



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE**

**PROYECTO INTEGRADOR**

---

Optimización de la distribución en la cadena de suministro de productos  
cárnicos perecederos de una industria comercializadora para la  
reducción del desperdicio.

---

**PRESENTADO POR:**

Misael Iván García Apolo

Paúl David Kong Zhunio

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2023 – 2S**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, esta tesis es para ustedes, el fruto de su amor y apoyo incondicional. Gracias a ustedes soy la persona que soy hoy. Me han enseñado el valor del trabajo duro, la perseverancia y la dedicación. Me han dado las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Gracias por animarme a seguir adelante. Esta tesis es un homenaje a sus enseñanzas y amor. Se las dedico con todo mi corazón.

Misael García Apolo

A mis amados padres, fuente inagotable de amor, apoyo y sacrificio. A mí mismo, por la dedicación y perseverancia en este arduo camino. A todos aquellos que dudaron de mis capacidades, su escepticismo fue mi motor para demostrar que los límites solo existen en la mente. Gracias por ser parte de mi historia y por inspirarme a alcanzar mis sueños.

Paúl Kong Zhunio

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi hermano, por su apoyo incondicional dándome ánimos a lo largo de mi carrera universitaria. También quiero agradecer a mi primo Jonathan, por su tiempo dedicado en ayudarme a comprender mejor ciertos conceptos complejos que he estudiado. A toda mi familia, quiero agradecerles su constante preocupación, consejos y palabras de aliento. A mi pareja Mile quiero agradecerle su apoyo, consejos y creencia en mí. Gracias por estar siempre a mi lado y motivarme a alcanzar mis metas.

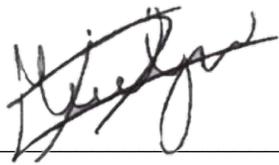
Misael García Apolo

Quisiera expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. En primer lugar, quiero agradecer al tutor y mis profesores de apoyo por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este arduo proceso. Su sabiduría y dedicación han sido fundamentales para el éxito de este trabajo. También deseo agradecer a mis compañeros de clase y amigos que me brindaron aliento, ideas valiosas y comprensión durante los momentos desafiantes, a mis compañeros de trabajo que sin su apoyo constante tampoco hubiese sido posible este logro. Agradezco profundamente a mi familia por su amor incondicional, apoyo emocional y constante inspiración. Sin su aliento, este logro no hubiera sido posible.

Paúl Kong Zhunio

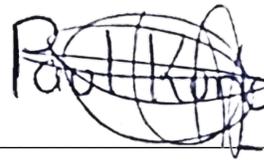
## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Misael Iván García Apolo y Paúl David Kong Zhunio 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:

Misael I. García Apolo



Autor 2:

Paúl D. Kong Zhunio

## EVALUADORES

---

MSc. Carlos A. Ronquillo

---

PhD. Carlos A. Suárez

## RESUMEN

Este proyecto busca optimizar la distribución de productos cárnicos perecederos de una industria comercializadora a fin de reducir su desperdicio. Se introduce un modelo de inventario basado en el “Newsvendor Problem” el cual permite calcular las cantidades óptimas a enviar a los diferentes locales con el objetivo de reducir el impacto económico generado por los productos cárnicos al ser desechados, considerando la demanda, el costo, precios y las cantidades enviadas. El análisis de datos y la revisión de literatura permite agregar objetividad al proceso de toma de decisiones recalculando las cantidades a enviar a las diferentes sucursales donde estos productos generan más desperdicio.

Durante el desarrollo del proyecto, se examinaron los datos de manera exhaustiva, aspectos importantes para el modelo como la demanda, el costo, el precio de venta al público, cantidades enviadas, cantidades desechadas, cuáles son las sucursales y productos que generan más desperdicio.

Este modelo busca reducir ese desperdicio disminuyendo el impacto económico, optimizando la distribución de los productos cárnicos, con ahorros notables en cuanto a la pérdida generada durante el período analizado, basándose en la demanda.

En conclusiones generales, se obtiene un ahorro económico, cantidades óptimas de productos a enviar mediante el modelo de inventario propuesto. Por último, se recomienda utilizar herramientas de seguimiento para un mayor control de la trazabilidad de los productos y reducción del desperdicio.

***Palabras clave:*** *productos perecederos, desperdicio, cantidad optima, modelo de inventario, ahorro económico.*

## ABSTRACT

This project aims to optimize the distribution of perishable meat products for the marketing industry to reduce waste. It introduces an inventory model based on the 'Newsvendor Problem,' which calculates the optimal quantities to send to different locations to minimize the economic impact caused by the disposal of meat products. The model considers factors such as demand, cost, prices, and quantities sent. Data analysis and literature review bring objectivity to the decision-making process by recalculating the quantities sent to different branches where these products generate more waste.

Throughout the project development, data was thoroughly examined, including crucial aspects for the model such as demand, cost, retail selling price, quantities sent, quantities discarded, and identifying branches and products that generate more waste. This model aims to reduce this waste, thereby minimizing the economic impact.

As for the obtained results, the model optimizes the distribution of meat products, achieving significant savings in terms of waste generated during the analyzed period. It is based on demand, reflecting positive economic impacts, and optimizing resources.

In general conclusions, there is an economic savings achieved, along with optimal quantities of products to be sent using the proposed inventory model. Finally, it is recommended to employ tracking tools for enhanced product traceability and waste reduction.

**Keywords:** *perishable products, waste, optimal quantity, inventory model, economic savings.*

## Índice

Capítulo 1 .....	11
1. Introducción .....	11
1.1. Descripción del problema .....	12
1.2. Justificación .....	13
1.3. Alcance del proyecto.....	15
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	17
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	17
1.5. Marco Teórico .....	18
1.5.1. <i>Marco conceptual</i> .....	18
1.5.1.1. Merma.....	18
1.5.1.2. Botados o desperdicio .....	18
1.5.1.3. Tiempo de vida útil .....	18
1.5.1.4. Productos perecederos cárnicos .....	19
1.5.1.5. Control de inventario .....	19
1.5.2. <i>Estado de arte</i> .....	20
1.5.2.1. Análisis de las referencias bibliográficas.....	20
Capítulo 2.....	25
2. Metodología .....	25

2.1.	Técnicas de investigación .....	25
2.1.1.	<i>Levantamiento de información</i> .....	25
2.1.2.	<i>Recopilación de los datos</i> .....	25
2.2.	Análisis de la información levantada: Situación actual .....	26
2.3.	Descripción de los modelos .....	29
2.3.1.	<i>Estadística Básica</i> .....	29
2.3.2.	<i>Modelo Newsvendor Problem</i> .....	31
2.4.	Uso de software.....	37
2.5.	Consideraciones éticas y legales .....	39
2.6.	Fases del proyecto.....	41
2.7.	Cronograma de trabajo.....	42
	Capítulo 3.....	43
3.	Análisis de resultados .....	43
3.1.	Análisis del modelo.....	43
3.1.1.	Caso atípico.....	46
3.1.2.	Casos donde el modelo representa un gasto para la empresa .....	47
3.2.	Especificaciones del prototipo .....	48
3.3.	Diseño del prototipo.....	49
3.4.	Propuesta de valor.....	49
	Capítulo 4.....	50

4. Conclusiones y Recomendaciones .....	50
4.1. Conclusiones .....	50
4.2. Recomendaciones .....	50
Referencias.....	51

## Capítulo 1

### 1. Introducción

Una industria comercializadora posee tiendas minoristas a nivel nacional donde se distribuyen una gran variedad de productos. Este proyecto se enfoca en los productos perecederos cárnicos, específicamente en pollo, res y cerdo.

Según Mohammadi et al. (2023), el desperdicio de alimentos en los países en desarrollo y subdesarrollados se debe a una mala gestión y a la falta de tecnología adecuada en los sectores de distribución y venta al por menor. En este caso, tratándose de productos perecederos que cuentan con un tiempo de vida útil muy limitado, requieren una correcta distribución desde la planta de tratamiento hacia todas las tiendas a nivel nacional.

Los autores Mohammadi et al. (2023) ponen como ejemplo a Irán porque la mayor parte de sus residuos causados por el deterioro se producen en los centros de distribución y en las tiendas minoristas. Por esta razón, se requiere adaptar un algoritmo matemático que permita dar como resultado una distribución adecuada teniendo en cuenta todos los parámetros establecidos por la empresa.

