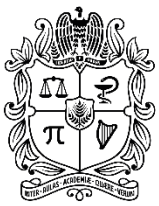


UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas

David Leonardo Moreno Borráez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Administración y Contaduría Pública
Bogotá, Colombia
2023

Eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas

David Leonardo Moreno Borráez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Administración

Director (a):
PhD. Gloria Isabel Rodríguez Lozano
Doctora en Ciencias Económicas

Línea de Investigación:
Gestión Funcional.

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Administración y Contaduría Pública
Bogotá D.C., Colombia
2023

A Dios por abrir con su amor, caminos en mi vida.

A mis padres David y Claudia por ser inspiración y apoyo incondicional para seguir creciendo y avanzando por el camino de la vida.

A mi hermana Alejandra por ser guía y ejemplo a seguir.

A Rafita por estar siempre presente y no dejarme desfallecer.

A mis amigos de la maestría por sus ocurrencias, por su compañía y las risas que nunca faltarán.

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

David Leonardo Moreno Borráez.

Nombre

03/08/2023

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutora, la PhD. Gloria Isabel Rodríguez Lozano, por su invaluable acompañamiento, guía y valiosos aportes en el desarrollo de este trabajo de investigación. Su dedicación y conocimientos fueron fundamentales para enriquecer cada etapa de este proyecto y llevarlo a buen término.

Asimismo, deseo agradecer a la Universidad Nacional de Colombia por brindarme la oportunidad de seguir desarrollándome como profesional y permitirme contribuir desde el conocimiento al desarrollo del país. El respaldo académico y los recursos facilitados por la institución fueron fundamentales para llevar a cabo esta investigación de manera efectiva.

Por último, quiero extender mi agradecimiento a todas aquellas personas que hicieron parte de este trabajo. Cada uno de ustedes ha dejado una huella significativa en este proyecto, y su apoyo ha sido invaluable para alcanzar los objetivos propuestos.

Resumen

Eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas

El objetivo de esta investigación es medir la eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas, realizando un análisis detallado del proceso logístico de distribución, identificando las variables y factores contribuyentes para el estudio.

La herramienta metodológica utilizada fue el método DEA (Data Envelopment Analysis) con el cual se analizaron cuatro periodos, desde el año 2017 hasta el año 2020. La caracterización del proceso de distribución fue fundamental para identificar las variables de entrada y salida, así como las unidades de toma de decisión (DMU's) necesarias para el modelo DEA específico, que en este caso corresponde al modelo CRS (Constant Returns to Scale) orientado a las salidas.

Los resultados obtenidos revelan que la eficiencia relativa promedio de los centros de distribución durante los periodos evaluados fue del 98.61% y se determinó que aproximadamente el 52% de las DMU's resultaron siendo eficientes.

Finalmente, se presentan una serie de recomendaciones para mejorar el proceso logístico y se destaca la relevancia y aplicabilidad del uso del método DEA como una herramienta replicable en diferentes contextos organizacionales.

Con esta investigación se establece un análisis exhaustivo, lo que arroja como resultado una aproximación sobre la eficiencia de los centros de distribución en el canal tradicional de ventas, brindando información valiosa para la toma de decisiones e identificación de posibles mejoras en el proceso logístico de una empresa de consumo masivo.

Palabras clave: Análisis Envolvente de Datos, DEA, centros de distribución, consumo masivo, canal tradicional de ventas, eficiencia y productividad.

Abstract

Relative efficiency of the distribution centers of a mass consumption company in the traditional sales channel

The objective of this research is to measure the relative efficiency of distribution centers in a mass consumption company within the traditional sales channel. This involves conducting a detailed analysis of the distribution logistics process and identifying the contributing variables and factors for the study.

The methodology used for this analysis is Data Envelopment Analysis (DEA), which was applied to four periods from 2017 to 2020. Characterizing the distribution process was crucial in identifying the input and output variables, as well as the Decision-Making Units (DMUs) required for the specific DEA model, in this case, the Constant Returns to Scale (CRS) model focused on outputs.

The obtained results reveal that the average relative efficiency of the distribution centers during the evaluated periods was 98.61%, with approximately 52% of the DMUs identified as efficient.

Furthermore, a set of recommendations is presented to enhance the logistic process, highlighting the relevance and applicability of using DEA as a replicable tool in various organizational contexts.

This research provides a comprehensive analysis, providing valuable insights into the efficiency of distribution centers in the traditional sales channel for a mass consumption company, thus supporting decision-making and identifying potential improvements in the logistic process.

Keywords: Data Envelopment Analysis (DEA), distribution centers, mass consumption, traditional sales channel, efficiency and productivity.

Contenido

Resumen ..... **X**

Abstract ..... **XI**

Lista de Ilustraciones ..... **XV**

Lista de Tablas ..... **XVI**

Lista de Ecuaciones ..... **XVII**

Introducción **18**

1. Capítulo 1: Problemática y contexto de la investigación **20**
1.1 Problema de investigación 20
1.2 Pregunta de investigación 20
1.3 Objetivos 20
1.3.1 Objetivo General 20
1.3.2 Objetivos específicos 21
1.4 Justificación 21

2. Capítulo 2: Marco Teórico **28**
2.1 Eficiencia 28
2.1.1 Los Conceptos Generales 29
2.1.2 Teoría de Eficiencia de Pareto 30
2.1.3 Teoría de Eficiencia de Kaldor-Hicks 32
2.1.4 Teorema de Beneficio Cero 33
2.2 Método DEA 34
2.3 Consumo Masivo 35
2.4 La Teoría Keynesiana del Consumo 36
2.5 La Teoría de Consumo de Franco Modigliani 36
2.6 Los Canales de Ventas 37
2.7 Los Procesos Logísticos 38
2.7.1 Los Conceptos Generales 39
2.7.2 Teoría de las Restricciones TOC y la Cadena Logística 42
2.7.3 Teoría General de la Gestión Logística 42
2.7.4 Teorías Logísticas Complementarias 44
2.7.5 Cadenas de Suministros 44
2.7.6 Aplicación del Método DEA en los Procesos Logísticos y Supply Chain. 45

3. Capítulo 3: Metodología **48**
3.1 Enfoque y Proceso Metodológico 48
3.1.1 Periodo y Contexto de Evaluación 48
3.1.2 Metodología para la Medición de Eficiencia 48

4. Capítulo 4: Desarrollo Investigativo **55**
4.1 Caracterización del Proceso de Distribución de Productos en el Canal Tradicional de Ventas 55
4.1.1 Distribución Geográfica de los Centros de Distribución 55
4.1.2 Proceso de Ventas 56

4.1.3 Proceso Logístico 57
4.1.4 Proceso de Distribución y Entrega de Pedidos 60
4.2 Definición de Variables para el Modelo DEA Aplicable 61
4.2.1 Delimitación de Unidades de Toma de Decisión (DMU's) 61
4.2.2 Delimitación de Tiempo de Evaluación 65
4.2.3 Datos Homogenizados 65
4.3 Modelo DEA Específico para Medición de Eficiencia de los Centros de Distribución 66
4.4 Indicadores de Eficiencia Relativa – Modelo CRS con Orientación a las Salidas (CRS – OO). 67
4.4.1 Análisis de DMU's Ineficientes 71
4.4.2 Identificación de Pares de Referencia 97
4.4.3 Recomendaciones para el Mejoramiento de Eficiencia Relativa de los Centros de Distribución. 105

5. Conclusiones y Recomendaciones 109
5.1 Conclusiones 109
5.2 Recomendaciones para Investigaciones Futuras. 111

A. Anexo: Análisis de Variables de Salida (Outputs) por DMU Ineficiente. 112

B. Anexo: Pares de Referencia por DMU Ineficiente y Periodo 115

6. Bibliografía 120

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. EBITDA cómo % de la venta en empresas de consumo masivo. 26
Ilustración 2. *Eficiencia de producción.*.....33
Ilustración 3. *Eficiencia de consumo.* 34
Ilustración 4. *Participación de los costos logísticos.* 40
Ilustración 5. *La conexión entre la eficacia y la eficiencia*.....43
Ilustración 6. Cadena de suministro y sus divisiones.....45
Ilustración 7. *Frontera eficiente - Modelo CRS* 52
Ilustración 8. Frontera eficiente - Modelo VRS 54
Ilustración 9. *Tendencia de DMU's Ineficientes versus Periodos*.....69
Ilustración 10. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Cali* 71
Ilustración 11. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Bucaramanga*.....73
Ilustración 12. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Barranquilla*.....74
Ilustración 13. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Cúcuta* 76
Ilustración 14. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Girardot*.....77
Ilustración 15. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Pereira* 79
Ilustración 16. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Funza*.....80
Ilustración 17. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Cartagena* 82
Ilustración 18. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Santa Marta* 83
Ilustración 19. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Duitama* 85
Ilustración 20. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Villavicencio* 86
Ilustración 21. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Valledupar*.....88
Ilustración 22. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Montería*.....89
Ilustración 23. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Apartadó* 91
Ilustración 24. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Neiva*.....93
Ilustración 25. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Pasto*.....94
Ilustración 26. *Comportamiento de Eficiencia Relativa por Regional y Periodo* 96
Ilustración 27. *Pares de Referencia Año 2017*.....98
Ilustración 28. *Pares de Referencia Año 2018*.....100
Ilustración 29. *Pares de Referencia Año 2019*.....102
Ilustración 30. *Pares de Referencia Año 2020*.....104

Lista de Tablas

Tabla 1. *Resumen del Concepto de Eficiencia en la Administración de Empresas.* 25
Tabla 2. *Definición de conceptos* 41
Tabla 3. *Detalle Regionales, Ciudades Principales y Ciudades Secundarias* 56
Tabla 4. *Tipología de Vehículos y Capacidades* 58
Tabla 5. *Definición de Variables de Entrada (Inputs)* 62
Tabla 6. *Definición de Variables de Salida (Outputs)* 64
Tabla 7. *Resultados de Eficiencia Relativa por DMU y Año* 67
Tabla 8. *Unidades con Índices Ineficientes por Periodo* 68
Tabla 9. *DMU's Referentes por Periodo - Cali* 72
Tabla 10. *DMU's Referentes por Periodo - Bucaramanga* 73
Tabla 11. *DMU's Referentes por Periodo - Barranquilla* 75
Tabla 12. *DMU's Referentes por Periodo - Cúcuta* 77
Tabla 13. *DMU's Referentes por Periodo - Girardot* 78
Tabla 14. *DMU's Referentes por Periodo - Pereira* 80
Tabla 15. *DMU's Referentes por Periodo - Funza* 81
Tabla 16. *DMU's Referentes por Periodo - Cartagena* 83
Tabla 17. *DMU's Referentes por Periodo - Santa Marta* 84
Tabla 18. *DMU's Referentes por Periodo - Duitama* 86
Tabla 19. *DMU's Referentes por Periodo - Villavicencio* 87
Tabla 20. *DMU's Referentes por Periodo - Valledupar* 89
Tabla 21. *DMU's Referentes por Periodo - Montería* 90
Tabla 22. *DMU's Referentes por Periodo - Apartadó* 92
Tabla 23. *DMU's Referentes por Periodo - Neiva* 93
Tabla 24. *DMU's Referentes por Periodo - Pasto* 94
Tabla 25. *Resultados de Eficiencia Relativa por Regional y Periodo* 95
Tabla 26. *Resumen Eficiencia Relativa por Regional y Comportamiento de DMU's Eficientes.* 97
Tabla 27. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2017* 99
Tabla 28. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2018* 101
Tabla 29. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2019* 103
Tabla 30. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2020* 105

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1. Medición de eficiencia basada en la proporción de pesos de salidas y entradas del modelo. 50
Ecuación 2. Medición de eficiencia basada en la proporción de pesos de salidas y entradas del modelo para el modelo CCR. 51
Ecuación 3. Restricciones del modelo CCR. 51
Ecuación 4. Teoría de programación fraccionaria para cambio de variables. 52
Ecuación 5. Maximización de eficiencia del modelo CCR. 52
Ecuación 6. Restricciones del modelo CCR. 52
Ecuación 7. Medición de eficiencia para el modelo BCC. 53
Ecuación 8. Restricciones del modelo BCC. 53
Ecuación 9. Maximización de eficiencia modelo BCC. 53
Ecuación 10. Restricciones del modelo BCC. 54

Introducción

Garantizar la eficiencia de las operaciones de las empresas es un aspecto fundamental para asegurar el éxito de estas y sobre todo su permanencia en el mercado, ya que en un mercado globalizado como el que prevalece actualmente, resulta sencillo para los consumidores, elegir el que mejor servicio o precio le ofrezca, lo que se puede convertir en una situación problemática para las empresas. Es relevante destacar que los procesos logísticos han experimentado diversos cambios en tiempos recientes, que van desde la implementación de nuevas tecnologías hasta transformaciones fundamentales en los modelos utilizados para operar y distribuir mercancías. La cuarta revolución industrial ha impulsado a las empresas, tanto especializadas en logística como aquellas de otros sectores, a adoptar herramientas con un mayor avance tecnológico. En esta línea, Colombia ha seguido el rumbo de la transformación industrial, adaptando sus industrias, empresas y procesos logísticos para mantenerse a la vanguardia.

Por lo anterior, esta investigación busca responder a la pregunta ¿Cuál es la eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas?, ya que conocer la eficiencia permitirá establecer las estrategias oportunas para solucionar problemas presentes y prevenir problemas futuros que pudiesen presentarse.

En función de esto, el objetivo principal de este estudio es medir la eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas, mediante la consecución de objetivos específicos. Entre estos se encuentra la caracterización exhaustiva del proceso actual de distribución de productos dentro del canal tradicional de ventas en la empresa seleccionada para este estudio. Asimismo, se identificarán las variables logísticas que serán consideradas en el análisis y se establecerá el modelo DEA (Análisis Envolvente de Datos) específico que permitirá realizar la medición de la eficiencia relativa en los centros de distribución. Finalmente, con base en los resultados obtenidos en la medición de eficiencia, se brindarán recomendaciones estratégicas a la empresa.

