



**Propuesta de optimización de la distribución
secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en
la ciudad de Santa Marta a través de la implementación
de una plataforma de *cross docking***

Ingleberto Enrique Castellanos Pestana

Universidad Ean
Facultad de Ingeniería
Maestría en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento
Bogotá, D.C., Colombia
2021

**Propuesta de optimización de la distribución
secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en
la ciudad de Santa Marta a través de la implementación
de una plataforma de *cross docking***

Ingleberto Enrique Castellanos Pestana

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Magíster en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento

Director:

Miguel Ángel González Curbelo

Modalidad:

Trabajo Dirigido

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento

Bogotá, D.C., Colombia

2021

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Dedicatoria

A mi esposa Yuly, mis hijos Kevin y Lauren y mis padres por brindarme su amor incondicional que me llena de alegría y felicidad a diario. Ellos me han animado todo el camino y cuyo aliento se ha asegurado de que dé todo lo que sea necesario para terminar lo que comencé.

Agradecimientos

A Dios por la vida y por permanecer siempre a mi lado derramando infinitas bendiciones en mi vida.

A Ricardo Herrera por creer en mí y en mis capacidades para desarrollar cada uno de los proyectos emprendidos, como este que llega a feliz término.

A esta maravillosa empresa a la que pertenezco y que orgullosamente lo expreso, Alimentos Cárnicos S.A.S. por apoyar mis sueños de crecimiento profesional, laboral y académico, siempre estaré agradecido.

A la Universidad EAN, el equipo administrativo y docente por contribuir al fortalecimiento de mis conocimientos con calidad y calidez. En especial a Miguel Ángel González por ayudarme a desarrollar este trabajo con calidad y profesionalismo, su dedicación y apertura fueron fundamentales para la culminación con éxito.

Resumen

La implementación de una plataforma de *cross docking* puede ayudar a simplificar y agilizar la cadena de suministro al tiempo que reduce los costos de transporte mediante la optimización de rutas. El *cross docking* se define como un concepto logístico que permite descargar la mercancía de vehículos entrantes y luego cargarla directamente en un vehículo saliente en instalaciones con poco o ningún almacenamiento intermedio. En esta tesis de maestría se abordó este concepto con el objetivo de incrementar la eficiencia del proceso de logística de distribución y eliminar las ineficiencias en la atención a los clientes en la ciudad de Santa Marta que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S.

Se identificaron los beneficios de implementar un nuevo nodo tipo plataforma de *cross docking* directo en la ciudad de Santa Marta para realizar la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S., lo que permite: reducir los tiempos en ruta, reducir los gastos de transporte, solucionar las desviaciones en su plan estratégico de seguridad vial y mejorar la calidad de vida de los auxiliares de distribución. Todo esto se resume en un proceso más eficiente y productivo. Adicional a esto, le permitirá realizar una planeación de rutas más eficiente, ya que se desarrolla de acuerdo con las entregas necesarias para cada cliente.

Asimismo, se abordaron los requerimientos necesarios para realizar una correcta implementación de una plataforma de *cross docking* directo, tales como: la selección del tipo de *cross docking*, participación de la dirección en el proceso de implementación, las inversiones que se deben realizar en tecnología, equipamiento y recursos humanos, los requerimientos de espacio físico y evaluación de la viabilidad de la propuesta de implementación mediante el análisis de costo beneficio.

Además, se destacaron factores importantes que es necesario considerar al implementar el modelo de distribución con la introducción del nuevo nodo en la red de distribución, los cuales determinan las características de diseño de las

instalaciones y las herramientas de manipulación de cargas requeridos para realizar el desplazamiento entre el lugar de recepción de los pedidos y el muelle asignado para realizar el cargue. También se abordaron los recursos necesarios desde el ámbito administrativo y operativo que permitan desarrollar las actividades al interior de la plataforma de *cross docking* como: mano de obra, estibadores, equipos de cómputo, fletes, arriendos y servicios públicos.

Se describió paso a paso un plan de intervención para la implementación de una plataforma de *cross docking*, abarcando los posibles impactos que se puedan generar en los procesos operativos de recepción, procesamiento y alistamiento de las órdenes de compra y la distribución. Este último aglutinó la mayor parte de los cambios que van desde establecer la flota de vehículos local en la ciudad de Santa Marta para realizar la distribución hasta el diseño de nuevas rutas. Además, se profundizó en los factores necesarios a considerar al implementar un sistema de *cross docking* en la actual red de distribución. Estos incluyen principalmente el tipo de *cross docking*, la forma del *cross docking*, el manejo de materiales dentro de la plataforma de *cross docking* y la programación de camiones.

La principal conclusión que surge con el desarrollo de esta investigación es que la implementación de una plataforma de *cross docking* en la red de distribución de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. puede generar importantes ventajas y ahorros en los costos operativos ya que se observó una reducción del 14% en el costo total de distribución que representa un ahorro anual de \$176.940.912 pesos. Además, permite ajustar el tiempo en ruta acorde a la jornada máxima legal reduciendo las desviaciones en el plan estratégico de seguridad vial. Con esto se logra optimizar las actividades de distribución a fin de obtener una cadena de suministro más eficiente y confiable.

Palabras clave: Plataforma de *cross docking*; Optimización de la distribución; Cadena de suministro; Flota de vehículos; Operación bajo techo; Distribución secundaria.

Abstract

Implementing a cross docking platform can help simplify and streamline the supply chain while reducing transportation costs by optimizing routes. Cross docking is defined as a logistics concept that allows merchandise to be unloaded from incoming vehicles and then loaded directly onto an outgoing vehicle in facilities with little or no intermediate storage. In this master's thesis, this concept was addressed with the aim of increasing the efficiency of the distribution logistics process and eliminating inefficiencies in customer service in the city of Santa Marta carried out by the company Alimentos Cárnicos S.A.S.

The benefits of implementing a new direct cross docking platform node in the city of Santa Marta to carry out the secondary distribution of the company Alimentos Cárnicos S.A.S. were identified, which allows it to: reduce route times, reduce transportation costs, solve deviations in its strategic road safety plan and improve the quality of life of distribution assistants. All this boils down to a more efficient and productive process. In addition to this, it will allow you to carry out a more efficient route planning, since it is developed in accordance with the deliveries necessary for each client.

Likewise, the necessary requirements will be addressed to carry out a correct implementation of a direct cross docking platform, such as: the selection of the type of cross docking, participation of the management in the implementation process, the investments that must be made in technology, equipment and human resources, physical space requirements and evaluation of the feasibility of the implementation proposal through cost-benefit analysis.

In addition, important factors that need to be considered when implementing the distribution model with the introduction of the new node in the distribution network were highlighted, which determine the design characteristics of the facilities and the load handling tools required to carry out the displacement. between the place of receipt of orders and the assigned dock for loading. The necessary

resources will also be addressed from the administrative and operational field to develop the activities within the cross docking platform such as: labor, stevedores, computer equipment, freight, leases and public services.

An intervention plan for the implementation of a cross docking platform is described step by step, covering the possible impacts that can be generated in the operational processes of reception, processing and preparation of purchase orders and distribution. The latter is where more changes were contemplated, ranging from establishing the local vehicle fleet in the city of Santa Marta to carry out distribution to the design of new routes. In addition, the necessary factors to consider when implementing a cross docking system in the current distribution network were studied in depth. These mainly include the type of cross docking, the form of the cross docking, the handling of materials within the cross docking platform, and the scheduling of trucks.

The main conclusion that arises with the development of this research is that the implementation of a cross docking platform in the distribution network of the company Alimentos Cárnicos S.A.S. can generate important advantages and savings in operating costs since a reduction of 16.30% is executed in the total cost of distribution that represents an annual saving of \$ 176,940,912 pesos, in addition to allowing to adjust the time en route according to the legal maximum working day reducing deviations in the strategic road safety plan. This optimizes distribution activities to obtain a more efficient and reliable supply chain.

Keywords: Cross docking platform; Distribution optimization; Supply chain; Vehicle fleet; Indoor operation; Secondary distribution.

Tabla de contenido

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABLAS	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GENERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. MARCO DE REFERENCIA.....	22
4.1. OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO	22
4.2. PLATAFORMAS LOGÍSTICAS Y <i>CROSS DOCKING</i>	25
4.2.1. Beneficios de usar cross docking	27
4.2.2. Clases de cross docking.....	28
4.2.2.1. Cross docking directo.....	28
4.2.2.2. Cross docking indirecto.....	29
4.2.3. Factores que influyen en la efectividad del <i>cross docking</i>	31
4.2.4. Elementos del <i>cross docking</i>	35
5. MARCO INSTITUCIONAL	38
5.1. MISIÓN	40
5.2. VISIÓN.....	40
5.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	40
5.4. RESEÑA HISTÓRICA	42

6. DISEÑO METODOLÓGICO	45
6.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
6.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	46
6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
6.4. ANÁLISIS DE DATOS	47
6.5. FASES DE LA INVESTIGACIÓN	48
7. DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL.....	50
7.1. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS.....	50
7.1.1. Planeación estratégica	50
7.1.2. Distribución.....	52
7.1.3. Clientes.....	58
7.2. ANÁLISIS DE DATOS	63
7.2.1. Situación actual	63
7.2.2. Fortalezas.....	66
7.2.3. Oportunidades de mejora	67
8. PLAN DE INTERVENCIÓN	69
8.1. MODELO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LAS RUTAS.....	69
8.1.1. Características del modelo seleccionado	70
8.2. FORMULACIÓN DEL MODELO	71
8.2.1. Conjuntos	71
8.2.2. Parámetros	72
8.2.3. Variables de decisión.....	72
8.3. FUNCIÓN OBJETIVO.....	73
8.3.1. Restricciones	73
8.4. MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS MEDIANTE ROADNET	77
8.4.1. Configuración inicial del modelo en Roadnet.....	78
8.4.2. Parametrización de condiciones.....	83

8.4.2.1.	Restricciones	83
8.4.2.2.	Recursos.....	84
8.4.2.3.	Estrategia estándar	84
8.4.2.4.	Ventana de servicio.....	85
8.4.2.5.	Estrategias avanzadas.....	86
8.5.	PROCESOS OPERATIVOS	89
8.5.1.	Recepción de pedidos	89
8.5.2.	Alistamiento de pedidos.....	89
8.5.3.	Transporte	90
8.5.4.	Tipo de cross docking.....	92
8.5.5.	Participación de la dirección	93
8.5.6.	Inversión en tecnología informática	94
8.5.7.	Sincronización del tiempo de entrega.....	96
8.5.8.	Limitaciones del espacio.....	98
8.5.9.	Equipamiento.....	101
8.5.10.	Recursos humanos.....	102
8.5.11.	Análisis de costos basado en actividades	104
9.	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	109
9.1.	RECOMENDACIONES	109
9.2.	CONCLUSIONES.....	110
10.	REFERENCIAS	114
ANEXOS	119
A.1.	ENCUESTA PARA EVALUAR EL ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA QUE REALIZA ALIMENTOS CÁRNICOS S.A.S. EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA	119

Lista de figuras

	<u>Pág.</u>
Figura 1. Tiempo en ruta Barranquilla - Santa Marta.	19
Figura 2. Proceso de cross docking.	26
Figura 3. Esquema del cross docking directo.....	29
Figura 4. Cross docking indirecto.	30
Figura 5. Logo Alimentos Cárnicos S.A.S.	38
Figura 6. Participación de mercado empresas de Grupo Nutresa año 2020.	38
Figura 7. Estructura organizacional.....	41
Figura 8. Estructura de la cadena de suministro.	42
Figura 9. Composición de la flota por tipología de vehículo.	54
Figura 10. Participación de los canales en el tiempo de entrega.	58
Figura 11. Participación de los clientes por canal.	59
Figura 12. Clasificación de los clientes por volumen de venta.	60
Figura 13. Creación de clientes y almacenes en Roadnet	80
Figura 14. Creación de tipología de vehículos en Roadnet.....	80
Figura 15. Creación de vehículos en Roadnet	81
Figura 16. Información de conductores en Roadnet.....	82
Figura 17. Restricciones del modelo en Roadnet.....	83
Figura 18. Recursos disponibles del modelo en Roadnet	84
Figura 19. Variables de estrategia estándar.....	85
Figura 20. Ventana de servicio en Roadnet	86
Figura 21. Estrategias avanzadas.....	87
Figura 22. Modelo de distribución propuesto.	91
Figura 23. Terminal de radiofrecuencia.....	96
Figura 24. Diseño de plataforma propuesto.	99
Figura 25. Diseño estructural propuesto para la plataforma de cross docking...	100
Figura 26. Modelo de estibador manual.....	102

Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 1. Fases de la investigación.	48
Tabla 2. Flota de vehículos de Alimentos Cárnicos S.A.S. sede Barranquilla.	53
Tabla 3. Rutas de Santa Marta.	55
Tabla 4. Kilómetros por ruta.	55
Tabla 5. Costo de los fletes de las rutas de Santa Marta.	56
Tabla 6. Tiempo de atención a clientes por ruta en horas.	57
Tabla 7. Tiempo en ruta total en horas.	57
Tabla 8. Numérica de clientes por rutas.	60
Tabla 9. Kilos transportados por ruta	61
Tabla 10. Tipos de pedidos, horario de trasmisión y alistamiento.	62
Tabla 11. Devoluciones en pesos y canastas rutas de Santa Marta.	63
Tabla 12. Comparativo de rutas actuales Vs propuesta.	88
Tabla 13. Resumen de rutas propuestas	92
Tabla 14. Dimensión de camiones entrantes y salientes de la plataforma de cross docking.	99
Tabla 15. Actividades y recursos necesarios para evaluación de la propuesta.	106
Tabla 16. Costos operativos de la plataforma de cross docking.	107

1. Introducción

La cadena de suministro de una compañía está compuesta por todos los eslabones que contribuyen en la satisfacción de las necesidades de sus clientes para entregar un producto y/o servicio. La eficiencia de una compañía se puede determinar mediante la capacidad que tiene de entregar el producto final a sus clientes de acuerdo con la política de servicio establecida, en tiempo y cantidades, al menor costo posible. Por lo tanto, las organizaciones deben estar en la capacidad de gestionar sus operaciones para desarrollar su cadena de suministro de manera eficiente y de esta manera ser más competitivos y sostenibles, más aún si se consideran los cambios acelerados a los que se enfrentan las organizaciones actualmente.

La logística hace parte fundamental de la cadena de suministro y es la encargada de posicionar el inventario en los diferentes segmentos de la cadena de suministro, logrando con esto agregar valor a la cadena. La logística tiene a su cargo la administración de pedidos, el inventario, el transporte, el almacenamiento y el embalaje a lo largo de la red. La logística integrada permite la sincronización de la cadena de suministro para que esta se mantenga en una dinámica y constante generación de valor para sus clientes (Bowersox, Closs, & Cooper, 2007).

El objetivo principal de la logística es incrementar las ventajas competitivas a través de la gestión eficiente de los clientes mientras se logra un incremento sostenido de los ingresos provenientes de las ventas de los bienes y/o servicios. Además, la logística debe estar en una constante búsqueda de reducir costos para favorecer el logro de los objetivos estratégicos de las compañías (Mora, 2016).

Partiendo de la finalidad principal de la logística, se puede afirmar que estrategias como la implementación de plataformas logísticas de *cross docking* nacen como una forma de gestionar de manera eficiente los costos asociados al almacenamiento y distribución, que requieren de una gran demanda de recursos

físicos y humanos para asegurar la conservación y movilización del inventario. Además, estas plataformas les permiten a las organizaciones reducir las ineficiencias generadas por la subutilización de la flota de vehículos utilizados para realizar su proceso de distribución (González & Becerra, 2017).

Las plataformas logísticas de *cross docking*, por lo general, son instalaciones de transbordo sin ninguna gestión de inventario. Esta función contribuye de manera significativa a optimizar sus costos de transporte, desde el punto de transbordo hasta el destino, incluso a través de múltiples destinos. Los transportes de mercancías se pueden consolidar opcionalmente y se puede iniciar en un medio de transporte y finalizar en otro completamente diferente.

La distribución secundaria que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. desde los centros de distribución hasta los clientes o compradores en la ciudad de Santa Marta se ve afectada por largos tiempos en ruta de hasta 14 horas diarias que van en contravía con lo establecido dentro de su plan estratégico de seguridad vial (PESV) y genera un alto riesgo de accidentabilidad. Además, el elevado número de horas extras producto de las largas jornadas de trabajo encarece el costo de los fletes. A pesar de esto, en cuanto a la gestión de sus gastos de transporte, la compañía ha podido mantener un nivel aceptable durante años. Sin embargo, la compañía necesita implementar una estrategia que le permita la atención de los clientes de esta ciudad reduciendo su gasto de transporte y garantizando el cumplimiento de su PESV.

Con los beneficios que aporta la implementación de una plataforma logística de *cross docking* para la optimización de los costos de distribución de una compañía, resulta relevante realizar una propuesta de optimización de la distribución secundaria mediante la implementación de una plataforma de este tipo para la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta. Con esto, se propone desarrollar un cambio estructural en la logística de distribución con la cual se atiende este nodo que le permita un manejo eficiente de su gasto de distribución.

Durante el desarrollo de este trabajo se describen los conceptos necesarios para la implementación de una plataforma *cross docking*, donde los productos se descargan de un camión entrante, se clasifican y se cargan para salir hacia las diferentes rutas de entrega. Se consideran dentro del análisis de la implementación todas las variables que podrían generar impactos tanto positivos como negativos en los niveles de satisfacción de los clientes y los requerimientos necesarios para la correcta implementación de esta estrategia. En consecuencia, se realiza un análisis preciso del concepto de *cross docking* para comprender su correcto funcionamiento, el modo de operar y la interacción con las diferentes áreas de la organización involucradas en la implementación.

Con este trabajo se aborda la optimización de procesos organizacionales, en especial, el gerenciamiento de la cadena de suministro cuyo objetivo es profundizar en los principios teóricos esenciales de la eficiencia de las operaciones, permitiendo desarrollar soluciones que contribuyan a mejorar las operaciones de los sistemas de producción acorde a los cambios exigidos por el entorno en el cual se desenvuelven.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Elaborar una propuesta de optimización de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta a través de la implementación de una plataforma de *cross docking*.

2.2. Objetivos específicos

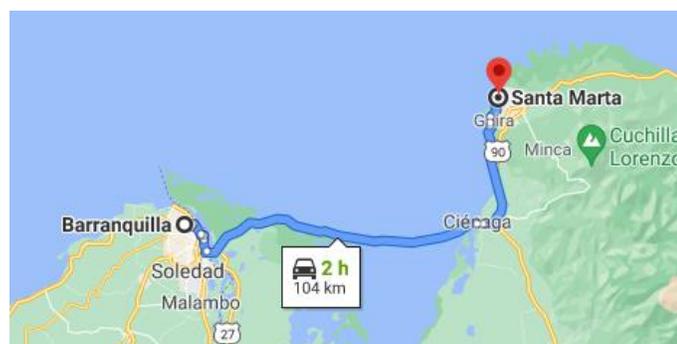
- Diagnosticar la condición actual del proceso de distribución que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta.
- Identificar los factores más relevantes de cara al diseño posterior.
- Diseñar una estrategia de optimización para dar solución a la problemática de la distribución secundaria.
- Determinar la viabilidad de la propuesta con base en el análisis de costos beneficios.

3. Justificación

Con el desarrollo de este trabajo dirigido se pretende dar solución a la necesidad de optimizar el proceso de logística de distribución que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta, con el objeto de incrementar la eficiencia y eficacia de las operaciones y contribuir con el fortalecimiento de la cadena de suministro de tal forma que agregue valor a la compañía. Como lo manifiesta Gómez (2014), la red logística de una organización debe garantizar la ubicación de los diferentes nodos de tal forma que le permitan lograr un equilibrio óptimo entre las ventas y los costos.

La empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. realiza la distribución secundaria de sus productos en la ciudad de Santa Marta con vehículos que parten desde el centro de distribución que se encuentra en la ciudad de Barranquilla. La distancia entre el punto de origen y la ciudad de destino es de 104 kilómetros aproximadamente e invierten un tiempo de desplazamiento de 2 horas aproximadamente por trayecto, como se puede apreciar en la figura 1. Esto representa el 50% de la jornada laboral de los auxiliares de distribución encargados de realizar la entrega de los pedidos a los clientes finales.

Figura 1. Tiempo en ruta Barranquilla - Santa Marta.



Fuente: Tomado de Google (2021).

Además de esto, se debe considerar que los acuerdos de servicio pactados con los clientes del canal moderno (el canal moderno comprende todos los puntos de venta tipo autoservicio donde el cliente accede libremente a la oferta de bienes exhibidos; dentro de este canal se encuentran dos tipos de clientes: grandes cadenas y autoservicios independientes) dificultan el aprovechamiento de la capacidad máxima de ocupación de los vehículos debido a las restricciones de ventanas de atención en las primeras horas de la mañana para esta tipología de clientes. Por lo tanto, se evidencia una oportunidad de cambiar el modelo de atención a los clientes de esta población con la introducción de un nuevo nodo en la red de distribución, este se ubicaría en la ciudad de Santa Marta y sería de tipo plataforma de *cross docking*.

Esta investigación cobra relevancia en el campo social debido a que la producción de alimentos en Colombia es, dentro de la industria nacional, uno de los rubros más dinámicos, representando entre el 22% y el 24% del producto interno bruto industrial del país desde el año 2.000, siendo un sector que ha estado en constante crecimiento durante los últimos 20 años. En 2020, la producción alimenticia a nivel nacional tuvo un valor de \$28,8 billones de pesos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2021). El segmento industrial dentro del cual se encuentra inmerso la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. dedicado al procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos de bovinos, porcinos, aves de corral y pescado tiene una participación del 23% dentro de la industria de alimentos colombiana y aportó un total de \$6,6 billones de pesos a los resultados de este mismo año.

Además, se pretende garantizar la atención de manera oportuna a 451 clientes de la ciudad de Santa Marta que actualmente se atienden desde este centro de distribución, lo que permitirá incrementar la confiabilidad en la organización y su nivel de satisfacción. También se busca mejorar la calidad de vida de los auxiliares de distribución reduciendo el número de horas extras laboradas y ajustar su jornada de trabajo a la máxima legal, permitiendo con estos mantener el equilibrio entre la vida laboral y la vida personal.

El *cross docking* es una herramienta que permite optimizar la distribución de los productos alimenticios, especialmente los perecederos que llegan en un vehículo y se trasladan rápidamente a varios camiones que van a hacia diferentes ubicaciones donde se realiza la entrega final a los clientes. El *cross docking* ofrece la oportunidad de optimizar los tiempos de entrega de los productos del segmento de alimentos llegando rápidamente al consumidor. Las empresas de alimentos perecederos pueden obtener grandes ventajas con la aplicación de la estrategia *cross docking*, ya que la condición de menor tiempo de espera y mínima manipulación de productos ayuda a mejorar los tiempos de respuesta a los clientes, permitiendo entregar productos más frescos y lograr una reducción de las averías (González & Becerra, 2017).

4. Marco de referencia

4.1. Optimización de la cadena de suministro

Para la gerencia de la cadena de suministros de una organización, la toma de decisiones a tiempo y la planeación de eventos con base en datos reales constituye un factor clave para lograr el aumento de la productividad, eficiencia y efectividad de los procesos. Por lo tanto, es necesario integrar y sincronizar la cadena de suministros en función de los clientes finales basados en una planeación y optimización de los recursos logísticos, así como identificar y eliminar aquellas actividades que desagregan valor y se convierten en generadoras de gastos (Mora & Martiliano, 2012). Consecuentemente, el dinamismo propio de los sistemas logísticos hace necesario que las organizaciones desarrollen modelos que les permitan garantizar una optimización del desempeño de sus operaciones y asegurar una correcta planeación de sus actividades, de tal forma que los procesos logísticos se conviertan en generadores de ventajas competitivas sostenibles y permitan una excelencia en la gestión logística interna y externa para poder enfrentar los retos actuales del mercado. El área de logística hace parte de la cadena de suministros y su función es realizar una adecuada planeación de las actividades, garantizando un control apropiado de los productos a cargo con la implementación de técnicas que le permitan lograr la colocación eficiente y efectiva de bienes y servicios, de igual forma debe garantizar la distribución que se da desde los almacenes hasta los clientes o lugares de consumo con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes (Ballou, 2004).

Para ser exitosas las compañías deben estar en la capacidad de garantizar el cumplimiento de la demanda de sus clientes de manera efectiva y eficiente a fin de construir y conservar sus ventajas competitivas y su rentabilidad. Por consiguiente, la ejecución de las diferentes funciones internas de la empresa es vital para la satisfacción del cliente. La velocidad con la que se generan los pedidos

apoyados en tecnologías contribuye a acentuar la necesidad de contar con un sistema logístico eficiente y efectivo que le permita contar con niveles adecuados de inventario, garantizar el cumplimiento de pedidos a los clientes y gestionar las devoluciones que se puedan presentar. La sostenibilidad de una organización en el mercado se basa fundamentalmente en la capacidad de cumplir con los acuerdos de servicio pactados con sus clientes. Otras herramientas como la mercadotecnia y los estándares de calidad cumplen un rol determinante para lograr el posicionamiento de las marcas en el mercado y el desarrollo de las empresas, pero se debe concertar con un sistema logístico efectivo y eficiente que le permita alcanzar las metas trazadas y garantizar la viabilidad financiera de la compañía. El reto que enfrentan las organizaciones es administrar todo el sistema logístico de tal forma que se pueda cumplir con los requerimientos de los clientes y cumplir con los acuerdos de nivel de servicio pactados. Al mismo tiempo, un mercado cada vez más competitivo demanda un control eficiente de los costos de transporte, del inventario y de otros factores relacionados. Por lo tanto, es necesario considerar el equilibrio económico entre los costos y el servicio, el costo total asociado con los procesos logísticos es representativo y se requiere establecer metas que permitan obtener niveles de eficiencia y efectividad adecuados para el desarrollo de las empresas en el entorno competitivo actual (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013).