Este proyecto tiene como objetivo mejorar el sistema de distribución de pedidos hacia las tiendas minoristas reduciendo significativamente el desperdicio de alimentos. Mediante un modelo que permita realizar una asignación óptima de la cantidad de producto que se debe distribuir a las 254 tiendas a nivel nacional considerando el tiempo de vida útil de los productos descritos.

## **1.1. Descripción del problema**

La distribución nacional de productos cárnicos perecederos, como pollo, res y cerdo, enfrenta desafíos en la demanda local y el residuo de productos. La naturaleza perecedera de los productos cárnicos contribuye al desperdicio debido a la variabilidad en la demanda y su vida útil limitada. La gestión inadecuada conlleva a la expiración de la fecha de vencimiento y, en última instancia, a la eliminación de productos no vendidos.

La propuesta de solución se basa en encontrar una mejora factible para la distribución de productos perecederos cárnicos en una industria comercializadora. Por ello, mediante la optimización se buscan estrategias avanzadas de planificación y distribución con el objetivo de minimizar la pérdida de los productos mencionados y maximizar la eficiencia de la cadena de suministro, logrando sostenibilidad económica y ambiental.

Entre las preocupaciones de la empresa se encuentran: exposición a posibles robos de los productos, no cumplir con la demanda de los locales, pérdida de productos por manipulación inadecuada al ser distribuidos, retraso de entregas y que el desperdicio generado impacte negativamente al medio ambiente y por consiguiente a la escasez de alimentos que sufre el país.

## 1.2. Justificación

Este proyecto tiene como objetivo aportar una alternativa de solución que permita redistribuir los productos cárnicos disminuyendo el porcentaje de desperdicios y generando ganancias a la empresa. A su vez, los beneficios son tanto para la empresa como para la sociedad ecuatoriana, ya que aporta en el desarrollo de la correcta distribución de los productos evitando que la sociedad ecuatoriana cuente con un alto nivel de hambruna.

La propuesta de solución puede generalizar los resultados a principios más amplios, dando lugar a más investigaciones sobre cómo se pueden realizar mejoras en otras fases de la cadena de suministro. Por ejemplo, la planta de tratamiento, donde se recibe, se trata y se almacena la materia prima, puede mejorar su eficiencia realizando investigaciones futuras que permitan la optimización de sus respectivas presentaciones de venta.

Asociando la problemática con los 17 objetivos de desarrollo sostenible tenemos que, en primer lugar, se relaciona directamente con el ODS 12: Producción y Consumo Responsables. Al optimizar la distribución y reducir el desperdicio de productos cárnicos, se fomenta una producción y consumo más eficiente y sostenible. La implementación de estrategias avanzadas sobre la gestión de la demanda en consonancia con las necesidades locales contribuye a la reducción del consumo innecesario y al uso más responsable de estos recursos (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Además, aborda el ODS 2: Hambre Cero. Al mejorar la eficiencia en la distribución, se garantiza un abastecimiento más efectivo y oportuno de productos cárnicos en diferentes locales a nivel nacional. Esto tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria y en la disponibilidad

de alimentos nutritivos, contribuyendo a la erradicación del hambre y la malnutrición (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Y, por último, para abordar los desafíos en la distribución de productos cárnicos, es crucial invertir en infraestructuras adecuadas y promover la innovación en la gestión de la cadena de suministro. Esto implica la implementación de tecnologías avanzadas para monitorear la demanda en tiempo real, mejorar la planificación logística y optimizar la distribución de productos perecederos. La adopción de sistemas de información y comunicación eficaces, la automatización y la integración de tecnologías emergentes pueden mejorar la eficiencia y la precisión en la distribución, minimizando los excesos y faltantes en los locales de venta. De esta manera trabajamos en conjunto con las ODS para llevar a cabo una distribución de productos frescos sin comprometer el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

### **1.3. Alcance del proyecto**

Este proyecto busca analizar y tratar la data proporcionada por la empresa comercializadora realizando diferentes inferencias sobre los datos, considerando los siguientes objetos de estudio: existencias de los productos, cronograma de entregas, vida útil, consumos históricos, demanda y costos del desperdicio.

La implementación exitosa de una solución para abordar la problemática de distribución y desperdicio en la cadena de suministro de productos cárnicos perecederos tiene un impacto comercial significativo y positivo para la empresa. En primer lugar, optimizar la distribución en función de la demanda permitiendo una asignación más eficiente de los productos cárnicos a los locales, con el objetivo de evitar tanto el exceso como la escasez de suministros en diferentes puntos de venta a nivel nacional.

Este nivel de eficiencia contribuye a la mejora de la satisfacción del cliente al garantizar la disponibilidad constante de productos frescos y reducir la pérdida de ventas debido a la falta de existencias de producto. Además, una mejor gestión de la distribución lleva a una reducción significativa del desperdicio de productos perecederos, lo que se traduce en ahorros económicos sustanciales para la empresa. Menos desperdicio significa menos pérdidas financieras y, al mismo tiempo, refleja un compromiso con la responsabilidad social corporativa y la sostenibilidad.

En términos de costos operativos, una distribución más eficiente y la reducción del desperdicio este proyecto busca disminuir los gastos asociados con la logística, el almacenamiento y la eliminación de productos caducados. Asimismo, la empresa mejora su

imagen de marca al demostrar un compromiso con la eficiencia y la sostenibilidad, atrayendo a más consumidores y socios comerciales.

En definitiva, abordar esta problemática no solo mejora la eficiencia operativa y reduce los costos, sino que también fortalece la posición de la empresa en el mercado y su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, generando un impacto comercial altamente beneficioso y sostenible.

Este proyecto representa un beneficio importante para la empresa, considerando la disminución de pérdidas en productos perecederos en su cadena de distribución. En otras palabras, es un avance económico significativo gracias a las estrategias implementadas para resolver la problemática.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Implementar un modelo de distribución de productos perecederos aplicando algoritmos matemáticos para reducir los desperdicios que se producen en los diferentes locales de una industria comercializadora a nivel nacional.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- Analizar los datos proporcionados por la empresa comercializadora con el fin de obtener información relevante.
- Planificar la cantidad adecuada de despachos hacia las sucursales a nivel nacional aplicando un modelo de inventario para reducir los costos asociados al desperdicio.
- Comparar la situación actual de la empresa con los resultados obtenidos con la planificación propuesta.

## **1.5. Marco Teórico**

Para llevar a cabo una adecuada evaluación de la información proporcionada por la empresa, la cual se deriva del volumen de entregas, es esencial considerar ciertos elementos relacionados con la gestión del inventario. Estos elementos se originan a partir de los pedidos realizados por las distintas sucursales a sus centros de distribución.

Por ello, en esta sección se definen términos claves para comprender el contexto del proyecto.

### ***1.5.1. Marco conceptual***

#### **1.5.1.1. Merma**

(Merchán, 2023) indicó que, “merma” es la cantidad de producto comestible que se pierde, dañan o desechan durante el proceso de producción, almacenamiento o preparación de alimentos. Esta pérdida puede deberse a diversos factores como: deterioro debido al tiempo, contaminación, manipulación inadecuada, robo, falta de consumo o expiración de fecha de caducidad.

#### **1.5.1.2. Botados o desperdicio**

De acuerdo con (Merchán, 2023), el desperdicio es el conjunto de productos cárnicos que irán directamente a la basura luego de haber estado una cantidad determinada en percha, principalmente por el factor de fecha de expiración.

#### **1.5.1.3. Tiempo de vida útil**

Según (Merchán, 2023), el tiempo de vida útil se define como el período durante el cual un producto cárnico se mantiene en condiciones óptimas de frescura para su almacenamiento y

consumo, dentro de los límites aceptables para los consumidores y cumpliendo con los estándares de seguridad alimentaria.

El tiempo de vida útil de los productos van a variar de acuerdo con el tipo de embalado, manipulación, transporte y a la sucursal a la que se van a dirigir, ya que, en cada sucursal, los estados de los equipos de refrigeración van a ser diferentes y eso es factor clave para alargar el tiempo de vida útil de los productos.

#### **1.5.1.4. Productos perecederos cárnicos**

(The Logistics World, 2010) denominó alimentos perecederos a aquellos que comienzan una descomposición de forma sencilla. Agentes como la temperatura, la humedad o la presión son determinantes para que el alimento comience su deterioro. Uno de los alimentos más perecederos es la carne y debe conservarse en frío.