En conclusión, esta investigación persigue proporcionar un análisis profundo y claro acerca de la eficiencia de los centros de distribución en el canal tradicional de ventas de una empresa de consumo masivo. Los hallazgos obtenidos serán fundamentales para la toma de decisiones estratégicas y el impulso de mejoras continuas en las operaciones de distribución de la empresa estudiada. Así, se espera contribuir al avance y competitividad de la industria, impulsando una logística más eficiente y efectiva en un contexto altamente competitivo.

1. Capítulo 1: Problemática y contexto de la investigación

1.1 Problema de investigación

La medición de eficiencia en una red de distribución, se representa con un sistema que entrega información del desempeño a través de la definición de objetivos y responsabilidades de cada uno de los actores de la red, haciendo uso de diferentes enfoques que permiten realizar una clasificación de indicadores que involucran todos los procesos, entre ellos la planeación, producción y distribución. El uso de modelos matemáticos para la medición de eficiencia en redes de suministro no ha sido muy explorado ya que estos han sido implementados en la medición de otros procesos internos de las organizaciones. Por lo tanto, el DEA cuenta con una ventaja al momento de hablar de medición de eficiencia de redes de suministro pues es un modelo matemático no paramétrico que incluye las medidas cualitativas y cuantitativas que normalmente se contemplan en estos procesos de distribución (Camacho-Oliveros, 2013).

La toma de decisiones se centra en un proceso empírico poniendo en evidencia que no existe una metodología aplicable que permita determinar la eficiencia de los centros de distribución en la empresa de consumo masivo de estudio, para el canal tradicional de ventas surgiendo la necesidad de hacer una medición de eficiencia relativa por medio del método DEA.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es la eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Medir la eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el proceso actual de distribución de productos del canal tradicional de ventas en la empresa de consumo masivo en la cual se realizará el estudio.

2. Determinar las variables del proceso logístico que harán parte del estudio.

3. Establecer el modelo DEA específico que permita realizar la medición de la eficiencia relativa en los centros de distribución.

4. Realizar recomendaciones a la empresa frente a los resultados obtenidos en la medición de eficiencia.

1.4 Justificación

Los procesos logísticos de distribución se realizan por medio de contratación, tercerización de flota o una mezcla de ambas modalidades. Estos procesos donde se contempla hacerlo por modalidad de outsourcing surgen como respuesta a la dinámica global frente a la competitividad de las organizaciones que buscan eficiencia en tiempos y costos (DNP, 2018). Para Tang y Veelenturf, la logística seha venido enfrentando a un número elevado de cambios que van desde la implementación de nuevos sistemas de información hasta cambios completos en lamanera de operar y distribuir mercancías. Con la aparición de conceptos innovadores como el de Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, las organizaciones se han visto obligadas a migrar a operaciones influenciadas por alta tecnología con el fin de maximizar su eficiencia, reducir sus costos, garantizando así la rentabilidad de los negocios (Tang y Veelenturf, 2019). En Colombia se han generado algunos abordajes frente a la propuesta de la Industria 4.0 enfocado en el desarrollo de tecnologías de vanguardia que sirven como eje de transformación para las empresas, la industria y los procesos de manufactura. Asimismo, se ha identificado que dentro de estas tecnologías se plantean desarrollos frente a Big Data, realidad aumentada, simulación, seguridad informática y robótica (León, 2019).

A nivel logístico, se ha identificado que Colombia ha tenido un mejor desempeño y se encuentra en el puesto número 58 dentro de los países que hacen parte del Índice de Desempeño Logístico planteado por el Banco Mundial (DNP, 2018). Este desempeño se puede evaluar tomando como referente los resultados de la Encuesta Nacional Logística (ENL); esta encuesta, es un informe entregado por el Departamento Nacional de Planeación de Colombia donde se detalla el

desempeño logístico de las empresas de diferentes sectores, evaluando cinco módulos que se citan a continuación:

1. Desempeño Logístico.
2. Tercerización.
3. Comercio Exterior.
4. Perspectiva de los Servicios Logísticos.
5. Competitividad Regional.

De acuerdo con el DNP, los costos promedios de las operaciones logísticas representan un 13,5% del total de la venta neta, donde el 46,5% corresponde a costos de almacenamiento, el 35.2% a costos de transporte, el 11.1% a los gastosadministrativos y de servicio al cliente, dejando un 7.2% para otros costos. Por otrolado, en los resultados encontrados en la ENL frente a la tercerización, el 44.8 % delas compañías a nivel nacional realizan la tercerización del transporte de carga y distribución, seguido de un 25.4% relacionado con la compra y el manejo de proveedores, dejando un 12.1% para aquellas organizaciones que optan por tercerizar los procesos de almacenamiento (DNP, 2018).

De acuerdo con Bartholdi y Hackman (2011) y Saldarriaga (2017) un centro de distribución es un lugar de almacenamiento y tratamiento de pedidos; puedeconsiderarse como un punto en la cadena de suministro donde los productos o materiales tienen pausas cortas y se requieren recursos, capital y sistemas de información para poder manipular mercancías, pedidos y dar respuesta a la demanda cambiante que existe en el mercado. Las operaciones básicas que se pueden tener dentro de estos son: recibo de mercancía, almacenamiento, reabastecimiento de áreas de alistamiento, consolidación y preparación de cargas y despacho de mercancía.

Según Fugate y Mentzer (2010); Mora (2014); Zuluaga Mazo, Gómez Montoya y Fernández Henao (2014), para las empresas es importante realizar la medición deldesempeño logístico pues es fundamental identificar cuáles son las variables a medir y cómo realizar dicha medición, lo que permite reconocer las actuaciones delos procesos organizacionales en las diversas áreas de la cadena de suministro y la logística. Asimismo, el excelente desempeño logístico está asociado con un desempeño organizacional superior.

Las empresas deben contar con sistemas que permitan medir la eficiencia y los avances de las operaciones, así como también facilitar las funciones de los gerentes frente a la toma de decisiones. Algunas de las medidas de desempeño que se consideran en procesos logísticos como el transporte de carga, incluyen indicadoresque pueden estar categorizados en función de la utilización, el rendimiento y la productividad; dichos indicadores responden a la medición de efectividad, eficienciay eficacia respectivamente (Mora, 2014).

Por otro lado, la medición en los procesos logísticos es importante y necesaria por lo siguiente (Saldarriaga, 2017):

- Los clientes requieren de una gestión eficiente frente a la confiabilidad, tiempo de entrega, alta calidad y costos.

- Las estrategias de mejoramiento se centran en la evaluación del avance de las diferentes tareas comparadas con las medidas estándar que debe tener la gestión logística.

- La medición genera una cultura de mejoramiento continuo.

Ortiz-Torrez, Valdés, M. y Arias-Castillo (2013), en su investigación muestran la importancia que tiene la medición de los procesos logísticos con ayuda de indicadores de eficiencia, mostrando el comportamiento de la organización y haciendo necesario el uso de indicadores de tipo económico, pues estos resultadosdeben medirse en términos cuantitativos. Al final, lo que se busca con esta mediciónes encontrar la relación que existe entre la eficiencia de los procesos logísticos conla rentabilidad organizacional (Ortiz-Torrez et al., 2013).

Hasta la década de los 50, la medición de eficiencia fue considerada como un cálculo del promedio de la productividad asociada a una labor. Sin embargo, este planteamiento de acuerdo con Farrell, resultó ser una medición inadecuada pues seignoraban todas las variables de entrada del proceso (Inputs), reflejando efectos negativos sobre las políticas económicas tomadas en la época. El concepto generalde la eficiencia de una empresa corresponde principalmente al éxito que tiene la misma al producir un alto número de salidas (outputs) frente a un conjunto de inputs dados para el proceso (Farrell, 1957).

En ese orden de ideas, el concepto de eficiencia se refiere al cumplimiento de objetivos al menor costo posible; si no se cumplen los objetivos y/o se desperdicianlos recursos, el proceso puede ser considerado como ineficiente (Mokate, 2001). Por otro lado, Rodríguez considera que la

eficiencia está directamente relacionadacon el empleo de los recursos y las decisiones que son tomadas para la utilizaciónde los mismos. La autora define la eficiencia como “la capacidad de hacer el mejoruso posible de los medios aprovechables para lograr el mejor resultado posible” (Rodríguez, 2011, p.17).

Según Rodríguez (2011), el concepto de eficiencia ha tenido una evolución históricay ha sido visto desde la administración científica, la administración funcional y las relaciones humanas. En la tabla 1, se detalla la propuesta conceptual de la autora.En resumen, el concepto de eficiencia puede ser visto desde diferentes perspectivas las cuales van desde el análisis de procesos productivos, los incentivos y estímulossalariales entregados a los colaboradores (administración científica), hasta el análisis de las estructuras organizacionales (administración funcional) y los aspectos psicológicos de los trabajadores para la adaptación y el análisis de su trabajo (relaciones humanas). Para Calderón-Hernández, el control de todos los procesos organizacionales surgepor la necesidad de hacer más eficientes a las empresas; por lo tanto, es importanteconsiderar la medición como un mecanismo que mejora la calidad de la planeacióny la toma de decisiones permitiendo establecer metas comunes, con el fin de que todos los involucrados en los procesos identifiquen cuándo se logró o no el objetivo.Dichos procesos de medición de indicadores permiten que las organizaciones puedan tener una mejor gestión en la planeación, formulación de objetivos, seguimiento y ejecución de los planes; y gracias a los cambios organizacionales y a la competitividad de las empresas, los resultados deben ser mostrados a través de mediciones sistematizadas y objetivas que se muestren a través de indicadoresde gestión (Calderón-Hernández, 2000).

El uso eficiente de los recursos se convierte en una tarea importante para las organizaciones pues de esto depende que la empresa pueda sobrevivir en un ambiente competitivo. Normalmente las medidas de eficiencia se centran en un único indicador sin contemplar las múltiples variables de entrada (inputs) de un proceso las cuales representan los costos de producción o ejecución de actividades (Ray, Kumbhakar y Dua, 2015). En respuesta a esto, Charnes, Cooper y Rhodes en1978 introdujeron una metodología para la medición de eficiencia relativa endiferentes unidades de toma de decisión (DMU’s), la cual permite incluir las múltiples entradas y salidas que tienen los procesos; es así que surge el método DEA o Data Envelopment Analysis (Cook y Seiford, 2009).

Tabla 1. *Resumen del Concepto de Eficiencia en la Administración de Empresas.*

	Administración Científica (Gerencia Racional – Científica)	**Administración Funcional**	**Relaciones Humanas**
Concepto de eficiencia	La eficiencia debe ser buscada en los procesos de producción. El objetivo fundamental es el logro de la eficiencia a través de procedimientos que sean cuantificables y medibles. Para lograr esto, es necesario que todos los actores participen y a la vez, debenexistir incentivos económicos que sirvan como motivadores para los trabajadores. La figura principal planteada desde la administración científica es la del hombre económico quien es motivado en función de estímulos salariales y económicos.	La eficiencia tiene una relación directa con el estudio de la estructura organizacional y sus funciones. En la administración funcional, lo importante es contemplar la función administrativa desde varias perspectivas como la planeación, organización, dirección, coordinación y control. Adicional a lo planteado en la administración científica frente al hombre económico, la administración funcional involucra la manera en la que la empresa está estructurada internamente ya que esto facilita la medición y obtención de eficiencia en todos los procesos.	El factor humano es el elementoesencial en la gestión y el agente principal en la contribución de eficiencia. De los aspectos técnicos y formales se pasó a los aspectos psicológicos y sociológicos, a través del análisis del trabajo el cual buscaba identificar las características humanas exigidas por cada tarea y en función deesto realizar la selección de los empleados; y por último, evaluar la adaptación del trabajo al trabajador con ayuda de mediciones de personalidad del trabajador y el jefe, motivaciones e incentivos, comunicación, liderazgo, entre otras.
Algunos Autores	- Harrington Emerson (1962) - Frank b. Gilbreth y Lillian M. Gilbreth (1922) - Henry Lawrence Gantt (1908) - Frederick W. Taylor (1896)	- Henry Fayol (1947) - Max Weber (1978 - 2003) - Mary Parker Follet (1924) - Chester I. Barnard (1966) - Lyndall Urwick (1960) - Luther Gulick (1937)	- Elton Mayo (1932) - Kurt Lewin (1939)

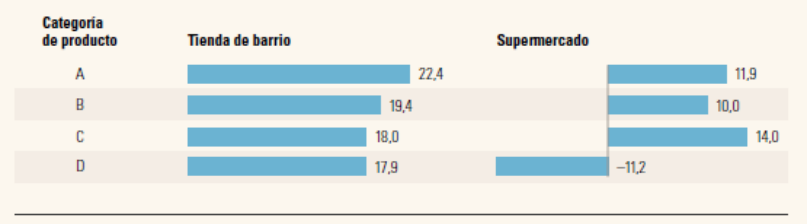
Fuente: (Rodríguez, 2011, p.11-47) *(Elaboración Propia).*

El DEA es un método basado en programación lineal que permite hacer una clasificación de las DMU's de un sistema buscando un equilibrio en los recursos invertidos y los resultados obtenidos de tal forma que se puedan maximizar los beneficios de dicha DMU (Ardila Gamboa y Ballesteros Riveros, 2018). Esta técnica permite realizar la medición y comparación de la gestión relativa de un grupo de unidades de producción de bienes y/o servicios que usan unos insumos para poder producir un grupo de productos; haciéndolo a través de la identificación de fronteraseficientes e indicadores de gestión relativos de cada unidad (Rodríguez Lozano, 2003).

Dentro de los beneficios que trae consigo la implementación del método DEA se encuentra que se establece un único indicador para cada unidad contemplando lasmúltiples entradas y salidas del proceso, las unidades ineficientes pueden ser determinadas en términos porcentuales, facilita la reasignación de recursos y la definición de objetivos claros y concretos frente a la eficiencia esperada para cada unidad, mejora el proceso de toma de decisiones y dar la posibilidad de aumentar la producción en cada unidad sin necesidad de incrementar los recursos (Rodríguez, 2011).