El proceso logístico debe gestionar adecuadamente el procesamiento de los pedidos, el inventario, el transporte, el almacenamiento de producto terminado y materiales de embalaje; a lo largo de la red de distribución empresarial. La finalidad de la logística se debe enfocar en cumplir con los requerimientos operativos de las a lo largo de la cadena de suministros en las etapas de adquisición, la fabricación y distribución hacia los clientes. El reto que enfrentan las empresas es alinear su capacidad funcional con una operación integrada que se concentre en atender a los clientes, que debe garantizar la eficiencia de sus procesos logísticos para configurar y gestionar sus sistemas de tan forma que pueda monitorear el movimiento y la ubicación geográfica de su materia prima, los productos en proceso

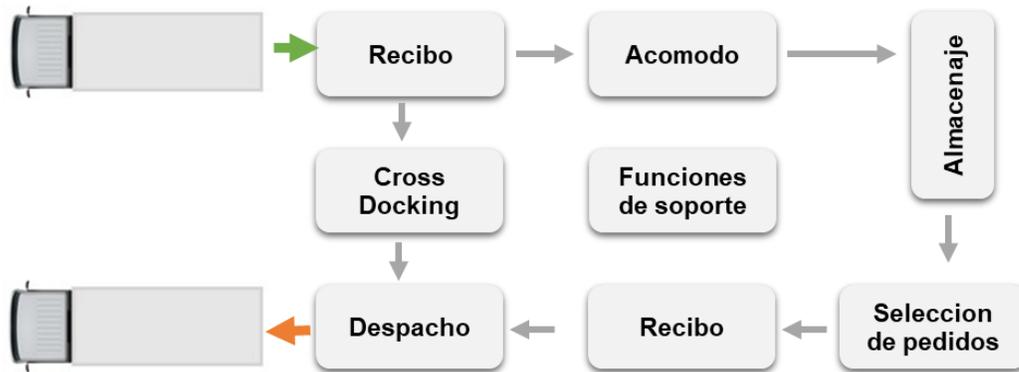
y el inventario de producto terminado con el costo más bajo posible; lo que expresa que los recursos financieros y humanos implicados con las actividades logísticas deben reducirse al mínimo posible. También es necesario realizar un eficiente manejo de los gastos operativos buscando llevarlos al mínimo posible. Es un reto para los líderes de los procesos logísticos poder integrar adecuadamente los recursos, habilidades y sistemas requeridos para lograr una logística adecuada, pero una vez obtenida, es difícil que los competidores dupliquen tal capacidad integrada (Bowersox, Closs, & Cooper, 2007). Los procesos logísticos de una compañía le deben permitir una constante generación de valor para los clientes, proveedores, socios estratégicos e inversionistas. El valor que este proceso agrega va ligado al cumplimiento de la promesa de servicio en términos de tiempo y lugar puesto que los productos y servicios solo representan valor para los clientes si los tienen disponibles en el momento en que los consumidores los requieren. Los líderes de los procesos logísticos de una compañía deben procurar que todas las actividades en la cadena de suministros contribuyan a la generación de valor agregado. Los procesos que agregan poco valor son susceptibles de revisión para determinar la viabilidad de la actividad al interior de la empresa, entonces se podrá cuestionar si dicha actividad debe existir. Por todas las razones anteriormente expuestas, las empresas en encontrado en sus procesos logísticos una manera de generar ventaja competitiva y se ha vuelto un proceso cada vez más importante al momento de generar valor agregado (Ballou, 2004).

La cadena de suministro de las empresas se apoya en la logística para movilizar y posicionar sus productos o servicios en el lugar y tiempo requerido para cumplir con la demanda de los clientes, con un nivel de costos óptimo. El inventario representa su valor real cuando se posiciona en el momento y lugar correcto para satisfacer las necesidades de los consumidores finales, de esta forma logra su cometido de creación de valor agregado. La empresa debe estar en la capacidad de satisfacer con regularidad los requerimientos de posicionamiento de inventario en tiempo y lugar demandado por sus clientes.

4.2. Plataformas logísticas y *cross docking*

El concepto de *cross docking* como sistema de distribución ofrece muchas ventajas y posibilidades de ahorro en comparación con los sistemas de distribución convencionales. Sin embargo, su introducción e implementación está vinculada a ciertos requisitos y restricciones que se deben cumplir en su totalidad para garantizar una correcta implementación. Por lo tanto, se deben analizar con mucho detalle las posibles restricciones y requisitos para la introducción del concepto *cross docking* como apalancador de la gestión de logística de distribución. Adicionalmente, se deben considerar posibles impactos positivos y negativos que puede conllevar en los acuerdos de servicio con los clientes en términos de disponibilidad, desempeño operativo y confiabilidad. “Se puede definir una plataforma de *cross docking* como sitios de recepción, consolidación y reexpedición de mercancías de resurtido frecuente a los almacenes de una región” (Mora, 2016, pág. 98), Por lo general estas plataformas se encuentran a cargo de la misma empresa pero se pueden presentar casos donde sean manejadas por operadores logísticos y la condición básica de las plataformas logísticas es que no deben contar con almacenamiento de productos en sus instalaciones. Como se puede observar en la figura 2, el *cross docking* es un sistema de distribución donde la mercancía que se recibe en un centro de distribución o almacén no se almacena y pasa de forma inmediata de un vehículo de entrada a uno de salida para su próximo envío, es decir, es una transferencia de las entregas desde el punto o lugar de recepción hasta el punto donde se realiza la entrega, con un periodo de almacenamiento relativamente bajos y en la mayoría de los casos inexistente.

Figura 2. Proceso de *cross docking*.



Fuente: Adaptado de Mora (2016).

Carreño (2018) define el *cross docking* como una alternativa para gestión logística cuya implementación o necesidad surge como solución al problema de entregar a los clientes múltiples envíos provenientes desde distintos orígenes, esta estrategia logra reducir el número de viajes necesario para hacer los envíos entre los puntos de origen y destino, simultáneamente mejora el uso de la capacidad de transporte, mediante la consolidación de los envíos, en el transporte entrante a la plataforma al igual que el transporte de salida. Adicionalmente, expone un planteamiento mediante el cual se puede medir la efectividad de la implementación, con un balance entre los ahorros en fletes que produzca la plataforma y el costo operativo de la misma.

González & Mauricio (2017) incorporan otros elementos adicionales a la definición de *cross docking*, ya que indican que se trata de una estrategia utilizada en la cadena de suministro con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos de la misma de incrementar la rentabilidad total y reducir los tiempos de respuesta al cliente a través de diferentes técnicas tales como la eliminación de almacenamientos, el incremento en la eficiencia de las operaciones de preparación de pedidos, rutas de mínimo costo y programación de vehículos para optimizar la capacidad de los recursos.

4.2.1. Beneficios de usar *cross docking*

La estrategia de distribución de *cross docking* ofrece varias ventajas sobre el almacenamiento tradicional ya que reduce los costos de inventario, el espacio de almacenamiento y los costos de manipulación. También se acelera el flujo de caja y se minimizan los tiempos de ciclo debido a la eliminación de un punto de almacenamiento en la cadena de suministro (Kumar, 2008). Al mismo tiempo, el *cross docking* permite la consolidación eficiente de productos, disminuye el inventario al eliminar el almacenamiento y acelera el flujo de materiales, lo que resultará en entregas más frecuentes y mayor dinamismo en el flujo de los materiales, lo que permite a su vez una reducción en la obsolescencia del inventario. Además, se aumenta la capacidad de manipulación del almacén al reducir el uso que se le da a las instalaciones para la preparación de pedidos (Ertek, 2012). Por otro lado, otras ventajas adicionales del *cross docking* son las ganancias relacionadas con la reducción de costos (costos de almacenamiento, costos de mantenimiento y manejo de inventario, costos de transporte, costos laborales, entre otros), una mejor utilización de los recursos, una mejor correspondencia entre las cantidades de envío y la demanda real y un mejor control de las operaciones de distribución.

Es pertinente resaltar la importancia de utilizar estrategias como el *cross docking* para la distribución de productos perecederos como los alimentos frescos y medicamentos debido al incremento de los beneficios que trae su aplicación, ya que permite una reducción de los tiempos de entrega al cliente, la reducción de la manipulación, deterioro de la mercadería y la mejora en la disponibilidad del producto. Lo que permite tener un proceso más productivo y eficiente. Adicional a esto, la planeación de rutas es más eficiente, ya que se hace de acuerdo con las entregas necesarias para cada cliente.

4.2.2. Clases de *cross docking*

Al observar el proceso de la cadena de suministro de un extremo a otro, el *cross docking* produce un efecto positivo sobre el flujo de producto desde las plantas o centros de distribución hasta los clientes finales con un mínimo de intervención. Además, la implementación del *cross docking* está alineada con el enfoque del pensamiento estratégico que conduce a la reducción de costos. Según Mora (2016), se pueden describir dos tipos de sistemas de *cross docking*: *cross docking* directo y *cross docking* indirecto.

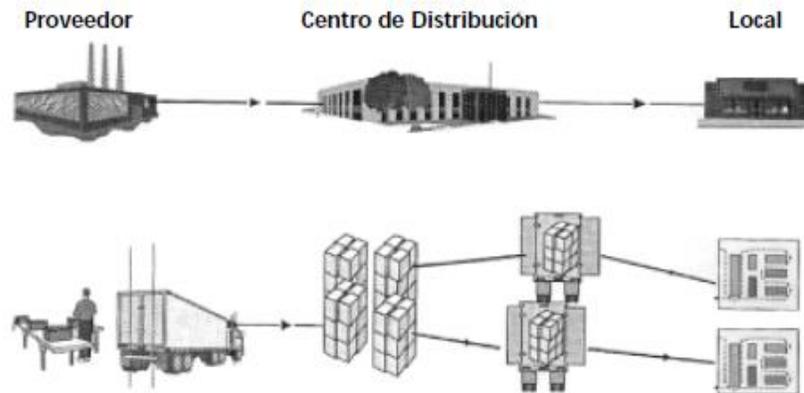
4.2.2.1. *Cross docking* directo

Este tipo de *cross docking* es el más simple. En este caso, se cuenta con una plataforma central a través de la cual los productos se transfieren inmediatamente de un camión a otro. En la mayoría de los casos, la forma estructural de estas instalaciones busca la proximidad entre los muelles de recepción y los de carga, para reducir los desplazamientos y los tiempos empleados en el trasbordo. La sincronización en los horarios de los vehículos que ingresan y salen de la plataforma es fundamental para evitar retrasos en el proceso de entrega a los clientes finales. La misma mercancía que llega se traslada a otro camión en su totalidad sin realizar ningún tipo de modificación. En el *cross docking* directo, la mercancía que llega a la plataforma ya se encuentra separada y solo necesita ser recibida por las unidades de salida previamente organizadas según los lugares de entrega. La preparación de las órdenes de compra para cada cliente se realiza desde el origen en el momento de la preparación antes de que la mercancía sea despachada. Esta aplicación le permite a la empresa entregar a un único centro de distribución sin incrementar los tiempos de entrega a los clientes finales. Esta modalidad se utiliza para productos frescos, como frutas y legumbres, para aumentar la vida útil del producto (Mora, 2011).

En la figura 3 se puede observar un esquema del modelo de *cross docking* directo, en el cual los pedidos son consolidados por clientes en las instalaciones

del proveedor y llegan al centro de distribución donde son clasificadas de acuerdo con el modelo de ruteo para luego ser asignados a un nuevo vehículo encargado de realizar la distribución final.

Figura 3. Esquema del *cross docking* directo.



Fuente: Tomado de EAN International (2000).

La manipulación que requieren los pedidos en el centro de distribución que actúa como plataforma de *cross docking* es reducida. Una vez recibidos, los pedidos se clasifican rápidamente y se colocan directamente en los camiones de salida lo que permite una transferencia rápida hacia los vehículos que reciben los pedidos. El centro de distribución se convierte en un lugar donde las mercancías pasan rápidamente a la siguiente etapa del proceso de envío, con un espacio de almacenamiento mínimo y donde todo debe organizarse cuidadosamente de acuerdo con los envíos entrantes y salientes.

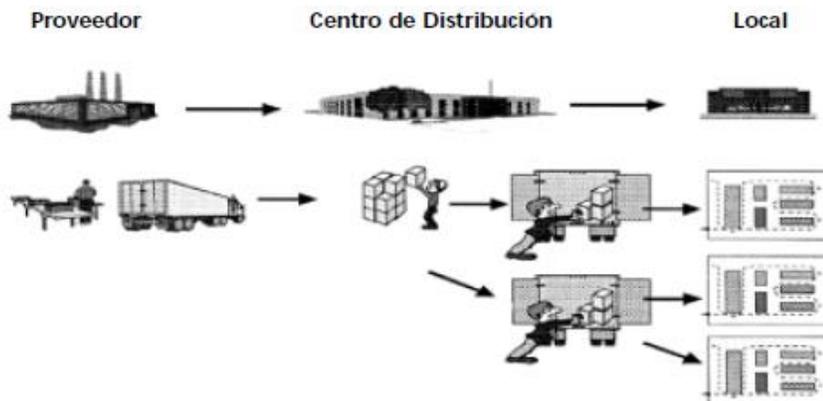
4.2.2.2. *Cross docking indirecto*

Este proceso implica fusionar varias cargas diferentes en un solo camión de salida. En esta situación, la plataforma de *cross docking* debe poseer más espacio de almacenamiento donde se puedan descargar y almacenar diferentes cargas hasta la llegada del camión de salida.

Los palés que son recibidos se dividen en fragmentos en las instalaciones del centro de distribución que actúa como plataforma de *cross docking*. Posteriormente, se arman y se rotulan nuevos palés para ser entregados a los clientes finales. Posteriormente, los nuevos palés son consolidados por rutas o destinatarios y ubicados en los muelles de carga a la espera de los vehículos que realizan la entrega a locales a clientes (Mora, 2016). A diferencia del *cross docking* directo, este requiere un mayor proceso de manipulación dentro del centro de distribución y enfoca su estrategia en la optimización de la capacidad máxima vehicular de los medios de transporte.

Como se puede apreciar en la figura 4, en el *cross docking*, el centro de distribución debe realizar las actividades de preparación y clasificación de los materiales para cada cliente. El proveedor prepara los pedidos consolidados por referencias y los despacha al centro de distribución. El centro de distribución debe contar con un área disponible y personal calificado para realizar la clasificación de los materiales necesarios para cada uno de los clientes que solicito los materiales en sus órdenes de compra. Cuando se finaliza la consolidación de todos los materiales, se realiza el despacho de los pedidos a los clientes finales, (Palma, 2012).

Figura 4. *Cross docking* indirecto.



Fuente: Tomado de EAN International (2000).

Este tipo de *cross docking* requiere una mayor asignación de recursos, tanto de personal como de espacios físicos, para realizar la preparación de los pedidos de acuerdo con los destinatarios o rutas que cubren los vehículos encargados de cumplir con la entrega a los clientes.

4.2.3. Factores que influyen en la efectividad del *cross docking*

Los factores que influyen en la efectividad del *cross docking* hacen relación a las características de diseño de las instalaciones y las herramientas de manipulación de cargas requeridas para realizar el desplazamiento entre el lugar de recepción de los pedidos y el muelle asignado para realizar el cargue. A continuación, se describen los factores primordiales que se requieren para la efectividad del *cross docking*:

- Manipulación de palés.
- Número de carretillas elevadoras.
- Número de puertas de recepción.
- Disposición de las puertas y tamaño.

Para manipular los palés entre los vehículos de entrada y salientes, se tienen las opciones de manipulación directa o indirecta de palés. La manipulación directa de los palés permite realizar el paso de los pedidos de un vehículo a otro sin la necesidad de realizar modificaciones a las unidades recibidas. En el caso de manipulación indirecta de palés, se utilizan áreas de almacenaje entre los vehículos de entrada y salida. Por lo tanto, se requiere realizar actividades adicionales de manipulación de palés que hace necesario la asignación de recursos como mano de obra y espacio físico en las instalaciones, afectando con esto los resultados económicos que se pueden obtener en la implementación de la estrategia de *cross docking*. Por consiguiente, se debe considerar como un factor decisivo para tener en cuenta.

El contar con un adecuado número de herramientas de movilización de cargas como estibadores eléctricos o montacargas también es un factor muy importante de la efectividad del *cross docking*. Para realizar la movilización de carga entre los mulles se puede optar por realizar una asignación de montacargas a un cierto número de puertas de recepción que se deben encargar de mover los palés desde su puerta asignada a las puertas de envío. Sin embargo, si se asignan más carretillas elevadoras, se aumentará la congestión y el proceso de movimiento de palés será más lento. Por lo tanto, se debe determinar el número óptimo de carretillas elevadoras y vehículos de transporte.

En cuanto al número de puertas de recepción, algunos administradores de *cross docking* están interesados en minimizar el número de puertas de recepción y con esto reducir el número de puntos de inspección de seguridad y recepción (Vasiljevic, Stepanovic, & Manojlovic, 2013). Por el contrario, otros consideran indispensable contar con una gran cantidad de muelles habilitados para la recepción que permitan acelerar el flujo del proceso (Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012). Para tomar la decisión correcta respecto a la cantidad de muelles de recepción, es necesario evaluar la topología y cantidad de vehículos a través de los cuales se estima realizar el ingreso de los pedidos a la plataforma, ya que una infraestructura inadecuada en términos de puertas de recepción puede ocasionar retrasos en la recepción al ser insuficientes para atender el número de vehículos que ingresan o, por el contrario, generar un sobre costo en el diseño estructural de las instalaciones al contar con puertas de recepción no requeridas.

La ubicación y diseño de las puertas de los muelles de recepción y despacho también contribuyen en la eficiencia de los procesos en la plataforma de *cross docking*. En la práctica, generalmente hay varias combinaciones que buscan reducir el desplazamiento entre el lugar de descargue del vehículo de origen hasta el punto en el que se encuentra el vehículo de destino. Lo más común es utilizar muelles contiguos para la recepción de izquierda a derecha o inversamente, y asignar los destinos con el tráfico más pesado a las puertas de embarque más

cercana. Este diseño intenta distribuir el tráfico lo más uniformemente posible a lo largo de todos los muelles.

Aunque hoy en día muchas empresas utilizan el *cross docking*, probablemente no sea la mejor estrategia en todos los casos y circunstancias, por lo que se deben brindar algunas pautas para el uso e implementación exitosa del *cross docking* mismo. Según Belle, Valckenaers, & Cattrysse (2012), se deben analizar algunos factores que influyen en la idoneidad del *cross docking*. Un primer factor importante es la tasa de demanda de producto. Si existe un desequilibrio entre la carga entrante y la carga saliente, el modelo no funcionará adecuadamente. Por consiguiente, los materiales más adecuados para ser manejados por un sistema de *cross docking* son los que poseen tasas de demanda estable, por ejemplo, comestibles y alimentos perecederos que se consumen regularmente. Al ser más predecible los requerimientos de almacenamiento y transporte para estos materiales se hace mucho más fácil la planificación e implementación del *cross docking*.

El costo unitario de desabastecimiento es un segundo factor importante. Debido a que el *cross docking* minimiza el nivel de inventario en el almacén, la probabilidad de situaciones de falta de existencias es mayor. Por lo tanto, se debe determinar si el costo unitario de desabastecimiento, si este se considera bajo, los beneficios del *cross docking* pueden ser mayores al incremento de los costos generados por el desabastecimiento de algún material, por lo que el *cross docking* puede seguir siendo la estrategia preferida. Basado en lo expuesto anteriormente, es preferible utilizar el *cross docking* para productos que tengan demanda estable y un bajo costo de desabastecimiento unitario. El almacenamiento tradicional sigue siendo preferible para la situación opuesta con una demanda inestable y altos costos unitarios de desabastecimiento. Otro factor que pueden influir en la idoneidad del *cross docking* son la distancia a los proveedores y clientes; las distancias más altas aumentan los beneficios de la consolidación.

En un estudio desarrollado por Galbreth, Hill & Handley (2011), se demostró los beneficios cuantitativos de la idoneidad del *cross docking*. El objeto de este estudio fue brindar información sobre el valor del *cross docking* como una práctica de la cadena de suministro en diferentes condiciones operativas. Concretamente, se utilizó un modelo de programación de enteros mixtos para determinar qué bienes deben entregarse directamente desde el proveedor al cliente y qué bienes deben enviarse a través de un *cross docking* para satisfacer las demandas conocidas. El resultado de la aplicación del modelo permitió establecer una escala de ahorros porcentuales medios para cada nivel de coeficiente de variación que revelaron un patrón consistente, donde el aumento de la variabilidad de la demanda dio como resultado un menor porcentaje de ahorros al usar un *cross docking*, lo que permitió afirmar que los cambios en la variabilidad de la demanda tienen un efecto significativo en el valor del *cross docking*. Luego de aplicar su modelo, los autores concluyeron que, dadas las condiciones adecuadas, el *cross docking* puede proporcionar un valor significativo para las organizaciones. Los resultados del estudio numérico indicaron que el *cross docking* es más valioso cuando las demandas son relativamente bajas y estables, en consecuencia, el estudio permitió establecer que la implementación de una plataforma de *cross docking* es menos valiosa cuando la demanda media está cerca de la capacidad de carga del camión, basado en la evidencia que respalda la relación negativa entre las demandas medias y el valor del *cross docking* encontrada en el análisis experimental. De hecho, los resultados sugieren que esta relación es altamente no lineal, ya que el valor del *cross docking* disminuye rápidamente para demandas más grandes.

En otro estudio desarrollado por Kreng & Chen (2008), se desarrollaron dos modelos para coordinar tanto la producción como la distribución con el fin de reducir los costos relevantes en una cadena de suministro. Según las funciones del centro de distribución, existe una diferencia entre el sitio de coordinación de inventario y un punto de almacenamiento de inventario. La primera es una estrategia de *cross docking* y la segunda es una estrategia de almacenamiento tradicional. El análisis de casos de estudio se utilizó para ilustrar los modelos desarrollados, donde se

puede concluir que la estrategia de distribución de *cross docking* resultará en enormes ahorros en el costo total del sistema para la cadena de suministro. Para comprender el desempeño entre modelos realizaron dos análisis separados que permitieron establecer el costo total para ser comparado entre el enfoque I y II, posteriormente utilizaron análisis de regresión para construir la relación entre la cantidad de pedido adicional y el ahorro total de costos. En cuanto a los costos de almacenamiento para el enfoque I, tanto el fabricante como el centro de distribución necesitan más espacio de almacenamiento. Sin embargo, dado que el enfoque II adopta una política de entrega de *cross docking*, la mercancía permanecen en el almacén durante un tiempo extremadamente corto, reduciendo el espacio requerido para el almacenamiento, permitiendo que el costo total del sistema disminuya significativamente en relación con enfoque I. Finalmente se establece que, bajo la producción de múltiples productos, el rendimiento de coordinar una política de entrega de *cross docking* y la programación de la producción puede ser extremadamente alto.

4.2.4. Elementos del *cross docking*

Cuando una empresa quiere introducir el *cross docking* en sus operaciones, su introducción debe planificarse adecuadamente. Si el equipo necesario ya está disponible, la implementación del *cross docking* puede ser simple y *cross docking* no requerir mucho esfuerzo en términos materiales. No obstante, el *cross docking* requiere un alto grado de coordinación entre los miembros de la cadena de suministro, por ejemplo, en términos del momento de llegada y salida. Según a Mora (2016), los elementos para una implementación exitosa se pueden clasificar en:

- Participación de la dirección: La implementación del *cross docking* requiere de los miembros de la dirección un alto nivel de ejecución táctica. Es decir, con toda la planificación, asociación, adición de equipos y sistemas y cambios en la mano de obra, el *cross docking* aún requiere un alto nivel de ejecución táctica para funcionar. Es imperativo que se evalúe cada uno de

los elementos que van a intervenir en la ejecución del *cross docking* para determinar si es necesario proporcionar recursos adicionales. Estos recursos adicionales pueden ser una combinación de mano de obra, recursos tecnológicos y de apoyo a la movilización de cargas.

