbf{x}|$$

sujeto a

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$$

equivale al PPL que minimiza

$$Z = y$$

sujeto a

$$\begin{aligned} \mathbf{Ax} &= \mathbf{b} \\ \mathbf{c}^T \mathbf{x} &\leq y \\ -\mathbf{c}^T \mathbf{x} &\leq y \\ y &\geq 0 \end{aligned}$$

Genéricamente, el PPNL que minimiza

$$Z = \sum_{i=1}^m |\mathbf{c}_i^T \mathbf{x}|$$

sujeto a

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$$

equivale al PPL que minimiza

$$Z = \sum_{i=1}^m y_i$$

sujeto a

$$\begin{aligned} \mathbf{Ax} &= \mathbf{b} \\ \mathbf{c}_i^T \mathbf{x} &\leq y_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ -\mathbf{c}_i^T \mathbf{x} &\leq y_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ y_i &\geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

#### 11.4. Anexo D: Matriz de riesgo 5x5 (Asana, 2022):

En una matriz de cinco por cinco, tendrás cinco niveles en tu escala de gravedad.

- Insignificante (1): El riesgo generará pocas consecuencias si ocurriera.
- Menor (2): Las consecuencias del riesgo se gestionarán con facilidad.
- Moderada (3): Las consecuencias del riesgo tardarán en mitigarse.
- Importante (4): Las consecuencias de este riesgo serán significativas y pueden causar daños a largo plazo.
- Catastrófica (5): Las consecuencias de este riesgo serán muy perjudiciales y puede resultar difícil recuperarse.

La escala de probabilidad identifica que tan probable es que ocurra cada riesgo.

- Muy probable (5): Puedes estar bastante seguro de que este riesgo ocurrirá en algún momento.

- Probable (4): Existe una gran probabilidad de que este riesgo ocurra.
- Posible (3): Este riesgo podría ocurrir o no. Las probabilidades de que suceda son 50/50.
- No es probable (2): Existe una gran probabilidad de que este riesgo no ocurra.
- Muy improbable (1): El hecho de que este riesgo ocurra es una posibilidad remota.

Luego, riesgo en la matriz se coloca en función de su probabilidad y gravedad, obtendrás el nivel de impacto del riesgo en una escala del 1-25:

- Bajo (1-6): Es probable que los eventos de bajo riesgo no sucedan y, si suceden, no tendrán consecuencias significativas para tu proyecto o empresa. Puedes etiquetarlos como de baja prioridad en tu plan de gestión de riesgos.
- Medio (7-12): Los eventos de riesgo medio son una molestia y pueden causar contratiempos en el proyecto, pero si tomas las medidas correspondientes para prevenir y mitigar estos riesgos durante la planificación del proyecto, estarás allanando el camino hacia el éxito del proyecto. No debes ignorar estos riesgos, pero tampoco es necesario que sean tu principal prioridad.
- Alto (13-25): Si no los tienes en cuenta durante la planificación del proyecto, los eventos de alto riesgo pueden hacer que tu proyecto descarrile. Dado que es probable que estos riesgos ocurran y tengan consecuencias graves, son lo más importante en tu plan de gestión de riesgos.



## 11.5. Anexo E: Modelo de optimización en AMPL

```
# Declaración de conjuntos
set A; #Conjunto de Item
set K; #Conjunto de locales

#parámetros
param VidaUtil{A,K}; #Vida útil en góndola del ítem i en el local j
param CobMin{K}; #Días mínimo de cobertura según frecuencia en el local j
param Demanda{A,K}; #Pronóstico de demanda diaria para el ítem i en el local j
param InvObj{A,K}; #Inventario objetivo del ítem i en el local j
param Cap{K}; # Capacidad del local j

#Variable
var C{A,K}>=0; #Días de cobertura para el ítem i del local j
var Z{A,K}>=0; #Variable auxiliar para linealizar el problema

#FO
minimize Coberturas:
    sum{i in A, j in K} Z[i,j];

#restricciones

subject to Max_VU { i in A, j in K}:
    C[i,j]<= 0.3*VidaUtil[i,j];

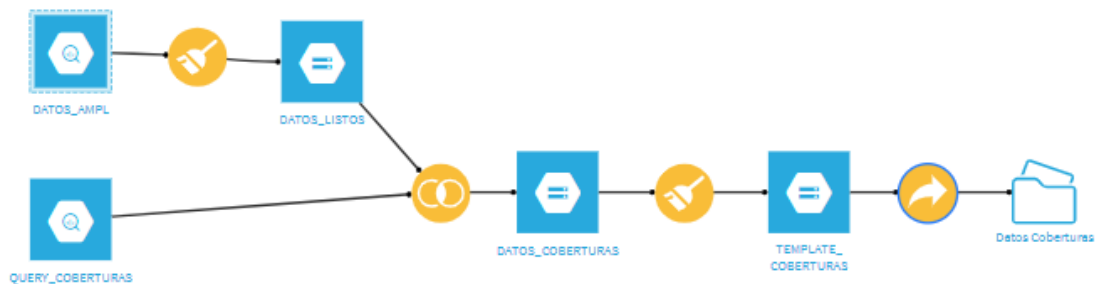
subject to Max_Cap {j in K}:
    sum {i in A} (C[i,j]*Demanda[i,j])<= Cap[j];

subject to MinCob{i in A, j in K}:
    CobMin[j] <= C[i,j];

subject to rest1{i in A, j in K}:
    Z[i,j] >= (InvObj[i,j] -(Demanda[i,j]*C[i,j]));

subject to rest2{i in A, j in K}:
    Z[i,j]>= (Demanda[i,j]*C[i,j]) - InvObj[i,j];
```

## 11.6. Anexo F: Flujo Dataiku



En este flujo, se llevan a cabo varios pasos que se detallan a continuación:

- 1) Limpieza de datos: la información proporcionada por AMPL se somete a un proceso de limpieza. En este paso, las coberturas se ajustan aproximadamente al múltiplo de 0,5 más cercano para su estandarización.

- 2) Integración con datos existentes: se fusiona esta información con la query que proporciona las coberturas actualmente aplicadas a cada combinación en el sistema.
- 3) Cálculo de diferencias: se crea una fórmula para calcular la diferencia entre la cobertura actual y la cobertura sugerida por el modelo. Esta operación genera un formato que servirá como planilla y se guarda en la carpeta de OneDrive.
- 4) Proceso de carga en GRS: posteriormente, el analista procede a cargar este archivo en GRS. Esta acción completa el flujo al actualizar las coberturas de cada combinación con las recomendaciones generadas por el modelo.