De acuerdo con Díaz, Lacayo y Salcedo, (2007), las empresas de consumo masivose están enfrentando a dificultades para obtener mejores ganancias en la atenciónde los clientes del canal tradicional de ventas. Los clientes de dicho canal corresponden a las "tenditas de la esquina", comercios independientes ubicados enlos barrios, quioscos callejeros que venden golosinas en la calle o tiendas que comercializan víveres y productos básicos. Los grandes retos que enfrentan las empresas de consumo masivo con la atención de dicho canal están relacionados con los costos de distribución, los cuales suben en la medida en que se disminuye el tamaño de los pedidos. Adicional a esto, estas empresas han construido relaciones con los clientes del canal tradicional que se han convertido en fuentes derentabilidad pues los beneficios económicos identificados como % en ventas son muy positivos frente a los obtenidos con la atención de grandes superficies como supermercados. En la siguiente gráfica se pone en evidencia este comportamiento del EBITDA como % de venta en las tiendas de barrio y en los supermercados (Díazet al., 2007):

Ilustración 1. EBITDA cómo % de la venta en empresas de consumo masivo.



Fuente: (Díaz et al., 2007)

En conclusión, Díaz et al., 2007 identifica que la atención del canal tradicional de ventas es de gran interés para las empresas de consumo masivo y por lo tanto, deben buscar la manera de incentivar a sus clientes para prosperar en el entorno actual en el que compiten.

2. Capítulo 2: Marco Teórico

Hernández-Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), señala que el marco teórico es “un compendio escrito de artículos, libros y otros documentos que describen el estado pasado y actual del conocimiento sobre el problema de estudio, nos ayuda a documentar cómo nuestra investigación agrega valor a la literatura existente” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 36).

En este apartado, se estudiarán los conceptos teóricos más relevantes relacionados con la medición de eficiencia e indicadores a fin de establecer la forma de medir la eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo en el canal tradicional de ventas.

2.1 Eficiencia

La eficiencia debe ser una característica presente en todas las empresas ya que es este factor el que requiere mayor compromiso, mayor esfuerzo y trabajo en equipo, pero es también, el que dará como resultados el cumplimiento de los resultados organizacionales y mejores rendimientos. La eficiencia puede lograrse de diferentes maneras, aunque es aquella que involucra a todos los miembros de la organización la que mejores resultados ofrece, ya que es justamente el recurso humano el motor organizacional.

Pero no es solamente el esfuerzo de los colaboradores o el de los líderes el que incrementa la eficiencia, es el esfuerzo combinado de ambos el que crea, además de eficiencia, valor para el negocio. De acuerdo con Robles (2020), los beneficios que genera la eficiencia en una empresa son:

- Incrementar el valor de la empresa y el valor de su riqueza
- Definir y adecuar los planes y los objetivos para su consecución
- Satisfacer las necesidades, expectativas y deseos de los consumidores
- Impulsar la mejora continua a través de planes y programas de desarrollo
- Gestionar la motivación y promoción por el desarrollo laboral y profesional

2.1.1 Los Conceptos Generales

Resulta entonces relevante definir los conceptos relacionados con la eficiencia que algunas personas utilizan como sinónimos pero que no lo son, aunque si pudieran estar relacionados.

- **Eficiencia**

La eficiencia tiene diversas acepciones según su área de aplicación, para esta investigación las áreas de interés son la economía y la administración, por lo que las definiciones que se identifican son:

Según Idalberto Chiavenato, eficiencia "significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles, puede definirse mediante la ecuación E=P/R, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados" (Chiavenato, 2004, p. 52).

Según algunos autores, la eficiencia puede ser interpretada como el uso adecuado de los recursos de manera que se logre una operación optimizada. También puede entenderse como la capacidad de los procesos organizacionales para alcanzar objetivos o metas definidas con el mínimo uso de recursos disponibles. En última instancia, puede considerarse como el uso de recursos para satisfacer las necesidades de un individuo o sistema (Basulto y Loynaz, 2018).

- **Eficacia**

De forma similar que, con el concepto anterior, la eficacia tiene distintos significados en función de quien o de cómo se utilice. De acuerdo con Rojas, M., Jaimes, L., y Valencia, M., (2018) la eficacia consiste en contar con los recursos necesarios para lograr un objetivo o resultado específico. También puede ser considerada como la capacidad que tiene un proceso organizacional para cumplir las metas definidas a través del uso de recursos disponibles maximizando su utilización (Rojas et al., 2018).

- **Productividad**

En una acepción simple, la productividad podría ser definida como la unión de los dos conceptos anteriores, la eficacia y la eficiencia, es decir, es la capacidad de actuación para el logro del objetivo optimizando los recursos disponibles. Sin embargo, se define adecuadamente. De acuerdo con Fontalvo-Herrera, De La Hoz - Granadillo y Morelos - Gómez (2017) la productividad corresponde a la relación existente entre los recursos y la producción lo cual se traduce en la

medición de la cantidad de entradas y salidas que ingresan a un proceso (Fontalvo-Herrera et al., 2017). Por otro lado, la productividad es el uso eficiente de recursos como capital, tierra, materiales empleados para la obtención de bienes y servicios; también se considera como la posibilidad de incrementar las salidas de un proceso a partir de la optimización de los recursos de entrada (Sladogna, 2017).

De acuerdo con Sladogna (2017), la productividad puede incrementarse cuando se presentan los siguientes factores:

- Trabajo mejor calificado y en mayor volumen
- Incremento en los recursos que son utilizados
- Incremento en la maquinaria y equipo
- El uso eficiente de la tecnología
- El uso eficiente de la energía

2.1.2 Teoría de Eficiencia de Pareto

Wilfredo Pareto nacido en Suiza en 1923 fue un sociólogo y economista que estudió su carrera universitaria en ingeniería en Turín y que se desarrolló laboralmente en empresas ferroviarias e industriales. De acuerdo con Vidas (2022) su vocación por las ciencias sociales surgió luego de 1890 cuando dejó los aspectos prácticos para enfocarse en los teóricos. Gracias a que como académico en Italia fue rechazado como docente, en Suiza desarrollo aportaciones para la teoría del equilibrio y los principios de la teoría del Óptimo de Pareto o mejor conocida como la eficiencia de Pareto (Vidas, 2022).

De acuerdo con Salish (2020), esta teoría se ha convertido en un concepto ampliamente utilizado en la economía para la asignación de recursos y señala dicha asignación es Pareto-eficiente siempre y cuando no se logre alterar de forma positiva los resultados o el bienestar de un proceso sin alterar los resultados o beneficios de otro sistema. Es decir que, si se logra mejorar el bienestar de un sistema sin afectar el resultado de otro, la asignación de recursos es muestra de una mejor eficiencia y por lo tanto, se convierte en una asignación Pareto – Eficiente (Salish, 2020).

La teoría de Pareto en la medición de la eficiencia en la producción y en el consumo de bienes y servicios implica que al mejorar una situación otra tiene que empeorar, es decir, en el caso de los procesos productivos, si se incrementa la producción de un bien, la producción de otro bien disminuirá. Para ejemplificar la Pareto-eficiencia Salish (2020), utiliza dos conchas de mar, dos amigos las encuentran, cada uno se queda con una concha. Para mejor la situación de uno de los amigos resulta necesario quitarle la concha al otro amigo lo que empeoraría, ocurriendo lo misma si se quisiera realizar esta acción para beneficiar al otro amigo. Es decir, esta situación hipotética no representa una mejora de la teoría de Pareto, por lo puede concluirse que la situación inicial en la que cada amigo poseía una concha era una situación Pareto-eficiente.

La situación hipotética presentada anteriormente es la manera más simple de ejemplificar la teoría, sin embargo, es un poco más compleja, ya que encontrar una sola concha también podría mejorar el bienestar al reasignarla como recurso y generar una situación Pareto-eficiente. Como en toda teoría hay aspectos que no se consideran, en este caso particular, la igualdad o la equidad, por lo que una situación puede ser Pareto-eficiente pero no equitativa. Entonces, cabe aclarar la diferencia entre equidad y eficiencia:

Al hablar de equidad, esta se refiere a la posibilidad de entregar a cada individuo, proceso o sistema lo que se merece y puede ser visto como igualdad (Coll-Morales, 2020). Adicional a esto, el concepto de equidad está asociado a tres valores como lo son la igualdad, el acatamiento de derechos y la justicia; todos estos son catalogados como valores sociales. La equidad es vista como la comparación entre diferentes grupos con el fin de identificar que aquellos que son considerados como iguales, sean tratados de la misma manera y del mismo modo, aquellos grupos que son desiguales, tengan un trato diferencial. Al final, el concepto de equidad es visto como un principio de ética y justicia (Terán, Robles, Preciado y López, 2019).

Frente al concepto de eficiencia, se sabe que es la capacidad de maximizar los resultados a partir de la minimización de recursos empleados. Este concepto puede ser visto desde dos puntos, uno es la eficiencia técnica la cual se refiere a como un sistema obtiene los máximos resultados a partir de un conjunto de insumos que debe ser administrado y minimizado y el otro es la eficiencia asignativa la cual hace referencia a como una organización optimiza los insumos con el fin de minimizar su costo y obtener un resultado maximizado (Arzubi y Berbel, 2014).

En términos estrictamente matemáticos ambas acciones no pueden ocurrir al mismo tiempo; sin embargo, Jonathan Ostry, Andrew Berg y Charalambos Tsangarides del Fondo Monetario

Internacional (FMI) citados por García-García (2019) realizaron una investigación encontrando que la relación entre la variable equidad y eficiencia no es relativa sino tiende a ser positiva. Esto indica que puede existir un mejoramiento de la equidad en un sistema económico sin perjudicar la eficiencia o crecimiento del mismo (García-García, 2019) .

2.1.3 Teoría de Eficiencia de Kaldor-Hicks

Nicholas Kaldor, señala Fernández, Tomás y Tamaro (2004), es un economista británico influido ampliamente por la teoría keynesiana que se distinguió por ser uno de los mayores críticos de la política monetaria practicada por el gobierno de Margaret Thatcher. Estudió en la London School of Economics y contribuyó como asesor económico de diversos países entre ellos México y su propio país de origen (Fernández, Tomás y Tamaro, 2004b).

Por su parte, John Richard Hicks, es un economista inglés y profesor de escuelas y universidades como la London School of Economics, Cambridge, Manchester y Oxford presentó en 1939 su obra de mayor importancia “valor y capital” donde se estudian el ciclo económico y el equilibrio (Fernández, Tomás y Tamaro, 2004a).

Ambos economistas, en conjunto crearon la teoría de la eficiencia de Kaldor-Hicks, Criterio de Scitovsky o también conocida como Criterio de Kaldor-Hicks. Esta teoría mantiene la esencia de la eficiencia de Pareto; sin embargo, es menos rigurosa y puede aplicarse a una mayor cantidad de situaciones. La diferencia entre ambas teorías radica en la forma en la que se compensa aquella situación que empeora. Esta teoría no requiere que la compensación realmente se pague, sino meramente que exista la posibilidad de que ello ocurra así no se hace necesario que cada parte mejore o se mantenga neutral; cualquier asignación Kaldor-Hicks eficiente es también una asignación Pareto eficiente y la utilidad social será máxima, una vez asignado un stock dado de recursos, bienes y/o servicios, ninguna persona puede mejorar sin que otra persona empeore; ahora bien, cuando el stock de recursos aumenta, es posible que una persona mejore sin empeorar a otra, pero también que ello no sea así: que haya un empeoramiento de la otra. Lo anterior esta dado gracias a que una mejora de Pareto será siempre una mejora de Kaldor-Hicks, pero las mejoras de Kaldor-Hicks no son mejoras de Pareto. Esta teoría es ampliamente utilizada en la economía de las empresas sin importar su giro ya que busca el costo beneficio. Es justamente en la toma de decisiones en la que la teoría es mayormente aplicable pues se orienta a establecer que los beneficios serán suficientes para el beneficiario y para compensar a quien pierde (Saruba, 2008).

2.1.4 Teorema de Beneficio Cero

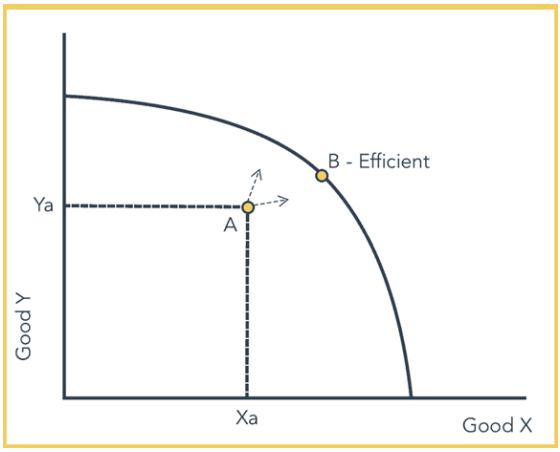
El teorema de beneficio cero indica que la entrada en una industria competitiva continuará hasta que toda oportunidad de beneficio económico positivo se reduzca a cero (Economiapedia, 2022).

Costo marginal = Ingresos marginales = Precio

Por encima del costo promedio = beneficio económico positivo

En este teorema puede identificarse la eficiencia de la producción y la eficiencia del consumo como se muestra en la ilustración 2 e ilustración 3:

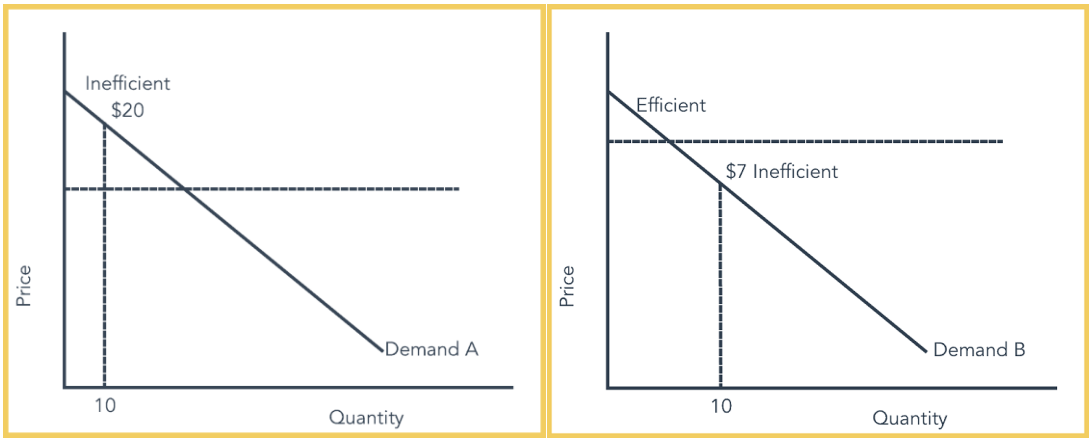
Ilustración 2. *Eficiencia de producción.*



Fuente: (Economiapedia, 2022).