#### **1.5.1.5. Control de inventario**

De acuerdo con (Guzmán, 2022), el control de inventario es la de aquel sistema que permite realizar una gestión de las existencias de un almacén, tanto en la entrada como en la permanencia o la salida. El objetivo final es la optimización de los costes y conseguir que el uso de las existencias sea el mejor. Es aquí donde entra en juego el concepto de sistema de inventarios, que es el que proporciona el orden. Existen varios sistemas de inventarios en función de las características de cada empresa.

### **1.5.2. Estado de arte**

A continuación, se dan a conocer las referencias bibliográficas que se relacionan con el presente proyecto:

- Optimal joint replenishment, delivery, and inventory management policies for perishable products
  - **Autores:** Leandro C. Coelho, Gilbert Laporte
  - **Origen:** Canadá
  - **Año:** 2014
- A multi-criteria inventory management system for perishable & substitutable products
  - **Autores:** Linh N. K. Duong, Lincoln C. Wood, William Y. C. Wang
  - **Origen:** Nueva Zelanda
  - **Año:** 2015
- A location-inventory model for the sustainable supply chain of perishable products based on pricing and replenishment decisions: A case study.
  - **Autores:** Zahra Mohammadi, Farnaz Barzinpour, Ebrahim Teimoury
  - **Origen:** Irán
  - **Año:** 2023

#### **1.5.2.1. Análisis de las referencias bibliográficas**

En el artículo “Optimal joint replenishment, delivery, and inventory management policies for perishable products” elaborado por Leandro Coelho y Gilbert Laporte se analizan las decisiones conjuntas óptimas de cuánto, cuándo y cómo reponer a los clientes con productos de diferentes tiempos de vida útil. A su vez, se discuten las principales características del problema

que surgen en el reabastecimiento y la entrega conjunta de productos perecederos, y cómo se modela bajo supuestos generales.

En este artículo, se resuelve la problemática mediante un algoritmo exacto de ramificación y corte probando su rendimiento en un conjunto de instancias generadas aleatoriamente. El algoritmo implementado compara dos políticas de prioridad de venta subóptimas con una política optimizada: vender siempre primero los productos más antiguos disponibles para evitar su deterioro y vender siempre primero los productos más frescos para aumentar los ingresos.

Los autores Coelho & Laporte (2014) indican varios modelos de gestión de inventario específicamente para productos perecederos como la revisión periódica con cantidad de pedido mínima y máxima, el enfoque analítico unificado para la gestión de redes de cadenas de suministro para productos urgentes y la planificación de entrega eficiente a fin de proporcionar mayores ahorros en las operaciones logísticas.

A pesar de que en este artículo se busca optimizar las rutas de vehículos, el inventario de enrutamiento, costos de enrutamiento, las flotas y sus capacidades; no se consideraron en el desarrollo del proyecto integrador.

Sin embargo, el control de inventarios constituye una operación logística importante, especialmente cuando los productos tienen una vida útil limitada. Este proyecto busca mantener los niveles correctos de inventario garantizando que se satisfaga la demanda sin incurrir en costos innecesarios de retención o deterioro, como se indica en este artículo.

Por otro lado, el artículo “A multi-criteria inventory management system for perishable & substitutable products” elaborado por Linh Duong, Lincoln Wood y William Wang, indica que, los productos perecederos representan un área vital en la industria minorista y en nuestra vida diaria. Sin embargo, cuando se considera la sustitución de productos y la corta vida útil de los productos perecederos se crean desafíos importantes para la gestión del inventario como que un tercio de los productos alimenticios se desperdicia.

Los autores Duong et al. (2015) tienen como pregunta principal “¿cuáles son las políticas de inventario adecuadas cuando se tienen productos que son perecederos y sustituibles al mismo tiempo?”. Para responder esta incógnita proponen métricas de rendimiento apropiadas para evaluar todo el sistema y proporcionar una solución sólida y al mismo tiempo fácil de entender y adoptar para los profesionales.

El artículo amplía la teoría del inventario para considerar la gestión de inventario de productos perecederos y sustituibles con vida útil de varios períodos, tiempo de entrega positivo, nivel de servicio al cliente y cada artículo se trata por separado. También adopta un enfoque multimétrico para evaluar el desempeño de la gestión del inventario de productos perecederos según objetivos determinados.

El modelo propuesto por Duong et al. (2015), admite el análisis de las relaciones entre los factores de entrada, como la vida útil, el tiempo de entrega y el índice de sustitución, para proporcionar una mejor comprensión de la gestión de inventario en el modelo de múltiples niveles para productos perecederos y sustituibles.

Si bien este artículo abarca el nivel de servicio y la probabilidad de reemplazo del producto por parte del cliente, estas consideraciones se excluyeron del análisis del proyecto integrador debido a la extensión más allá de su alcance.

Este artículo no solo introduce y compara el modelo de Newsvendor Problem, sino que también destaca su relevancia en la resolución de la problemática, dado que comparte similitudes significativas. Aspectos como el número de minoristas, la diversidad de productos, la duración de la vida útil de los productos, el periodo de estudio y el estado de renovación del inventario al inicio de cada período son consideraciones fundamentales abordadas en este análisis.

Por último, el artículo "A location-inventory model for the sustainable supply chain of perishable products based on pricing and replenishment decisions: A case study" elaborado por Zahra Mohammadi, Farnaz Barzinpour y Ebrahim Teimoury tiene como perspectiva global que, el desperdicio de alimentos es una de las manifestaciones más claras de la pobreza y del fracaso de las naciones para implementar el desarrollo sostenible. Los autores (Mohammadi et al., 2023) sitúan a las consecuencias de gran alcance del deterioro de los alimentos como un ejemplo especialmente evidente del despilfarro de las sociedades humanas y de la desviación de los criterios del desarrollo sostenible.

Este artículo fue relevante para el presente proyecto porque su metodología se basó en evaluar la eficiencia del modelo propuesto con datos de una empresa cuya cadena de suministros consta de cuatro niveles: proveedores, fabricantes, distribuidores y minoristas.

Como parte de la investigación, se decidió enfocar en la primera etapa del artículo mencionado, donde se buscó minimizar el desperdicio de alimentos analizando dos componentes claves para el proyecto integrador, estos son: res y pollo. Además, de involucrar agentes

importantes en la cadena de suministros como: los distribuidores y minoristas, los mismos fueron la base fundamental para la propuesta de solución, debido a que se buscaba distribuir los productos hacia los minoristas con el mínimo desperdicio.

A pesar de que en este artículo se consideró a los proveedores de los productos, los costos de las instalaciones tanto de los centros de distribución y producción, fletes de transporte, costos logísticos y cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por los vehículos que transportan los productos; en el proyecto no se consideraron estos parámetros debido a que sobrepasa el alcance de este. Sin embargo, de este artículo se destacó el satisfacer la demanda de los minoristas y el considerar la fecha de expiración de los productos perecederos.

## Capítulo 2

### 2. Metodología

#### 2.1. Técnicas de investigación

La técnica de investigación aplicada en el presente proyecto se basó en entrevistas al gerente de la cadena de suministro de la industria comercializadora, con la finalidad de conocer a detalle el proceso de la distribución de los productos perecederos (pollo, res y cerdo) en sus diferentes tiendas a nivel nacional.

##### *2.1.1. Levantamiento de información*

Después de las entrevistas realizadas al gerente, se solicitó la información necesaria a fin de desarrollar una propuesta de solución para la problemática descrita en nuestro proyecto. Esta información proporcionada se basa en el cronograma de despachos hacia las tiendas, la vida útil de los productos, los consumos históricos, la existencia de productos en las tiendas, el pronóstico de ventas, la demanda y los costos generados por la pérdida de productos cárnicos.

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

La empresa comercializadora proporcionó archivos de Excel con datos relevantes previamente mencionados.

Con respecto al cronograma de despachos, esta indica el nombre de las sucursales divididos en zonas y regiones, especificando sus días de despachos que suelen ser 3 veces por semana.