- **Análisis de costos basado en actividades:** Con la implementación de la estrategia de *cross docking* se busca generar una eficiencia en los costos operativos de la cadena de suministro. Por lo tanto, el cálculo de costes basado en actividades permite realizar una cuantificación de los beneficios esperados y el cálculo de costes de la empresa al ampliar los conjuntos de costes utilizados para analizar los gastos generales, así como vincular los costes indirectos con las diferentes actividades.
- **Inversión en tecnología informática:** Los sistemas de información elegidos deben proporcionar la información necesaria para integrar y gestionar toda la cadena de suministro. Esto exige un mayor alcance de información del que normalmente se encuentra en cadenas de suministro con almacenes. Por lo tanto, para realizar la tarea de las comunicaciones internas, debe existir un sistema de gestión de almacenes (*Warehouse Management Solution, WMS*) con codificación de barras y comunicaciones de terminales de radiofrecuencia. Además, es recomendable implementar mecanismos de comunicación a través del intercambio electrónico de datos o técnicas similares.
- **Sincronización del tiempo de entrega:** El proceso de suministro de los proveedores al centro de distribución debe ser coordinado, para poder lograr un control activo y organizado de la logística de entrada. Se deben acordar las condiciones de entrega con los proveedores de tal manera que tenga la oportunidad de planificar el transporte de entrada y articularlo con la planificación de entregas o vehículos de salida en el menor tiempo posible y acorde a las características de la flota disponible.

- Limitaciones del espacio: Cuando el diseño de *cross docking* se implementa dentro del almacén existente; el espacio que se puede utilizar para la terminal de *cross docking* a menudo es limitado. Además, los vehículos entrantes requieren espacio de estacionamiento a la espera del momento de la descarga. Por lo tanto, se debe definir y estudiar cuidadosamente las necesidades de espacio y contemplar las temporadas de alto volumen para evitar que las instalaciones puedan generar cuellos de botellas y retrasos en la operación.
- Equipamiento: La operación de *cross docking* necesita transportadores de material adecuados dentro del almacén. Se requiere invertir en equipos de manipulación de materiales según sea necesario ya que son indispensables para implementar el modelo en un centro de distribución.
- Recursos humanos: Se debe contar con personal altamente calificado y entrenado. Estos deben ser capaces de operar continuamente con tasas de error muy bajas. El número de personas necesario para ejecutar las actividades al interior del centro de distribución dependen de las condiciones propias de la operación.

5. Marco institucional

La empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. (ver figura 5) es una empresa del sector secundario o industrial perteneciente al Grupo Empresarial Nutresa.

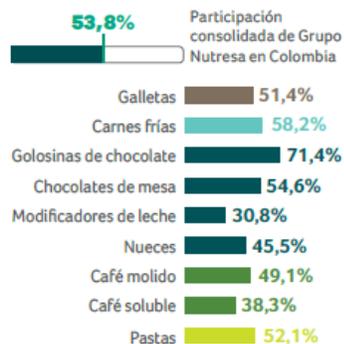
Figura 5. Logo Alimentos Cárnicos S.A.S.



Fuente: Tomado de Alimentos Cárnicos S.A.S. (2021).

Alimentos Cárnicos S.A.S. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de derivados cárnicos como: carnes frías, carnes frescas maduradas, embutidos y vegetales enlatados, platos congelados listos para consumir y champiñones. Alimentos Cárnicos S.A.S. es líder de este segmento de mercado en Colombia con una participación del 58,2% como se puede observar en la figura 6, donde se muestra la participación de mercado que tienen todos los negocios que conforman el Grupo Nutresa. La compañía tiene presencia en tres países: Panamá, Venezuela y Colombia. En este último se cuenta con 11 plantas de producción y 12 centros de distribución estratégicamente ubicadas (Grupo Nutresa, 2021).

Figura 6. Participación de mercado empresas de Grupo Nutresa año 2020.



Fuente: Tomado de Grupo Nutresa (2021).

En Colombia hace presencia con plantas de producción ubicadas en las ciudades de Medellín, Envigado, Bogotá y Caloto, generando a nivel nacional alrededor de 9.784 empleos directos, indirectos y aprendices, de los cuales el 24,1% son mujeres y el 75,9% son Hombres. Esto le permite generar ventas de 2,1 billones de pesos colombianos, representando el 19,3% de las ventas totales del Grupo (Grupo Nutresa, 2021).

Alimentos Cárnicos S.A.S cuenta con centros de distribución en las ciudades de Montería, Cartagena, Pereira, Bucaramanga, Ibagué, Neiva, Cali, Pasto, Bogotá, Medellín y Barranquilla. La intervención se desarrolla en el centro de distribución situado en esta última, específicamente en el área de logística de distribución que realiza procesos de almacenamiento, transporte primario y secundario. Concretamente, este centro de distribución atiende directamente a 6.246 clientes Tipo A distribuidos en los departamentos de Atlántico, Magdalena, Cesar y La Guajira, con participación en los canales de venta de grandes cadenas, autoservicios independientes, comercializadores (son los encargados de la atención a los clientes del segmento tradicional indirecto) y tradicional directo. En este sentido, cabe indicar que, para ofrecer una propuesta de valor diferenciada, la compañía tiene establecida una segmentación del mercado que clasifica los clientes en tres tipos: Tipo A, es el segmento de clientes más importante en valor de compra y representa aproximadamente el 80% de las ventas, Tipo B que representan el 15% de las ventas y Tipo C que comprende la mayor cantidad de clientes, pero con un porcentaje bajo en volumen de ventas, representando el 5% de los ingresos. Así, los clientes Tipo A de esta región representa un volumen de ventas de 1.820 toneladas mensuales en promedio y una participación del 28,6% de la venta a nivel nacional de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. Para el desarrollo de la presente investigación solamente se tendrá en cuenta los 451 clientes de la ciudad de Santa Marta que representan un volumen de ventas de 350 toneladas mensuales.

5.1. Misión

Ser líder de categorías de alimentos que requieran frío con marcas de alta reputación y la mejor relación precio beneficio.

5.2. Visión

La visión de nuestra empresa es la creciente creación de valor, logrando un destacado retorno de las inversiones, superior al costo del capital empleado.

En nuestros negocios de alimentos buscamos siempre mejorar la calidad de vida del consumidor y el progreso de nuestra gente.

Buscamos el crecimiento rentable con marcas líderes, servicio superior y una excelente distribución nacional e internacional.

Gestionamos nuestras actividades comprometidos con el Desarrollo Sostenible; con el mejor talento humano; innovación sobresaliente y un comportamiento corporativo ejemplar.

5.3. Estructura Organizacional

Como se puede observar en la figura 7, la estructura organizacional de Alimentos Cárnicos S.A.S. está compuesta por un presidente y cuatro gerencias que son: Gerencia de desarrollo humano y organizacional (DHO), gerencia de planeación, gerencia comercial y gerencia de cadena de suministro; de esta última depende el centro de distribución de Barranquilla.

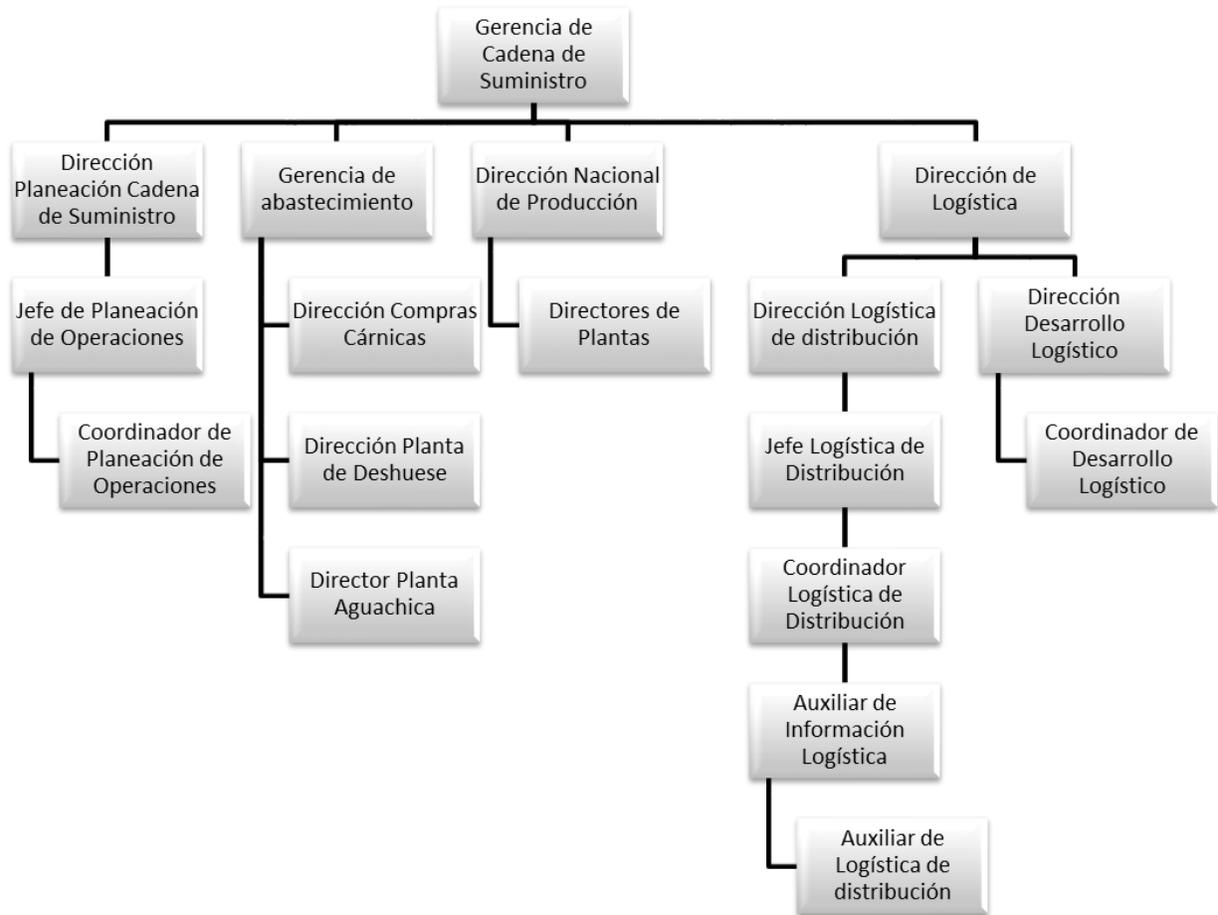
Figura 7. Estructura organizacional



Fuente: Tomado de Alimentos Cárnicos S.A.S. (2021).

De la gerencia de cadena de suministro, tal y como se puede apreciar en la figura 8, se desprende la dirección de logística y de esta depende la dirección de logística de distribución que es el área encargada de la gestión de los centros de distribución que tiene la compañía a nivel nacional; cada uno de los centros de distribución se encuentra a cargo del jefe de logística de distribución.

Figura 8. Estructura de la cadena de suministro.



Fuente: Tomado de Alimentos Cárnicos S.A.S. (2021).

5.4. Reseña histórica

La historia de Alimentos Cárnicos S.A.S. es la suma de historias de éxito, tenacidad, dedicación y desarrollo empresarial, que la convierten hoy por hoy en un referente de crecimiento para el negocio cárnico y para la industria de alimentos del país (Alimentos Cárnicos S.A.S., 2021).

- Año 1935: Empieza el montaje de Salsamentaría Suiza en Bogotá.

- Año 1955: Inicia labores Salchichería Continental, más conocida con el nombre de Cunit, en la ciudad de Barranquilla.
- Año 1968: Nace Rica Rondo Industria Nacional de Alimentos S.A., empresa ubicada en el Valle del Cauca. Es fundada la empresa Mil Delicias, cuyo producto estrella es la pasta hojaldrada.
- Año 1970: El grupo empresarial antioqueño obtiene dos importantes empresas cárnicas colombianas: Suizo y Salchichería Continental. Como resultado de la asociación, la primera pasa a llamarse Frigorífico Suizo S.A y la segunda recibe el nombre de Frigorífico Continental S.A.
- Año 1975: En una época de gran incremento en la producción de productos cárnicos enlatados, se constituye Frigorífico de Medellín S.A., empresa encargada del deshuese y almacenamiento de la materia prima cárnica para los productos Zenú.
- Año 1980: Se adquiere Tecniagro, empresa ubicada en Envigado – Antioquia, a la cual se le asignan las funciones de comercialización de bovinos, cerdos y materias prima cárnicas. Se crean las primeras granjas de cerdos que inician sus operaciones en el oriente antioqueño con la granja La Esmeralda. Mil Delicias se concentra en la línea de alimentos congelados.
- Año 1993: Frigorífico Suizo S.A opta por la razón social Suizo S.A e inicia su desarrollo y consolidación como gran empresa nacional.
- Año 1995: Las actividades de Tecniagro y Frigorífico de Medellín S.A. fueron unificadas bajo una sola empresa, Tecniagro S.A.
- Año 1996: Se compra un lote en el parque industrial y comercial de Cauca (Caloto) y nace jurídicamente Frigorífico del Sur S.A. Inicia operaciones Proveg Ltda., con la cual se fortalece la plataforma de producción para las

empresas del Negocio Cárnico, respondiendo a la demanda de alimentos en el segmento de vegetales enlatados.

- Año 1999: Inicia el proceso operativo en la planta de Caloto – Cauca.
- Año 2002: Rica Rondo pasa a ser integrante de Grupo Inveralimenticias S.A., y posteriormente de inversiones Nacional de Chocolates.
- Año 2007: Se realiza la adquisición para el Negocio Cárnico de la empresa colombiana Mil Delicias. Que entra a complementar lo hecho por Zenú con la marca Sofía Express en el segmento de platos listos congelados.
- Año 2008: Como producto de un sueño del Grupo Nacional de Chocolates se consolida Alimentos Cárnicos S.A.S, con la fusión de 7 empresas de alimentos colombianos: Rica Rondo, Suizo, Frigorífico Continental, Frigorífico del Sur, Tecniagro, Proveg y productos Mil Delicias.
- Año 2010: Este patrimonio, junto con un excelente manejo de las marcas y la integración paulatina de una gran red de distribución, permite construir una cultura empresarial de trabajo y compromiso que la gente reconoce y es un ejemplo para toda la industria colombiana.
- Hoy: Hoy en día trabaja con procesos de producción en línea, plantas especializadas y con la más alta tecnología para el proceso logístico, para brindar la más alta satisfacción a sus clientes y consumidores. Desarrolla todas las actividades con el mejor talento humano, innovación sobresaliente y un comportamiento corporativo ejemplar, para seguir entregando al consumidor y comprador algunas de las marcas más representativas en el sector de alimentos a nivel nacional, desde carnes frías, alimentos larga vida, y otras opciones para alimentar y deleitar a la familia.

6. Diseño metodológico

El diseño metodológico de la investigación es el conjunto de procedimientos o técnicas específicas que se utilizaron para realizar la investigación, en el cual se describe y analiza los métodos implementados para la recopilación de datos de este estudio, incluida la recopilación de datos primarios y la revisión de la literatura secundaria. Inicialmente, se describe el diseño de la investigación, seguido de la descripción y las razones de la elección de los métodos de recopilación de datos.

6.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se refiere al enfoque utilizado para recopilar y analizar los datos sobre un tema de investigación específico. Incluye un resumen de los métodos que utiliza el investigador, desde la definición de preguntas y/o hipótesis de investigación hasta el resultado del estudio y los criterios utilizados para evaluar la investigación realizada. Esto implica que se debe seleccionar o desarrollar un diseño de investigación y aplicarlo al contexto particular de su estudio. Según, Hernández, Fernández, & Baptista (2014), al hablar de diseño se hace relación a la estrategia diseñada para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema.

Con el fin de recopilar y analizar los datos, se eligió un diseño de investigación transversal para la fuente primaria. Este tipo de estudio se realiza mediante la observación de datos de una población en un momento específico. Los participantes de este tipo de estudios se seleccionan en función de variables particulares de interés. García (2014) lo define como un tipo de investigación que se utiliza con frecuencia para determinar las características predominantes en una población en un momento determinado. La información de un estudio transversal se recolecta en el presente o a partir de datos históricos. Los estudios transversales suelen permitir a los investigadores recopilar una gran cantidad de información con

bastante rapidez y los datos se obtienen a menudo de forma económica mediante encuestas.

6.2. Método de la investigación

En general, las investigaciones pueden ser deductivas o inductivas. Según Hernández, Fernández, & Baptista, (2014), hay dos formas de diseñar un método de investigación. Primero está el enfoque deductivo, donde el investigador crea una hipótesis y elige una estrategia de investigación para examinar la hipótesis. Por lo tanto, el proceso de investigación se basa en una línea lógica previa de razonamiento con el fin de recopilar datos para confirmar o negar la teoría. En segundo lugar, está el enfoque inductivo, que esencialmente funciona de manera opuesta: el investigador recopila y analiza los datos proporcionados y diseña una teoría resultante del análisis de la información.

Este estudio se basó en el razonamiento inductivo ya que el proceso de investigación se inició con la recolección de datos primarios y secundarios que luego fueron analizados. La decisión de seguir un enfoque inductivo se basó en la necesidad de realizar una valoración inicial del proceso de logística de distribución que realiza a la compañía.

6.3. Población y muestra

La población objeto de estudio consta de 108 personas que es la totalidad de las personas que hacen parte del proceso de logística de distribución de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la regional Barranquilla, en los diferentes roles administrativos y operativos.

Para obtener la muestra se utilizó un modelo de muestreo no probabilístico, Según (Gallardo, 2017), el muestreo no probabilístico se define como una técnica de muestreo en la que el investigador selecciona muestras basándose en su juicio subjetivo en lugar de una selección aleatoria. Este método de muestreo depende

en gran medida de la experiencia del investigador y se utilizan formas no aleatorias para seleccionar un grupo de personas para participar en la investigación.

Dentro de los métodos de muestreo no probabilísticos encontramos: muestreo por cuotas, muestreo de bola de nieve, muestreo por conveniencia y muestreo de juicio o criterio (Corral , Corral, & Franco, 2015). Para la elección de la muestra de esta investigación se optó por utilizar el muestreo de juicio o criterio, esta técnica se basa en el juicio del investigador a la hora de elegir a quién pedirle que participe. Por tanto, el investigador puede elegir implícitamente una muestra representativa que se adapte a sus necesidades, o abordar específicamente a individuos con determinadas características.

Finamente, se determinó que la muestra establecida para esta investigación es de 18 personas que hacen parte del proceso de logística de distribución de la ciudad de Santa Marta (nivel de confianza del 85% y margen de error del 15%). Concretamente, en los roles administrativos se cuenta con siete personas, en los roles de auxiliares de información se cuenta con nueve personas y en el área operativa se incluyeron los dos líderes de bandas que dirigen el proceso de alistamiento de pedidos.

Se hizo énfasis en el conocimiento específico que tenía cada una de las personas de acuerdo con el rol que cumple en el proceso de distribución, con la finalidad de obtener información relevante para el desarrollo del diagnóstico inicial y las bases para la construcción de la propuesta de intervención. Para esto, se aplicó el cuestionario Anexo A.1 como método principal para la recolección de información primaria.

6.4. Análisis de datos

Las figuras de este trabajo dirigido de maestría que no provienen de análisis estadístico fueron realizadas usando Inkscape, un software gratuito y de código abierto con licencia GPL (*General Public License*). La aplicación de la encuesta al jefe logístico y coordinadores se llevó a cabo en modalidad online y los resultados

fueron analizados cualitativamente mediante el software *MAXQDA* para la organización y clasificación de datos y su usabilidad. En la construcción de los planos de las instalaciones se utilizó AutoCAD, que es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D desarrollado por la empresa Autodesk. Para generar las rutas propuestas bajo el nuevo modelo de distribución se utilizó *Roadnet Transportation Suite* (Fabricante: ToolsGroup), que es un software de soluciones de planificación, enrutamiento y despacho que tiene en cuenta la capacidad del vehículo, las reglas comerciales, así como los requisitos del cliente cuando realiza el enrutamiento para optimizar las rutas.

Finalmente, para la interpretación de los datos financieros, se utilizó el costeo basado en actividades desarrollado por Cooper y Kaplan (1991) que permite analizar el consumo de los recursos por parte de la organización, permitiendo a los administradores buscar formas de reducir el consumo de recursos y disminuir el número de veces que se realizan actividades para alcanzar el mismo resultado.

6.5. Fases de la investigación

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados, la investigación se dividió en cuatro fases tal y como se describen en la tabla 1:

Tabla 1. Fases de la investigación.

Objetivo	Fuente de información	Técnica para la recolección de información
Diagnosticar la condición actual del proceso de distribución que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta.	Primaria	Se diseñó una encuesta (Anexo A.1) que permite evaluar la condición actual del proceso de logística de distribución que realiza la empresa; en esta se abordan temas como los recursos disponibles, las características de clientes y costos operativos. Para la construcción de esta encuesta se utilizaron preguntas cerradas de selección múltiple y abiertas para abordar la temática en la cual se requería profundizar y abarcar un mayor grado de conocimiento. Para la aplicación de la encuesta se empleó metodología online y los datos obtenidos fueron analizados cualitativamente mediante el software MAXQDA.

<p>Identificar los factores más relevantes de cara al diseño posterior.</p>	<p>Primaria</p>	<p>Partiendo de la información recolectada en la encuesta, se identifican los aspectos que mayor impacto tienen en el proceso de logística de distribución de cara a realizar una comparación entre los resultados actuales del proceso y la propuesta de mejora a elaborar. Las fortalezas y debilidades permitieron establecer cuáles son los aspectos que más impactos tienen en la operación y sobre estos se constituye el referente para la investigación.</p>
<p>Diseñar una estrategia de optimización para dar solución a la problemática de la distribución secundaria.</p>	<p>Secundaria</p>	<p>Se utilizó la técnica de análisis documental de estudio de casos para construir un referente teórico que permitió diseñar una propuesta de optimización de la distribución secundaria a través de la implementación de una plataforma de <i>cross docking</i>.</p> <p>Para el sustento teórico se utilizaron documentos personales y oficiales como fuente de información, que incluyen libros, mapas, artículos académicos, publicaciones estadísticas de entidades gubernamentales, publicaciones de entidades privadas y páginas web.</p>
<p>Determinar la viabilidad de la propuesta con base en el análisis de costos beneficios.</p>	<p>Primaria</p>	<p>Se utilizó la técnica de costeo (Cooper y Kaplan, 1991) basado en actividades para determinar la viabilidad de la propuesta y calcular los beneficios financieros que ofrece a la organización.</p> <p>El costeo basado en actividades es una metodología para asignar con mayor precisión los gastos generales asignándolos a las actividades. Una vez que los costos se asignan a las actividades, los costos se pueden asignar a los objetos de costo que usan esas actividades. El sistema se puede emplear para la reducción específica de los gastos generales. La ventaja fundamental de utilizarlo es determinar con mayor precisión cómo se utilizan los gastos generales, puesto que está diseñado para rastrear el costo de las actividades, por lo que se puede usar para ver si los costos de las actividades están en línea con los estándares de la industria.</p>

Fuente: Elaboración propia.

7. Diagnóstico organizacional

Esta sección contiene información detallada de la forma en la que la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. realiza la distribución secundaria, incluyendo los recursos disponibles para realizar este proceso y las principales características de los clientes que se atienden. Para realizar este diagnóstico se aplicó una encuesta (ver Anexo A.1) al jefe logístico y su equipo primario compuesto por cuatro coordinadores de operación bajo techo y dos coordinadores de transporte, y los roles asistenciales conformados por nueve auxiliares de información y en el área operativa se incluyeron los dos líderes de bandas que dirigen el proceso de alistamiento de pedidos, obteniendo los resultados que se exponen más adelante.

7.1. Procesamiento estadístico de datos

Para el procesamiento de datos, se realizó una segmentación de la información recolectada a través de la fuente primaria (Anexo A.1), lo que permitió abordar el diagnóstico desde la planeación estratégica, la distribución y los clientes, que son los aspectos esenciales para valorar la situación actual de la logística de distribución de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S., además para todas las secciones siguientes se dispuso de información interna de la empresa (Alimentos Cárnicos S.A.S., 2021), lo cual permitió ampliar y concordar la información obtenida con la aplicación del instrumento de recolección de información.

7.1.1. Planeación estratégica

Según Coyle, Langley, Novack, & Gibson (2013), las actividades de planeación les permiten a las organizaciones anticiparse al desarrollo de las actividades diarias en las instalaciones; facilitan la ejecución eficaz de los movimientos y almacenamiento de los productos, el cumplimiento de la demanda y los servicios de valor agregado para los clientes. Alimentos Cárnicos S.A.S., desde el direccionamiento estratégico, cuenta con un plan estratégico de gestión que le permite tener presente

los objetivos estratégicos a corto, mediano y largo plazo. Este se articula con lo consagrado en su mapa de valor permitiéndole tener unos lineamientos claros respecto a las características que componen su modelo de distribución secundaria, permitiéndole poseer instalaciones y vehículos acordes al tipo de productos que se producen y comercializan. La estrategia describe detalladamente los programas, políticas y prioridades para avanzar hacia las metas y los objetivos de la logística de distribución, se describen las acciones específicas y los responsables de la ejecución. Las acciones en estas estrategias reflejan los requisitos legales, las acciones positivas y las mejores prácticas que promueven la consecución de las metas y objetivos del sistema de distribución basado en el seguimiento y control de los indicadores de gestión, dentro de la planeación estratégica de la compañía se encuentra inmerso su PSV y la implementación de acciones que le permitan eliminar las desviaciones en las que se pueda incurrir en el desarrollo de su actividad de distribución.