En la ilustración anterior, el punto A representa la producción ineficiente y B la producción eficiente.

Ilustración 3. *Eficiencia de consumo.*



Fuente: (Economiapedia, 2022).

2.2 Método DEA

De acuerdo con Rincón-Soto, Arango-Buelvas y Torres-Yarzagaray (2016), "El Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica No-Paramétrica, determinista, que recurre a la programación matemática"(Rincón-Soto et,al, 2016, p. 66), que tiene su origen con Farrel (1957) y que fue retomada en 1978 por Rhodes.

- **Caracterización.**

Señala Rincón-Soto et, al (2016), que la caracterización de los modelos DEA están en función de los siguientes aspectos:

1. La eficiencia que proporciona (modelos radiales y no radiales).

2. La orientación del modelo (Input orientado, Output orientado o Input-Output Orientado).

3. La forma en que los factores productivos son combinados para obtener un conjunto de productos.

- **Orientaciones de modelo.**

Charnes, et. al (1978), citados por Rincón et, al. (2016), establecen la eficiencia del modelo en relación con sus orientaciones

1. Inputs orientados: Los modelos orientados a las entradas tienen como función principal maximizar de manera proporcional la reducción del vector de inputs sin afectar la frontera de producción o de outputs. En estos modelos se determina que una unidad no es eficiente cuando se tiene una reducción de inputs y a su vez se impacta negativamente los outputs.

2. Outputs orientados: En el caso de los modelos orientados a las salidas, su objetivo principal es maximizar el incremento de outputs dentro de la frontera eficiente de producción. Para estos modelos se determina que una unidad no es eficiente cuando se obtiene un incremento en un output, pero a su vez se incrementan los inputs y se impacta el resultado de otras variables de salida.

Para profundizar sobre el método DEA, en el capítulo de 3 relacionado con Metodología, se tendrá una explicación al detalle del concepto.

2.3 Consumo Masivo

Hablar de empresas de consumo masivo es considerar un conjunto de empresas que se encargan de la producción, comercialización y distribución de productos clasificados en diferentes categorías como tecnología, aseo, alimentos, bebidas entre otros, con el fin de satisfacer diferentes necesidades de la población a nivel mundial. Dentro de las empresas de consumo masivo, se encuentran aquellas que se dedican a producción y distribución de productos o aquellas que solo se dedican a la producción o distribución de productos. Estas también pueden ser internacionales, transnacionales o co-distribuidoras (Castellanos de Echeverria, 2012).

Por otro lado, los productos de consumo masivo corresponden a aquellos que se requieren para el consumo de todos los estratos de la sociedad y por ende, tienen una alta demanda. Esto motiva a que las empresas del sector tengan una competencia alta con el fin de captar a los consumidores finales a través de la diversificación de productos, precios y servicios agregados (Roca Martínez, 2016).

En línea con el planteamiento de Roca Martínez (2016), las características que distinguen a los productos de consumo masivo son:

- Que se consumen de forma inmediata

- Que son productos de primera necesidad por lo que la compra es cotidiana
- Que pueden ser comprados casi en cualquier comercio ya que son muy solicitados
- El precio no es elevado justamente por ser de alto consumo

Para que el consumo masivo continúe siendo uno de los más importantes del mercado y para la economía, deberá llevar a cabo mejores prácticas, entre las que se identifican: la especialización para alinear la marca al objetivo del negocio y la digitalización para mejorar la experiencia de compra y acerca más el producto al consumidor (Roca Martínez, 2016).

2.4 La Teoría Keynesiana del Consumo

El modelo keynesiano es una teoría económica desarrollada por John Maynard Keynes a través de un modelo económico. En este, se demuestra fundamentalmente la relación que existe entre el nivel de ocupación o empleo y el nivel de ingresos de un lugar, el modelo keynesiano se desarrolla en una época en la cual la teoría económica estaba dominada por el pensamiento clásico; los principales supuestos clásicos sobre la teoría de la ocupación y el empleo eran que la economía tiende hacia una posición de equilibrio con pleno empleo. Los conceptos que la teoría introduce son: la demanda total agregada y la oferta total agregada, conceptos ampliamente utilizados en la distribución y logística para el consumo masivo (Fortún, 2019).

2.5 La Teoría de Consumo de Franco Modigliani

Dentro de la teoría de Franco Modigliani o teoría del ciclo vital de Franco Modigliani, se hace u un estudio de 3 conceptos principales: el salario, el ahorro y el consumo. Estas tres variables son evaluadas en función de la edad y el mercado laboral en el que se encuentre la persona y confirma que existe una mayor tendencia al ahorro en las primeras etapas de la vida y de lo contrario, al final del ciclo de vida, hay una menor proporción de ahorro. Lo anterior, influye en el nivel de consumo de la personas, ya que es posible señalar que a pesar de que el nivel de ahorro es mayor cuando mayores ingresos se generan, la capacidad de consumo también es mayor, por lo que se convierte en una población económicamente atractiva para adquirir el producto o servicio ofrecido por la empresa y aunque la renta disminuye en edades avanzada, el ahorro también es menor y los deseos de consumidor pueden incrementarse (Meza Martínez, 2017).

2.6 Los Canales de Ventas

Los canales de ventas o también llamados canales de marketing o canales de distribución, son organizaciones independientes dentro de una empresa que se encargan de asegurar estrategias de promoción, comercialización y distribución de un bien o servicio dentro del mercado (Meneses Londoño, 2016). Por otro lado, un canal de venta puede ser definido como las interfaces entre una empresa y sus consumidores potenciales (Cera, 2021).

Según Cera (2021), los tipo de canales de ventas existentes que se identifican son:

- Canales de venta B2C (Consumidor final).
- Tiendas con espacios físicos.
- Sitios web, aplicaciones Marketplace u otro espacio virtual.
- Ventas privadas a través de catálogos y teléfono.
- Canales de venta B2B (Comercialización entre empresas).
- Correo electrónico.
- Sitios web.
- Redes sociales.
- Ferias comerciales.

Estos canales de venta o de marketing, tienen como función principal identificar información relevante del mercado para que de esta manera se realice una gestión adecuada del portafolio de productos y servicios entregado al mercado. También deben analizar la promoción, la cual está directamente relacionada con dar a conocer el producto, realizar todo el tema de contacto o búsqueda de compradores del producto y servicio, negociación que simplemente es la búsqueda de acuerdos para la definición de precio y volúmenes de venta y por último, deben definir toda la estrategia de distribución del producto, lo cual se centra en el transporte y disposición final de las mercancías en las instalaciones o manos del consumidor final (Meneses Londoño, 2016).

Se ha visto que los canales de distribución se han establecido en función de la cultura y tradiciones principales del lugar donde se realiza la estrategia para entrega de productos. Es por esto que están expuestos constantemente a cambios pues el diseño correcto del canal facilita la obtención de beneficios, reducción de costos y maximización de los resultados obtenidos. Los canales de distribución pueden dividirse en tres y estos son: canal de distribución directo, canal de distribución indirecto y canal de distribución multicanal. El primero es útil cuando se cuenta con intermediarios con costos muy elevados para la gestión del producto y adicional, el mercado exige que la distribución sea gestionada directamente por la organización. Para la distribución indirecta, se tiene como premisa la cobertura del mercado con el fin de expandir la huella de atención y tener presencia en una mayor cantidad de clientes. Por último, la distribución multicanal es un híbrido entre los dos anteriores. La elección de los canales de distribución, debe contemplar variables como las características del producto y consumidores, las tendencias del mercado, los canales usados por la competencia y la estrategia de la compañía para posicionar el producto en el mercado (Salom Serna, 2012).

2.7 Los Procesos Logísticos

La logística tiene su origen formal en los años 80´s, sin embargo, ya en la década de los 60´s, especialmente en Estados Unidos algunas empresas tenían como actividad específica la administración de los inventarios y la distribución de mercancías, pero no era un tema de interés por no conocerse mucho de él. Hoy en día su importancia es mayor puesto que como se ha mencionado con anterioridad, se ha convertido en el eslabón que une las actividades de las empresas con las necesidades de los consumidores. Los principios de los procesos logísticos garantizan su éxito, los más importantes son: el costo total, la estandarización y la postergación, la consolidación y la aplicación de la ley Pareto (Carreño Solis, 2017).

Los costos en los que incurran las empresas relacionadas con la gestión logística pueden ser diversos, aunque se pueden clasificar de manera general en directos e indirectos. Los directos, como lo señala su nombre, están estrechamente relacionados con la distribución misma, entre los más comunes es posible identificar, el empaque, el almacenaje en el origen y en el destino, la manipulación del bien, el transporte, el costo del paso por la aduana, y el costo por el uso de agentes aduaneros entre otros. Los indirectos están relacionados con aquellas actividades que no son tangibles en la distribución, como los gastos administrativos que se generen durante el proceso completo (Carreño Solis, 2017).

Otro elemento importante que interviene en la distribución son los tiempos, la estimación del tiempo de tránsito, es el periodo total invertido para llevar a cabo la distribución física de un embarque. Este análisis se fundamenta en los tiempos totales involucrados en el tránsito, que corresponden a la sumatoria de periodos parciales de diversas operaciones del proceso (Castellanos Ramírez, 2009, p. 161). Para el estudio del tiempo y el costo las empresas utilizan matrices que cruzan todos los modos de transporte utilizados con los costos que se generan para identificar el modo de transporte óptimo en cada región geográfica. Con lo anterior, debemos siempre recordar que los procesos logístico son considerados como factores determinantes de éxito y generación de valora para las organizaciones (Mora, 2014).

2.7.1 Los Conceptos Generales

- **Principios Generales.**

De acuerdo con SPC Consulting (2015), los siete principios que son clave para que los procesos logísticos sean exitosos son:

1. Las necesidades del cliente son el referente para adaptar la cadena de suministro.

2. La red logística debe adaptarse al consumidor, aunque esto no funciona siempre así ya que las empresas pueden tener una amplia diversidad de clientes y de mercados que tienen las mismas necesidades por satisfacer, pero lo hacen de diversas formas.

3. En la cadena de suministro se debe alinear la planeación de la demanda.

4. Diferenciar los productos; sin embargo, no resulta limitante sino completaría de la estandarización, que si bien podría parecer que representan lo opuesto no lo hacen.

5. El principio que resiste el tiempo es no realizar outsourcing de la competencia.

6. Adoptar indicadores.

- **Los Costos.**

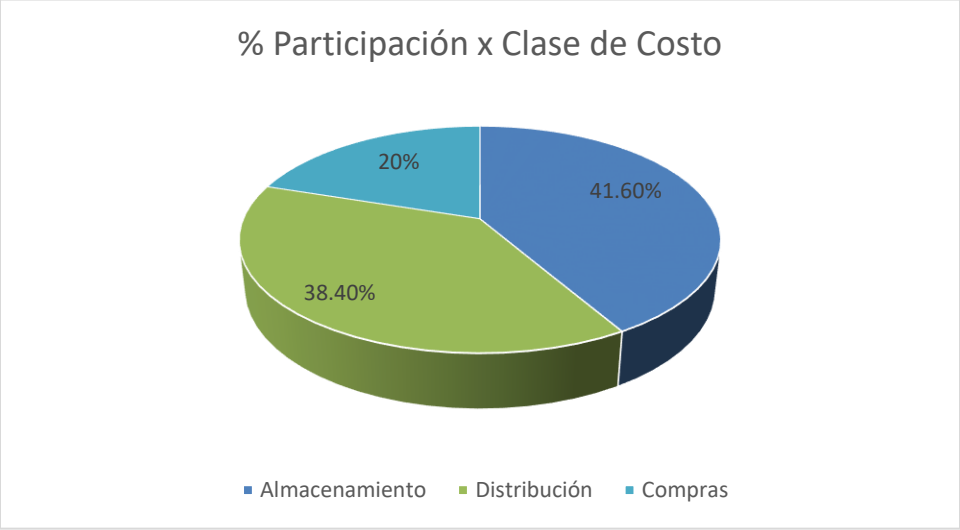
Señala Gómez Aparicio (2014) que, considerando el más amplio enfoque, el total de los costos logísticos se calculan con la suma de los costos de aprovisionamiento y los costos de distribución, donde los costos de aprovisionamiento incluyen los costos que generan la compras y el almacenamiento. Debido a la amplitud y a la diversidad de los costos, para determinar los que mayormente se asocian a estas funciones se deben tener tres consideraciones:

1. Los costos con mayor presencia en los procesos logísticos son:

- Costos de compras: Compuesto por los costos de compras (precio de compra por cantidad comprada) y los costos de emisión de pedidos (sueldos, salarios, amortizaciones de equipo y comunicación).
- Costos de almacén: Compuesto por los costos de almacenamiento (espacio, instalación, manipulación, suministro y otros costos ocultos) y costos de distribución (Transporte y distribución).