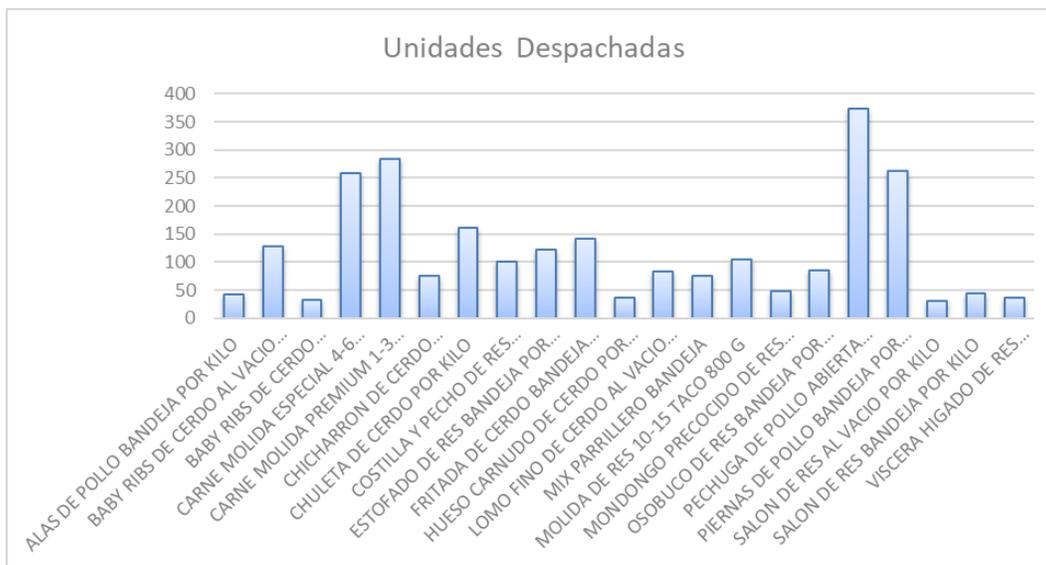
En el archivo de tiempo de vida útil, se especifica la descripción de cada producto, su estadístico y el tiempo de vida útil general. En los consumos históricos se muestra la descripción

del producto con su respectivo código, sucursal, el consumo real, el stock, la merma y el despacho en un periodo de tiempo determinado.

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

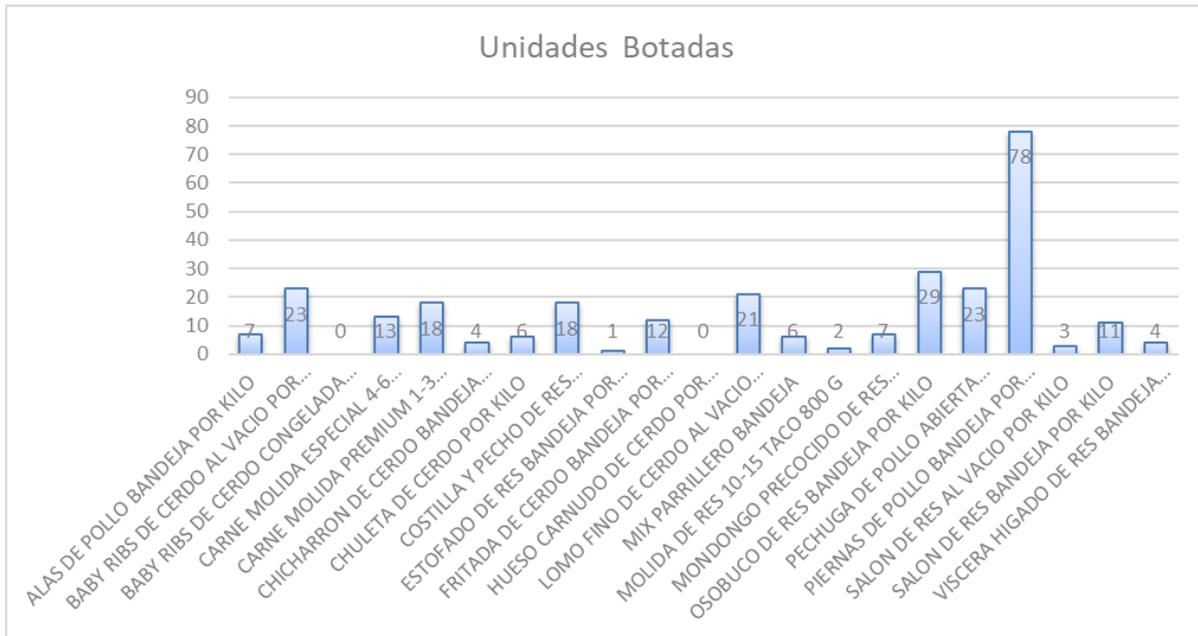
Al analizar exhaustivamente la data proporcionada por la empresa, se evidenció que el producto perecedero cárnico con mayor rotación es el pollo en todas sus presentaciones.

**Imagen 1.** Presentaciones de los productos perecederos cárnicos



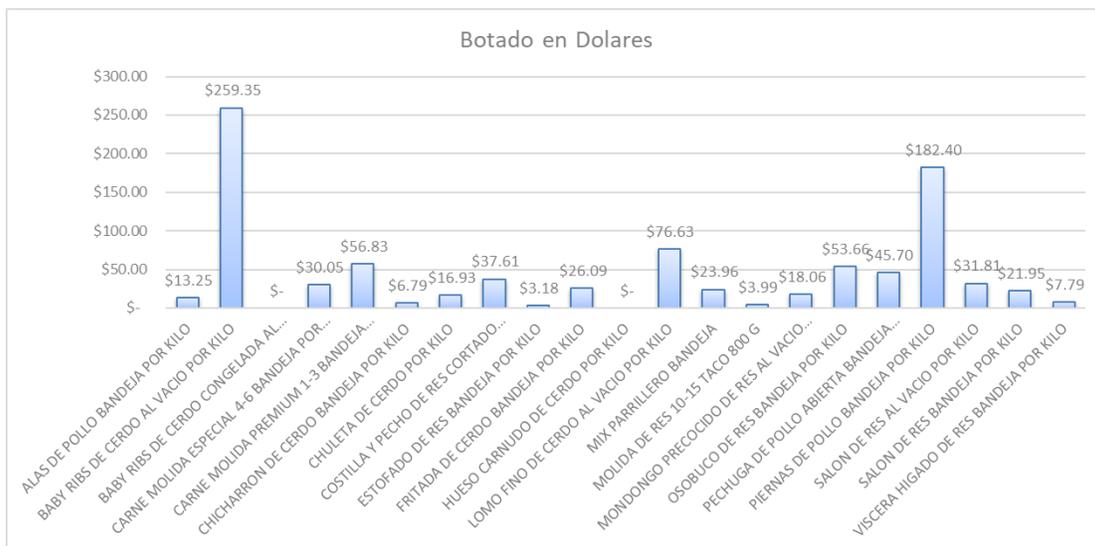
*Nota.* Se puede observar un gráfico dónde se reflejan cuáles son las presentaciones de los productos perecederos cárnicos despachados en el mes de noviembre.

**Imagen 2.** Tabla de botado en unidades



*Nota.* Se enlista la cantidad de unidades botadas por presentación de los productos precederos cárnicos en el mes de noviembre. Elaborada por: Misael García y Paul Kong.

**Imagen 3.** Tabla de botado en dólares



*Nota.* Se enlista la cantidad de unidades pedidas por presentación de los productos precederos cárnicos en el mes de noviembre. Elaborada por: Misael García y Paul Kong.

**Imagen 4.** Tabla de tiempo de vida útil de los productos

ESTADÍSTICO	DESCRIPCIÓN	TVU GENERAL	TVU DIFERENCIADO
290406000	ALAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	5	7
290408000	PECHUGA DE POLLO ABIERTA BANDEJA POR KILO	5	7
290417000	ALAS DE POLLO C/ESPALDILLA BANDEJA POR KILO	5	7
290422000	MUSLITOS DE POLLO ESPECIALES BANDEJA POR KILO	5	7
290423000	FRITADA DE POLLO EN BANDEJA POR KILO	5	7
290472000	PIERNAS DE POLLO BANDEJA POR UNIDAD	5	7
290474000	PECHUGA DE POLLO BANDEJA POR UNIDAD	5	6
290574000	CUARTO DE POLLO PIERNA Y MUSLO BANDEJA POR KILO	5	7
290575000	CUARTO DE POLLO PECHUGA Y ALA BANDEJA POR KILO	5	7
291004000	VISCERAS MOLLEJA DE POLLO BANDEJA POR KILO	6	8
290402000	PECHUGA DE POLLO BANDEJA POR KILO	5	6
290403000	PIERNAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	5	7

*Nota.* Se dan a conocer los tiempos de vida útil generales y diferenciados de los productos perecederos cárnicos. Elaborado por Misael García y Paul Kong.