Dentro de los objetivos estratégicos planteados por la compañía se busca lograr la flexibilidad y eficiencia global de las operaciones a través de la gestión de los procesos con la finalidad de consolidar eficiencias en costos y gastos en las operaciones de la cadena de suministro. Un elemento apalancador con el que se busca dinamizar este objetivo es el fortalecimiento de sinergias con las redes de Grupo Nutresa de tal forma que se puedan integrar las redes de distribución de las diferentes empresas que lo conforman. En la propuesta de implantación de un nuevo nodo en la ciudad de Santa Marta tipo plataforma de *cross docking* se puede optar por realizarlo mediante una sinergia con la empresa Tropical Coffee Company S.A.S. que pertenece a Grupo Nutresa y cuenta con instalaciones en esta ciudad donde realiza actividades de producción, comercialización y distribución de productos en base a café, permitiendo un mejor apalancamiento de los costos operativos.

La información obtenida de la encuesta donde todas las personas aseguran que la compañía cuenta en la regional Barranquilla con una flota de vehículos que

le permite cubrir la demanda de los clientes, la planificación de la distribución se realiza en base a planes de itinerario y rutas de transporte predefinidas bajo el concepto de paradas múltiples que se construyen tomando como base la ubicación geográfica, proximidad de los clientes, volumen de compra y el tiempo promedio de atención por punto de entrega. Bajo este modelo de distribución se asigna la secuencia de entrega en función a los acuerdos de nivel de servicio pactados con los clientes, lo que le permite cumplir los horarios de entrega acorde a lo establecido en los compromisos comerciales casi siempre.

7.1.2. Distribución

La distribución que realiza Alimentos Cárnicos S.A.S. se efectúa a través de vehículos contratados que son suministrados por la empresa de transporte Opperar Colombia S.A.S., la cual opera bajo el modelo de pago de fletes que incluye el salario de los auxiliares de distribución que son las personas encargadas de realizar la entrega final a los clientes. En la tabla 2 se puede observar una descripción de cómo está conformada la flota de vehículos con las que cuenta el centro de distribución de Barranquilla para atender a su clientela, para efectos de ampliar la comprensión del investigador al solicitar la información de la composición de la flota la empresa suministro un archivo detallado de sus vehículos que se empleó para la construcción de la tabla que se expone a continuación.

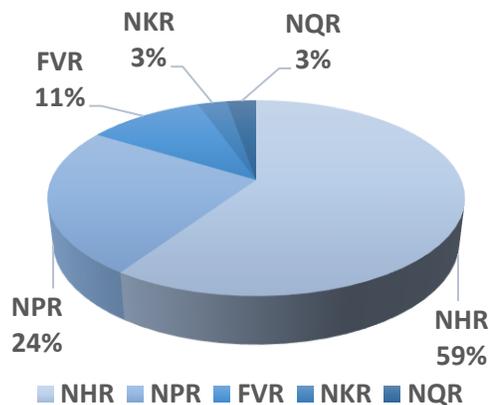
Tabla 2. Flota de vehículos de Alimentos Cárnicos S.A.S. sede Barranquilla.

Tipología	Placa	Códigos SAP	Capacidad de carga en kilos	Capacidad de carga en canastas
FVR	ESY495	130094	10.200	550
FVR	ESP431	142143	10.200	550
FVR	TRN986	122060	8.530	500
FVR	WGV957	121493	8.530	500
NQR	EQP226	126819	3.550	250
NPR	WOW826	121925	3.150	215
NPR	TRO016	121923	3.150	215
NPR	TRO012	121917	3.150	215
NPR	TRO013	121922	3.150	215
NPR	TRO009	121920	3.150	215
NPR	TRO017	121924	3.150	215
NPR	TRO010	121921	3.150	215
NPR	TRO006	121919	3.150	215
NPR	TRO001	121918	3.150	215
NKR	WOW821	121914	1.590	150
NHR	WOW819	121916	1.100	60
NHR	WOW820	121915	1.100	60
NHR	WOW827	121891	1.100	60
NHR	WOW828	121895	1.100	60
NHR	WOW830	121900	1.100	60
NHR	WOW831	121899	1.100	60
NHR	WOW832	121903	1.100	60
NHR	WOW833	121897	1.100	60
NHR	WOW834	121890	1.100	60
NHR	WOW835	121893	1.100	60
NHR	WOW836	121902	1.100	60
NHR	WOW837	121896	1.100	60
NHR	WOW838	121907	1.100	60
NHR	WOW839	121892	1.100	60
NHR	WOW840	121901	1.100	60
NHR	WOW841	121888	1.100	60
NHR	WOW842	121906	1.100	60
NHR	WOW843	121889	1.100	60
NHR	WOW844	121908	1.100	60
NHR	WOW845	121905	1.100	60
NHR	WOW846	121904	1.100	60
NHR	WOW847	121911	1.100	60

Fuente: Tomado de Alimentos Cárnicos S.A.S. (2021).

Como se puede observar en la figura 9, la compañía cuenta en su centro de distribución de Barranquilla con una flota conformada en su gran mayoría por vehículos tipo NHR, que representan el 59% de la totalidad de los vehículos disponibles, que son los utilizados para realizar la entrega final a los clientes de la ciudad de Barranquilla. El segundo tipo de vehículo más utilizado con una participación de 24% son los NPR, mediante los cuales se realiza la mayor parte de la distribución en la ciudad de Santa Marta. La tipología de vehículos NQR y FVR (también denominado como sencillo), que cuentan con mayor capacidad de carga, se utilizan para realizar la atención a los clientes de Valledupar, Riohacha, Maicao y clientes de alto volumen en Barranquilla; sumados tienen una participación del 14%. La última tipología de vehículos utilizada es la NKR, de la que solo se dispone de una única unidad (3%), que es un vehículo con una capacidad de carga intermedia entre NHR y NPR que se utiliza para entregas locales o viajeras de acuerdo con la necesidad.

Figura 9. Composición de la flota por tipología de vehículo.



Fuente: Elaboración propia.

La variedad de vehículos con la que cuenta la empresa le permite atender la demanda de sus clientes y cumplir con los acuerdos de servicios pactados. Además, le permite hacer frente a los posibles incrementos en la demanda derivados de los picos de venta que normalmente se presentan. Se tiene contemplado realizar combinaciones de vehículos de tal forma que se pueda

optimizar los recursos disponibles de la mejor forma sin afectar la atención a los clientes, mientras se garantice un adecuado costo del flete sobre la venta.

La distribución secundaria de pedidos en la ciudad de Santa Marta se realiza a través de vehículos refrigerados tipo NPR en su gran mayoría y se complementa con vehículos tipo NKR y NHR que son suministrados por la empresa de transporte Opperar Colombia S.A.S. Como se había mencionado anteriormente, con estos vehículos se atienden 6 rutas diariamente, que se describen en la tabla 3, las cuales se encuentran parametrizadas con un plan de itinerario predefinido.

Tabla 3. Rutas de Santa Marta.

Ruta	Descripción
BAF001	Barranquilla Foránea 001
BAF002	Barranquilla Foránea 002
BAF003	Barranquilla Foránea 003
BAF004	Barranquilla Foránea 004
BAF005	Barranquilla Foránea 005
BAF006	Barranquilla Foránea 006

Fuente: Elaboración propia.

El desplazamiento promedio que realizan los vehículos para atender los clientes de las diferentes rutas es de 36 kilómetros y el detalle específico de rutas por día se describe en la tabla 4. Además, permite establecer cuáles son los días de la semana donde se realiza el mayor desplazamiento.

Tabla 4. Kilómetros por ruta.

Ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
BAF001	19	21	22	18	17	21
BAF002	36	32	38	34	40	36
BAF003	42	38	36	39	43	35
BAF004	39	41	31	37	34	33
BAF005	34	37	31	38	35	34
BAF006	38	33	37	34	40	38
Total	208	202	195	200	209	197

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al costo que representa el modelo de distribución de la ciudad de Santa Marta que se resume en la tabla 5, se puede apreciar que se incurre en el pago de fletes por valor de 4,1 millones de pesos diariamente, lo que representa un gasto mensual por el concepto de fletes de 105,5 millones de pesos en promedio al mes aproximadamente. Estos fletes se distribuyen en cuatro vehículos tipo NPR, un vehículo tipo NKR y un vehículo tipo NHR que laboran un promedio de 26 días en el mes; como se había mencionado anteriormente el costo del flete incluye el salario de los auxiliares de distribución.

Tabla 5. Costo de los fletes de las rutas de Santa Marta.

Ruta	Tipo de vehículo	Valor flete	Días por mes	Total
BAF002	NPR	\$ 703.285	26	\$ 18.285.410
BAF004	NPR	\$ 703.285	26	\$ 18.285.410
BAF001	NPR	\$ 703.285	26	\$ 18.285.410
BAF003	NPR	\$ 703.285	26	\$ 18.285.410
BAF005	NKR	\$ 650.596	26	\$ 16.915.496
BAF006	NHR	\$ 593.673	26	\$ 15.435.498
Total general		\$ 4.057.409		\$ 105.492.634

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se resume el tiempo promedio empleado para atender a los clientes en las diferentes rutas. Este tiempo se calculó a partir de la hora de llegada de los vehículos para atender el primer cliente de la ciudad de Santa Marta, que en promedio es a las 6:00 a.m., y finaliza con la atención al último cliente; esta información es muy relevante porque permite conocer el tiempo real de atención que se emplea en las diferentes rutas.

Tabla 6. Tiempo de atención a clientes por ruta en horas.

Ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
BAF002	6,83	7,03	6,50	7,08	6,82	5,90
BAF004	6,62	6,83	6,25	6,38	7,33	7,22
BAF001	7,00	6,78	6,75	6,80	6,95	7,07
BAF003	7,17	7,10	7,17	7,30	7,13	7,13
BAF005	6,98	6,97	7,02	6,48	6,90	6,98
BAF006	7,03	6,48	6,88	6,03	6,80	6,88
Total	41,63	41,20	40,57	40,08	41,93	41,18

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo en ruta que se muestra en la tabla 7, se calculó a partir del tiempo de atención a clientes más el tiempo de desplazamiento empleado por los vehículos para cubrir la distancia de 104 kilómetros por trayecto entre el centro de distribución Barranquilla y la ciudad de Santa Marta, que se estableció en 4 horas promedio, más el tiempo empleado en el proceso de logística de reversa y entrega de material de embalaje que se estima en 1 hora y el tiempo de alimentación de los auxiliares de distribución a los cuales se les asigna 1 hora de descanso diaria. Esto permite establecer que el tiempo empleado para la atención de clientes se debe sumar un promedio de 6 horas por ruta.

Tabla 7. Tiempo en ruta total en horas.

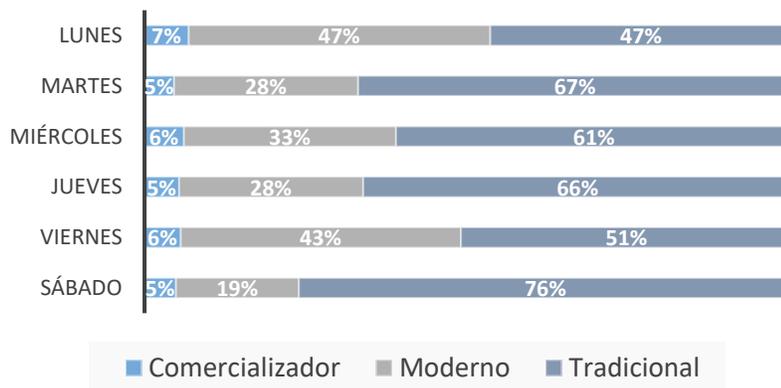
Ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
BAF002	12,83	13,03	12,50	13,08	12,82	11,90
BAF004	12,62	12,83	12,25	12,38	13,33	13,22
BAF001	13,00	12,78	12,75	12,80	12,95	13,07
BAF003	13,17	13,10	13,17	13,30	13,13	13,13
BAF005	12,98	12,97	13,02	12,48	12,90	12,98
BAF006	13,03	12,48	12,88	12,03	12,80	12,88
Total	77,63	77,20	76,57	76,08	77,93	77,18

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, la jornada laboral de los auxiliares de distribución se encuentra en 13 horas diarias en promedio, generando un promedio de 5 horas adicionales a su jornada máxima legal (la jornada máxima legal es de 8 horas diarias que equivale a 48 horas semanal trabajando 6 días a la semana) que se convierte en un factor que incrementa la tarifa de los fletes negociados ocasionando un sobre costo indeseado.

Para complementar la información de los tiempos de atención a clientes, en la figura 10 se muestra la participación porcentual que tienen los canales de distribución en el tiempo de atención a clientes. El canal tradicional tiene la mayor participación prácticamente en todos los días de la semana con un porcentaje promedio del 61,38% semanal, seguido del canal moderno que llega a igualarlo un día de la semana (lunes, 47%) con una participación promedio del 33,07% y, por último, el canal de comercializadores que tiene un porcentaje muy estable con un porcentaje del 5,55% semanal.

Figura 10. Participación de los canales en el tiempo de entrega.



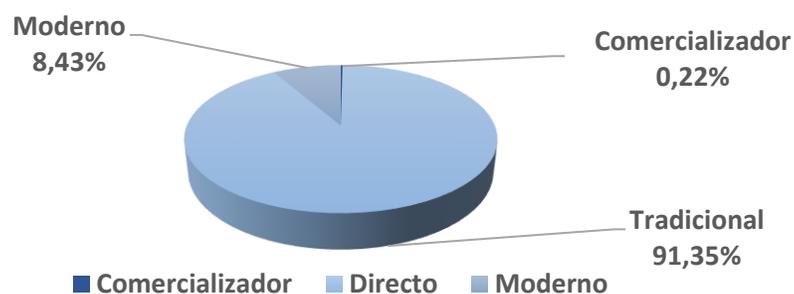
Fuente: Elaboración propia.

7.1.3. Clientes

En la ciudad de Santa Marta se atienden 451 clientes, según archivo suministrado por la empresa donde detalla información como: código de cliente, descripción, frecuencia de entrega, tiempo de servicio y volumen de compra. Como

se puede observar en la figura 11, el canal tradicional es el principal grupo atendido con 412 clientes y una participación del 91,35%, seguido del canal moderno con 38 clientes y una participación del 8,43%, y del canal de comercializadores donde se encuentra 1 cliente solamente (0,22%); este comercializador atiende todos los clientes tipo B y C de la ciudad. Con los clientes del canal moderno y comercializador se cuenta con horario de entrega pactado.

Figura 11. Participación de los clientes por canal.



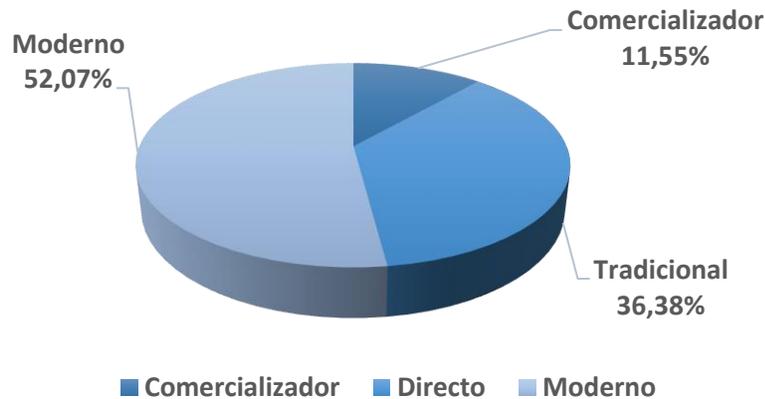
Fuente: Elaboración propia.

Acorde a la planeación de la distribución que tiene establecida la organización, se tienen establecidas unas frecuencias de entrega que van en función de la tipología de clientes de la siguiente forma: para el canal moderno se tiene establecida la atención en frecuencia 3 (se realizan tres entregas a los clientes en la semana), para el canal tradicional frecuencia 2 (se realizan dos entregas a los clientes por semana) y para el comercializador se tiene establecida frecuencia de entrega 6 (se entrega todos los días)

Al analizar los volúmenes de venta de la ciudad de Santa Marta podemos observar que el promedio de venta diaria es de 109 millones de pesos, lo que representa una venta mensual aproximada de 2.830 millones. La participación por canal se describe en la figura 12, donde se puede evidenciar que el canal moderno cobra relevancia, a pesar del bajo número de clientes, al tener un volumen en ventas de 120,3 toneladas al mes que representa una participación del 52,07% de las ventas, seguido del canal tradicional cuya venta promedio es de 84 toneladas

mensual (36,38%) y del canal de comercializadores con un volumen en ventas promedio mes de 26,7 toneladas (11,55% de las ventas).

Figura 12. Clasificación de los clientes por volumen de venta.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la distribución de clientes por ruta que se describe en la tabla 8, la ruta BAF001 presenta un bajo número de clientes, en la cual se comparte la entrega del comercializador, clientes del canal moderno y clientes del canal tradicional de alto volumen. Se puede observar que las rutas BAF002 y BAF003 también tienen un bajo número de clientes debido a que se dedican exclusivamente a atender clientes del canal moderno. Finalmente, las rutas BAF004, BAF005 y BAF006 se concentran en la atención a los clientes del canal tradicional.

Tabla 8. Numérica de clientes por rutas.

Ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
BAF001	6	4	6	4	6	4
BAF002	4	6	3	5	5	4
BAF003	3	51	3	49	5	49
BAF004	28	43	37	27	44	36
BAF005	29	45	55	29	45	55
BAF006	37	44	56	37	44	56
Total	107	193	160	151	149	204

Fuente: Elaboración propia.

En relación al volumen de kilos transportados por ruta que se describe en tabla 9, se puede apreciar que las rutas que se utilizan para atender a los clientes del canal moderno son de bajo número de clientes, pero representan la mayor ocupación vehicular, Concretamente, las rutas BAF001, BAF002 y BAF003 representan el 77,4% de los kilos transportados, a diferencia de las otras tres rutas BAF004, BAF005 y BAF006 que se concentran en la atención al canal tradicional cuya participación sumada asciende al 22,6% de los kilos movilizados.

Tabla 9. Kilos transportados por ruta

Ruta	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
BAF001	3.531	2.781	3.784	2.930	3.382	3.183
BAF002	1.973	2.584	1.852	1.895	2.662	1.774
BAF003	1.670	1.327	1.670	1.292	1.706	1.292
BAF004	994	696	1.119	684	1.006	809
BAF005	836	566	486	836	566	486
BAF006	423	428	618	423	428	618
Total	9.427	8.382	9.529	8.060	9.749	8.162

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la captura de pedidos, la compañía tiene implantados diferentes mecanismos acordes a las necesidades de los clientes. Como se puede observar en la tabla 10, para el canal moderno la recepción de pedidos se realiza a través de pedidos ZEDI (pedidos de venta mediante intercambio electrónico de datos *Electronic Data Interchange* o EDI). El EDI es un medio de conectar diferentes sistemas de información ERP (ERP es un software de gestión empresarial que permite a una organización utilizar un sistema de aplicaciones integradas para gestionar cuentas e integrar las actividades financieras, de cadena de suministro y de operaciones), utilizando un lenguaje informático común. Para la toma de pedidos de los clientes comercializadores, el tipo de pedido empleado es ZINT (pedido por internet) y se realiza mediante un portal habilitado en internet donde los clientes pueden cargar sus pedidos. Finalmente, para atender las necesidades del canal

tradicional, se cuenta con tres tipologías de pedidos: ZDSD (pedido *mobile*) que son los pedidos que toma la fuerza de venta a través de las terminales portátiles habilitadas para este fin, los pedidos ZVNO (pedido manual), que se montan directamente en SAP y se emplean para la toma de pedidos a través de la línea de atención al cliente o necesidades puntuales de solucionar errores de conectividad con los proveedores tecnológicos, y el último tipo de documento empleado para recepción de pedidos son los tipo ZAPP (pedido APPs), que emplean una aplicación móvil mediante la cual los clientes realizan la autogestión de sus necesidades de compra sin necesidad de la atención de un asesor comercial.

En cuanto a los horarios pactados para la recepción de pedidos, se tiene establecido que los clientes del canal moderno y comercializadores deben enviar sus pedidos antes de las 2:00 p.m. y los clientes del canal tradicional antes de las 6:00 p.m.; el horario de inicio de alistamiento de pedidos es igual al pactado para la recepción de pedidos.

Tabla 10. Tipos de pedidos, horario de transmisión y alistamiento.

Canal de venta	Tipo de pedido	Denominación	Hora de transmisión	Hora de inicio de alistamiento
Moderno	ZEDI	VTN pedido EDI	2:00 p.m.	2:00 p.m.
Comercializador	ZINT	VTN pedido internet	2:00 p.m.	2:00 p.m.
Tradicional	ZDSD	VTN pedido <i>mobile</i>	6:00 p.m.	6:00 p.m.
	ZVNO	VTN-pedido manual	6:00 p.m.	6:00 p.m.
	ZAPP	VTN pedido APPs	6:00 p.m.	6:00 p.m.

Fuente: Elaboración propia.

En el manejo de las devoluciones se encuentran dos tipos: devoluciones en mal estado y devoluciones en buen estado, que se describen a continuación.

- Devolución en mal estado: Se da cuando el producto presenta deterioro en el punto de venta o cavas del cliente y posteriormente son devueltos a la

compañía ya que son productos no aptos para el consumidor. Se incluyen los productos que en el momento de la entrega no cumplen las condiciones para comercializarse.

- Devolución en buen estado: Son aquellos pedidos que no pudieron ser entregados al cliente el mismo día del despacho.

La compañía cuenta con una política de devoluciones que exige que no debe existir producto en mal estado (averiado/vencido) en el mercado. En la tabla 11 se puede observar la información de las devoluciones que se generan en promedio en un día de entrega en la ciudad de Santa Marta.

Tabla 11. Devoluciones en pesos y canastas rutas de Santa Marta.

Tipo de devoluciones	Devoluciones en \$\$	Devoluciones en canastas
Buenas	\$ 238.462	1
Malas	\$ 1.269.231	5
Total	\$ 1.507.692	6

Fuente: Elaboración propia.

El valor total de las devoluciones diarias es de \$1.507.692 pesos, esto representa una ocupación de 6 canastas en promedio.

7.2. Análisis de datos

Con base en los datos anteriores, se desarrolló un análisis de la situación actual de la distribución secundaria de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S para la ciudad de Santa Marta, seguido de la identificación de fortalezas y oportunidades de mejora, que se detallan a continuación.

7.2.1. Situación actual

El proceso de distribución que realiza Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta inicia con la recepción de los pedidos que son de diferentes tipos como

se expuso anteriormente. Para la transmisión de pedidos, se tienen establecidos unos horarios de corte que permiten establecer el horario de ingreso de las personas encargadas de realizar el proceso de alistamiento de los pedidos: canal moderno y comercializadores 2:00 p.m. y tradicional 6:00 p.m. Una vez recibidos los pedidos, son tratados por los auxiliares de información con rol de facturación que generan una etiqueta con códigos de barra para cada orden de compra, posteriormente, es leída con una terminal de radiofrecuencia por los auxiliares logísticos encargados de hacer el proceso de alistamiento de los pedidos en las diferentes estaciones de trabajo. El alistamiento de los pedidos se encuentra dividido en dos líneas de trabajo de 10 estaciones cada una. Las líneas de trabajo se encuentran especializadas por canal, por lo tanto, se cuenta con una línea de trabajo para los pedidos del canal moderno y una línea de trabajo para los clientes del canal de comercializadores y tradicional. Al final de la línea de procesamiento, las órdenes de compra se consolidan por clientes en estibas plásticas y pasan a la antecámara a la espera del vehículo asignado para el cargue. El tiempo estimado de alistamiento de las órdenes en cada una de las líneas es de 1,7 horas para los clientes del canal moderno y 1,2 horas para los clientes del canal de comercializadores y tradicional.

Una vez finalizada la preparación de las órdenes de compra, se le comparte el peso de los materiales facturados y la cantidad de canastas al coordinador de transporte, este asigna los vehículos con los cuales se va a atender las rutas teniendo en cuenta las restricciones de capacidad máxima de carga y los acuerdos de nivel de servicio establecidos para los diferentes canales.

El cargue de los vehículos inicia a las 2:00 a.m. aproximadamente y el tiempo empleado es de una hora en promedio. Una vez finalizado el cargue, el vehículo queda parqueado en el patio de maniobras hasta las 4:00 a.m. que llegan los auxiliares de distribución para iniciar el viaje hacia la ciudad de Santa Marta.

Los auxiliares de distribución inician su jornada laboral a las 4:00 a.m. y llegan a Santa Marta aproximadamente a las 6:00 a.m. Por lo general, todas las

rutas llevan clientes del canal moderno, por lo tanto, estos llegan a los diferentes puntos de venta de las cadenas Éxito, Olímpica, Metro, Carulla, Jumbo y autoservicios independientes con presencia local o regional. Los acuerdos de nivel de servicio pactados con los clientes del canal moderno que establecen ventanas de atención en las primeras horas de la mañana dificultan la posibilidad de reducir la cantidad de vehículos utilizados para realizar la distribución o aprovechar al máximo la capacidad de carga de los vehículos.