2. La importancia que tiene cada costo logístico en el proceso, en relación con el costo logístico total:

Ilustración 4. *Participación de los costos logísticos.*



Fuente: (Gómez Aparicio, 2014) *(Elaboración Propia)*

3. Se requiere la clara diferenciación de conceptos relacionados que puede utilizarse de forma errónea como sinónimos:

Tabla 2. *Definición de conceptos*

Concepto	Descripción
Inversión	Bienes que se van utilizando a través del proceso productivo difiriendo su costo.
Costo	Consumo del factor productivo en término monetario.
Gasto	Egreso generado para el desarrollo de la actividad que generalmente es recuperado en el precio de la venta.
Pago	Egreso de recursos monetarios fuera del proceso productivo

Fuente: (Gómez Aparicio, 2014) *(Elaboración propia).*

- **Los Tiempos de Tránsito.**

El período total invertido para llevar a cabo la Distribución Física Internacional (DFI) de un embarque se denomina usualmente tiempo de tránsito, el análisis de la relación costo/tiempo se fundamenta en los tiempos totales involucrados en el tránsito, los cuales corresponden a la sumatoria de los períodos parciales de todas las operaciones necesarias para lograr la movilización física, que inicia en la etapa de pos cosecha para el caso de productos perecederos, continúa con el alistamiento de la carga, manipuleo, transporte, etc., hasta colocarla en bodegas del comprador (Castellanos Ramírez, 2009).

- **Los Acuerdos Comerciales.**

Los acuerdos comerciales buscan entre otros aspectos, la reducción de los costos que se generan por el traslado de bienes a través de fronteras de diferentes países. Busca, además, eliminar o disminuir las barreras que no son arancelarias, pero que implican una complejidad del proceso logístico. Los acuerdos comerciales más comunes de acuerdo con Castellanos Ramírez (2009), actualmente son:

- La zona de preferencia arancelaria, que son un grupo de territorios que se otorgan beneficios y ventajas entre sí, dejando fuera a países que no participan en el acuerdo.
- Los tratados de libre comercio.

- La unión aduanera que se genera cuando un área de libre comercio establece un arancel exterior común.
- El mercado común, permite la libre circulación de trabajadores y de capital, ofreciendo igualdad en los criterios educativos, en la contratación y en la remuneración.
- Unión económica, es la armonización entre diversos mercados de las políticas fiscales y monetarias en beneficio de todas las partes relacionadas. Se cede, de alguna manera una parte importante de la soberanía de cada país.
- Integración económica, se fomenta la productividad y busca la equidad regional, dirigiendo los esfuerzos una autoridad que esta sobre la autoridad misma de cada región.

2.7.2 Teoría de las Restricciones TOC y la Cadena Logística

El concepto fundamental de la Teoría de Restricciones (TOC) está en que para un cliente la generación de valor no se da en una única parte del proceso sino en toda la cadena logística. Por lo anterior, la implementación de un modelo de gestión logística ágil y enfocado en satisfacer las necesidades de los clientes debe contemplar varias partes del proceso logístico como lo son (Esan, 2016):

- Agrupar funciones de adquisición, recepción, almacenamiento y gestión del inventario.
- Involucrar actividades de mantenimiento que sean funcionales para la gestión de la planta.
- Constituir un nexo entre las actividades de producción y comercialización.
- Agrupar los subsistemas de abastecimiento y servicios de fabricación de los bienes y servicios que serán comercializados.

El concepto principal de la teoría de las restricciones es la analogía que presenta entre los sistemas complejos y las cadenas, es decir, la cadena completa no es resistente que su eslabón más débil. Entonces cabe señalar que la gestión de la gestión logística busca explotar el potencial del sistema completo (Esan, 2016).

2.7.3 Teoría General de la Gestión Logística

La gestión logística es identificada en el ámbito empresarial por muchos nombres, sin embargo, el más utilizado es justamente, gestión logística, para referirse a la parte en la que se gestiona

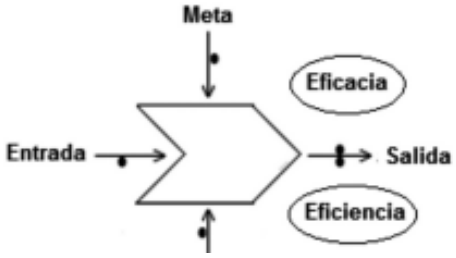
la cadena de suministros para la atención adecuada de los consumidores. De acuerdo con Pinheiro De Lima, Breval Santiago, Rodríguez Taboada y Follmann (2017), es posible definir a la gestión logística como la responsable de planear, suministrar y controlar los flujos de entrada y salida así como también garantizar el almacenamiento adecuado de bienes, servicios e información desde el origen hasta el destino final para consumo o uso (Pinheiro De Lima et al., 2017).

En línea con lo planteado por Pinheiro De Lima et al (2017), en la teoría de la gestión logística, se señala que las características que la distinguen son:

- La búsqueda de la satisfacción del consumidor.
- Centrar la actividad completa en el canal de la logística.
- Optimizar como propósito a las empresas en su totalidad.
- Vincular al abastecedor con el consumidor final a través de la tecnología como fuerza motriz.

La gestión logística tiene como elementos principales algunos conceptos que se han tratado ya con anterioridad en esta investigación, estos son: La eficiencia, la eficacia y el desempeño. Por su parte, la eficacia y la eficiencia pueden ser identificados como se muestra en la Ilustración 5 (Pinheiro De Lima et al., 2017).

Ilustración 5. *La conexión entre la eficacia y la eficiencia*



Fuente: (Pinheiro de Lima, Breval Santiago, Rodríguez Taboada, & Follmann, 2017, pág. 269)

Mientras que el desempeño es fundamental en el sentido que permite evaluar el éxito que se está teniendo en la organización. Ahora bien, ninguna de las medidas señaladas previamente brinda resultados favorables por sí sola, la eficacia, la eficiencia y el desempeño deben funcionar de manera simultánea (Pinheiro De Lima et al., 2017).

2.7.4 Teorías Logísticas Complementarias

Diversas son las teorías que surgen de la logística, y algunas teorías son el fundamento que dan origen a la logística, entre otras se identifican:

1. La logística inversa: De acuerdo con (Rentero, 2018), la logística inversa es una estrategia para recuperar los residuos de la actividad productiva y de consumo, con la finalidad de agregarle valor al sistema productivo mismo y generar beneficios para el medio ambiente.

2. La teoría general de sistemas y sistemas de producción: Todo sistema está compuesto por subsistemas que a su vez se conforman por elementos independientes que constantemente están interactuando entre sí. Esto crea un vínculo que produce un comportamiento similar en todo el sistema logrando una estabilidad (EAE, 2018).

3. La logística verde hace referencia a las medidas y políticas sostenibles que implementan las organizaciones con el fin de minimizar el impacto que sus actividades puedan generar negativamente en la naturaleza. La finalidad de la logística verde es encontrar un balance entre lo ecológico, económico y social a partir del ajuste de las diferentes actividades de la empresa. Es posiblemente la logística verde, la que tomará mayor fuerza en los próximos años, ya que el cambio climático es ahora una realidad que está afectando la disponibilidad de los recursos (SAP Concur, 2022).

2.7.5 Cadenas de Suministros

De acuerdo con CEUPE (2021), la cadena de suministros, es un conjunto de procesos interrelacionados con el objetivo de satisfacer las necesidades de los consumidores a través de bienes o de servicios. Esta ocurre desde la adquisición de la materia prima y termina en la entrega del bien final al consumidor. Si bien el objetivo global de la cadena de suministro es muy claro, cuanta también con objetivos específicos que le permite lograr su objetivo de llegar al consumidor y satisfacer su necesidad. Algunos de estos objetivos son:

- Identificar canales de comunicación adecuados.

- Reducir las pérdidas.

- Reducir los tiempos de distribución.

- Operar adecuadamente los inventarios y los almacenes.

- Prever imprevistos para poder hacerles frente cuando estos ocurran.

De acuerdo con la Ilustración 6, la cadena de suministros se divide en 3 partes.

Ilustración 6. Cadena de suministro y sus divisiones

Fuente: (CEUPE: Centro Europeo de Postgrado, 2021)(Elaboración Propia)

Por último, CEUPE (2021) plantea que existen tres tipos de cadenas de suministros:

1. La cadena de suministro de empresas industriales caracterizado por una gran logística que dependen del tamaño de la empresa y de los procesos productivos que esta tenga.

2. La cadena de suministro de empresas comercializadoras, caracterizado por funciones relacionadas con la recepción y cumplimiento de solicitudes del consumidor.

3. La cadena de suministro de empresas de servicio, caracterizado por contar con cadenas muy cortas, mejor representadas por estructuras jerárquicas.

2.7.6 Aplicación del Método DEA en los Procesos Logísticos y Supply Chain.

Teniendo en cuenta lo mencionado por Torres, (2019)**,** los sistemas logísticos están compuestos por diferentes procesos como lo son el transporte, almacenamiento, logística internacional y servicios de trazabilidad. Sin embargo, debido a la relevancia y el impacto que tiene el proceso de transporte de carga en el desarrollo de las actividades de una empresa y en el desempeño de un país, es relevante realizar estudios que permitan medir la eficiencia del proceso para facilitar la toma de decisiones frente a la necesidad de cambios tecnológicos dentro de la organización.

Dentro del estudio realizado por Torres, (2019)**,** se definieron variables de entrada como la infraestructura del país, infraestructura de las empresas transportadoras, recursos disponibles y también la calidad de los servicios logísticos prestados. Por otro lado, las variables de salida están enfocadas en logística de transporte para operaciones de comercio internacional, por esta razón se definieron la cantidad de exportaciones y valor de la mercancía movilizada como outputs del modelo. En conclusión, el modelo DEA empleado permitió identificar que todas las DMU's eficientes tenían una tendencia a invertir más en infraestructura, recursos y calidad del servicio, adicional, esto mostró una dinámica de cooperación diferencial entre entidades gubernamentales y privadas (Torres, 2019).

Por otro lado, Rentizelas et al., (2019) planteó una evaluación de eficiencia relativa del proceso de abastecimiento de biomasa en diferentes rutas contemplando múltiples criterios. Considerando la atención que se está dando a la generación de energía a partir de fuentes renovables, a nivel mundial se está dando importancia al uso de la biomasa como una opción de materia prima para dicha generación energética y por esta razón, los autores decidieron evaluar cómo es el comportamiento del proceso de distribución de biomasa a nivel mundial teniendo en cuenta que existen países con inventarios de biomasa suficientes para abastecer la necesidad de otros. El estudio es realizado evalúa la eficiencia del proceso de distribución de biomasa en las cadenas de suministro de Latinoamérica y contempla variables enfocadas en el transporte internacional, recursos tecnológicos, costos e infraestructura logística dispuesta para llevar a cabo este proceso. El uso del método DEA es de gran ayuda ya que se logra integrar variables relevantes a nivel económico como el costo de las biomasas, el impacto ambiental y consumo de energías fósiles requeridas para el transporte del material. Adicional, se establece el DEA como una herramienta clave para la planificación estratégica del abastecimiento de biomasa y adicional para la toma de decisiones, definición de políticas y planes de acción para el suministro óptimo de biomasa a nivel mundial (Rentizelas et al., 2019).

En línea con los estudios enunciados anteriormente, Ramírez, (2018) estableció una metodología que facilita la medición del proceso logístico de distribución de una empresa comercializadora de hidrocarburos con ayuda del método DEA. El sector de comercialización y distribución de hidrocarburos cuenta con regulaciones estrictas y una competencia con una oferta de servicio diferencial que impulsa a contar con estrategias en la cadena de abastecimiento que vayan alineadas a las necesidades de los clientes y adicional, a optimizar la rentabilidad de la organización. Con lo anterior, el autor se dedicó a diagnosticar detalladamente el proceso de

distribución de productos y con apoyo del método DEA, realizó la medición de eficiencia y posteriormente estableció un método de seguimiento para aquellos procesos en los cuales se identificaron oportunidades de mejora. En la definición del método DEA aplicable para el caso de estudio, algunas de las variables de entrada al modelo definidas fueron la facturación realizada a los clientes, la cantidad de días adicionales requeridos por la operación para atender la demanda según el plan inicial, los costos financieros generados en la operación, la pérdida económica considerando la rentabilidad esperada por la operación y como variable de salida se definió la rentabilidad final del negocio. En conclusión, el autor indica que los modelos de medición de eficiencia que sean aplicados por las organizaciones deben ser simples y enfocados en modelos que integren las necesidades de la operación y optimicen los resultados de la organización (Ramírez, 2018).

Por último, González Gutierrez, (2019)muestra un enfoque diferente en la aplicación del método DEA ya que planteó una metodología para selección de operadores logísticos para la gestión de una empresa manufacturera colombiana. En dicha selección uno de los criterios más importantes es que cada operador logístico cuente con capacidades de innovación tecnológica debido a la relevancia que tiene la digitalización y tecnología en los procesos organizacionales. Haciendo uso del proceso de jerarquía analítica o AHP (Analytic Hierarchy Process) e integrándolo con el método DEA, se obtuvo como resultado una metodología híbrida que facilita la toma de decisiones para elegir el proveedor que cumpla con todas las necesidades de la empresa manufacturera. En conclusión, el autor indica que el modelo facilita la elección de proveedores y puede replicarse a cualquier tipo de proceso de selección o toma de decisiones de servicio y adicional, concluye que los operadores logísticos deben migrar sus procesos a tecnologías que faciliten el seguimiento de los procesos de transporte, distribución, almacenamiento, control de inventario y gestión general de la cadena de suministros (González Gutierrez, 2019).

3. Capítulo 3: Metodología

3.1 Enfoque y Proceso Metodológico

Esta investigación se fundamenta en un paradigma explicativo-positivista, el cual tiene como premisa principal la obtención de datos e información de naturaleza cuantitativa, así como también se centra en un único método el cual debe ser adaptado al estudio que se esté realizando y gracias al análisis cuantitativo, es posible llegar a establecer leyes, confirmar y verificar teorías. El proceso investigativo abordado desde este paradigma es de carácter explicativo, causal y predictivo; por lo tanto, en el presente trabajo se plantea evaluar y resolver la problemática, a través de una realidad estructurada que produce datos con el fin de aplicar un único método fiable y válido, sin que esta se vea afectada por el investigador (neutralidad del investigador) (Calventus, 2000).