## 2.3. Descripción de los modelos

### 2.3.1. Estadística Básica

En primer lugar, se hallaron datos básicos para la implementación del modelo, estos datos fueron proporcionados por la empresa. Por ejemplo, se utilizó estadística descriptiva para hallar la media y la desviación estándar de cada producto.

- **Desviación estándar:** es una medida de extensión o variabilidad en la estadística descriptiva. Se utiliza para calcular la variación o dispersión en la que los puntos de datos individuales difieren de la media (Ortega, 2023).
- **La media:** es una medida estadística que representa el valor central de un conjunto de datos. Se calcula sumando todos los valores y dividiendo la suma por el número de valores en el conjunto (Probabilidad y estadística: Fundamentos y aplicaciones, 2010).

**Imagen 5.** Tabla 1 de desviación estándar de cada producto

Producto	Desviacion Estan
ALAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	0.1592
BABY RIBS DE CERDO AL VACIO POR KILO	1.0719
BABY RIBS DE CERDO CONGELADA AL VACIO POR KILO	0.3472
CARNE MOLIDA ESPECIAL 4-6 BANDEJA POR KILO	0.6353
CARNE MOLIDA PREMIUM 1-3 BANDEJA POR KILO	0.8149
CHICHARRON DE CERDO BANDEJA POR KILO	0.3289
CHULETA DE CERDO POR KILO	0.4507
COSTILLA Y PECHO DE RES CORTADO BANDEJA POR KILO	0.5169
ESTOFADO DE RES BANDEJA POR KILO	0.5716
FRITADA DE CERDO BANDEJA POR KILO	0.6106
HUESO CARNUDO DE CERDO POR KILO	0.4942
LOMO FINO DE CERDO AL VACIO POR KILO	0.3296
MIX PARRILLERO BANDEJA	0.9319
MOLIDA DE RES 10-15 TACO 800 G	0.6357
MONDONGO PRECOCIDO DE RES AL VACIO POR KILO	0.3480
OSOBUCO DE RES BANDEJA POR KILO	0.3393
PECHUGA DE POLLO ABIERTA BANDEJA POR KILO	1.0755
PIERNAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	1.2468
SALON DE RES AL VACIO POR KILO	0.6602
SALON DE RES BANDEJA POR KILO	0.1558
VISCERA HIGADO DE RES BANDEJA POR KILO	0.2160

*Nota.* Elaborado por Misael García y Paul Kong.

**Imagen 6.** Tabla 1 de las medias de cada producto

Producto	Media
ALAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	0.43
BABY RIBS DE CERDO AL VACIO POR KILO	3.12
BABY RIBS DE CERDO CONGELADA AL VACIO POR KILO	0.43
CARNE MOLIDA ESPECIAL 4-6 BANDEJA POR KILO	3.11
CARNE MOLIDA PREMIUM 1-3 BANDEJA POR KILO	3.37
CHICHARRON DE CERDO BANDEJA POR KILO	1.24
CHULETA DE CERDO POR KILO	2.11
COSTILLA Y PECHO DE RES CORTADO BANDEJA POR KILO	1.59
ESTOFADO DE RES BANDEJA POR KILO	1.70
FRIADA DE CERDO BANDEJA POR KILO	2.08
HUESO CARNUDO DE CERDO POR KILO	1.23
LOMO FINO DE CERDO AL VACIO POR KILO	0.66
MIX PARRILLERO BANDEJA	2.25
MOLIDA DE RES 10-15 TACO 800 G	2.11
MONDONGO PRECOCIDO DE RES AL VACIO POR KILO	0.46
OSOBUCO DE RES BANDEJA POR KILO	0.88
PECHUGA DE POLLO ABIERTA BANDEJA POR KILO	4.26
PIERNAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	4.62
SALON DE RES AL VACIO POR KILO	1.25
SALON DE RES BANDEJA POR KILO	0.20
VISCERA HIGADO DE RES BANDEJA POR KILO	0.22

*Nota.* Elaborado por Misael García y Paul Kong.

### 2.3.2. *Modelo Newsvendor Problem*

El problema del Newsvendor es un modelo clásico de gestión de inventario utilizado para tomar decisiones óptimas sobre la cantidad de inventario que se debe mantener cuando se enfrenta a la incertidumbre en la demanda. Este modelo se utiliza comúnmente en situaciones donde el exceso de inventario conlleva costos adicionales o pérdidas económicas. Cuando se trata de productos cárnicos con vida útil determinada y demanda discreta, el modelo del Newsvendor se vuelve relevante por varias razones:

- **Vida útil limitada:** Los productos cárnicos son productos perecederos porque tienen una vida útil determinada. Mantener inventarios excesivos puede llevar a la obsolescencia y al desperdicio si no se logran vender antes de que caduquen. Por otro lado, la escasez de inventario puede resultar en falta de productos para satisfacer la demanda que también conlleva a una pérdida económica.
- **Demanda discreta:** La demanda de productos cárnicos es variable y estacional, y en este caso, no es continua. La variabilidad en la demanda puede deberse a factores como días festivos, ubicación de las sucursales, eventos especiales, etc. El modelo permite manejar esta variabilidad y tomar decisiones óptimas de inventario en función de la demanda discreta.
- **Costos asociados:** Como todo modelo de inventario es importante mantener una relación a los costos asociados, como el costo de almacenamiento y el riesgo de pérdida debido a la obsolescencia. El modelo ayuda a equilibrar estos costos con el beneficio de satisfacer la demanda.

El modelo como entrada de datos, se necesita información específica que se lo explica a continuación:

Un costo que se denomina Underage  $C_u$ , asociado con cada demanda que no se puede satisfacer, y un overcost,  $C_o$ , asociado con cada copia que no se vendió. Supongamos que el costo  $C_u$  fuera exactamente igual al costo del excedente. Entonces parece intuitivamente razonable que desearía seleccionar el número ( $Q$ ) de copias que se comprarían de manera que hubiera un 50% de probabilidad de que la demanda total esté por debajo de  $Q$  y un 50% de probabilidad de que esté por encima  $Q$  (Inventory and Production Management in Supply Chain, 2016).

### Análisis involucrados:

La siguiente expresión está directamente relacionada con la toma de decisiones sobre el nivel de inventario a mantener. Estos costos juegan un papel fundamental en la determinación del punto de reorden o cantidad de inventario que minimiza el costo total.

$$P_x < (Q^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o}$$

- **Overcost:** Este costo representa los gastos asociados con mantener un exceso de inventario que no puede venderse antes de que caduque o se vuelva obsoleto en el caso de productos perecederos.

Overcost  $C_o$ : Costo/unidad

- **Underage Cost:** Este costo representa los gastos asociados con no satisfacer la demanda.

Underage  $C_u$ : Precio de venta/unidad - costo/unidad

En el Overcost se toma el costo que incurre en la elaboración del producto, es decir cuando llega el pollo al fin de su vida útil, se lo toma como pérdida total ya que el pollo ya no es apto para consumo humano.

$P_x < (x_0)$  Es la probabilidad de que la demanda total sea  $x$  sea menor que el valor  $x_0$

$$C_o p_x < (Q^*) = C_u [1 - p_x < (Q^*)]$$

$$P_x < (Q^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o}$$

Esta expresión también conocida como valor crítico o nivel de servicio. La relación entre el overcost y el shortage cost está encapsulada en el valor crítico que es la proporción de los dos costos. El objetivo es encontrar un nivel de inventario  $Q^*$  donde el overcost y el underage cost estén equilibrados de manera óptima.

A continuación, una breve introducción a los tipos de demandas posibles:

### **Caso 1: Demanda con distribución normal**

La demanda con distribución normal se utiliza en el problema del newsvendor cuando se espera que la demanda de un producto siga una distribución de probabilidad continua y simétrica alrededor de un valor medio. Esto se basa en la suposición de que la demanda puede tomar cualquier valor dentro de un rango y que los valores más probables están cerca del valor medio.