Según Mora (2008), el costo de los fletes sobre la venta es uno de los indicadores más relevantes para medir el desempeño de la gestión de la distribución de una organización y sirve para conocer el porcentaje de los gastos por transporte y de esta manera poder aplicar medidas que permitan una reducción de este importante costo. Para realizar el cálculo de este indicador, se toma el valor del gasto de transporte y la venta en un periodo de tiempo determinado que puede ser diario, semanal o mensual. Para obtener el resultado de este indicador empleamos la siguiente ecuación.

$$\text{Valor} = \frac{\text{Costo del transporte}}{\text{Valor total de las ventas}} \times 100$$

Partiendo de la información del valor mensual del gasto por el concepto de fletes suministrada en la tabla 5 (costo de los fletes de las rutas de Santa Marta) y el valor de la venta promedio al mes que se había expuesto en el capítulo 7, se procede a realizar el cálculo del indicador:

$$\text{Valor} = \frac{\$ 105.492.634}{\$ 2.830.000.000} \times 100$$

$$\text{Valor} = 3,73\%$$

El indicador de costo del flete sobre la venta calculado para la distribución secundaria en la ciudad de Santa Marta es de 3,73%. Este resultado se considera bueno, sin embargo, como se había expresado anteriormente, la compañía busca alternativas que le permitan realizar gestión sobre el resultado de este indicador.

Otro indicador relevante para medir la eficiencia del transporte es tasar el porcentaje de ocupación vehicular el cual permite determinar el nivel de aprovechamiento que se está realizando de los recursos disponibles. Mediante la siguiente ecuación obtenernos el resultado de este indicador:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Kilos transportados}}{\text{Capacidad de carga de los vehiculos}} \times 100$$

Con base en la información expuesta en la tabla 9, se obtiene un valor promedio de 8.885 kilos transportados diariamente, valor que contrasta con los datos de la capacidad de carga máxima expuesta en la tabla 2, que sumada arroja un valor de capacidad máxima de carga de 15.290 kilos (este valor se obtiene al sumar la capacidad de carga de los vehículos con los que se atiende la población de Santa Marta, 4 vehículos NPR, 1 vehículo NKR y 1 vehículo NHR)

$$\text{Valor} = \frac{8.885}{15.290} \times 100$$

$$\text{Valor} = 58,1\%$$

El resultado de este indicador permite afirmar que la empresa cuenta con una oportunidad de mejorar el porcentaje de ocupación de sus vehículos y de esta forma aprovechar en mayor medida la capacidad instalada que posee.

7.2.2. Fortalezas

Las fortalezas identificadas en el proceso de logística de distribución que realiza Alimentos Cárnicos S.A.S. permiten el apalancamiento de propuestas disruptivas que fortalezcan su red de distribución. A continuación, se describen las principales fortalezas identificadas.

- Recursos disponibles para realizar la distribución secundaria: la compañía cuenta con un número adecuado de vehículos exclusivos para atender la demanda de los clientes, así como con la posibilidad de realizar modificaciones a la tipología de vehículos requeridos, puesto que la

contratación de vehículos a través de la modalidad de fletes brinda la flexibilidad de solicitar los vehículos acordes a las necesidades de la operación.

- Planeación adecuada de las actividades de distribución: la empresa cuenta con un plan estratégico de gestión que le permite tener presente los objetivos estratégicos a corto, mediano y largo plazo. Esto le permite tomar medidas oportunas en busca del cumplimiento de las metas establecidas.
- Conocimiento amplio y suficiente de las características de los clientes que se atienden: se pueden realizar modificaciones en la red de distribución mientras se garantiza el cumplimiento de los acuerdos de servicio pactados.
- Posibilidad de generar sinergias con empresas del Grupo Nutresa para apalancar la distribución secundaria: al pertenecer al Grupo Nutresa, la empresa tiene la posibilidad de articular su red de distribución con las de otras empresas del grupo con presencia en la ciudad de Santa Marta en busca de oportunidades de fortalecimiento que les permitan a las empresas generar mejores resultados financieros y cambiar la dinámica de atención.

7.2.3. Oportunidades de mejora

A continuación, se presentan las oportunidades de mejora identificadas en el proceso de logística de distribución que realiza la empresa.

- Reducción de los costos de distribución: brindar una excelente experiencia de atención a los clientes sin dejar de ser rentable es un desafío para la empresa. Según Mora (2012), el costo del transporte y distribución es uno de los rubros más importantes y el más representativo de los costos logísticos y suelen ser cuantiosos para las empresas. Por lo tanto, la empresa tiene la oportunidad de implementar estrategias que le permitan una optimización de sus costos de distribución, a pesar contar con unos resultados favorables en el indicador de gastos de transportes sobre las

ventas calculado con anterioridad la compañía continua en la búsqueda de eficiencias en su red de distribución.

- Reducción de horas extras generadas por los auxiliares de distribución: las horas extras afectan directamente el costo del transporte y distribución al hacer parte de los costos variables que afectan las tarifas de los fletes de tal manera que, el reducir o eliminar la generación de tiempo adicional a la jornada máxima legal de trabajo de los auxiliares de distribución tendrá un impacto positivo en la negociación de las tarifas de los fletes y apunta al cumplimiento del objetivo estratégico de buscar eficiencias en las operaciones.
- Mejorar la calidad de vida de los auxiliares de distribución: los períodos de trabajo prolongados a las que se encuentran expuestos los auxiliares de distribución que realizan la entrega de los pedidos en Santa Marta minimiza su tiempo para el descanso y esparcimiento. De esta forma, se evidencia una oportunidad de ofrecer a estas personas un equilibrio completo entre las aristas profesional y personal.
- Incrementar el porcentaje de ocupación vehicular: el modelo de atención que tiene implementado la empresa actualmente le permite tener un porcentaje de ocupación de los vehículos del 58,1% en promedio. Por consiguiente, existe una oportunidad de realizar un mayor aprovechamiento de la capacidad de carga ofrecida por los vehículos que derive en un proceso de distribución secundaria más eficiente.

8. Plan de intervención

El plan de intervención propuesto se divide en dos secciones, en la primera parte se describe en modelo matemático propuesto para la optimización y su aplicación en el software integral de planificación de rutas Roadnet. Seguidamente se exponen los cambios necesarios en los procesos operativos para la implementación de la plataforma.

8.1. Modelo para la optimización de las rutas

A continuación, se describe el modelo de optimización empleado para el diseño de las nuevas rutas de distribución de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. con la introducción de un nuevo nodo en la ciudad de Santa Marta, el objetivo de este modelo es garantizar el cumplimiento de los requerimientos propios de la distribución que realiza la empresa teniendo en cuenta variables como peso y volumen de la carga a transportar, el número y la capacidad medida en peso y volumen máximo que puede transportar un vehículo, el costo de servicio de transporte por tipo de vehículo, los tiempos de servicio y las ventanas horarias que atienden los clientes, la velocidad promedio y otras, así mismo cumplir con los objetivos de minimización del costo fijo, la maximización del uso de la carga contratada y la maximización del número de entregas de órdenes de venta en un modelo que sea técnica y económicamente viable para su aplicación a su realidad.

Teniendo en cuenta que la finalidad de este trabajo es construir una propuesta de optimización para atender la población de Santa Marta se utilizó como modelo referencia el problema de enrutamiento de vehículos con ventanas de tiempo VRPTW (Vehicle routing problem with time Windows) planteado por Reyes (2016). El problema se puede describir como la elección de rutas para un número limitado de vehículos para atender a un grupo de clientes en las ventanas de tiempo. Cada vehículo tiene una capacidad limitada. Comienza desde el depósito

y termina en el depósito. Cada cliente debe ser atendido exactamente una vez. El objetivo del VRPTW es minimizar los costos totales de transporte.

El problema de enrutamiento de vehículos mixtos y de tamaño de flota con ventanas de tiempo FSMVRPTW (Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows) es una variación del conocido VRP. Se puede definir como un problema combinado de planificación y programación de rutas de vehículos que a menudo surge en muchas aplicaciones del mundo real. Consiste en optimizar el uso de una flota de vehículos que deben realizar un número de paradas para atender a un conjunto de clientes, y especificar a qué clientes debe atender cada vehículo y en qué orden para minimizar el costo, sujeto a la capacidad del vehículo y restricciones de tiempo de servicio Ellabib, Otman, & Calamai, (2002). El problema consiste en la asignación de vehículos a los viajes de manera que el costo de asignación y el costo de enrutamiento correspondiente sean mínimos, al mismo tiempo contempla la composición y el enrutamiento de una flota de vehículos heterogéneos destinados a servir a un conjunto dado de clientes. Para dar solución al problema de enrutamiento es necesario diseñar unas rutas que permitan minimizar el costo con origen y finalización en un depósito central y que atiendan a clientes con demandas conocidas, dentro de ventanas de tiempo dadas.

8.1.1. Características del modelo seleccionado

El modelo seleccionado para satisfacer las necesidades de optimización tiene las siguientes características:

- En el problema hay $n + 1$ puntos dispersos geográficamente, $N = \{0, 1, 2, \dots, n\}$.
- Cada ruta comienza y termina en el depósito central ($i = 0$), respetando su horario de trabajo limitado por $[e_0, l_0]$.
- Cada cliente i ($i = 1, 2, \dots, n$) tiene una demanda predeterminada q_i , un tiempo de servicio s_i , y el tiempo de inicio del servicio debe estar dentro de una ventana de tiempo específica, es decir, entre los instantes de tiempo e_i e l_i .

- La distancia d_{ij} y el tiempo de viaje t_{ij} entre cada par de puntos se conocen antes de definir el plan de ruta.
- Hay K diferentes tipos de vehículos disponibles.
- Cada tipo de vehículo k ($k = 1, 2, \dots, K$) tiene una capacidad de carga a_k ($a_1 < a_2 < \dots < a_K$).
- El costo de cada vehículo tiene un valor fijo para cada rango de distancia predefinido, es decir, cada vehículo k tiene un costo C_{kf} si su distancia total recorrida varía de W_f a W_{f+1} para $f = 0, 1, 2, \dots, F-1$, donde $F-1$ es el penúltimo rango de distancia.
- El último rango, F , es una excepción, ya que no tiene límite superior y el costo crece linealmente, comenzando desde $C_{k,F-1}$, más C_{kF} por cada unidad de distancia agregada. Por lo tanto, dada una distancia recorrida $d > 0$, la función de costo de paso C_k para el vehículo k .

8.2. Formulación del modelo

Para realizar la formulación del modelo matemático se tomó como base el expuesto en el artículo “Step cost functions in a fleet size and mix vehicle routing problem with time Windows” que describe la situación de una empresa que tiene la logística de distribución contratada con un operador logístico de terceros (3PL), cuyos costos de flete se calculan utilizando funciones de costo de paso discontinuo. Denominando el caso como un Problema de Ruteo de Vehículos Mixtos y Tamaño de Flota con Ventanas de Tiempo y Costo de Paso, que se denominará con las siglas FSMVRPTWSC como anteriormente se había definido.

8.2.1. Conjuntos

$p, i, j,$	Clientes
k	Tipo de vehículo
v	Vehículos
f	Rango de distancia

8.2.2. Parámetros

n	Número total de clientes
t_{ij}	Tiempo de viaje del cliente i al cliente j
K	Número de tipos de vehículos disponibles
d_{ij}	Distancia del cliente i (depósito si $i = 0$) al cliente j (depósito si $j = 0$)
F	Número de rangos de distancia
s_i	Tiempo de servicio en el cliente i
q_i	Demanda del cliente i
e_i	Tiempo más temprano para comenzar el servicio del cliente i
l_i	Última hora para comenzar el servicio en el cliente i
a_k	Capacidad de carga de un vehículo de tipo k
W_f	Límite superior del rango de distancias $f - 1$
C_{kf}	Coste del vehículo k para distancias $d \in (W_f, W_{f+1}]$ para alguna $f = 0, 1, 2, \dots, F - 1$
C_{kF}	Pendiente del costo lineal del vehículo k para distancias $d > W_F$
V	Límite superior del número de vehículos requeridos (definido como $V = n$)
M	Número positivo muy grande.

8.2.3. Variables de decisión

x_{ij}^v	1 si el vehículo v viaja de i a j , 0 de lo contrario
z_{kf}^v	1 si el vehículo v es de tipo k y recorre una distancia en el rango f , 0 de lo contrario
b_i	Inicio de servicio del cliente i
D_f^v	Distancia total recorrida por el vehículo v en el rango de distancia f
P^v	Costo del vehículo v .

8.3. Función objetivo

A continuación, se presenta un modelo MILP para el FSMVRPTWSC. Los elementos básicos se basan en el modelo presentado por Bruce, Arjang , Levy, & Gheysens, (1984), para la FSMVRP. Con elementos para considerar las limitaciones de las ventanas de tiempo y el costo de fletes.

$$\text{Min } \sum_{v=1}^V P^v \tag{1}$$

8.3.1. Restricciones

El modelo propuesto está sujeto al cumplimiento de las siguientes restricciones.

$$\sum_{j=0}^n x_{0j}^v \leq 1 \tag{2} \quad v = 1, \dots, V,$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ip}^v - \sum_{j=0}^n x_{pj}^v = 0 \tag{3} \quad v = 1, \dots, V, p = 0, \dots, n,$$

$$\sum_{v=1}^V \sum_{i=0}^n x_{ij}^v = 1 \tag{4} \quad j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^n q_j x_{ij}^v \leq \sum_{f=0}^F \sum_{k=1}^K a_k z_{kf}^v \tag{5} \quad v = 1, \dots, V,$$

$$b_i + s_i + t_{ij} - M(1 - \sum_{v=1}^V x_{ij}^v) \leq b_j \tag{6} \quad i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n,$$

$$e_i \leq b_i \leq l_i \tag{7} \quad i = 1, \dots, n,$$

$$b_i - t_{0i} + M(1 - \sum_{v=1}^V x_{0i}^v) \geq e_0 \quad i, \dots, n, (8)$$

$$b_i + s_i + t_{i0} - M(1 - \sum_{v=1}^V x_{i0}^v) \leq l_0 \quad i = 1, \dots, n, (9)$$

$$\sum_{f=1}^F D_f^v = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n x_{ij}^v d_{ij} \quad v = 1, \dots, V, (10)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{f=0}^F z_{kf}^v = 1 \quad v = 1, \dots, V, (11)$$

$$\sum_{k=1}^K z_{k0}^v + \sum_{j=0}^n x_{0j}^v = 1 \quad v = 1, \dots, V, (12)$$

$$D_f^v \leq W_{f+1} \sum_{k=1}^K z_{kf}^v \quad v = 1, \dots, V, f = 1, \dots, F - 1, (13)$$

$$D_F^v \leq M \sum_{k=1}^K z_{kF}^v \quad v = 1, \dots, V, (14)$$

$$D_F^v \geq W_F \sum_{k=1}^K z_{kF}^v \quad v = 1, \dots, V, (15)$$

$$P^v \geq \sum_{k=1}^K \sum_{f=1}^{F-1} z_{kf}^v C_{kf} \quad v = 1, \dots, V, (16)$$

$$P^v \geq z_{kF}^v C_{k,F-1} + C_{kF}(D_F^v - W_F) \quad v = 1, \dots, V, k = 1, \dots, K, (17)$$

$$D_f^v \geq 0 \quad v = 1, \dots, V, f = 0, \dots, F, (18)$$

$$x_{ij}^v \in \{0, 1\} \quad v = 1, \dots, V, i = 0, \dots, n, j = 0, \dots, n, (19)$$

$$z_{kf}^v \in \{0, 1\}$$

$$v = 1, \dots, V, k = 1, \dots, K, f = 0, \dots, F, (20)$$

En la función objetivo (1), se minimiza el costo total de los vehículos utilizados en la ruta.

Las restricciones (2) establecen que cada vehículo puede realizar como máximo una sola ruta. Restricciones (3) definir que si un vehículo v visita a un cliente p , entonces tiene que pasar al siguiente cliente o volver al depósito.

Las restricciones (4) aseguran que cada cliente sea visitado por exactamente un vehículo. Restricciones (2), (3) y (4) juntos garantizan que todas las rutas comienzan y terminan en el depósito y que son realizadas por diferentes vehículos.

Las restricciones (5) determinan el tipo de vehículo v según a la demanda total asociada a cada ruta. Las restricciones (6) establecen el tiempo mínimo para el inicio del servicio en un cliente j por un vehículo v y evitar rutas secundarias.

Restricciones (7) asegurarse de que todos los clientes sean visitados dentro de sus ventanas de tiempo y, específicamente para el depósito, Las restricciones (8) garantizan que ningún vehículo salga del depósito antes de e_0 . Restricciones (9) establecer que los vehículos deben regresar al depósito antes de que finalice su ventana de tiempo (l_0).

Los siguientes conjuntos de restricciones están particularmente conectados con el FSMVRPTWSC atributos. Las restricciones (10–15) vinculan la distancia total de una ruta con la distancia correspondiente rango; mientras que las restricciones (16,17) determinan el costo. Las restricciones (10) calculan la distancia total recorrida por cada vehículo v . Las restricciones (11) establecen que cada vehículo v debe ser de un solo tipo k y que su distancia recorrida debe estar

dentro de un rango de distancia f , es decir, una sola variable z_{kf}^v puede ser igual a uno.

Las restricciones (12) determinan que el vehículo está a una distancia rango 0, cuando no se recorre ninguna distancia y por tanto el vehículo no realiza ninguna ruta, o si realiza alguna ruta, debe partir desde el depósito. Las restricciones (13) dicen que si una ruta está dentro del rango f entonces su distancia no puede exceder el límite superior del rango W_{f+1} . Como se definió anteriormente, no existe una distancia máxima al último rango (F) por lo que, específicamente para este rango,

Las restricciones (14) limitan la distancia del último rango a un valor grande de M , que es la distancia máxima posible de una ruta en el problema que se resuelve. Como se trata de un problema de minimización, basta con imponer un límite superior a la distancia de la ruta para asignar una ruta a un rango. Esto se debe a que asignar un rango más alto innecesario a una ruta aumenta sus costos, ya que los costos se fijan por rango, cuanto mayor sea el rango, más cuesta.

La única excepción es el último rango ($f = F$), cuyos costos no son fijos y, si se asignan distancias más bajas a este rango de distancia, podría proporcionar costos más bajos que si se asignaran a rangos de distancia más bajos. Por esta razón, las restricciones (15) limitan la distancia de ruta asignada al último rango (F) para que sea mayor que su distancia mínima.

Es relevante notar que los vehículos que no realizan ninguna ruta tienen $\sum_{f=1}^F D_f^v = 0$ y debe asignarse al rango $f = 0$, para garantizar que no se genere ningún costo. De hecho $f = 0$ no está en las restricciones (13)–(15), pero sí en (11) y (12). cuando $\sum_{f=1}^F D_f^v = 0$, las restricciones (13) y (14) están inactivas y las restricciones (15) fuerzan $z_{kf}^v = 0$; esta configuración permite cualquier z_{kf}^v sea igual a uno para f que va de 0 a $F - 1$. Como se trata de un problema de minimización, las mejores soluciones siempre tendrán $z_{k0}^v = 1$, ya que esta asignación genera $P^v = 0$, lo que es el costo mínimo posible para un vehículo.

Las restricciones (16) y (17) definen el valor mínimo del costo P^v del vehículo v . Las restricciones (16) se activan solo para rangos de distancia f donde los costos son fijos ($1 \leq f \leq F - 1$). Las restricciones (17) se activan solo para $f = F$, en el que el costo crece linealmente a partir de $C_{k,F-1}$. Los conjuntos de restricciones (18–20) denotan el dominio de las variables.

8.4. Modelo de optimización de rutas mediante Roadnet

Roadnet, es un programa integral de planificación de rutas que programa y asigna rutas a su equipo de manera eficaz. este se puede utilizar para crear rutas estándar o modificaciones de rutas estándar, que se pueden agregar al conjunto y utilizarse como base para futuras planificaciones de rutas. Una vez que creadas las nuevas rutas, puede utilizar las múltiples herramientas y reportes que ofrece Roadnet para analizar y cambiar las nuevas rutas según sea necesario.

Este software es una herramienta que ofrece una versátil solución empresarial que brinda a sus clientes una herramienta de enrutamiento táctica y efectiva para optimizar las operaciones diarias de entrega y servicio en solo minutos. asegurando la mayor cantidad de eficiencias para mejorar el servicio al cliente y reducir los costos de entrega. Permite el diseño las rutas manera eficiente, mediante la utilización de algoritmos heurísticos constructivistas para la categorización de la información de clientes y secuenciación de visitas, teniendo en cuenta variables como la distancias entre clientes, el tiempo de servicio, la capacidad de carga de los vehículos disponibles, las restricciones de las vías, entre otros, Gutiérrez, Palacio, & Villegas (2007).

Este software es compatible con el sistema operativo de Windows y tiene la ventaja de poder procesar gran volumen de información en relación al número de paradas, cantidad de vehículos y de productos diferentes. El procesamiento de la información y entregable de las soluciones generadas por el software se obtienen en tiempos muy cortos en ocasiones inferiores a un minuto, en los casos donde no

se asignan restricciones de ventana de atención, mediante la utilizando algoritmos heurísticos propios de la herramienta.

Las principales ventajas que ofrece Roadnet se asocian con la flexibilidad que tiene para programar paradas en tiempo real, la flexibilidad para hacer ruteo diario, y la capacidad adicionar variables las condiciones vías y desempeño del tráfico en las zonas donde se realiza el ruteo. Además, le permite al usuario la posibilidad de evaluar diferentes criterios de optimización acorde a las necesidades de la operación de distribución, asignación de ventanas atención y la posibilidad de visualizar las soluciones de manera interactiva en el mapa de la zona de influencia.

Para mostrar los resultados y su análisis se parte del contraste de dos escenarios valorizados, el primer escenario corresponde al modelo mediante el cual la empresa opera su distribución actualmente, considerado como línea base o escenario base para medir el modelo propuesto, el segundo escenario corresponde al generado mediante la utilización del software Roadnet, el segundo escenario se realiza a partir de la información de las condiciones actuales, corriendo el modelo de ruteo propuesto, lo que reflejará un escenario optimizado y sobre el cual se harán las respectivas comparaciones, que permitan determinar la viabilidad de la implementación de la propuesta y el beneficio para la empresa en su proceso de distribución.

Posterior a la validación de los resultados del modelo base, se generó el nuevo diseño de las rutas dando libertad al modelo para reasignar los clientes y los vehículos, garantizando el cumplimiento de las restricciones de ventana de servicio y tiempos de ruta.

8.4.1. Configuración inicial del modelo en Roadnet

El primer paso para utilizar Roadnet es configurar y mantener los datos. Es introducir toda la información esencial acerca de sus clientes que luego utilizará para crear sus rutas. Antes de comenzar a crear las rutas, se debe cargar la siguiente información: agregar regiones, agregar tipos de equipo, agregar equipos,

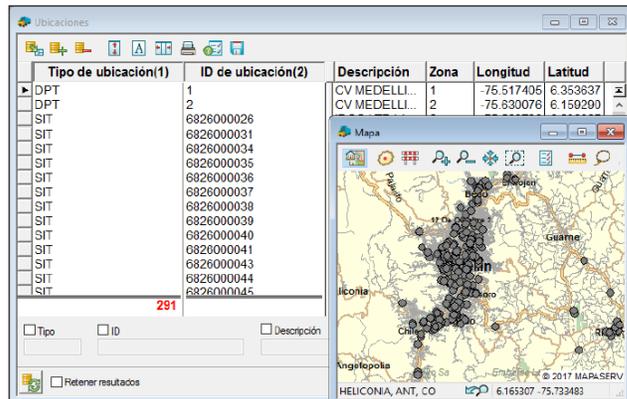
agregar tipos de empleado, agregar empleados, agregar conductores, agregar escenarios, agregar tipos de tiempo de servicio, agregar tipos de ventana de servicio, agregar tipos de ubicación y configurar las opciones. La planificación de ruta permite asignar rutas a sus órdenes diarias, evaluar las rutas posteriores y cambiarlas según sea necesario. Se puede asignar equipos y conductores a las rutas y cargar la información de planificación de ruta resultante. El software de planificación de ruta permite crear rutas estándar y rutas diarias. Las rutas diarias pueden ser rutas estándar o dinámicas o una combinación de ambas. Las rutas estándar son rutas con ubicaciones específicas en un cierto orden. Si se utiliza la planificación de ruta estándar, cuando se reciben órdenes para cualquiera de las paradas de la ruta estándar, esas paradas se incluyen en la ruta del día. Uno de los beneficios de utilizar rutas estándar es que permiten saber qué conductores visitarán a qué clientes cada día. Además, las rutas estándar suelen requerir menos mantenimiento. La desventaja de este tipo de rutas es que generalmente resultan más costosas. Las rutas dinámicas se planifican desde cero a partir de las órdenes de ese día y tienden a ser menos caras, pero requieren más mantenimiento ya que la información de ubicación, equipo y conductor debe estar siempre actualizada.

El diseño del escenario de optimización propuesto inicia con la configuración del modelo a partir de los requerimientos del software, mediante la ejecución de los siguientes pasos:

Paso 1: Creación de clientes y almacenes, como se puede ver en la figura 13, hace relación a toda la información relacionada con la ubicación de los clientes y los acuerdos de servicio pactados, entre los que se encuentran:

- ID o código único de la ubicación
- Coordenadas geográficas (latitud y longitud)
- Hora de apertura y de cierre
- Hora de inicio y finalización de las ventanas de atención
- Definir el tipo de ubicación (SIT: cliente, DPT: depósito)
- ID del depósito

Figura 13. Creación de clientes y almacenes en Roadnet



Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

Paso 2: Creación de tipos de vehículos, como se evidencia en la figura 14, esta información hace relación a la tipología de vehículos que se maneja en la operación, capacidad de carga y los costos asociados.