3.1.1 Periodo y Contexto de Evaluación

Este estudio se realizó en una empresa que pertenece al sector de consumo masivo. Debido a políticas de confidencialidad y seguridad, no se hace nombre de la misma dentro de esta investigación. El estudio busca ejecutar la medición de eficiencia relativa del proceso de distribución de productos en el canal tradicional de ventas a nivel nacional en un periodo de estudio contemplado en el periodo de los años 2017 al 2020, haciendo uso del método DEA o Data Envelopment Analysis (Análisis Envolvente de Datos). Dicho método permite realizar la medición de la eficiencia y la productividad relativa de diferentes unidades que toman decisiones (DMU’s por sus siglas en inglés Decision Making Units) en un proceso organizacional. Al final, el resultado que se obtiene permite diferenciar cuáles DMU’s son eficientes y cuáles no, buscando implementar acciones que permitan el mejoramiento de estas últimas (Rodríguez, 2011).

3.1.2 Metodología para la Medición de Eficiencia

Inicialmente, la eficiencia relativa se midió con ayuda de modelos de programación matemática no lineales, los cuales daban como resultado un concepto de eficienciaque

permitía evaluar las actividades realizadas en entidades sin ánimo de lucro. Esto se realizó a través de la determinación de DMU's, asignando pesos de referencia para las diferentes variables de entrada y salida que caracterizaban cadauno de los programas evaluados (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978).

En el contexto de la administración, la programación matemática ha sido usada para evaluar diferentes alternativas y facilitar la selección de la ruta más adecuada. Por lo tanto, la programación matemática sirve como un soporte para la correcta planeación en la administración. El DEA se sustenta en la programación matemáticay se encarga de la evaluación de eficiencia relativa de los logros obtenidos por la gestión, pero estos logros u objetivos pueden haber sido ya planeados y ejecutados(Banker, Charnes y Cooper, 1984).

Según Rodríguez (2011), una de las ventajas que posee el método DEA está relacionada con el establecimiento de un único indicador de eficiencia habiendo elegido las entradas y salidas adecuadas de cada una de las DMU's; también, ayuda a definir la correcta asignación de recursos y propone opciones de mejoramiento para las unidades ineficientes, facilitando así la toma de decisiones y estableciendo opciones de incremento de producción en cada unidad medida. Adicional a esto, el DEA determina el grado de desempeño de las DMU's en referencia al proceso de transformación de entradas en salidas.

Algunas de las ventajas que se han identificado en el uso del DEA como método para la medición de eficiencia relativa en redes de suministro se detallan a continuación (Camacho-Oliveros, 2013):

- El DEA es un método eficaz que permite evaluar eficiencia contemplando múltiples medidas de desempeño.

- Al utilizar el concepto de frontera eficiente donde esta corresponde a un límitede excelencia, se puede realizar una evaluación comparativa del desempeñode las DMU's contempladas en el estudio.

- En muchas oportunidades, las redes de suministro contemplan múltiples indicadores cuantitativos y cualitativos que impactan sobre la escala común de medición y la vuelven compleja. En función de esto, el método DEA permite contemplar la complejidad de esta medición ya que, con el análisis demúltiples entradas y salidas, da respuesta a la realidad de medición de eficiencia en las redes de suministro.

Considerando los atributos descritos anteriormente frente al método DEA, seprocede a profundizar sobre la formulación matemática básica sobre la cual se handefinido los diferentes modelos.

- **Formulación Matemática y Modelos DEA:**

Esta transformación se deriva de la medida universal de eficiencia y productividad **salida/entrada** y en función de esto, la formulación matemática parte de considerar un conjunto compuesto por n DMU's denotadas como DMU_j $(j = 1, \dots, n)$; las cuales utilizan recursos x_{ij} $(i = 1, \dots, m)$ y generan s outputs y_{rj} $(r = 1, \dots, s)$ y considerando que se conocen los multiplicadores v_i , u_r los cuales se relacionan con i entradas y r salidas respectivamente, la eficiencia e_j de la DMU_j se puede expresar como la proporción (ratio) de los pesos de las salidas y entradas (Rodríguez, 2011) así:

Ecuación 1. Medición de eficiencia basada en la proporción de pesos de salidas y entradas del modelo.

$$\sum_r u_r y_{rj} \,/\, \sum_i v_i x_{ij}$$

En el DEA existen dos modelos que se diferencian por los tipos de retornos a escalaen los cuales se pueden encontrar rendimientos a escala decrecientes que se refieren al punto en que la producción aumenta en menor proporción frente a los recursos de entrada; también están los rendimientos a escala crecientes donde se tiene que la producción aumenta en mayor proporción que los recursos de entraday por último, se encuentran los rendimientos constantes donde independiente al incremento de entradas, la

producción aumenta en la misma proporción siempre (Sánchez-Gooding y Rodríguez-Lozano, 2016).Los modelos que se tienen de DEA son los siguientes:

- **Modelo CRS (Constant Returns to Scale)**

También es conocido como modelo CCR en honor a sus creadores Charnes, Cooper y Rhodes y está diseñado específicamente para la evaluación de retornos a escala constantes (Sánchez-Gooding y Rodríguez-Lozano, 2016).

En este modelo específicamente si la DMU_0 está bajo estudio, este modelo da solución al problema de programación fraccional para la medida de eficiencia técnica de la DMU_0 así (Rodríguez, 2011):

Ecuación 2. Medición de eficiencia basada en la proporción de pesos de salidas y entradas del modelo para el modelo CCR.

$$e_0 = max \sum_r u_r y_{r0} \,/ \sum_i v_i x_{i0}$$

Sujeto a:

Ecuación 3. Restricciones del modelo CCR.

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, para\ todo\ j$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, para\ todo\ r, i$$

Donde ε es un valor no – arquimidian designado estrictamente positivo.

Aplicando la teoría de programación fraccionaria y realizando los siguientes cambios en las variables se obtiene:

Ecuación 4. Teoría de programación fraccionaria para cambio de variables.

$$t = \left(\sum_i v_i x_{i0}\right)^{-1} \quad donde\ u_r = tu_r\ y\ v_i = tv_i$$

El problema se transforma finalmente en un problema de programación lineal:

Ecuación 5. Maximización de eficiencia del modelo CCR.

$$e_0 = max \sum_r u_r y_{r0}$$

Sujeto a:

Ecuación 6. Restricciones del modelo CCR.

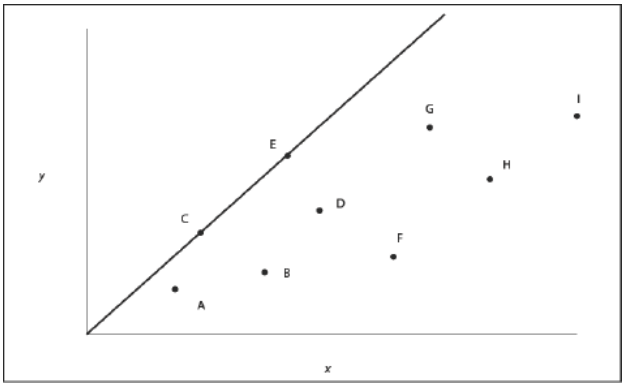
$$\sum_i v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, para\ todo\ j$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, para\ todo\ r, i$$

Teniendo en cuenta que el modelo se enfoca en los retornos a escala constantes,la frontera que se genera con el modelo CRS se evidencia a continuación:

Ilustración 7. *Frontera eficiente - Modelo CRS*



Fuente: (Rodríguez, 2011)

En esta gráfica se identifica que las DMU's C y E son eficientes, por lo tanto, elenfoque de mejoramiento debería darse en las otras unidades.

- **Modelo VRS (Variable Returns to Scale)**

También es conocido como modelo BCC en honor a sus creadores Banker, Charnesy Cooper y está diseñado específicamente para la evaluación de retornos a escalavariable (Sánchez-Gooding y Rodríguez-Lozano, 2016).

Considerando las variables y parámetros descritos en el modelo CRS, se define lo siguiente (Rodríguez, 2011):

Ecuación 7. Medición de eficiencia para el modelo BCC.

$$e_0 = max \frac{\sum_r u_r y_{r0} - u_0}{\sum_i v_i x_{i0}}$$

Sujeto a:

Ecuación 8. Restricciones del modelo BCC.

$$\sum_r u_r y_{rj} - u_0 - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, para\ todo\ r, i$$

$$u_0\ no\ restringida\ por\ signo$$

El equivalente en programación lineal es el siguiente:

Ecuación 9. Maximización de eficiencia modelo BCC.

$$e_0 = max \sum_r u_r y_{r0} - u_0$$

Sujeto a:

Ecuación 10. Restricciones del modelo BCC.

$$\sum_i v_i x_{i0} = 1$$

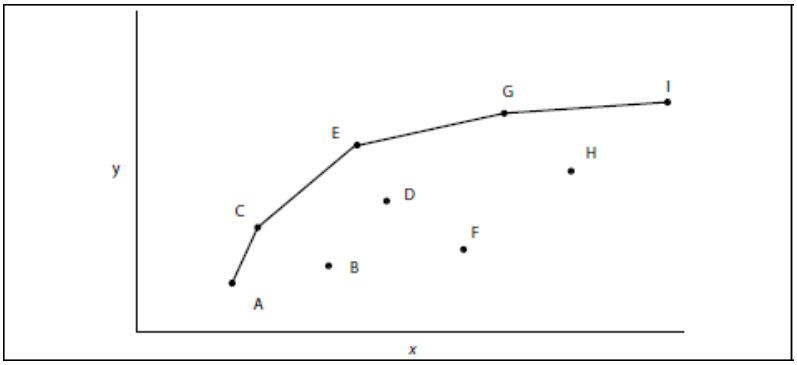
$$\sum_r u_r y_{rj} - u_0 - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, para\ todo\ r, i$$

$$u_0\ no\ restringida\ por\ signo$$

Teniendo en cuenta que el modelo se enfoca en los retornos a escala variables, la frontera que se genera con el modelo VRS se evidencia a continuación:

Ilustración 8. Frontera eficiente - Modelo VRS



Fuente: (Rodríguez, 2011)

En esta gráfica se identifica que las DMU's A, C, E, G e I son eficientes, por lo tanto, el enfoque de mejoramiento debería darse en las otras unidades.

4. Capítulo 4: Desarrollo Investigativo

4.1 Caracterización del Proceso de Distribución de Productos en el Canal Tradicional de Ventas

Como se ha mencionado, esta investigación fue realizada en una empresa del sector de consumo masivo. Por políticas de confidencialidad y seguridad de la misma, no se relaciona el nombre; sin embargo, toda la información utilizada para este análisis fue obtenida de fuentes confiables como sistemas ERP o tableros de control de indicadores e información.

A continuación, se presenta un contexto general del proceso realizado por las diferentes áreas de la empresa para asegurar el correcto flujo de distribución de pedidos en el canal tradicional de ventas.

4.1.1 Distribución Geográfica de los Centros de Distribución

Los centros de distribución (CEDI's) de la empresa de estudio se encuentran en ciudades principales y secundarias; se dividen por regiones con el fin de contar con una huella geográfica de distribución óptima que permita llevar los productos del portafolio de la compañía a todos los rincones del territorio colombiano. La empresa cuenta con 6 regionales que incluyen una ciudad principal y varias ciudades secundarias, las cuales tienen operación para la atención del canal tradicional de ventas y en algunos casos, como en las ciudades principales, atienden el canal especial de distribución el cual se enfoca en clientes de mayor volumen como grandes superficies, mayoristas o distribuidores. Para esta investigación, se tendrán en cuenta los 24 centros de distribución ya que en todos se atiende la operación del canal tradicional de ventas.

A continuación, se presentan las regionales, ciudades principales y ciudades secundarias que conforman la huella de distribución logística de la empresa:

Tabla 3. *Detalle Regionales, Ciudades Principales y Ciudades Secundarias*

Regional	Ciudad Principal	Ciudades Secundarias
Norte	Barranquilla	Cartagena Santa Marta Riohacha
Occidente	Medellín	Apartadó Sincelejo Montería
Santanderes	Bucaramanga	Cúcuta Barrancabermeja Valledupar
Centro	Bogotá	Duitama Chiquinquirá Villavicencio Funza
Eje Cafetero	Pereira	Armenia Girardot Neiva
Sur	Cali	Pasto Popayán

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2 Proceso de Ventas

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica de los centros de distribución, el equipo de ventas de la compañía también se encuentra dividido por regionales y lo componen agentes de ventas que atienden tanto el canal tradicional como el canal especial de ventas. Esta distribución geográfica de atención del equipo de ventas, permite llegar a los diferentes municipios que se encuentran a los alrededores de las ciudades y asegura que se pueda atender a todos los clientes que se encuentra tipificados dentro del canal tradicional de ventas en todo el territorio nacional.

En el proceso de atención de clientes del canal tradicional, cada vendedor tiene una asignación de zonas y clientes fijos a atender diariamente (atención de lunes a sábado). Ellos realizan la visita al cliente ofertando todo el portafolio de productos dispuesto por la compañía y en función de las necesidades del cliente, el vendedor toma el pedido a través de un sistema portátil de

captura de pedidos. Cada vendedor debe visitar el 100% de la base de clientes asignada a diario; sin embargo, no siempre van a contar con una venta efectiva al 100% de los clientes pues como se mencionó anteriormente, la venta se concreta en función de la necesidad puntual de cada cliente.

Una vez el equipo de ventas realiza la visita a la base de clientes diaria y carga los pedidos al sistema, estos continúan el flujo de proceso al equipo de cartera quien se encarga de validar que el cliente se encuentre al día en facturación y pagos. Luego de esto, el flujo llega al equipo logístico quien se encarga de procesar, alistar, despachar y garantizar la distribución de pedidos.

4.1.3 Proceso Logístico

Para iniciar, es importante identificar cómo es el funcionamiento de los centros de distribución en términos de recursos disponibles, procesos operativos y restricciones que se presentan en la logística de distribución.