Si la demanda esta con distribución normal y donde tenemos la media  $\hat{x}$  y la desviación estándar  $\sigma_x$ , podemos definir lo siguiente:

$$\kappa = \frac{Q - \hat{x}}{\sigma_i}$$

Seleccionar un  $k$  tal que:

$$p_u \geq (k) = \frac{v - g}{p - g + B}$$

$p_u \geq (k)$  es la probabilidad de que una variable normal unitaria adquiriera un valor de  $k$  o mayor; Esto es una función ampliamente tabulada ( $\Phi$ ):

$$Q = \hat{x} + k\sigma_x$$

Así obtenemos la expresión simplificada de  $Q$ :

$$E[P(Q)] = (p - g)\hat{x} - (v - g)Q - (p - g + B) \sigma_x G_u\left(\frac{Q - \hat{x}}{\sigma_x}\right)$$

Y, por último, la expresión  $G_u(u_o)$  es una función tabulada de la variable normal ( $\Phi$ ):

$$\frac{E[P(Q^*)]}{\sigma_x} = \frac{(p - v)\hat{x}}{\sigma_x} - (p - g + B)f_u(k^*)$$

La distribución normal en el problema del newsvendor permitió manejar la incertidumbre en la demanda y tomar decisiones óptimas considerando la probabilidad asociada con diferentes niveles de inventario (Inventory and Production Management in Supply Chain, 2016).

## **Caso 2. Demanda discreta**

Cuando se trata de demanda discreta, se utiliza la cantidad que los clientes demandarán se puede representar mediante valores específicos y distintos en lugar de una gama continua de valores. Esta representación discreta es común en situaciones donde los productos se compran en unidades individuales y la demanda se cuenta en términos de unidades.

La demanda discreta puede ser modelada mediante distribuciones de probabilidad discretas, como la distribución binomial o la distribución de Poisson. En estos casos, la demanda solo puede tomar valores enteros y específicos. Por ejemplo, si se vende un producto en unidades individuales, la demanda podría ser 0, 1, 2, 3, y así sucesivamente:

$$p_x \leq (Q) \geq \frac{C_u}{C_u + C_o} = \frac{p - v + B}{p - g + B}$$

**Imagen 7.** Tabla acumulada para una demanda discreta

Numero de Unidades, $x_o$	1	2	3	4	5	Total
$p_x(x_o) = P_r(x = x_o)$	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	1
$p_x < (x_o) = P_r(x < x_o)$	0	0.2	0.5	0.7	0.9	-

La demanda discreta permite considerar los escenarios específicos de demanda y tomar decisiones óptimas basadas en valores discretos, asegurando que la cantidad a ordenar maximice la probabilidad de satisfacer la demanda sin incurrir en costos significativos debido a la escasez o el exceso de inventario, donde siempre se elegirá el mayor valor entre dos.

Algunas notaciones importantes a destacar:

**Notaciones:**

- **$n$ :** número de los diferente SKU envueltos (1,2,3, ...,  $n$ ).
- **$p_x < (x_o)$ :**  $P_r\{\text{Demanda total del producto } i \text{ is menor que } x_o\}$ .
- **$v_i$ :** Costo de adquisición del producto  $i$ , en \$/unidad.
- **$p_i$ :** Precio de venta del producto  $i$ , en \$/unidad.
- **$B_i$ :** Penalidad por no satisfacer la demanda del producto  $i$ , en \$/unidad.
- **$g_i$ :** Valor del producto  $i$  en caso de que no se haya logrado vender (en este caso se consideró el mismo valor del costo de adquisición)
- **$W$ :** Presupuesto disponible (en este caso no hay límite de presupuesto)
- **$\hat{x}_i$ :** Pronóstico de la demanda del producto  $i$
- **$\sigma_i$ :** Desviación estándar de la demanda del producto  $i$

Para adaptar los datos provenientes del cliente al modelo, se tuvo que, a través de la interpretación y significado de los mismos, crear nuevas datos y parámetros para que el modelo funcione correctamente y tenga la mayor precisión posible, como por ejemplo datos imprescindibles para el modelo son:

- La demanda: el forecast que maneja el cliente.
- Precio promedio por bandeja/unidad

## 2.4. Uso de software

Se usó el combinado entre Python y Excel para la implementación del modelo del problema del newsvendor debido a las fortalezas particulares que ofrecen ambas herramientas, como tablas dinámicas, columnas calculadas y cálculos que se requieran a lo largo de proyecto.

- **Excel como fuente de datos:** Excel se usó por su familiaridad y fue utilizado para almacenar y manipular datos proporcionada por la empresa. Por ejemplo, en la elaboración de gráficos o diagramas, y la empresa nos facilitó la data histórica almacenada en Excel o los datos relevantes para el problema del newsvendor.

**Imagen 8.** *Logotipo de Excel*



- **Python para análisis y modelado:** Python es un lenguaje de programación poderoso y versátil, con una amplia gama de bibliotecas especializadas en análisis de datos, optimización y modelado, por esas razones se decidió que el modelo sea implementado y ejecutado en Python.

**Imagen 9.** *Logotipo de Python*



- **Power Bi para la obtención de la información:** Power Bi con su gran capacidad en el análisis de datos y su extensa gama de gráficos dinámicos, nos aporta gran facilidad del momento de manejar grandes cantidades de datos.

**Imagen 10.** *Logotipo de Power BI*



## 2.5. Consideraciones éticas y legales

Basándose en lo definido por el gerente de la cadena de suministro de la industria comercializadora las consideraciones éticas y legales para el presente proyecto fueron las siguientes:

Con respecto a las consideraciones éticas, una incorrecta distribución puede dificultar el control de calidad de los productos debido al sobreabastecimiento o escasez generando así especulaciones en el mercado.

En cuanto a consideraciones legales, es fundamental abordar temas de control de calidad para garantizar el cumplimiento de las normas sobre la producción y distribución de productos cárnicos con el objetivo de salvaguardar la salud del consumidor.

En Ecuador, las leyes, reglamentos y normas sobre productos cárnicos incluyen:

- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 056:2011: Establece los requisitos que deben cumplir la carne y los productos cárnicos para prevenir riesgos para la salud y la vida de las personas.
- Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad: Los proveedores deben cumplir con lo dispuesto en esta ley.
- Ley de Mataderos y Reforma y Reglamento: Todos los animales de abasto deben ser faenados obligatoriamente en los mataderos o camales autorizados.

Otras leyes, reglamentos y normas sobre productos cárnicos incluyen:

- CPE INEN –CODEX 58:2013: HIGIENE PARA LA CARNES: Se aplica a la carne vacuna y porcina.

- NTE INEN 1 338: Establece los requisitos bromatológicos que deben cumplir las conservas de productos cárnicos procesados.
- Resoluciones. 18 345 NTE INEN 2018 Carne y productos: Aprueba las propuestas de normas o reglamentos técnicos.

(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010).

Estas leyes, reglamentos y normas se consideraron en el presente proyecto.

## **2.6. Fases del proyecto**

- Visitar la matriz de industria comercializadora para tener contexto sobre el proyecto.
- Definir el alcance del proyecto con el fin de conocer las consideraciones y las limitaciones del proyecto.
- Definir los objetivos del proyecto
- Revisar y analizar la data proporcionada por la industria comercializadora.
- Definir la metodología a implementar para la resolución de la problemática.
- Definir conjuntos, parámetros, función objetivo y restricciones para el modelo.
- Prueba y error de la implementación del modelo.
- Revisar el modelo y analizar los resultados.
- Comparar y analizar los resultados obtenidos con la situación actual de la empresa.
- Revisar y entregar el proyecto terminado al gerente de la cadena de suministros de la empresa.