- ID de tipo de vehículo
- Capacidad de carga
- Costo fijo diario
- Costo variable por kilómetro recorrido

Figura 14. Creación de tipología de vehículos en Roadnet

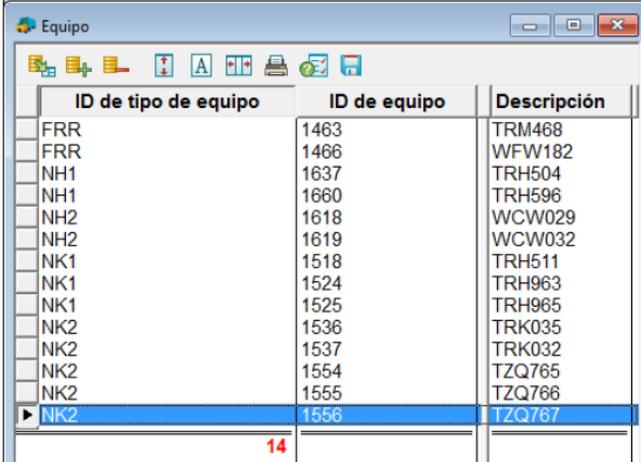


Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

Paso 3: Creación de vehículos, en la figura se puede apreciar la configuración de los vehículos, se deben crear todos los vehículos que se tengan disponibles, con sus características.

- ID único por cada vehículo
- ID de tipo de vehículo
- Descripción (placa)

Figura 15. Creación de vehículos en Roadnet



ID de tipo de equipo	ID de equipo	Descripción
<input type="checkbox"/> FRR	1463	TRM468
<input type="checkbox"/> FRR	1466	WFW182
<input type="checkbox"/> NH1	1637	TRH504
<input type="checkbox"/> NH1	1660	TRH596
<input type="checkbox"/> NH2	1618	WCW029
<input type="checkbox"/> NH2	1619	WCW032
<input type="checkbox"/> NK1	1518	TRH511
<input type="checkbox"/> NK1	1524	TRH963
<input type="checkbox"/> NK1	1525	TRH965
<input type="checkbox"/> NK2	1536	TRK035
<input type="checkbox"/> NK2	1537	TRK032
<input type="checkbox"/> NK2	1554	TZQ765
<input type="checkbox"/> NK2	1555	TZQ766
<input checked="" type="checkbox"/> NK2	1556	TZQ767

14

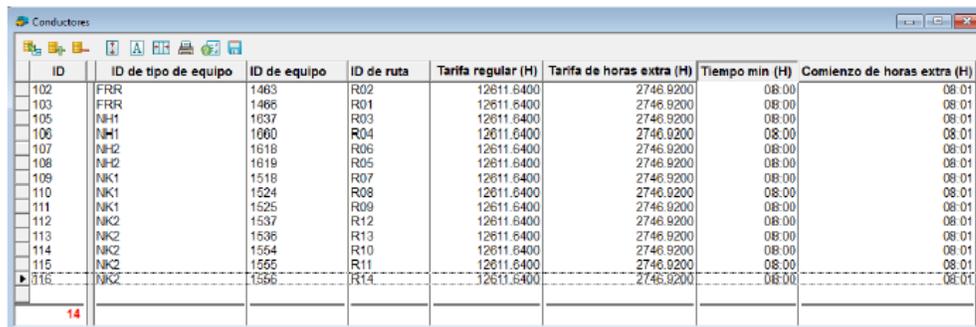
Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

Paso 4: Creación de conductores, Los conductores son empleados que el sistema rastrea diariamente, se puede especificar la forma de pago correspondiente a cada conductor; dicha información se utilizará en el cálculo del costo total de una ruta.

Al agregar un conductor, también puede asignar el equipo que ese conductor utiliza normalmente, esta información es indispensable para el diseño del modelo puesto que es la base para el cálculo del tiempo de servicio, elemento necesario para medir el costo de las rutas que se asocia a la duración de las rutas y la cantidad de horas necesarias para su realización, en la figura 16 se expone un ejemplo de la información que se puede cargar a los conductores., se deben definir la siguiente información:

- ID por cada conductor
- ID de ruta que ejecuta cada conductor
- ID del tipo de vehículo que conduce
- Costo por unidad de tiempo laborada en jornada ordinaria (H)
- Costo por unidad de tiempo laborada en tiempo extra (H)
- Jornada de trabajo máxima (H)
- Hora de inicio del tiempo extra (H)
-

Figura 16. Información de conductores en Roadnet



ID	ID de tipo de equipo	ID de equipo	ID de ruta	Tarifa regular (H)	Tarifa de horas extra (H)	Tiempo min (H)	Comienzo de horas extra (H)
102	FRR	1463	R02	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
103	FRR	1466	R01	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
105	NH1	1837	R03	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
106	NH1	1860	R04	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
107	NH2	1818	R06	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
108	NH2	1819	R05	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
109	NK1	1518	R07	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
110	NK1	1524	R08	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
111	NK1	1525	R09	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
112	NK2	1537	R12	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
113	NK2	1538	R13	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
114	NK2	1554	R10	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
115	NK2	1555	R11	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01
116	NK2	1556	R14	12611.6400	2746.9200	08:00	08:01

Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

Paso 5: Restricciones especiales, en este modelo no se contempla la implementación de restricciones especiales, sin embargo, en software da la posibilidad crear diferentes restricciones tales como:

- Límite de velocidad
- Utilización de escoltas
- Cierres viales

Con estos cinco pasos se completa la configuración inicial del programa y se habilita para que realice el rediseño de rutas y asignación de clientes con completa autonomía, considerando las restricciones de acuerdo de servicio que se configuran a continuación.

8.4.2. Parametrización de condiciones

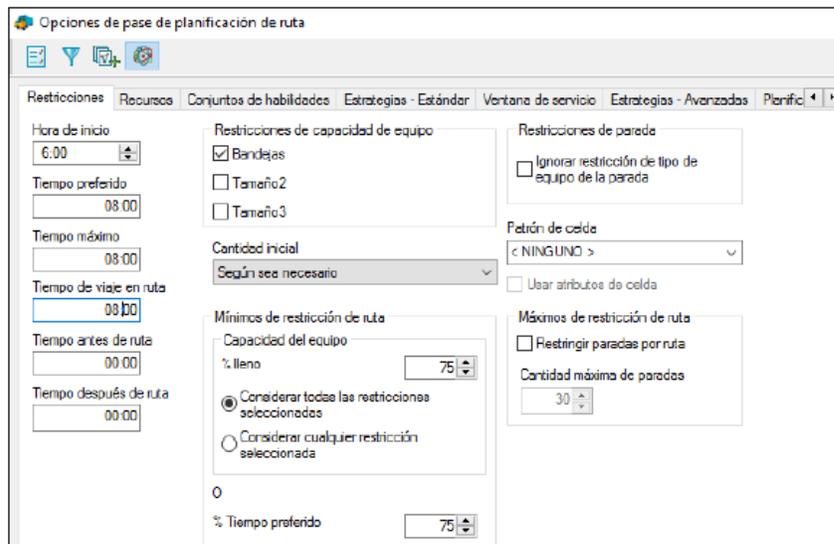
Para garantizar una correcta optimización de las rutas se deben ingresar a Roadnet las condiciones comerciales definidos en los acuerdos de nivel de servicio y los recursos disponibles para la atención. Estos se describen a continuación:

8.4.2.1. Restricciones

Las restricciones en el modelo buscar garantizar en cumplimiento de los acuerdos de servicio y a la vez garantizar la maximización de la flota disponible, mientras hace un aprovechamiento adecuado del tiempo de servicio, en la figura 17 se pueden apreciar las restricciones que se asignaron para el diseño de las rutas, que comprenden:

- Hora de inicio de los recorridos
- Tiempo ideal y el tiempo máximo de duración de las rutas
- Unidad de medida que restringe la capacidad de los vehículos
- Porcentaje mínimo de densificación
- Tiempo de ruta objetivo

Figura 17. Restricciones del modelo en Roadnet

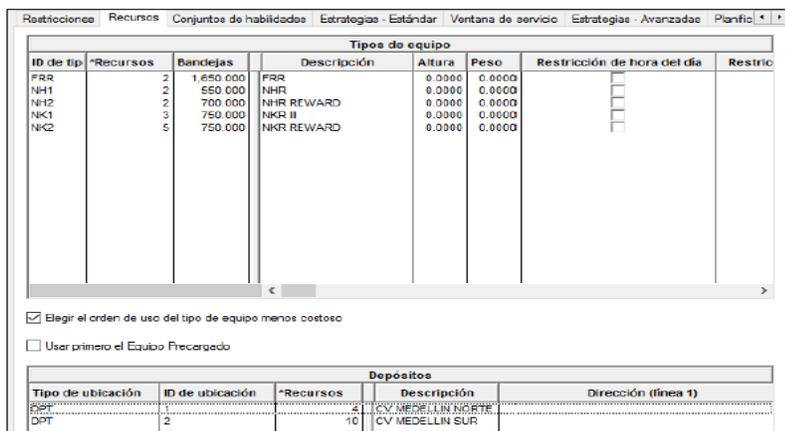


Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

8.4.2.2. Recursos

En recursos se debe establecer la cantidad de vehículos disponibles de cada tipo, y la asignación de estos a cada depósito, así como el orden en que serán asignados los vehículos a las rutas creadas, en la figura 18 se muestran una relación de recursos asignados a un depósito.

Figura 18. Recursos disponibles del modelo en Roadnet



Tipo de equipo							
ID de tip	*Recursos	Bandejas	Descripción	Altura	Peso	Restricción de hora del día	Restric
FR2	2	1.650.000	FR2	0.0000	0.0000	<input type="checkbox"/>	
NH1	2	650.000	NHR	0.0000	0.0000	<input type="checkbox"/>	
NH2	2	700.000	NHR REWARD	0.0000	0.0000	<input type="checkbox"/>	
NK1	3	750.000	NKR II	0.0000	0.0000	<input type="checkbox"/>	
NK2	5	750.000	NKR REWARD	0.0000	0.0000	<input type="checkbox"/>	

Depositos				
Tipo de ubicación	ID de ubicación	*Recursos	Descripción	Dirección (línea 1)
DPT	2	10	CV MEDELLIN SUR	

Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

8.4.2.3. Estrategia estándar

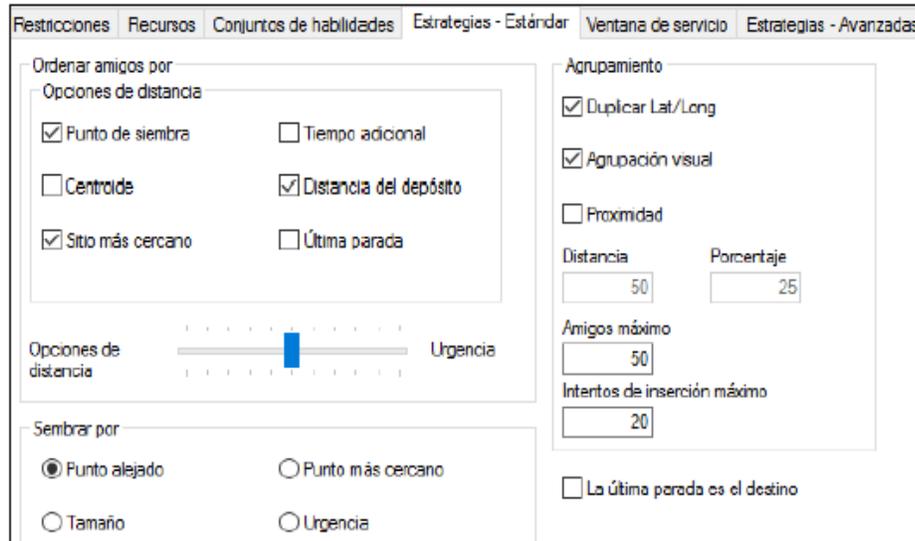
La sección de estrategias estándar permite elegir la manera en que Roadnet analizará las diferentes ubicaciones y elegirá las que formarán parte de cada ruta, como también el orden que tendrán al planificar la ruta, es decir, define los criterios empleados por el software para la creación de las rutas.

La configuración de la figura 19 le indica a Roadnet que la construcción de las rutas debe iniciar a partir del punto más lejano del depósito, seguidamente debe asignar los clientes a una misma ruta teniendo en cuenta la proximidad entre las opciones de clientes disponibles y los clientes que ya están asignados, para esto utiliza las coordenadas geográficas de tal forma que se realicen agrupaciones de clientes que se traducen en las rutas diseñadas.

En la configuración de las rutas se establece el límite máximo de clientes que se puede atender por ruta, máximo 50 clientes, otra condición que se fijó para el diseño de las rutas es limitar los intentos de interacción a un máximo de 20 veces,

lo que permite una respuesta más rápida a la construcción de las rutas, puesto que permite que los clientes que se encuentren muy dispersos en el territorio a planificar se puedan asignar de forma manual.

Figura 19. Variables de estrategia estándar



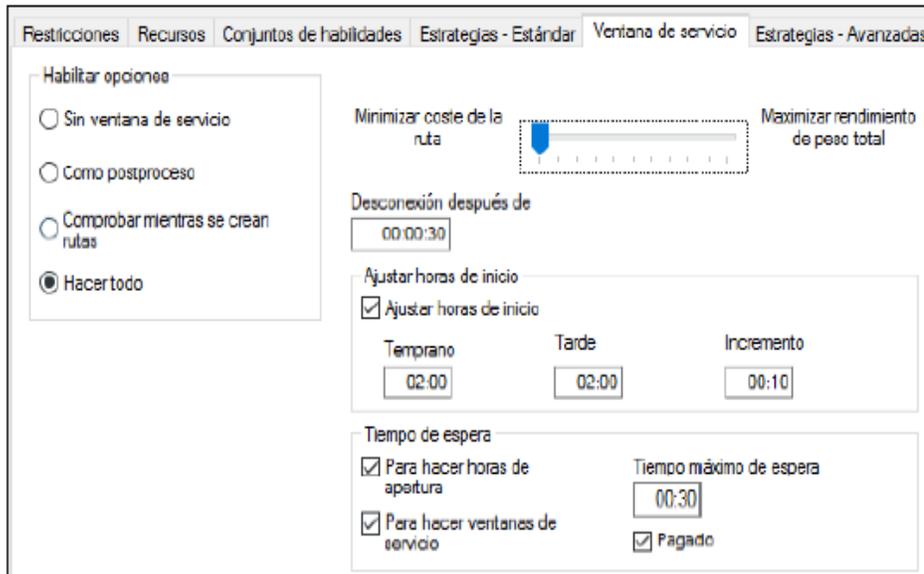
Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

8.4.2.4. Ventana de servicio

La ventana de servicio hace relación a la hora de inicio y hora de finalización de los períodos en que la ubicación prefiere recibir entregas. Puede haber hasta dos períodos de ventana de servicio. Todas las horas utilizan un reloj de 24 horas, estas restricciones aseguran el cumplimiento de la promesa de servicio que se tiene pactada con los clientes, es especial con aquellos que se tiene horario de entrega pactado por lo tanto son fundamentales para el diseño de las rutas optimizadas, la configuración se puede apreciar en la figura 20, se estableció que las rutas deben salir del depósito a las 6:00 am y la asignación de clientes se puede realizar en una ruta cuando se disponga de un tiempo inferior a 30 minutos luego de secuenciar la última entrega.

En línea con el objetivo de optimizar las rutas se establece la restricción de minimizar el costo de las rutas al realizar la construcción de los recorridos.

Figura 20. Ventana de servicio en Roadnet



Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

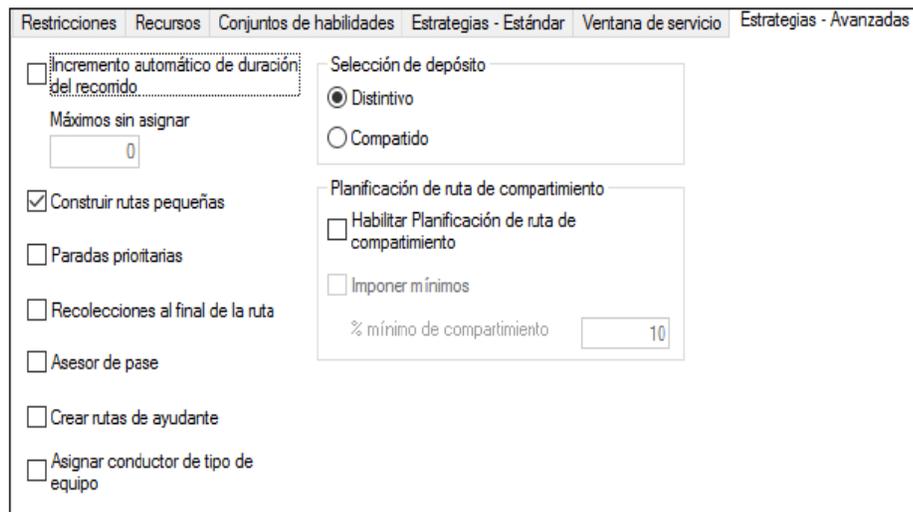
8.4.2.5. Estrategias avanzadas

Permite seleccionar algunas estrategias adicionales que se utilizarán al crear las rutas como se muestra en la figura 21, tales como:

- Incremento automático de duración del recorrido una vez creadas las rutas, si se supera la cantidad máxima de paradas sin asignar permitida en el campo Máx., Roadnet volverá a crear las rutas hasta que se llegue al máximo nivel de paradas sin asignar o las rutas excedan el tiempo de recorrido máximo.
- Incorporar rutas pequeñas permite que Roadnet incorpore rutas que no cumplen con los mínimos especificados en la página Restricciones.
- Paradas prioritarias planifica la ruta de las paradas según las prioridades. Si se activa esta opción, a todas las ubicaciones cuya Prioridad de parada sea de 9 se les asignará la ruta primero, luego a las que tengan una prioridad de 8, etc. Es posible tener más de una parada cuya prioridad sea de 9 en una ruta, pero todas las que tengan una prioridad de parada de 9 se entregarán antes que las de 8.

La opción de selección de depósito “Distintivo” indica que cada cliente debe ser atendido desde el depósito asignado inicialmente y es la que se consideró para este escenario de optimización. Se habilita la opción de “Construir rutas pequeñas” para dar libertad a Roadnet de creen nuevas rutas con pocos clientes, siempre y cuando se cumpla con el objetivo de optimización y validando las restricciones de capacidad máxima de ocupación en los vehículos y los tiempos de ruta.

Figura 21. Estrategias avanzadas



Fuente: Elaboración propia a partir de Roadnet

Al finalizar la parametrización de las restricciones acorde a las necesidades de optimización se realizó el cargue de la base de datos de los clientes, los resultados de las rutas obtenidas bajo del modelo de optimización generado por Roadnet se pueden apreciar en la tabla 12, la efectividad de la propuesta de optimización se valida al lograr una reducción de los tiempos en ruta del 46,1% en promedio en las cinco rutas que se obtienen en el escenario propuesto. La planificación realizada con el software de optimización Roadnet para las rutas con la introducción del nuevo nodo le permite a la empresa eliminar una de las rutas que actualmente tiene y redistribuir los clientes de tal forma que se atienda la población con cinco rutas, garantizando el cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio negociado con los clientes y el cumplimiento de las ventanas de atención.

Tabla 12. Comparativo de rutas actuales Vs propuesta

Día	Rutas actuales		Rutas propuestas		Variación	
	Ruta	Tiempo en ruta	Ruta	Tiempo en ruta	Tiempo	Porcentaje
Lunes	BAF001	13,00	BAF001_LUN	4,00	-9,00	69,2%
	BAF002	12,83	BAF002_LUN	5,89	-6,94	54,1%
	BAF003	13,17	BAF003_LUN	6,31	-6,86	52,1%
	BAF004	12,62	BAF004_LUN	5,49	-7,13	56,5%
	BAF005	12,98	BAF005_LUN	5,61	-7,37	56,8%
	BAF006	13,03		0,00	-13,03	100,0%
Martes	BAF001	12,78	BAF001_MAR	8,24	-4,54	35,5%
	BAF002	13,03	BAF002_MAR	8,17	-4,86	37,3%
	BAF003	13,10	BAF003_MAR	8,78	-4,32	33,0%
	BAF004	12,83	BAF004_MAR	8,36	-4,47	34,8%
	BAF005	12,97	BAF005_MAR	8,34	-4,63	35,7%
	BAF006	12,48		0,00	-12,48	100,0%
Miércoles	BAF001	12,75	BAF001_MIE	6,68	-6,07	47,6%
	BAF002	12,50	BAF002_MIE	6,36	-6,14	49,1%
	BAF003	13,17	BAF003_MIE	6,53	-6,64	50,4%
	BAF004	12,25	BAF004_MIE	5,69	-6,56	53,5%
	BAF005	13,02	BAF005_MIE	5,63	-7,39	56,8%
	BAF006	12,88		0,00	-12,88	100,0%
Jueves	BAF001	12,80	BAF001_JUE	6,50	-6,30	49,2%
	BAF002	13,08	BAF002_JUE	8,06	-5,02	38,4%
	BAF003	13,30	BAF003_JUE	7,57	-5,73	43,1%
	BAF004	12,38	BAF004_JUE	6,32	-6,06	48,9%
	BAF005	12,48	BAF005_JUE	6,99	-5,49	44,0%
	BAF006	12,03		0,00	-12,03	100,0%
Viernes	BAF001	12,95	BAF001_VIE	7,30	-5,65	43,6%
	BAF002	12,82	BAF002_VIE	6,98	-5,84	45,5%
	BAF003	13,13	BAF003_VIE	5,46	-7,67	58,4%
	BAF004	13,33	BAF004_VIE	7,45	-5,88	44,1%
	BAF005	12,90	BAF005_VIE	6,56	-6,34	49,1%
	BAF006	12,80		0,00	-12,80	100,0%
Sábado	BAF001	13,07	BAF001_SAB	7,57	-5,50	42,1%
	BAF002	11,90	BAF002_SAB	7,82	-4,08	34,3%
	BAF003	13,13	BAF003_SAB	7,80	-5,33	40,6%
	BAF004	13,22	BAF004_SAB	7,87	-5,35	40,5%
	BAF005	12,98	BAF005_SAB	7,98	-5,00	38,5%
	BAF006	12,88			-12,88	100,0%

Fuente: Elaboración propia

8.5. Procesos operativos

A continuación, se describen los procesos operativos relacionados con el procesamiento de las órdenes de compra solicitadas por los clientes, teniendo en cuenta la implementación de la plataforma de *cross docking* en la ciudad de Santa Marta, los cuales continúan a cargo del centro de distribución ubicado en B.

8.5.1. Recepción de pedidos

Cuando la empresa recibe un pedido de un cliente, los detalles del pedido (incluidos los artículos, las cantidades de los artículos, los detalles de envío y las direcciones de entrega) ingresan al sistema de información SAP. Las órdenes de compra generadas por los clientes pueden ser de diferentes tipos: pedidos EDI, pedidos por internet, pedidos *mobile*, pedidos manuales y pedidos APPs, como se había expuesto anteriormente, de acuerdo con el canal de venta al que pertenece el cliente. Una vez recibidas las órdenes de compra son procesadas por los auxiliares de información con rol de facturación que proceden a generar una etiqueta con códigos de barra que contiene la información de los materiales requeridos para satisfacer las necesidades de los clientes.

8.5.2. Alistamiento de pedidos

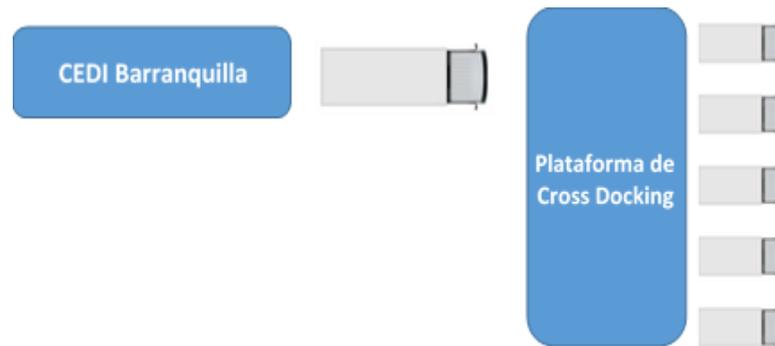
Es el proceso de recolectar una cantidad específica de artículos del inventario para satisfacer los pedidos de los clientes. La preparación de pedidos debe ser un proceso altamente controlado porque influye directamente en la productividad del flujo de trabajo general de procesamiento de pedidos: cuanto antes se preparen los pedidos con precisión, antes se pueden embalar y enviar. Para alistar los pedidos de manera eficiente, la compañía tiene implementado dos líneas de alistamiento que cuentan con 10 estaciones de trabajo cada una. En estas, los auxiliares de distribución leen la información contenida en las etiquetas a través de una terminal de radiofrecuencia que indica el material y las cantidades a enviar para satisfacer las órdenes de compra. Al final de la línea de alistamiento, se realiza la

consolidación de los merítales por cliente sobre estibas plásticas que luego son paletizadas a la espera del cargue en el vehículo encargada de realizar el transporte hacia la plataforma de *cross docking*.