Cada uno de los centros de distribución, cuenta con una capacidad instalada de almacén que permite ejecutar todos los procesos de recepción de mercancía, control de inventarios, alistamiento de pedidos, preparación de rutas y despacho de vehículos. Dicha capacidad está asociada a la cantidad de metros cuadrados (m^2) con los que cuenta la bodega en cada ciudad. Estas bodegas no son propias de la empresa, por lo tanto, tienen un gasto mensual de arrendamiento. Por otro lado, cada CEDI cuenta también con una asignación de mano de obra que corresponde a la cantidad de personas que operan dentro de cada almacén asegurando los procesos de control, alistamiento y despacho de todos los inventarios destinados para la atención del canal tradicional de ventas.

Adicional a lo anterior, para el proceso de distribución y entrega de mercancía, los centros de distribución no cuentan con flota propia; por lo tanto, la política de la compañía indica que cada CEDI debe vincular proveedores de transporte que cumplan con las condiciones mínimas requeridas para operación como lo son:

- Cantidad de vehículos óptima para ejecutar el proceso de distribución y entrega de pedidos diariamente.

- Asegurar que los vehículos dispuestos para la operación, cuenten con la capacidad en kilogramos (Kg) y metros cúbicos (m^3) para movilizar el 100% de la mercancía.

- Conductores capacitados en operaciones de distribución especialmente en canal tradicional de ventas.

- Definición de tarifas que incluyan el gasto de personal, combustible, mantenimiento y demás gastos que pueda requerir el proveedor. Dicha tarifa se pacta en función de las distancias recorridas (Km), cantidad de pedidos por ruta y tipología de vehículo.

- Todos los gastos adicionales al proceso de distribución, son asumidos directamente por el proveedor de transporte.

- Los tipos de vehículos ofertados por los proveedores, corresponden a tres tipologías detalladas a continuación junto con sus capacidades:

Tabla 4. *Tipología de Vehículos y Capacidades*

Tipo de Vehículo	Capacidad en Kg	Capacidad en m3
Carry	1000	2,8
Luv	1500	4
NHR	2500	10

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, considerando los diferentes recursos requeridos para asegurar la operación logística de cada CEDI, anualmente se realiza una evaluación de presupuesto en la cual se asigna para cada almacén un gasto logístico que se calcula en función de la proyección de pedidos y el crecimiento que se estima para la operación. De acuerdo a esto, el presupuesto incluye rubros como arrendamientos de bodegas, mantenimientos de equipos, depreciación de los mismos, transporte primario, mano de obra, gasto de distribución para el canal tradicional y canal especial de ventas.

Para asegurar el control y cumplimiento presupuestal, existe un proceso de optimización de recorridos o rutas que permite entregarle a cada CEDI la información relevante para realizar el alistamiento de toda la mercancía que será entregada a cada vehículo en función de la ruta lógica que este tenga que recorrer, los clientes que deba visitar y los tiempos de operación adecuados para garantizar la visita del 100% de la ruta. Dicho proceso está centralizado en un equipo que hace la evaluación de todos los pedidos cargados al sistema diariamente por los vendedores del

canal y con apoyo de un software especializado, se realiza la optimización de las rutas por cada centro de distribución teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Cada pedido es traducido por el sistema en cantidad de cajas, kilogramos (Kg) y metros cúbicos (m^3) en función de los productos solicitados por el cliente.

- En el proceso de optimización de rutas, se tienen en cuenta las variables mencionadas anteriormente y adicional se incluyen la cantidad de pedidos a distribuir. De esta forma, se determina la extensión de las rutas en términos de distancia y tiempo de gestión del transportador.

- Cada centro de distribución cuenta con una capacidad de vehículos diaria. Dicha capacidad está dada en función de los kilogramos (Kg) y metros cúbicos (m^3) de cada vehículo y como parámetro principal del sistema está la optimización de la ocupación. Dicha ocupación está limitada por los metros cúbicos disponibles por cada vehículo (m^3).

- El objetivo del proceso de optimización es asegurar que con una buena ocupación de vehículos cada vez más se requiera una menor cantidad de flota para distribuir más pedidos.

- El trabajo de optimización de rutas se ejecuta de manera conjunta con los equipos de ventas y logísticos de cada centro de distribución para determinar la mejor manera de atender la huella geográfica de los clientes durante cada día de la semana.

Una vez ejecutado todo el proceso de optimización de rutas, el resultado entregado a cada centro de distribución cada día corresponde a la cantidad de rutas generadas, los mapas indicando las entregas, el detalle de los pedidos que van en cada vehículo junto con el resumen de productos que deben alistarse para cada una de las rutas. Con esta información, los equipos operativos realizan el alistamiento de rutas todos los días en horario nocturno para poder asegurar el cargue y despacho de rutas en horario AM, de esta manera no se afecta el proceso de distribución de los transportadores.

4.1.4 Proceso de Distribución y Entrega de Pedidos

Cada vehículo recibe su programación diaria y se presenta sobre las 04:00 am a cada CEDI con el fin de asegurar el proceso de cargue y salida a distribución para que las entregas se efectúen el mismo día de cargue (Promesa de entrega sameday). Al llegar al almacén, cada vehículo debe seguir un proceso el cual está planteado para asegurar la confidencialidad del inventario y la entrega completa de mercancía a clientes. A continuación, se enuncian las partes del proceso que deben realizar los transportadores y el equipo operativo del almacén:

- Al ingresar a la bodega de cargue, cada vehículo debe realizar un proceso de cruce de cuentas de la ruta realizada el día anterior. Esto es, entregar los soportes de las consignaciones realizadas del dinero recaudado en la ruta anterior, entrega de inventarios sobrantes bien sea por errores de packing de pedidos o por pedidos recibidos de manera parcial o rechazos totales realizados por los clientes.

- Una vez realizado el cruce de cuentas, se le indica al transportador el muelle de cargue para que se ubique e inicie el proceso de conteo de mercancía. El personal de bodega le entrega una lista de packing donde se especifica por cada referencia de producto, la cantidad de cajas o unidades que debe llevarse en su ruta. Si el conteo físico coincide con lo indicado en el documento, el transportador puede realizar el cargue de mercancía.

- Al finalizar el cargue de mercancía, el personal de bodega le entrega al transportador su hoja de ruta específica para el día, adicional le entrega las facturas de todos los pedidos a entregar, el mapa de distribución geográfica y la información importante para poder realizar el proceso de entregas.

- Con toda la documentación y la mercancía cargada, el transportador puede iniciar su ruta dirigiéndose a la zona de entrega. Una vez allí, él en conjunto con sus auxiliares de transporte se encargan de alistar cada uno de los pedidos que se encuentran detallados en las facturas e inician el proceso de entrega a los clientes.

- En el proceso de entrega de pedidos al cliente se debe asegurar la entrega completa del pedido de acuerdo a lo detallado en la factura del cliente y adicional, se debe realizar el cobro en efectivo del valor facturado.

Se pueden presentar tres escenarios al momento de realizar las entregas:

- **Entrega total de pedido:** En este caso, el cliente acepta el 100% de la mercancía detallada en la factura y realiza el pago de la misma sin objeción.

- **Entrega parcial de pedido:** En este caso, el cliente puede indicarle al transportador que solo recibirá una parte del pedido. Esto implica que toda la mercancía que rea rechazada por el cliente, debe ser revisada por el transportador y llevada al siguiente día al CEDI para poder asegurar el proceso de cruce de cuentas. Adicional a esto, el cliente debe realizar una observación en la factura indicando la recepción parcial del pedido y debe cancelar el valor de la mercancía recibida efectivamente.

- **Rechazo total de pedido:** En este caso, el cliente le indica al transportador que no recibirá el pedido. Aquí el transportador debe realizar la devolución del total de la mercancía del pedido en el proceso de cruce de cuentas y adicional, no debe realizar recaudo de dinero.

Normalmente los vehículos llevan un promedio de 80 a 120 pedidos para ser entregados y gestionados durante toda la jordana del transportador.

De esta manera, se concluye la caracterización de todo el proceso actual de distribución de productos en el canal tradicional de ventas.

4.2 Definición de Variables para el Modelo DEA Aplicable

Para el desarrollo del método DEA en la medición de eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo, se parte de la definición de las DMU's o unidades de toma de decisión y adicional, se determinan las entradas (inputs) y salidas (outputs) del estudio.

4.2.1 Delimitación de Unidades de Toma de Decisión (DMU's)

Teniendo en cuenta la caracterización realizada del proceso, se determina que las DMU's para este modelo corresponden a los 24 centros de distribución que se encuentran dispersos geográficamente en el territorio colombiano.

- **Delimitación de Entradas (Inputs):**

Considerando que cada centro de distribución requiere de unos recursos de entrada (inputs) al proceso para asegurar la correcta ejecución del mismo, se establecen las siguientes variables como entradas:

- Capacidad de vehículos (m^3).
- Personal de bodega (Mano de obra).
- Capacidad del centro de distribución (m^2).
- Presupuesto de gasto logístico estimado($).

Tabla 5. *Definición de Variables de Entrada (Inputs)*

Nombre	Concepto	Descripción Variable	Unidad de Medida
CAPM3VH	Capacidad de vehículos	Indica la capacidad en metros cúbicos disponible por vehículo en cada uno de los centros de distribución para realizar el proceso de entrega de pedidos durante el periodo de evaluación (anual).	Metros cúbicos
PERBOD	Personal de bodega o mano de obra	Corresponde a la cantidad de personas que operan dentro de cada uno de los centros de distribución y se encargan de proceso de alistamiento, control de inventarios y entrega de pedidos a los transportadores. Se presenta como la cantidad de personas promedio disponibles en cada centro de distribución dentro del periodo de evaluación (mensual).	Número de personas
M2CEDI	Capacidad del centro de distribución	Representa el área total de cada uno de los centros de distribución, la cual está dispuesta para el control de inventarios, alistamiento de pedidos y despacho de vehículos. Se presenta como la cantidad de metros cuadrados disponibles en cada centro de distribución dentro del periodo (mensual).	Metros cuadrados
PPTOEST	Presupuesto de gasto logístico estimado	Indica la cantidad de recurso económico estimado por cada centro de distribución para cubrir los costos operativos de arriendos, mantenimiento, depreciación, servicios, mano de obra, distribución y transporte. Se presenta como el total de dinero estimado como gasto logístico dentro del periodo de evaluación (anual).	Millones de pesos (COP)

Fuente: Elaboración Propia.

- **Delimitación de salidas (Outputs):**

Las salidas (outputs) del proceso corresponden a todos los resultados obtenidos por cada DMU en función de las entradas. Para este estudio se definen 5 variables que corresponden a salidas del proceso:

- Gasto logístico ejecutado $(\$)$.
- Cantidad de pedidos del canal tradicional de ventas.
- Metros cúbicos movilizados (m^3).
- Metros cúbicos entregados efectivamente (m^3).
- Distancia recorrida (Km).

Tabla 6. *Definición de Variables de Salida (Outputs)*

Nombre	Concepto	Descripción Variable	Unidad de Medida
PPTOEJEC	Gasto logístico ejecutado	Indica la cantidad de recurso económico utilizado realmente por cada centro de distribución para cubrir los costos operativos de arriendos, mantenimiento, depreciación, servicios, mano de obra, distribución y transporte. Se presenta como el total de dinero ejecutado como gasto logístico dentro del periodo de evaluación (anual).	Millones de pesos (COP)
NUMPEDCTV	Cantidad de pedidos del canal tradicional de ventas	Corresponde a la cantidad de pedidos movilizados en cada uno de los centros de distribución durante el periodo de evaluación (anual) y que son gestionados exclusivamente en el canal tradicional de ventas.	Número de pedidos
M3MOV	Metros cúbicos movilizados	Corresponde a la cantidad de metros cúbicos movilizados por cada centro de distribución en función de los pedidos facturados durante el periodo de evaluación (anual).	Metros cúbicos
M3EFECT	Metros cúbicos efectivamente entregados	Corresponde a la cantidad de metros cúbicos que fueron efectivamente entregados al cliente final en cada uno de los centros de distribución durante el periodo de evaluación (anual).	Metros cúbicos
DISTREC	Distancia recorrida	Indica la cantidad de kilómetros recorridos por cada uno de los vehículos destinados para la operación de cada centro de distribución. Está en función de la cantidad de pedidos y es evaluado en el periodo (anual).	Kilómetros

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Delimitación de Tiempo de Evaluación

El análisis se realiza sobre la data disponible para los años 2017 al 2020, es decir 4 años de revisión.

4.2.3 Datos Homogenizados

Para asegurar que el modelo DEA se ejecute correctamente y entregue resultados ajustados a la realidad de los datos ingresados, es necesario homogenizar los valores de las variables por cada año. Algunas consideraciones que se tuvieron en cuenta fueron las siguientes:

- Todos los valores de las variables se ajustaron en unidades de cien.
- Teniendo en cuenta que dentro de las variables de salida se encuentran el gasto logístico ejecutado (PPTOEJEC) y la distancia recorrida (DISTREC), estas deben manejarse de tal manera que minimice el resultado para que el modelo DEA usado, muestre una eficiencia adecuada en las DMU's. De acuerdo a esto, se establece un valor de referencia para cada una de las variables y con el fin de asegurar un comportamiento adecuado en el modelo.

4.3 Modelo DEA Específico para Medición de Eficiencia de los Centros de Distribución

Para esta investigación, se presentan los resultados de un modelo DEA aplicados para la medición de eficiencia relativa de los centros de distribución de una empresa de consumo masivo y se realiza un análisis con el fin de entender las oportunidades que puedan presentarse en las diferentes DMU's y así dar recomendaciones de mejoramiento de los procesos.

El modelo presentado, es un modelo CRS con orientación a las salidas (CRS – OO). Es un modelo enfocado en las salidas (outputs) ya que el énfasis de la medición es poder entender de qué manera se podrá incrementar la eficiencia de las DMU's obteniendo mejores resultados en el proceso, es decir, poder maximizar el rendimiento de las variables de salida.

Por otro lado, se elige el modelo CRS para poder entender cómo se comportan las DMU's al momento de evaluar cada una de las variables. Es de aclarar que en el modelo CRS, se tiene en cuenta que los inputs del proceso son insumos limitantes para la operación de los centros de distribución y de esta manera, los outputs también se verán limitados a estas variables, considerando entonces que los outputs se verán reflejados como la máxima producción posible que tendrá la DMU en función de los inputs limitantes.