## 2.7. Cronograma de trabajo

Imagen 11. Diagrama de Gantt

Semanas		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Horas																				
Actividades	Miembros	4-oct	10-oct	12-oct	17-oct	19-oct	24-oct	26-oct	31-oct	3-nov	4-nov	6-nov	10-nov	17-nov	21-nov	23-nov	24-nov		27-nov	29-nov	1-dic	5-dic	7-dic	12-dic	19-dic	21-dic	22-dic	27-dic	3-ene	4-ene	9-ene	12-ene	16-ene	18-ene				
Visita a la empresa para conocer los objetivos del proyecto	García & Kong	2																																	2			
Definición del alcance del proyecto	García & Kong		2	2																																4		
Definición de objetivos	García & Kong				2	2																														4		
Desarrollo y entrega de informe ejecutivo	García & Kong						1	1																												2		
Petición de data	García & Kong								2																											2		
Análisis previo de la data	García & Kong									3	3																									6		
Definición de la metodología a implementar	García & Kong											2	2																							4		
Entregable 01	García & Kong													2																						2		
Definición de conjuntos y parámetros a utilizar para el modelo	García & Kong														2	2	2																			6		
Definición de la función objetivo y restricciones que deben considerarse	García & Kong															2	2	2																		6		
Prueba y error de la implementación del modelo	García & Kong																					3	3													6		
Entregable 02	García & Kong																							2													2	
Revisión del modelo y análisis de resultados	García & Kong																								3	3	3										9	
Comparación y análisis de los resultados obtenidos con la situación actual	García & Kong																												4	4	4						12	
Desarrollo de las conclusiones y recomendaciones	García & Kong																														5	5					10	
Revisión y entrega del proyecto terminado	García & Kong																																5	5				10
<b>Total</b>		2	2	2	2	2	1	1	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	87	

Nota. Se detallan las actividades realizadas en cada fase del proyecto (16 semanas). Elaborado por Misael García y Paul Kong.

## Capítulo 3

### 3. Análisis de resultados

#### 3.1. Análisis del modelo

Una vez ejecutado el modelo, se analizaron los productos a distribuirse en las 257 sucursales en el periodo de un mes. Estos resultados muestran la cantidad a enviar diariamente (valor Q) durante el mes determinado previamente y el ahorro en dólares que el modelo genera a la empresa con la distribución definida.

Para ilustrar el análisis de los resultados, se tomó como referencia el local 576:

**Imagen 12.** Tabla de productos analizados en el local 576 con la cantidad a enviar diariamente durante el mes de noviembre

<b>Producto</b>	<b>Valor Q</b>
SALON DE RES AL VACIO POR KILO	1.0
ESTOFADO DE RES BANDEJA POR KILO	4.0
VISCERA HIGADO DE RES BANDEJA POR KILO	1.0
HUESO CARNUDO DE CERDO POR KILO	1.0
COSTILLA Y PECHO DE RES CORTADO BANDEJA POR KILO	3.0
BABY RIBS DE CERDO CONGELADA AL VACIO POR KILO	1.0
PECHUGA DE POLLO ABIERTA BANDEJA POR KILO	12.0
ALAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	1.0
SALON DE RES BANDEJA POR KILO	1.0
CHICHARRON DE CERDO BANDEJA POR KILO	2.0
PIERNAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	8.0
CARNE MOLIDA PREMIUM 1-3 BANDEJA POR KILO	9.0
CARNE MOLIDA ESPECIAL 4-6 BANDEJA POR KILO	8.0
OSOBUCO DE RES BANDEJA POR KILO	2.0
MOLIDA DE RES 10-15 TACO 800 G	3.0
MONDONGO PRECOCIDO DE RES AL VACIO POR KILO	1.0
FRITADA DE CERDO BANDEJA POR KILO	4.0
MIX PARRILLERO BANDEJA	2.0
BABY RIBS DE CERDO AL VACIO POR KILO	4.0
LOMO FINO DE CERDO AL VACIO POR KILO	2.0
CHULETA DE CERDO POR KILO	4.0

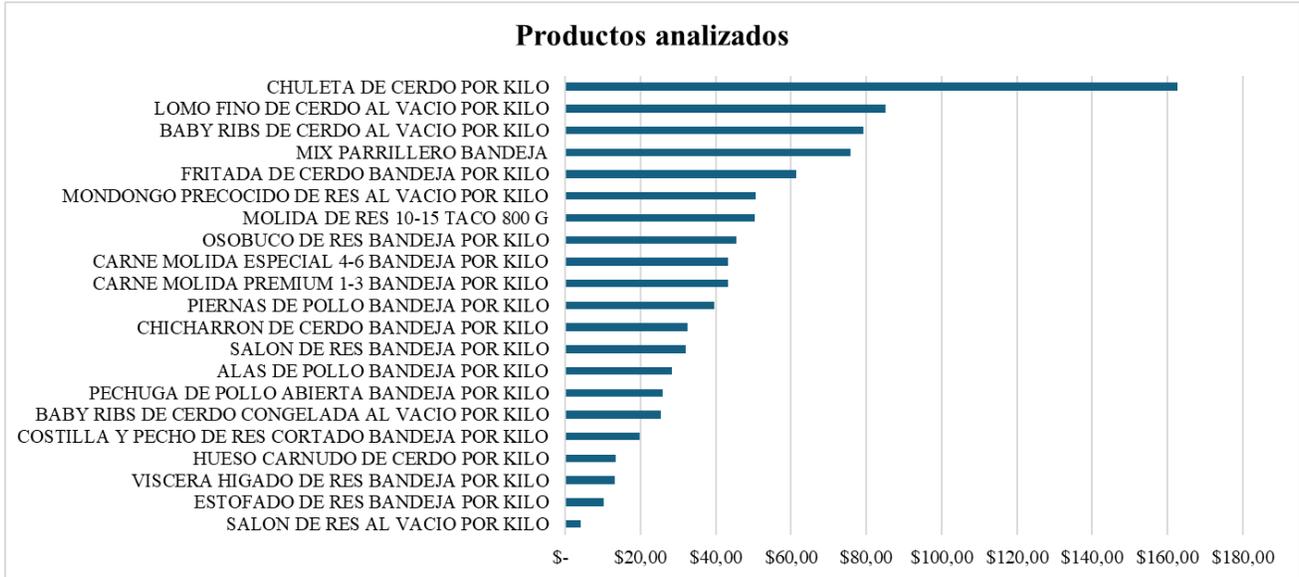
*Nota.* Elaborado por Misael García y Paul Kong.

**Imagen 13.** Tabla de productos analizados en el local 576 con el ahorro en dólares generado durante el mes de noviembre

<b>Producto</b>	<b>Ahorro</b>
SALON DE RES AL VACIO POR KILO	\$ 4,16
ESTOFADO DE RES BANDEJA POR KILO	\$ 10,16
VISCERA HIGADO DE RES BANDEJA POR KILO	\$ 13,02
HUESO CARNUDO DE CERDO POR KILO	\$ 13,38
COSTILLA Y PECHO DE RES CORTADO BANDEJA POR KILO	\$ 19,75
BABY RIBS DE CERDO CONGELADA AL VACIO POR KILO	\$ 25,36
PECHUGA DE POLLO ABIERTA BANDEJA POR KILO	\$ 25,81
ALAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	\$ 28,42
SALON DE RES BANDEJA POR KILO	\$ 31,98
CHICHARRON DE CERDO BANDEJA POR KILO	\$ 32,35
PIERNAS DE POLLO BANDEJA POR KILO	\$ 39,53
CARNE MOLIDA PREMIUM 1-3 BANDEJA POR KILO	\$ 43,17
CARNE MOLIDA ESPECIAL 4-6 BANDEJA POR KILO	\$ 43,22
OSOBUCO DE RES BANDEJA POR KILO	\$ 45,54
MOLIDA DE RES 10-15 TACO 800 G	\$ 50,28
MONDONGO PRECOCIDO DE RES AL VACIO POR KILO	\$ 50,62
FRITADA DE CERDO BANDEJA POR KILO	\$ 61,35
MIX PARRILLERO BANDEJA	\$ 75,76
BABY RIBS DE CERDO AL VACIO POR KILO	\$ 79,15
LOMO FINO DE CERDO AL VACIO POR KILO	\$ 84,98
CHULETA DE CERDO POR KILO	\$ 162,72

*Nota.* Elaborado por Misael García y Paul Kong.

**Imagen 14.** Diagrama de barras con respecto al ahorro en dólares generado por la nueva distribución de productos en el local 576 durante el mes de noviembre



*Nota.* Elaborado por Misael García y Paul Kong.

En la sucursal de Vía a la Costa se logró un ahorro de \$940 aproximadamente en el mes de noviembre. Extrapolando este ahorro a nivel nacional, se estimó un total de aproximadamente \$241,000 en las 257 sucursales.