8.5.3. Transporte

El transporte es el proceso operativo donde más se contemplan cambios con la implementación de la plataforma de *cross docking*, ya que se pasa de tener 6 vehículos que realizaban la entrega directa a los clientes en la ciudad de Santa Marta a realizar el envío de todas las rutas en un solo vehículo con una capacidad de carga equivalente a la sumatoria de los 6 vehículos actuales. Teniendo en consideración la información suministrada en la tabla 9, el peso máximo de las rutas que atienden la población en mención corresponde a la frecuencia de entrega de los jueves con 9.749 kilos, por lo tanto, es viable realizar el envío de las 6 rutas en uno de los vehículos tipo FVR, con capacidad de carga de 10.200 kilos, con los que cuenta la compañía. Este vehículo se encargaría de movilizar la carga entre el centro de distribución ubicado en Barranquilla y la plataforma de *cross docking* en la ciudad de Santa Marta, donde se reciben las estibas organizadas por rutas para ser cargadas en el vehículo encargado de realizar la entrega final.

En la figura 22 se muestra un esquema del modelo de distribución propuesto con la implementación de la plataforma de *cross docking*. El cargue del vehículo se realiza con el orden preestablecido que tienen las rutas de acuerdo con su itinerario de entrega, lo que facilita el trasbordo de estibas desde el camión de entrada hasta el camión de salida.

Figura 22. Modelo de distribución propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

Para la distribución final en la ciudad de Santa Marta, se contempla que la empresa de transporte Operar Colombia S.A.S. utilice vehículos y personal local, con lo cual se logra un mayor aprovechamiento de la jornada laboral de los auxiliares de distribución, favoreciendo también el gasto de transporte cuyo valor se reduce al valor de un flete local. Además de localizar la flota en la ciudad de destino, se propone una reducción en el número de rutas pasando de 6 rutas a 5. La reducción de rutas se justifica en la mayor disponibilidad de tiempo con la que cuentan los auxiliares de distribución al eliminar el tiempo de desplazamiento entre las dos ciudades de la red de distribución inicial. Tomando como base la información obtenida en la tabla 6 que muestra el tiempo total de atención a clientes, se puede establecer que el día de la semana con mayor tiempo en ruta es el viernes con un tiempo de 41,93 horas para atender las entregas programadas. A continuación, se realiza una descripción de las nuevas rutas que cumplen con los parámetros requeridos por la empresa en cuanto a: tiempo en ruta acorde a la jornada máxima legal y aprovechamiento de la capacidad máxima de carga de los vehículos (ver tabla 13)

Tabla 13. Resumen de rutas propuestas

Día	Ruta	Tiempo en ruta	Kilos por ruta	Horas en ruta	Tipo de vehículo
Lunes	BAF001_LUN	240	1.111	4,0	NHR
	BAF002_LUN	353	1.822	5,9	NPR
	BAF003_LUN	379	1.385	6,3	NKR
	BAF004_LUN	329	1.005	5,5	NHR
	BAF005_LUN	336	1.067	5,6	NHR
Martes	BAF001_MAR	494	1.812	8,2	NPR
	BAF002_MAR	490	793	8,2	NHR
	BAF003_MAR	527	636	8,8	NHR
	BAF004_MAR	502	1.264	8,4	NKR
	BAF005_MAR	501	962	8,3	NHR
Miércoles	BAF001_MIE	401	3.071	6,7	NPR
	BAF002_MIE	382	536	6,4	NHR
	BAF003_MIE	392	1.587	6,5	NKR
	BAF004_MIE	341	954	5,7	NHR
	BAF005_MIE	338	331	5,6	NHR
Jueves	BAF001_JUE	390	1.616	6,5	NPR
	BAF002_JUE	483	1.214	8,1	NKR
	BAF003_JUE	454	589	7,6	NHR
	BAF004_JUE	379	938	6,3	NHR
	BAF005_JUE	419	825	7,0	NHR
Viernes	BAF001_VIE	438	923	7,3	NHR
	BAF002_VIE	419	2.687	7,0	NPR
	BAF003_VIE	328	1.559	5,5	NKR
	BAF004_VIE	447	895	7,4	NHR
	BAF005_VIE	394	610	6,6	NHR
Sábado	BAF001_SAB	454	1.545	7,6	NKR
	BAF002_SAB	469	597	7,8	NHR
	BAF003_SAB	468	666	7,8	NHR
	BAF004_SAB	472	1.966	7,9	NPR
	BAF005_SAB	479	499	8,0	NHR

Fuente: Elaboración propia.

8.5.4. Tipo de cross docking

Como se planteó a lo largo de este trabajo, existen dos alternativas para la implementación de una plataforma de *cross docking*, que pueden ser directo e indirecto. Para el desarrollo de esta propuesta, se plantea utilizar el de tipo de *cross docking* directo que es el más simple. En este caso, se debe contar con una plataforma donde arribe el vehículo procedente del centro de distribución

Barranquilla y se realice el trasbordo de las estibas a los vehículos ubicados en el muelle contiguo que será el encargado de realizar la entrega final de los pedidos.

8.5.5. Participación de la dirección

El apoyo y la participación de la alta dirección son necesarios para la implementación exitosa de una plataforma de *cross docking*. Si bien esto puede parecer obvio, se requiere un alto nivel de compromiso con el desarrollo de esta iniciativa. La gerencia no solo debe apoyar el esfuerzo con respaldo financiero, sino también demostrar su respaldo y apoyo en todos los aspectos que involucre la propuesta. Una vez que la dirección se ha comprometido con el cambio en el modelo de distribución se debe diseñar un plan de acción que debe arrancar con la construcción de la agenda de cambio que contenga el paso a paso del plan que los llevará a una conclusión exitosa. Dentro de las actividades que debe desarrollar la dirección de la compañía para garantizar su apoyo a la implementación se encuentran:

- Conformación del equipo implementador: Un programa de esta magnitud requiere el compromiso de empleados claves. Es verdaderamente un esfuerzo funcional y debe ser reconocido como tal mediante el nombramiento de representantes de las funciones apropiadas de la empresa para participar en el equipo de implementación. La participación de las personas en el proceso puede variar, es decir, no todos los miembros del equipo serán requeridos a tiempo completo, sin embargo, los miembros del equipo deben estar disponibles cuando sea necesario para mantener la implementación en marcha de acuerdo con el plan.
- Comunicación de la propuesta: Esta es la fase en la que se involucra el resto de la organización. Se requiere la participación tanto del equipo directivo como de los empleados no directivos. En esta fase, la dirección debería prever dónde encontrará una aceptación entusiasta del plan de cambio y dónde podrá encontrar resistencia. Si bien la aceptación en toda la

organización es necesaria, es fundamental contar con apoyo cuando el programa se encuentra en las etapas iniciales.

- Implementación de la propuesta: La etapa de implementación real debe seguir dos aspectos principales. En primer lugar, es necesario abordar la configuración de los elementos físicos con la inclusión del nuevo nodo en la red de distribución. En segundo lugar, es necesario establecer los mecanismos laterales de comunicación dentro de la organización en el cual se cuente con las diferentes áreas involucradas en la implementación.
- Integración de áreas: La integración comienza con las comunicaciones y progresa gradualmente a través de la coordinación, la cooperación y la colaboración. Uno de los principales requisitos es el entendimiento de las necesidades funcionales de cada área y los posibles cambios que se pueden presentar con la implementación, en este aspecto es primordial la flexibilidad de las personas para entender que prima beneficio global sobre los intereses particulares. La integración comienza a nivel individual y gradualmente se construye una relación de confianza colectiva e involucra las relaciones humanas y los cambios tecnológicos y estructurales.

8.5.6. Inversión en tecnología informática

La inversión en tecnología busca facilitar el flujo de mercancía y el intercambio fácil y confiable de información. Según Mora (2016), se hace necesario que las organizaciones que pretendan realizar la implementación de una plataforma de *cross docking* cuenten con socios comerciales que tengan implementadas tecnologías como la trasmisión de información vía EDI, codificación con códigos de barras y terminales de radiofrecuencia que permitan la lectura de los códigos de barras e interacción con el sistema de información.

Como se expuso en el capítulo anterior, la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. tiene implementada la transmisión de los pedidos de sus clientes a través de EDI, que tiene como finalidad automatizar la generación, envío y registro de

todas las transacciones electrónicas con los clientes: pedidos, avisos de envío, facturas electrónicas, etc. El EDI proporciona esta automatización al interactuar directamente con el ERP de la empresa, es decir, cuando se recibe un mensaje EDI, este se integra directamente con el ERP. Del mismo modo, cuando se envía un mensaje, automáticamente va a la plataforma EDI donde se traduce y luego se envía al cliente. Contar con esta tecnología representa una ventaja al momento de realizar la implementación de la plataforma de *cross docking* puesto que es uno de los requisitos fundamentales para facilitar el intercambio de información.

Otro aspecto tecnológico importante para tener en cuenta dentro de los recursos tecnológicos es la gestión de las órdenes de compra con códigos de barras. Un código de barras es un método para codificar datos que pueden ser números y/o letras, de tal forma que una máquina los pueda leer y comprender.

Los códigos de barras desempeñan un papel clave en la implementación de la plataforma de *cross docking* permitiendo la identificación de las órdenes de compra de manera fácil y ágil. Al ingresar el vehículo a la plataforma de *cross docking* y posicionarse en muelle de recepción se hace la lectura de las etiquetas con la información que permite identificar el destino final de cada orden de compra y la asignación a su respectivo vehículo.

El último elemento necesario para la implementación de la plataforma de *cross docking* en relación con los requerimientos tecnológicos son las terminales de radiofrecuencia con las que se realiza la lectura de los códigos de barras. Una terminal de radiofrecuencia es un dispositivo de mano inalámbrico que utiliza una red inalámbrica de radiofrecuencia para comunicarse con el sistema de información ERP para transferir información a través de la red (ver figura 23).

Figura 23. Terminal de radiofrecuencia



Fuente: ZEBRA (2021).

Generalmente, las terminales de radiofrecuencia se utilizan principalmente en el proceso de gestión de almacenes en el entorno de distribución, ya que maneja de manera eficiente los enormes volúmenes de requisitos de procesamiento de datos transaccionales y minimiza las intervenciones humanas. En la plataforma de *cross docking* esta tecnología en asocio con las etiquetas de códigos de barras garantizan el dinamismo y reduce los errores en la transición de estibas desde el vehículo de ingreso al encargado de realizar las rutas locales.

Haciendo la validación de los recursos tecnológicos que se requieren la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. para la implementación de la plataforma de *cross docking* en la ciudad de Santa Marta, se puede afirmar que la compañía cuenta con los recursos tecnológicos necesarios en el centro de distribución de Barranquilla y solo requiere hacer extensiva esta tecnología al nuevo nodo que integraría la red de distribución.

8.5.7. Sincronización del tiempo de entrega

Según Mora (2016), se debe planificar y coordinar cuidadosamente en ingreso de los vehículos a la plataforma de *cross docking* y una de las alternativas que se puede emplear es la asignación de citas o reservas de horarios de tal forma que se pueda garantizar la disponibilidad de los recursos para atender oportunamente el vehículo de entrada y garantizar el flujo continuo de las estibas que contienen las órdenes de compra hacia los vehículos que realizan las rutas locales. La

programación de camiones en las plataformas de *cross docking* en un tema bastante explorado y se cuenta con gran cantidad de modelos matemáticos que buscan dar solución a la problemática de asignación de vehículos a los muelles para descargar y transferir las estibas a los camiones encargados de continuar la entrega de los pedidos.

Chen & Chung-Yee (2009), aborda la temática y plantea un modelo que tiene como objetivo secuenciar los camiones entrantes y salientes para minimizar el intervalo de tiempo, es decir, el lapso desde el inicio de la descarga del primer camión entrante hasta el final de la carga del último camión saliente. El problema se modela como un problema de taller de flujo de dos máquinas, pero con restricciones de precedencia adicionales para asegurarse de que un camión de salida no se pueda procesar antes de que se hayan completado todas las tareas necesarias. Los tiempos de carga y descarga pueden ser diferentes para cada camión y posiblemente pueden incluir el tiempo de viaje. Los autores prueban que este problema es fuertemente NP-completo y presentan un enfoque heurístico basado en la regla de Johnson (que resuelve el problema del taller de flujo de dos máquinas). También se proporciona un algoritmo de ramificación y acotación para resolver el problema de manera óptima.

Yu & Egbelu (2008), también estudian la programación de camiones en las plataformas de *cross docking* de una forma similar al enfoque de dos máquinas expuesto anteriormente, con el objetivo es minimizar los tiempos de asignación de los vehículos, pero adiciona el supuesto de que los productos son intercambiables. Por lo tanto, las asignaciones de productos de los camiones entrantes a los camiones salientes deben determinarse adicionalmente. Se supone que los camiones entrantes se pueden descargar en cualquier secuencia. El problema se formula como un modelo de programación de enteros mixtos. Para resolver casos de problemas grandes, se propone un algoritmo heurístico. El método heurístico se prueba en varios casos de problemas pequeños y los resultados indican que las soluciones están cerca de las soluciones óptimas.

En esta investigación no se plantea la utilización de modelos matemáticos como los expuestos anteriormente para la gestión de la programación de vehículos debido a que se cuenta con un solo vehículo de entrada a la plataforma y se propone que se maneje bajo el modelo de agendamiento de cita, lo que permite contar con un horario fijo para el ingreso del vehículo a la plataforma. Se determina que este vehículo debe estar en las instalaciones de la plataforma de *cross docking* a las 5:00 a.m., por lo tanto, esta es la hora pactada. Este horario permite realizar la transferencia de las estibas a los vehículos locales y garantizar la salida de estos antes de las 6:00 a.m. De esta manera se garantiza el cumplimiento de los acuerdos de servicio que se tienen establecidos con los clientes. A los vehículos de entrega local se les asigna el mismo agendamiento de tal forma que coincida la llegada de los vehículos entrante y saliente. La asignación de vehículos de salida se realiza de acuerdo con el itinerario de entrega de los clientes

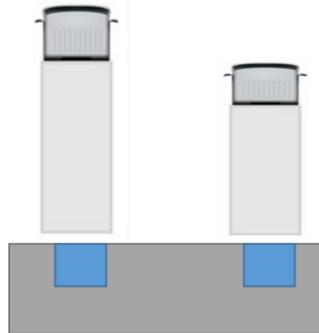
8.5.8. Limitaciones del espacio

Por lo general, el espacio físico destinado para realizar las operaciones de *cross docking* es limitado. Una vez que se han determinado el tipo de *cross docking*, se debe proceder con el diseño de la instalación, su forma y tamaño, para garantizar la máxima eficiencia dentro de estas limitaciones. Un gran número de variables influyen en el ancho y la longitud de la instalación, y un número significativo de ellos están estrechamente interrelacionados.

Según Palma (2012), el diseño de la terminal *cross docking* juega un papel importante cuando se realizan actividades y permiten apoyar la reducción de los costos operativos. La forma del *cross docking* se define mediante la letra correspondiente a las formas I, L, U, T, H, X, W. Para elegir el diseño influyen diferentes aspectos como el tipo de productos, los cambios en la demanda, los volúmenes de materiales y el tipo de vehículos utilizados. Se establece que la forma de I es la más utilizada y eficiente para *cross docking* pequeños como el que se propone implementar en Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta. Además, se establece que el diseño debe contar con dos puertas, una destinada

para el camión de ingreso y la puerta contigua donde se posiciona de manera seguida los vehículos de salida como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Diseño de plataforma propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las dimensiones de la carrocería de los vehículos a posicionarse en los muelles de la plataforma de *cross docking* que se exponen en la tabla 14, se puede realizar una aproximación de las dimensiones mínimas de espacio que se requieren para realizar la operación al interior de la plataforma de *cross docking*. Otra información importante que permite determinar el área requerida para realizar la operación de la plataforma es el radio de giro requerido para los equipos de movilización de carga.

Tabla 14. Dimensión de camiones entrantes y salientes de la plataforma de *cross docking*.

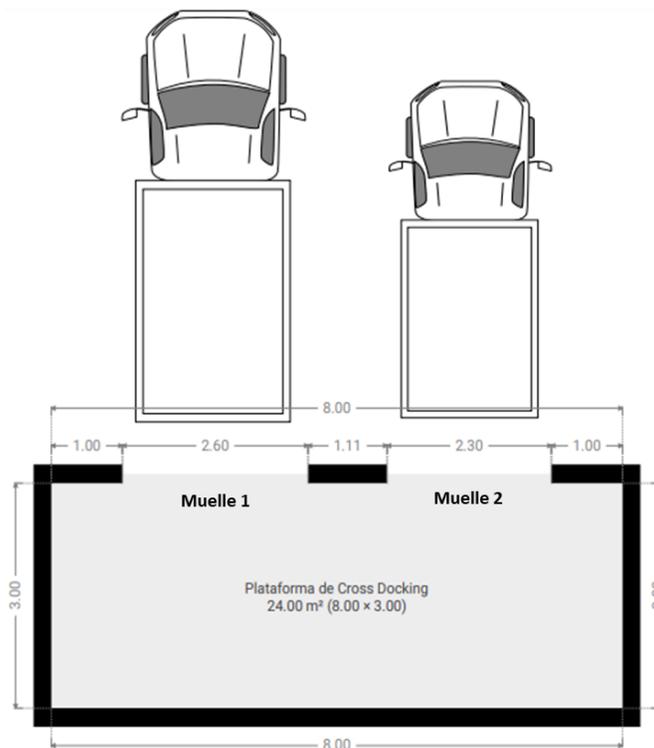
Tipo de vehículo	Largo (Metros)	Ancho (Metros)	Alto (Metros)
NHR	3,0	1,8	1,9
NKR	4,0	2,1	2,0
NPR	4,5	2,3	2,1
FVR	7,2	2,6	3,9

Fuente: Elaboración propia.

El radio de giro de los equipos de maniobra propuestos, estibadores manuales, es de 2,184 metros. Con base en la información anteriormente expuesta, se realizó el diseño de la plataforma de *cross docking* que se puede observar en la figura 25, donde se cuenta con un área de 24 metros cuadrados con unas

dimensiones de 8 metros de frente y 3 metros de fondo. En la parte frontal de la plataforma se propone contar con dos muelles para la operación. El muelle 1 debe contar con una dimensión acorde al vehículo de ingreso a la plataforma, por lo tanto, el vano de la puerta debe ser de 2,60 metros. El muelle 2 debe contar con una dimensión acorde a la tipología de vehículos encargados de realizar la distribución local, por lo tanto, este debe disponer de una puerta de 2,30 metros. Se calcula un espacio entre las puertas de los muelles de 1,11 metros y un espacio de 1,0 metro en los laterales para facilitar el parqueo de los vehículos con finalidad de reducir la probabilidad que se presenten colisiones al momento de parquear los vehículos en los muelles.

Figura 25. Diseño estructural propuesto para la plataforma de *cross docking*.



Fuente: Elaboración propia.

Las dimensiones propuestas permiten el desplazamiento de los equipos de manipulación de carga tipo estibadores manuales al interior de la plataforma al ofrecer un espacio superior al necesario para realizar su radio de giro.

8.5.9. Equipamiento

Para realizar la manipulación de materiales dentro de la plataforma de *cross docking* se requiere la utilización de equipo especializado. Se puede elegir entre sistemas de movimiento manuales, parcialmente automatizados o totalmente automatizados para la movilización de carga al interior de la plataforma de *cross docking*. La elección de un proceso manual o automático depende de varios factores. En esta sección se revisará los factores más pertinentes a la hora de decidir entre sistemas manuales y automáticos. El equipo automatizado requiere mucho capital. Para cualquier área de instalación dada, es difícil justificar el alto costo de capital para equipos automatizados para volúmenes muy bajos. A medida que aumenta el volumen, obviamente la automatización se vuelve económicamente viable. Por lo tanto, es una lógica simple la que lleva a entender que el volumen será uno de los principales factores decisivos a la hora de elegir entre automatización manual, parcial o completa. La eficiencia general de cualquier operación manual depende fundamentalmente de la distancia a la que deben moverse las mercancías por medios manuales. Cuanto mayor sea la distancia para recorrer en la instalación, mayores serán las ineficiencias inherentes al sistema. Esto determina la forma y el tamaño de una instalación, y da cuenta de los hallazgos que recomiendan que la forma de un muelle en forma de I. Esta forma minimiza la distancia total recorrida y, por lo tanto, mejora la eficiencia. Teniendo en cuenta el volumen de la operación propuesto en la plataforma de *cross docking* se plantea que la movilización de estibas se realice mediante estibadores manuales como el que se muestra en la figura 26.

Figura 26. Modelo de estibador manual



Fuente: Tomado de Jungheinrich (2021).

Estos equipos disponen de una horquilla con dos brazos paralelos, unidos a ruedas que ingresan bajo las estibas, una vez posicionados en la estiba, mediante la acción de un mecanismo hidráulico, levantan la estiba y facilitan la movilización de la carga. Su funcionamiento depende directamente de la fuerza aplicada por el operario y es ideal para el traslado horizontal de cargas sobre estibas y suele usarse para traslados cortos.

8.5.10. Recursos humanos

La introducción y el despliegue de la plataforma de *cross docking* afectará las necesidades de recursos humanos de la compañía. Debido a que Alimentos Cárnicos S.A.S. asume la responsabilidad total de la cadena de suministro de un extremo a otro, será necesario contar con personal adicional a tiempo completo en los niveles necesarios para la administración de las operaciones en la nueva plataforma, lo que significará un aumento de personal. El proceso de contratación del personal para la plataforma debe estar coordinado con el despliegue previsto de inicio de las operaciones. Se propone que Alimentos Cárnicos S.A.S. asuma toda la responsabilidad de liderar el proceso de contratación del personal. También debe liderar el desarrollo de descripciones de puestos, clasificación y capacitación

y desarrollo de todo el personal que estará a cargo de la plataforma de *cross docking*.

Se requerirá personal adicional para desempeñar diversas funciones para la implementación exitosa de la nueva estructura de red de distribución. A continuación, se hace una descripción de los roles y funciones a desempeñar:

- Supervisor de logística de distribución: Este cargo será responsable de la gestión y ejecución general de todas las actividades distribución y transporte desde la plataforma de *cross docking* hasta los clientes de la ciudad de Santa Marta. Esta función también será responsable de capturar y mantener datos e información necesarios para la generación de informes de gestión. Se propone contratar un supervisor para administrar las operaciones de la plataforma.
- Auxiliar de logística de distribución: Este rol realizará las funciones operativas dentro de la plataforma de *cross docking* e incluirá la recepción, la clasificación, el despacho y todo el manejo de los materiales recibidos en el vehículo de entrada. Esta persona también debe recibir las devoluciones y material de embalaje cuando los vehículos locales finalicen sus rutas. Se sugiere contar con un auxiliar logístico para las actividades a desarrollar.

Con los roles antes mencionados se cubre la necesidad de recursos humanos para la operación del nuevo nodo en la ciudad de Santa Marta.

Los auxiliares de distribución siguen a cargo de la empresa de transporte Opperar Colombia S.A.S., puesto que la modalidad de transporte continua como se viene realizando actualmente mediante el pago de fletes. Las actividades de gestión de flotas para el ingreso a la plataforma y la flota de distribución local serán gestionadas y controladas conjuntamente entre Alimentos Cárnicos S.A.S. y Opperar Colombia S.A.S. La gestión de la flota incluirá una serie de funciones como mantenimiento, gestión de combustible, gestión de la velocidad y maximización del

rendimiento de la flota. El coordinador de transporte con sede en Barranquilla tendrá la responsabilidad general de toda la flota de vehículos y trabajará de la mano con el supervisor de logística de la plataforma para controlar y administrar la flota y garantizar la eficiencia.

8.5.11. Análisis de costos basado en actividades

Las actividades logísticas están orientadas a crear valor para consumidores, y la capacidad de la empresa para producir y entregar valor depende de su capacidad para suministrar a los consumidores sus productos en el lugar y momento en que desean adquirirlos, a precios competitivos y al menor costo total. Para lograr el nivel requerido de servicio al cliente al menor costo total, es fundamental analizar las actividades logísticas presentes en la empresa y el costo que estas actividades generan. La medición de costos asociados a la actividad logística es fundamental porque con este valor es posible calcular los diferenciales de costos derivados del comportamiento de la empresa. A través de la reducción del costo de la actividad logística es posible trasladar esta reducción al precio pagado por el consumidor, haciendo más competitiva y económica la oferta de la empresa y mejorando la economía de toda la cadena de suministro. Según Ríos, Rodríguez-Vilariño, & Ferrer (2012), el sistema de Costos Basado en las Actividades ABC (*Activity Based Costing*) puede definirse como un sistema para calcular los costos de actividades individuales y asignar esos costos a objetos de costo como productos, clientes y canales de entrega sobre la base de las actividades realizadas para producir cada producto.

Para gestionar las operaciones, los directores de las organizaciones necesitan información precisa para identificar las oportunidades de reducción de costos y rediseñar sus procesos logísticos con el objetivo de hacerlos más eficientes. De acuerdo con Goldsby & Closs (1993), el éxito de estos intentos depende de la capacidad para analizar los costos operativos para identificar los recursos consumidos para un producto específico, canal de adquisición o actividad logística. El nivel de detalle y complejidad de esta información depende de los

productos, servicios y canales de entrega utilizados. El análisis de costos para cada actividad permite una asignación más eficiente de los recursos identificando la reducción de costos y las oportunidades de inversión en nuevas tecnologías porque informa de la rentabilidad real para cada cliente, producto o servicio.

Un aspecto importante para la toma de decisiones la plantea Arbeláez & Marín (2001), al afirmar que el análisis de los costos son fundamentales para tomar decisiones atender o no a un cliente, prestar el servicio en una determinada ruta, producir el servicio o contratarlo, evaluar proyectos, evaluar inversiones, analizar rentabilidades, controlar y planear los recursos.

Para realizar un análisis de costos basados en actividades que permita evaluar la viabilidad de esta propuesta, se define que los costos de operación bajo techo que se realizan en el centro de distribución de Alimentos Cárnicos S.A.S., que incluyen las actividades de recepción de ordenes de compra, alistamiento y cargue de pedidos, no se ven afectados con el ingreso de la plataforma de *cross docking* en la red de distribución. Por lo tanto, hacen parte del análisis los costos en los que se incurre para movilizar los pedidos desde el centro de distribución hasta la plataforma, los costos de operación bajo techo en la ciudad de Santa Marta y los costos de distribución local, teniendo en cuenta la información que se expuso en la tabla 5, sobre el costo total que representa la distribución que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta que asciende a \$105.492.634 pesos al mes, valor calculado con base en el costo de los fletes consumidos para la atención de los clientes. Este valor es la referencia para contrastar los costos en los que se incurre con la implementación de implementar la plataforma de *cross docking* propuesta, que se exponen a continuación.

Para iniciar la construcción de la estructura de costos necesarios para el funcionamiento de la plataforma de *cross docking*, se listan las actividades a desarrollar y los recursos que consumen dichas actividades, las cuales se relacionan en la tabla 15.

Tabla 15. Actividades y recursos necesarios para evaluación de la propuesta.

ACTIVIDADES	RECURSOS
Transportar (Transporte de entrada)	Flete
Descargue de camión de estrada	Personal Maquinaria y equipo
Cargue de vehículos locales	Personal Maquinaria y equipo
Recepción de vehículos locales	Personal Maquinaria y equipo
Recepción de devoluciones	Personal Maquinaria y equipo
Recepción de devolución de canastas	Personal Maquinaria y equipo
Administración	Personal Equipos de computo Equipos de oficina
Transportar (Distribución local)	Fletes
Instalaciones	Arriendo Servicios

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades utilizan recursos y constituyen procesos. Por lo tanto, una vez identificadas las actividades y procesos de la empresa, también se deben determinar los recursos. Los recursos de apoyo utilizados en la empresa para las operaciones incluyen los camiones (fletes), el personal administrativo y de operaciones, el edificio de operaciones, los equipos de cómputo, los servicios públicos de oficina, etc.

Después de determinar los recursos necesarios para la operación de la plataforma de *cross docking* es necesario determinar el costo de estos recursos y de esta forma construir una proyección del costo total que representa para la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. la introducción de este nuevo nodo en su red de distribución y determinar la viabilidad de la propuesta. En la tabla 16 se expone el estudio de costos de la operación de la plataforma de forma mensual.

Tabla 16. Costos operativos de la plataforma de *cross docking*.

Estudio de costos para la implementación				
Grupo de costos	Artículo	Cantidad	Valor unitario	Total
Muebles y enseres	Escritorio	1	\$ 64.000	\$ 64.000
	Sillas	3	\$ 46.000	\$ 138.000
Arriendo	Equipos de computo	1	\$ 90.000	\$ 90.000
	Locativo	1	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
	Terminal radiofrecuencia	1	\$ 195.700	\$ 195.700
Servicios	Energía	1	\$ 380.000	\$ 380.000
	Agua	1	\$ 260.000	\$ 260.000
	Internet	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Salarios y prestaciones	Auxiliar logístico	1	\$ 1.467.475	\$ 1.504.906
	Supervisor de logística	1	\$ 3.492.672	\$ 3.492.672
Maquinaria y equipo	Estibadores	1	\$ 67.750	\$ 67.750
Fletes	NHR 1	26	\$ 365.738	\$ 9.509.188
	NHR 2	26	\$ 365.738	\$ 9.509.188
	NHR 3	26	\$ 365.738	\$ 9.509.188
	NKR	26	\$ 402.629	\$ 10.468.354
	NPR	26	\$ 450.782	\$ 11.720.332
	FVR	26	\$ 1.173.780	\$ 30.518.280
	Total costos operativos			

Fuente: Elaboración propia a partir de Compunet (2021), Jungheinrich (2021), DUCON (2021) y Metrocuadrado, (2021).

Los recursos necesarios para desarrollar las actividades administrativas requieren de mobiliarios como escritorio, sillas y equipos de cómputo para el cumplimiento de sus funciones, de igual manera las actividades operativas requieren de terminales de radiofrecuencia, para cubrir estos requerimientos se plantea que el suministro se contrate bajo la modalidad de arriendo, de esta manera se reduce el costo inicial de implementación y es posible asumir estos rubros como gastos que se pueden trasladar al estado de resultado como deducciones.

Para el cálculo del valor de los salarios se incluyó el factor prestacional, sobre los salarios base propuestos los cuales son: para auxiliar logístico el salario mínimo \$908.526 pesos y para el superviso logístico se calculó con base en un salario de \$2.300.000 pesos.

Finalmente se puede realizar una comparación del costo del modelo de atención actual y el modelo de atención con la implementación de la plataforma de *cross docking* en la ciudad de Santa Marta, lo que permite validar la viabilidad de la propuesta puesto que se observa una reducción del 14% en el costo total de la distribución que representa un ahorro anual de \$176.940.912 pesos.

(Gastos de fletes mensual – Costo operativo del cross docking) x 12

$$(\$105.492.634 - \$90.747.558) \times 12 = \$176.940.912$$

Este valor se obtiene al realizar la diferencia entre los gastos de fletes mensuales expuestos en la tabla 5 y el valor del costo operativo mensual de la plataforma de *cross docking* que se puede apreciar en la tabla 15, proyectado al año. Además, la implementación de la plataforma permite ajustar el tiempo en ruta acorde a la jornada máxima legal para los auxiliares de distribución.

9. Recomendaciones y conclusiones

En esta sección se presentan las recomendaciones para la implementación de la plataforma de *cross docking* en la ciudad de Santa Marta y las conclusiones de cierre del trabajo.

9.1. Recomendaciones

A través de la fase de exploración de alternativas para gestionar el proceso de distribución que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en Santa Marta, se evaluaron diferentes alternativas que permitieran resolver las oportunidades de mejora y brindar una solución óptima a estas necesidades, encontrando que la alternativa expuesta en esta investigación brinda una solución razonable a las necesidades de la organización.

Para realizar la implementación, la propuesta de mejora expuesta se basa en introducir un nuevo nodo en la red de distribución bajo la figura de plataforma de *cross docking*. La empresa debe considerar los aspectos expuestos para facilitar un adecuado proceso de transición entre las dos estrategias de distribución. Como punto de partida, puede diseñar un plan de trabajo que sirva como insumo para realizar la asignación de los recursos necesarios para abordar cada uno de los elementos que integran el desarrollo del proceso de implementación expuesto en este trabajo dirigido.

Se debe realizar un adecuado proceso de empalme entre el modelo de atención actual y el propuesto, con el objetivo de minimizar la posibilidad de generar afectaciones a los clientes que se traduzcan en deterioro del indicador de nivel de servicio pactado.

Es necesario diseñar y ejecutar un apropiado plan de formación y entrenamiento en cargo acorde a las necesidades del personal de operación bajo

techo encargado de realizar las actividades en la plataforma de *cross docking*. El inicio de la operación puede ser apoyado por personal del centro de distribución Barranquilla con experiencia en las actividades a desarrollar.

Evaluar la posibilidad de realizar la implementación en sinergias con empresas del Grupo Nutresa que le permitan apalancar los costos operativos y maximizar la rentabilidad de la propuesta. También se debe evaluar a futuro la posibilidad de utilizar una de estas empresas bajo la figura de operador logístico y que esta se encargue de todo el proceso de distribución.

Es posible complementar esta investigación mediante la profundización de la estrategia realizando trabajos futuros que se lleven a cabo en las áreas de planificación y programación de operaciones de *cross docking* para el escenario combinado de *cross docking* y almacenamiento, mezcla y combinación de productos para satisfacer la demanda de los clientes de forma dinámica, con la posibilidad de involucrar a los centros de distribución actuales.

9.2. Conclusiones

La importancia de la logística de distribución en el mundo actual es un hecho innegable y su prominencia se traduce en cada actividad logística y en toda la cadena de suministro de cada empresa. La operación de distribución es indispensable, ya que proporciona el vínculo entre los clientes y la empresa, garantizando que los productos se trasladan del origen a su destino. Sin embargo, puede representar una parte enorme de los costos logísticos y su eficiencia puede afectar fuertemente a otras áreas de la cadena, ya sea positiva o negativamente. Así pues, las organizaciones procuran constantemente optimizar las actividades de distribución a fin de obtener una cadena de suministro más eficiente y fiable.

En este documento se identificaron los beneficios de implementar una plataforma de *cross docking*, así como los requerimientos para su implementación. Además, se destacaron los factores importantes que son necesarios considerar al

implementar el modelo de distribución con la introducción del nuevo nodo en la red de distribución.

El diagnóstico realizado al proceso de distribución que realiza la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. permitió identificar oportunidades de mejora que se traducen en ineficiencias de sus procesos operativos. Entre estas, sobresale la generación de horas extras por parte de los auxiliares de distribución que representa un promedio de 5 horas adicionales a su jornada máxima legal diaria, que se convierte en un factor que incrementa la tarifa de los fletes negociados ocasionando un sobre costo indeseado y largos tiempos de desplazamiento entre la ciudad de origen y destino que ocupa el 50% del tiempo total con el que cuenta los auxiliares de distribución para culminar la entrega a sus clientes. Además, se evidencia la oportunidad de incrementar el porcentaje de ocupación vehicular que se encuentra en el 58,1% y que representa una subutilización de la flota disponible.

La empresa cuenta con un adecuado plan estratégico de gestión que le permite tener presente los objetivos estratégicos a corto, mediano y largo plazo, así como los recursos necesarios para su modelo de distribución secundaria, permitiéndole poseer instalaciones y vehículos acordes al tipo de productos que se producen y comercializan. Dentro de sus premisas, se encuentra la búsqueda de flexibilidad y eficiencia global de las operaciones a través de la gestión de los procesos con la finalidad de consolidar eficiencias en costos y gastos en las operaciones de la cadena de suministro, aspecto que respalda la introducción de alternativas como la propuesta.

La principal conclusión que surge con el desarrollo de esta investigación es que la implementación de una plataforma de *cross docking* en la red de distribución de la empresa Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta puede generar importantes ventajas y ahorros en los costos operativos. Cabe señalar que estos ahorros se realizan en circunstancias particularmente favorables porque además le permite a la organización dar solución a las desviaciones en la implementación de su PSV en cuanto al cumplimiento de la jornada máxima laboral

de los auxiliares de distribución que atienden los clientes de esta población. Además, les permite a estas personas mejorar su calidad de vida y mantener un equilibrio entre el tiempo destinado a sus actividades laborales y el dedicado al esparcimiento y compartir en familia. Estos ahorros podrían ser significativamente mayores si la empresa realiza la implementación a través de sinergias con empresas del Grupo Nutresa que actualmente tienen centros de distribución en la ciudad de Santa Marta como Tropical Coffee Company S.A.S. o la planta de producción para diferentes empresas del grupo que actualmente está en proceso de construcción en la Zona Franca Tayrona. Con esto se puede apalancar parte del costo operativo y le permitiría maximizar la eficiencia del nuevo modelo de distribución propuesto.

Con respecto al diseño y la gestión de la plataforma de *cross docking*, es necesario tener en cuenta que factores como el tamaño de las instalaciones, el número y la capacidad de los vehículos de transporte de entrada y salida, el número de puertas disponibles para realizar el trasbordo entre vehículos y la disponibilidad de equipos para la movilización de carga entre vehículos impactan el rendimiento global de la plataforma. Además, se debe considerar que un área de operaciones mayor a la realmente requerida aumentará el costo de la operación y tendrá efectos negativos en el rendimiento de la plataforma de *cross docking*. Si el objetivo es maximizar la capacidad de la plataforma, la estrategia de *cross docking* directo donde las estibas se transfieren entre vehículos sin realizar ninguna manipulación a los palés parece ser la mejor solución. Investigaciones futuras se pueden enfocar en evaluar la posibilidad de implementar estrategias de *cross docking* indirecto donde se incluya la posibilidad de fragmentar los palés y realizar una cuantificación del impacto de todos los factores identificados que determinan el desempeño de este enfoque.

La implementación de esta propuesta permite incrementar la eficiencia del proceso de logística de distribución mediante la optimización de los tiempos en ruta empleados para atender la demanda de los clientes en la ciudad de Santa Marta, que son muy elevados, a la vez que permite agregar valor y apalancar los

resultados financieros de la organización. La viabilidad de esta propuesta se apalanca en los resultados de la aplicación del método de análisis de costos basado en actividades. Con este se realizó una proyección de los costos que le representan a la empresa implementar una plataforma de *cross docking* en contraste con los costos operativos actuales, lo que permite establecer que se obtiene una reducción del 14% del costo total de distribución actual, lo que representa un ahorro anual de \$176.940.912 pesos.

Al contemplar la sinergia con otras empresas de Grupo Nutresa con presencia en la ciudad de Santa Marta, se puede obtener un incremento en la reducción de los costos operativos y, por ende, un incremento en el ahorro expresado.

Finalmente, es pertinente asegurar que la implementación de una plataforma de *cross docking* diseñada correctamente, implementada con conocimiento y comprensión, operada con los sistemas y recursos adecuados y utilizada para los productos correctos, fortalece la cadena de suministros de la compañía y se convierte en una estrategia de generación de valor

10. Referencias

- Ahangamage, N., Niwunhella, H., Vidanagamachchi, K., & Wickramarachchi, R. (2020). Implementing a Cross-Docking System in a Warehouse – A Systematic Review of Literature. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (págs. 1005-1012). Dubai: Department of Industrial Management, Faculty of Science University of Kelaniya.
- Alcaldía de Medellín. (2019). *Estudio de mercado: Procesamiento conservación de carne y productos cárnicos*. Medellín.
- Alimentos Cárnicos S.A.S. (08 de 06 de 2021). *Alimentos Cárnicos S.A.S*. Obtenido de <https://alimentoscarnicos.com.co/>
- Arbeláez, L., & Marín, F. (2001). Sistema de Costeo ABC aplicado al Transporte de Carga. *REVISTA Universidad EAFIT*, 9-20.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación*. México DC: Grupo Editorial Patria.
- Ballou, R. (2004). *Administración de la cadena de suministro*. . Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Belle, J., Valckenaers, P., & Cattrysse, D. (2012). Cross-docking: State of the art. *Omega*, vol. 40, issue 6, 827-846.
- Bowersox, D., Closs, D., & Cooper, B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Bruce, G., Arjang , A., Levy, L., & Gheysens, F. (1984). The fleet size and mix vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 49-66.

- Carreño, A. (2018). *Cadena de suministro y logística*. Lima: Fondo Editorial.
- Chen, F., & Chung-Yee , L. (2009). Minimizing the makespan in a two-machine cross-docking flow shop problem. *European Journal of Operational Research*, 59-72.
- Compunet. (04 de 12 de 2021). *Grupocnet*. Obtenido de <https://www.grupocnet.com.co/>
- Cooper, R., & Kaplan, R. (1991). *Profit Priorities from Activity-Based Costing*. Boston: HARVARD BUSINESS REVIEW.
- Corral , Y., Corral, I., & Franco, A. (2015). PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO. *REVISTA CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN*, 151-167.
- Coyle, J., Langley, J., Novack, R., & Gibson, B. (2013). *Administración de la cadena de suministro. Una perspectiva logística*. México: Cengage Learning.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (01 de 07 de 2021). www.dane.gov.co. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-anuales#principales-agregados>
- DUCON. (03 de 12 de 2021). *DUCON*. Obtenido de <https://www.ducon.com.co/>
- EAN International. (2000). *Cross Docking Cómo utilizar los estándares EAN.UCC*. Buenos Aires.
- Ellabib, I., Otman, A., & Calamai, P. (2002). An Experimental Study of a Simple Ant Colony System for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. *ANTS*, 53-64.
- Ertek, G. (2012). Cross-docking Insights from a Third Party Logistics Firm in Turkey, in *Managing Supply Chains on the Silk Road: Strategy,*

Performance, and Risk. Eds: Çağrı Haksöz, Sridhar Seshadri and Ananth V. Iyer.

Galbreth, M., Hill, J., & Handley, S. (2011). An Investigation of the Value of Cross-Docking for Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 225-239.

Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación*. Huancayo: Universidad Continental.

García, J., López, J., Jiménez, F., Ramírez, Y., Lino, L., & Reding, A. (2014). *Metodología de la investigación, bioestadística y bioinformática en ciencias médicas y de la salud*. México, D.F.: McGRAW-HILL.

Goldsby, T., & Closs, D. (1993). Using activity-based costing to reengineer the reverse logistics channel. *International Journal of Physical Distribution & Logistics*, 3-13.

Gómez, J. (2014). *Gestión logística y Comercial*. Ciudad Real: McGraw Hill.

González, E., & Mauricio, B. (2017). Cross-docking with vehicle routing problem. A state of art review. *DYNA*, 271-280.

González, L. R., & Becerra, F. M. (2017). Cross-docking with vehicle routing problem. A state of art review. *DYNA*, 271-280.

Google. (07 de 04 de 2021). *Mapa vía Barranquilla - Santa Marta*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/dir/Barranquilla,+Atl%C3%A1ntico/Santa+Marta,+Magdalena/@11.0951333,-74.7851602,10z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x8ef42d44d12ae605:0x2>

Grupo Nutresa. (2021). *Informe integrado 2020*. Medellín.

- Gutiérrez, V., Palacio, J., & Villegas, J. (2007). Reseña del software disponible en Colombia para el diseño de rutas de distribución y servicios. *Revista Universidad EAFIT*, 60-80.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGRAW-HILL.
- Jaramillo, L., & Marín, L. (2016). Cross-docking, estrategia para disminuir los costos en la cadena de abastecimiento. *Universidad de San Buenaventura Medellín, Facultad de Ciencias Empresariales*.
- Jungheinrich. (01 de 11 de 2021). *www.jungheinrich.co*. Obtenido de <https://www.jungheinrich.co/productos/montacargas-el%C3%A9ctricos/estibadores/estibadores-manuales>
- Kreng, V., & Chen, F.-T. (2008). The benefits of a cross-docking delivery strategy: a supply chain collaboration approach . *Production Planning & Control*, 229-241.
- Kumar, S. (-2. (2008). A study of the supermarket industry and its growing logistics capabilities. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 192-211.
- Manguino, J., & Ronconi, D. (2021). Step cost functions in a fleet size and mix vehicle routing problem with time windows. *Annals of Operations Research*, 1-26.
- Metrocuadrado. (07 de 12 de 2021). *Metrocuadrado*. Obtenido de <https://www.metrocuadrado.com/>
- Mora, L. (2008). *Indicadores de la Gestión Logística*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Mora, L. (2011). *Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Mora, L. (2016). *Gestión logística integral*. Bogota: Ecoe Ediciones.

- Mora, L., & Martiliano, M. (2012). *Modelos de Optimización de la Gestión Logística*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Palma, R. (2012). *Diseño de un sistema de cross-docking para un centro de distribución de productos de consumo masivo (tesis de maestría)*. Consorcio de Bibliotecas Universitarias de El Salvador. El Salvador.
- Reyes, N. (2016). Modelo de optimización de programación de rutas para una empresa logística peruana usando herramientas FSMVRPTW. *Revista Industrial Data*, 118-123.
- Ríos, M., Rodríguez-Vilariño, M., & Ferrer, J. (2012). LOS COSTOS BASADOS EN ACTIVIDADES COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN EN LAS PYMES. EL CASO DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS EN MÉXICO. *RIGC*, 1-21.
- Vasiljevic, D., Stepanovic, M., & Manojlovic, O. (2013). CROSS DOCKING IMPLEMENTATION IN DISTRIBUTION OF FOOD PRODUCTS. *Economics of Agriculture*, 91-101.
- Yu, W., & Egbelu, P. (2008). Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage. *European Journal of Operational Research*, 377-396.
- ZEBRA. (01 de 11 de 2021). *www.zebra.com*. Obtenido de <https://www.zebra.com/la/es/products/mobile-computers/handheld/mc3300.html>

Anexos

A.1. Encuesta para evaluar el estado actual del proceso de distribución secundaria que realiza Alimentos Cárnicos S.A.S. en la ciudad de Santa Marta

Segmento para evaluar	Pregunta	Respuesta
Planeación estratégica	Existen un procedimiento que especifique el tipo de sistema de distribución que se debe usar para realizar la entrega de pedidos	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Existe una planeación de la distribución	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Existe un número suficiente de vehículos en funcionamiento para atender la distribución planeada	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
	Se entregan los pedidos de acuerdo con el horario pactado con los clientes	<input type="checkbox"/> Siempre <input type="checkbox"/> Casi siempre <input type="checkbox"/> En ocasiones
Distribución	¿La distribución en Santa Marta se realiza a través de vehículos propios o contratados?	<input type="checkbox"/> Propio <input type="checkbox"/> Contratado
	¿Cuál es el costo de costo del flete Barranquilla - Santa Marta?	\$ _____
	¿Cuál es el valor de los gastos de flete mensual?	\$ _____
	¿Cuál es la tipología de vehículos utilizados para realizar la entrega de pedidos en Santa Marta?	<input type="checkbox"/> Luv <input type="checkbox"/> NHR <input type="checkbox"/> NKR <input type="checkbox"/> NPR <input type="checkbox"/> Sencillo
	¿Cuál es la capacidad máxima en Kg de cada vehículo?	<input type="checkbox"/> Luv: _____ <input type="checkbox"/> NHR: _____ <input type="checkbox"/> NKR: _____ <input type="checkbox"/> NPR: _____ <input type="checkbox"/> Sencillo: _____

Segmento para evaluar	Pregunta	Respuesta
	¿Cuál es la capacidad máxima en canastas de cada vehículo?	<input type="checkbox"/> Luv: _____ <input type="checkbox"/> NHR: _____ <input type="checkbox"/> NKR: _____ <input type="checkbox"/> NPR: _____ <input type="checkbox"/> Sencillo: _____
	¿Cuántas rutas de entrega se realizan diariamente en Santa Marta?	<input type="checkbox"/> Luv: _____ <input type="checkbox"/> NHR: _____ <input type="checkbox"/> NKR: _____ <input type="checkbox"/> NPR: _____ <input type="checkbox"/> Sencillo: _____
	¿Cuántos kilómetros recorren las rutas en promedio?	Km: _____
	¿Cuál es la hora de inicio de las rutas?	____ : ____
	¿Cuál es la hora finalización de las rutas?	____ : ____
Cientes	¿Cuál es la tipología de clientes que se atienden?	<input type="checkbox"/> Cadenas <input type="checkbox"/> Independientes <input type="checkbox"/> Tradicional Directo <input type="checkbox"/> Tradicional indirecto
	¿Cuál es la tipología de pedidos recibidos?	<input type="checkbox"/> Cadenas: _____ <input type="checkbox"/> Independientes: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional Directo: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional indirecto: _____
	¿Cuál es el horario de trasmisión de pedidos por canal?	<input type="checkbox"/> Cadenas: _____ <input type="checkbox"/> Independientes: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional Directo: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional indirecto: _____
	¿A qué hora se inicia del alistamiento de pedidos de Santa Marta?	____ : ____
	¿Cómo se hace el alistamiento de los pedidos?	
	¿A qué hora inicia el cargue de los vehículos de Santa Marta?	____ : ____
	¿Cuál es el tiempo estimado de cargue de los vehículos?	____ : ____
	¿Cuántos clientes se atiende en la ciudad de Santa Marta, por tipología?	<input type="checkbox"/> Cadenas: _____ <input type="checkbox"/> Independientes: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional Directo: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional indirecto: _____
	¿Cuántos clientes de la ciudad de Santa Marta cuentan con un horario de entrega pactado, por tipología?	<input type="checkbox"/> Cadenas: _____ <input type="checkbox"/> Independientes: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional Directo: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional indirecto: _____

Segmento para evaluar	Pregunta	Respuesta
	¿Cuál es el volumen de venta por tipología de clientes diario?	<input type="checkbox"/> Cadenas Kg: _____ <input type="checkbox"/> Independientes Kg: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional Directo Kg: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional indirecto Kg: _____
	¿Cuál es la frecuencia de entrega por tipología clientes?	<input type="checkbox"/> Cadenas: _____ <input type="checkbox"/> Independientes: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional Directo: _____ <input type="checkbox"/> Tradicional indirecto: _____
	¿Cuál es la numérica de clientes por frecuencia de entrega?	<input type="checkbox"/> Lunes: _____ <input type="checkbox"/> Martes: _____ <input type="checkbox"/> Miércoles: _____ <input type="checkbox"/> Jueves: _____ <input type="checkbox"/> Viernes: _____ <input type="checkbox"/> Sábado: _____
	¿Cuál es el valor promedio de la venta diaria?	\$ _____
	¿Cuál es el valor promedio de las devoluciones generadas diariamente?	\$ _____
	¿Cuántas canastas de devolución se generan en promedio diariamente?	Cantidad: _____