### 3.1.1. Caso atípico

**Imagen 15.** Tabla del producto con datos atípicos

Producto	producto_peso	producto_volumen	costo	forecast
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	2,714
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0,508
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	1,362
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0,484
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	1,636
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0,436
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	2,749
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	3,516
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0,909
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	2,856
PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO	0,37	0,0012	4,78	0,657

*Nota.* Elaborado por Misael García y Paul Kong.

En la Imagen 15 se detalla la descripción del producto “PAJARILLA FILETEADA DE RES BANDEJA POR KILO” en el cual se observa que, el forecast cuenta con una gran cantidad de valores nulos, provocando que el factor crítico se encuentre en el rango de cero y uno, generando una inconsistencia en el algoritmo obteniendo como resultado un valor Q igual a 0, es decir, una cantidad óptima a enviar de 0 bandejas, lo cual no tiene sentido en la práctica porque dicho producto sí se consume.

### 3.1.2. Casos donde el modelo representa un gasto para la empresa

**Imagen 16.** Tabla de los productos que representan un gasto

Producto	Valor Q	Ahorro
MILANESA DE RES BANDEJA POR KILO	1.0	\$ -56,05
CERDO P/ASADERO BANDEJA POR KILO	2.0	\$ -54,60
VISCERAS MOLLEJA DE POLLO BANDEJA POR KILO	2.0	\$ -52,12
ALAS DE POLLO C/ESPALDILLA BANDEJA POR KILO	1.0	\$ -37,89
PATA DE RES BANDEJA POR KILO	1.0	\$ -33,21
LOMITO SALTADO BANDEJA POR KILO	2.0	\$ -31,14
CUERO DE CERDO AL VACIO POR KILO	1.0	\$ -28,43
CUARTO DE POLLO PECHUGA Y ALA BANDEJA POR KILO	1.0	\$ -23,43
CUARTO DE POLLO PIERNA Y MUSLO BANDEJA POR KILO	1.0	\$ -14,75
FILETES DE CERDO BANDEJA POR KILO	5.0	\$ -7,45

*Nota.* Elaborado por Misael García y Paul Kong.

En la Imagen 16 se identifican los productos en los que el algoritmo implementado sugiere una cantidad Q a enviar mayor que la cantidad despachada en realidad, lo que se traduce en un "ahorro negativo" o un gasto adicional para la empresa. Este desajuste se debe a una discrepancia significativa entre el pronóstico de la empresa comercializadora y la realidad de las operaciones de despacho en noviembre.

En resumen, el pronóstico sobreestima considerablemente la cantidad de productos a despachar para el mes analizado, lo que resulta en una propuesta de envío (cantidad Q) que supera tanto el desperdicio actual como el propuesto, generando así un gasto adicional.

### 3.2. Especificaciones del prototipo

La optimización cumplió con las restricciones establecidas por la industria comercializadora para la distribución de productos cárnicos perecederos reduciendo su desperdicio.

Este prototipo es funcional debido a que leyó datos a partir de un formato estándar en una hoja de cálculo, siendo accesible para el usuario. Lo componen los inputs que requiere el modelo, cálculos matemáticos y estadísticos, además de las interpretaciones impuestas por la industria comercializadora.

Se necesitan cumplir una serie de requisitos como: el archivo Excel a analizar debe seguir el formato especificado con las siguientes columnas: fecha, mes, suc, desc\_sucursal, desc\_departamento, cod\_producto, desc\_producto, desc\_subclase, unidad\_medida\_std, Pronostico, producto\_peso, costo, forecast, pvpBandeja. La columna nueva a agregar es "pvpBandeja" en la que la empresa deberá incluir una columna con el precio de venta al público promedio de cada producto.

El modelo cumplió con las necesidades de la industria comercializadora, optimizando las cantidades a enviar de productos cárnicos perecederos (específicamente pollo, res y cerdo). Esta herramienta ejecuta un modelo de inventario para reducir los costos que se generan asociados al desperdicio de dichos productos cárnicos que se encuentran en las necesidades de ser redistribuidos, así como también asegurando el cumplimiento de la demanda y reduciendo la probabilidad de sobre stock.

### **3.3. Diseño del prototipo**

El modelo implementado se codificó en Python 3.9 con una serie de dependencias necesarias para la ejecución del código, todo esto para facilitar a la empresa el ingreso de información sobre los productos cárnicos perecederos en los 257 locales nacionales desde un archivo con extensión .xlsx. Estos datos serán empleados como parámetros fundamentales para el funcionamiento de la herramienta.

Después de ejecutar el modelo de optimización, se crea un archivo .xlsx que consta de dos hojas de cálculo. La primera hoja detalla los productos sin pronóstico, es decir, aquellos que no se venden en la sucursal analizada. En la segunda hoja se presentan los productos junto con la cantidad óptima  $Q$  a enviar diariamente durante el mes en cuestión.

Para finalizar, se obtendrán resultados óptimos a enviar según la pérdida monetaria que generan dichos productos. A su vez, se reflejará como las pérdidas por desperdicio van disminuyendo en los productos que requieran el análisis propuesto.

### **3.4. Propuesta de valor**

El modelo de optimización propuesto representa un gran beneficio para la industria comercializadora. Esta propuesta no solo contribuye a la distribución de la cadena de suministro para productos cárnicos perecederos a fin de reducir su desperdicio, a su vez, disminuye los costos generados por estas pérdidas.

La herramienta presentada permite un fácil ingreso de datos mediante una plantilla estándar de Excel. Además, este modelo cumple con todas las restricciones establecidas por la industria comercializadora, ajustándose a limitaciones adicionales de ser necesario.

## Capítulo 4

### 4. Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1. Conclusiones

- Se implementó un modelo de distribución de productos perecederos aplicando algoritmos matemáticos para reducir los desperdicios que se producen en los diferentes locales de una industria comercializadora a nivel nacional.
- Se analizaron los datos proporcionados por la empresa comercializadora para obtener información relevante.
- Se planificó la cantidad adecuada de despachos hacia las sucursales a nivel nacional aplicando un modelo de inventario para reducir los costos asociados al desperdicio.
- Se comparó la situación actual de la empresa con los resultados obtenidos con la planificación propuesta.

#### 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda mejorar la eficiencia de la planta de tratamiento, lugar donde se recibe, trata y almacena la materia prima, a través de investigaciones futuras dirigidas a optimizar sus respectivas presentaciones de venta.
- Se sugiere optimizar el proceso de obtención de pronósticos, buscando mayor precisión en aquellos productos que demanden una aproximación más ajustada a la realidad.
- Se recomienda incorporar a los datos la información relativa al precio de venta al público promedio, con el fin de facilitar un análisis más comprensivo sobre la rentabilidad.
- Se sugiere la aplicación de este modelo a fin de mejorar la distribución de productos perecederos cárnicos en las tiendas de una industria comercializadora reduciendo su desperdicio.

## Referencias

Merchán, V. (18 de Octubre de 2023). (M. García, & P. Kong, Entrevistadores)

(2010). En G. Z. Herrera, *Probabilidad y estadística: Fundamentos y aplicaciones* (pág. 802).

ESPOL.

(2016). En E. A. Silver, D. F. Pyke, & D. J. Thomas, *Inventory and Production Management in Supply Chain* (pág. 810).

Guzmán, I. (24 de Enero de 2022). *Seidor*. Obtenido de <https://www.seidor.com/blog-pyme/que-es-el-control-de-inventario-y-que-sistemas-de-inventarios-existen>

*Instituto Ecuatoriano de Normalización*. (08 de Octubre de 2010). Obtenido de

[https://www2.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/cfdf5e0f9fe8566c032579de005f938a/\\$FILE/Resoluci%C3%B3n%20N%C2%B0%2011183-2011.pdf](https://www2.aladi.org/nsfaladi/normasTecnicas.nsf/09267198f1324b64032574960062343c/cfdf5e0f9fe8566c032579de005f938a/$FILE/Resoluci%C3%B3n%20N%C2%B0%2011183-2011.pdf)

*Organización de las Naciones Unidas*. (2015). Obtenido de

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Ortega, C. (2023). *QuestionPro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/desviacion-estandar/#:~:text=La%20desviaci%C3%B3n%20est%C3%A1ndar%20es%20una%20medida%20de%20extensi%C3%B3n%20o%20variabilidad,individuales%20difieren%20de%20la%20media.>

*The Logistics World*. (9 de Abril de 2010). Obtenido de

<https://thelogisticsworld.com/historico/las-cadenas-frias-regular-y-evolucionar-para->