4.4 Indicadores de Eficiencia Relativa – Modelo CRS con Orientación a las Salidas (CRS – OO).

A continuación, se presentan los índices de eficiencia relativa obtenidos para cada una de las DMU's durante los cuatro años de evaluación (2017 a 2020):

Tabla 7. *Resultados de Eficiencia Relativa por DMU y Año*

Índices de Eficiencia Relativa - CRS - OO				
DMU	**Eficiencia 2017**	**Eficiencia 2018**	**Eficiencia 2019**	**Eficiencia 2020**
Bogotá	100	100	100	100
Cali	95.63	97.99	99.59	95.82
Medellín	100	100	100	100
Bucaramanga	97.67	100	98.97	94.64
Barranquilla	100	100	99.88	96.96
Cúcuta	96.63	100	98	98.89
Girardot	100	98.32	99.08	98.13
Pereira	100	97.31	98.75	98.3
Funza	92.16	99.95	99.31	100
Cartagena	94.36	99.91	98.94	100
Santa Marta	100	99.91	100	99.92
Duitama	91.51	94.9	95.86	94.15
Villavicencio	93.41	99.94	99.65	100
Chiquinquirá	100	100	100	100
Valledupar	100	100	96.88	97.77
Montería	90.69	100	100	97.74
Apartadó	93.41	99.85	99.07	99.91
Neiva	88.39	96.37	100	99.97
Sincelejo	100	100	100	100
Armenia	100	100	100	100
Barrancabermeja	100	100	100	100
Pasto	96.23	95.72	100	100
Riohacha	100	100	100	100
Popayán	100	100	100	100
Promedio Eficiencia Relativa x Año	**97.09**	**99.17**	**99.33**	**98.84**
DMU's Eficientes	13	13	12	12
DMU's Ineficientes	11	11	12	12

Fuente: Elaboración Propia

Como se evidencia anteriormente, durante los 4 años cerca del 48% de las DMU's evaluadas son ineficientes; sin embargo, el índice de eficiencia promedio para el periodo de evaluación es del 98,6%. Adicional a esto, es importante mencionar que el año donde se obtuvo un mayor índice de eficiencia relativa promedio fue el año 2019, con un valor de 99,33%.

En la Tabla 8 se evidencia la frecuencia con la que las diferentes DMU's se identificaron como ineficientes durante el periodo de evaluación:

Tabla 8. *Unidades con Índices Ineficientes por Periodo*

Índices de Eficiencia - DMU's con Ineficiencia			
DMU	**Prom. Eficiencia**	**# Ineficiencias en Periodo**	**# Eficiencias en Periodo**
Santa Marta	99.96	2	2
Barranquilla	99.21	2	2
Girardot	98.88	3	1
Valledupar	98.66	2	2
Pereira	98.59	3	1
Cúcuta	98.38	3	1
Cartagena	98.30	3	1
Villavicencio	98.25	3	1
Apartadó	98.06	4	0
Pasto	97.99	2	2
Funza	97.86	3	1
Bucaramanga	97.82	3	1
Cali	97.26	4	0
Montería	97.11	2	2
Neiva	96.18	3	1
Duitama	94.11	4	0
Perc. 80 DMU's Ineficientes	**98.66**	**3**	**2**

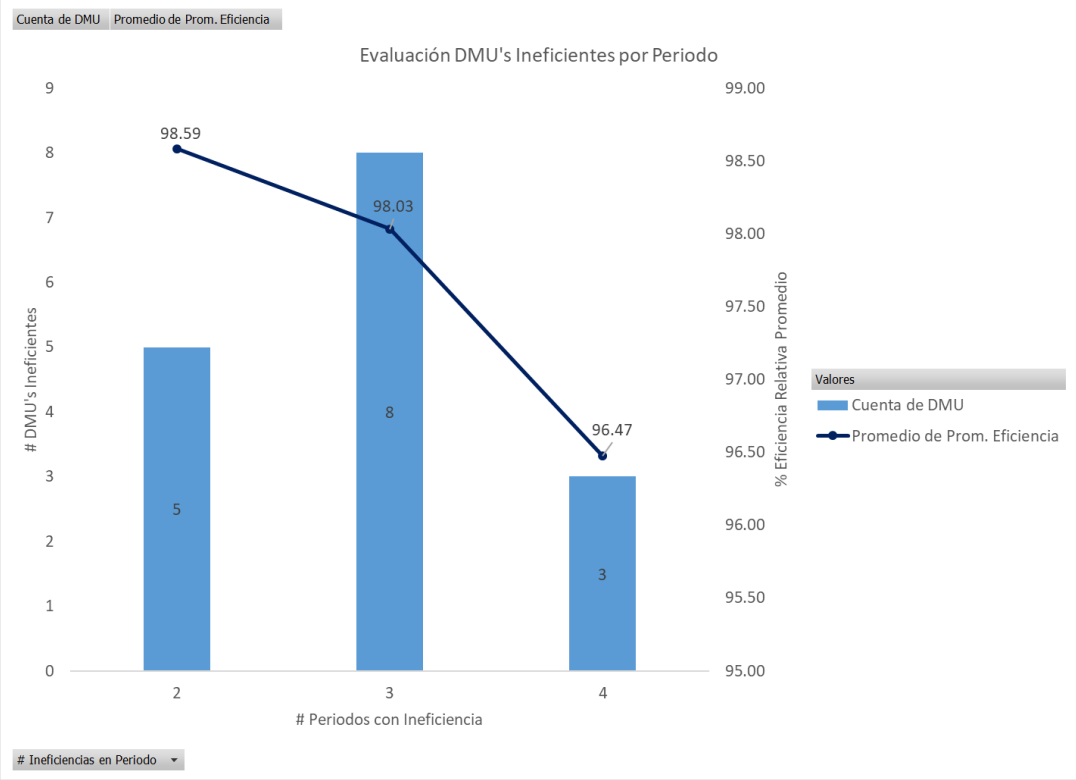
Fuente: Elaboración Propia.

Con la información expuesta anteriormente, se identifica que de las 24 DMU's elegidas para evaluación en los 4 años de medición, 16 de ellas (67% del total) cuentan con un índice promedio de eficiencia relativa inferior a 100%. Adicional a esto, se evidencia que en el 80% de los casos (Percentil 80), el valor de eficiencia relativa alcanzada es del 98.66% o menos, ya que una DMU puede tener un comportamiento donde no en todos los periodos se muestre como una unidad ineficiente. Este es el caso de Barranquilla donde en dos años su eficiencia relativa fue del 100% y en los cuatro años de evaluación, su indicador es del 99.21%.

Por otro lado, los centros de distribución que resultaron ineficientes durante los 4 años de evaluación fueron Cali, Duitama y Apartadó con un índice promedio de eficiencia relativa del 97,26%, 94,11% y 98,06% respectivamente. Adicional a esto, el centro de distribución que a pesar de ser ineficiente en algún periodo cuenta con un valor de eficiencia relativa superior al de los demás es Santa Marta con un 99,96% de índice y solamente 2 años de evaluación tipificado como ineficiente. Por el contrario, el centro de distribución que menos índice de eficiencia promedio muestra en el periodo de evaluación es Duitama con un 94,11% y adicional, es de los centros de distribución que es ineficiente durante los 4 años.

En el siguiente gráfico se encuentra la tendencia de las DMU's ineficientes de acuerdo a la cantidad de periodos en las que estas obtuvieron dicho comportamiento. Es claro que los valores promedios de eficiencia relativa tienden a disminuir cuando una DMU es ineficiente en todos los periodos y, por otro lado, cuando una DMU es eficiente en más periodos independiente a la cantidad, el promedio de eficiencia relativa tenderá a ser más alto.

Ilustración 9. *Tendencia de DMU's Ineficientes versus Periodos*



Fuente: Elaboración Propia

Para dar un mejor contexto de la ilustración 9, a continuación, se presenta el análisis por cada periodo:

- La primera barra de la gráfica, indica que de las 16 DMU's que en el estudio resultaron como ineficientes, 5 de ellas fueron ineficientes en 2 periodos de evaluación. Adicional, el valor de eficiencia relativa promedio obtenida por estas 5 DMU's fue del 98.59%.

- La segunda barra de la gráfica, indica que de las 16 DMU's que en el estudio resultaron como ineficientes, 8 de ellas fueron ineficientes en 3 periodos de evaluación. Adicional, el valor de eficiencia relativa promedio obtenida por estas 5 DMU's fue del 98.03%.

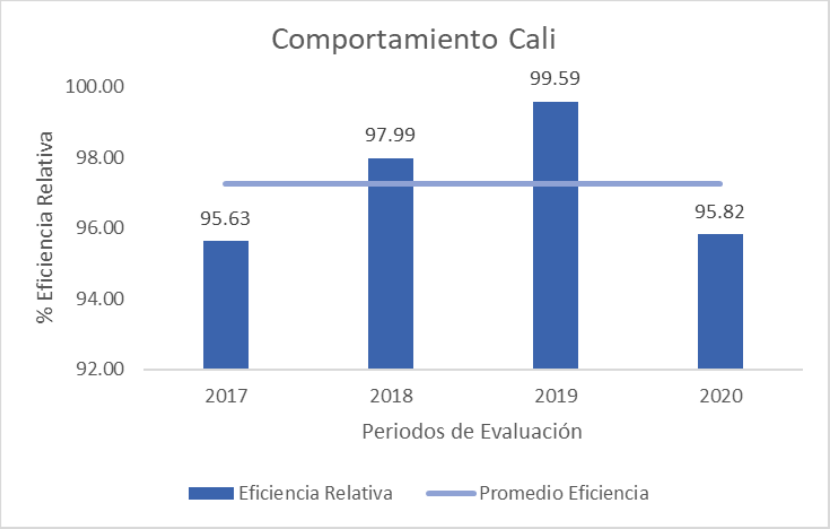
- La tercera barra de la gráfica, indica que de las 16 DMU's que en el estudio resultaron como ineficientes, 3 de ellas fueron ineficientes en los 4 periodos de evaluación. Adicional, el valor de eficiencia relativa promedio obtenida por estas 5 DMU's fue del 96.47%, siendo estas últimas las que más impactan el resultado general de las DMU's evaluadas.

4.4.1 Análisis de DMU's Ineficientes

A continuación, se presentará una revisión de las 16 DMU's ineficientes con el fin de entender su comportamiento durante los 4 años de evaluación, así como también identificar aquellas unidades que pueden ser contempladas como referentes para el mejoramiento de cada una. Para complementar el análisis, se realizó un análisis de sensibilidad de las variables de salida de cada una de estas unidades logrando identificar tendencias de crecimiento o decrecimiento de los valores tomados por cada variable año a año y de esta manera, identificar oportunidades de mejora en cada DMU. Dicha información se encuentra adjunta en el Anexo A.

- **DMU # 1: Cali.**

Ilustración 10. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Cali*



Fuente: Elaboración Propia

En primera instancia, el centro de distribución ubicado en Cali es ineficiente durante los 4 periodos de evaluación obteniendo un índice de eficiencia relativa promedio del 97.26%. Los primeros tres años de evaluación la DMU tuvo una tendencia creciente y con índices más cercanos a la frontera de eficiencia.

Esta mejora se relaciona con el incremento en la cantidad de pedidos y metros cúbicos movilizados y entregados a los clientes (Outputs del modelo), lo que impacta positivamente en la variable de distancia recorrida, reduciéndola durante esos años. Sin embargo, el año 2020

muestra una disminución en el índice de eficiencia debido a la baja en la cantidad de pedidos, lo que afecta directamente la variable de distancia recorrida, ya que tiende a incrementarse.

Es importante tener en cuenta que el año 2020 estuvo fuertemente marcado por la pandemia del COVID-19, lo que generó una reducción general en las ventas de productos, tanto en el canal tradicional como en toda la compañía. Para mejorar la eficiencia del centro de distribución en Cali, se recomienda implementar las buenas prácticas realizadas durante el año 2019, especialmente en cuanto al número de pedidos y entregas efectivas. Al concentrar la venta en la huella geográfica de distribución de los pedidos, se logrará un impacto positivo en las distancias recorridas por cada vehículo, optimizando así el uso de los recursos y mejorando la eficiencia del proceso logístico.

Por otro lado, identificar las DMU's que fueron referentes de eficiencia en cada uno de los periodos de evaluación permite identificar aquellas unidades que obtuvieron una eficiencia relativa del 100% en el periodo y que, dentro de la medición realizada, se confirman como referentes o pares de eficiencia para cada unidad ineficiente.

Tabla 9. *DMU's Referentes por Periodo - Cali*

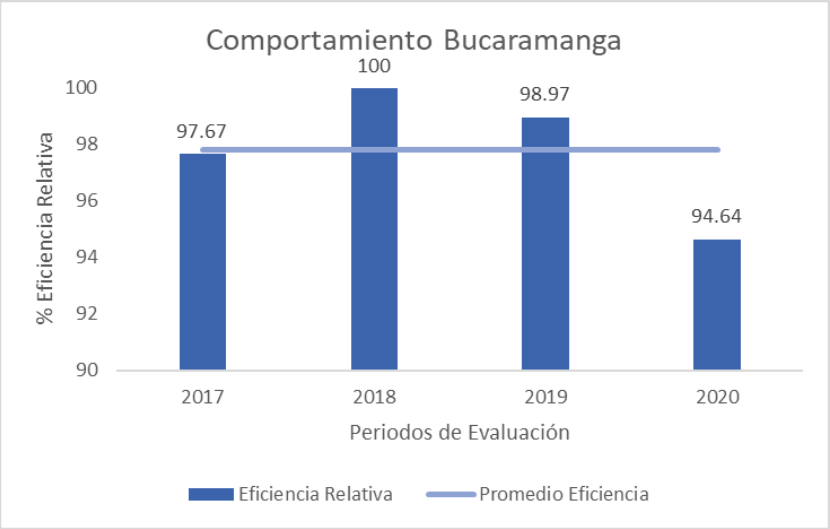
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Cali	Medellín	Bogotá	Bogotá	Funza
	Santa Marta	Bucaramanga	Neiva	Villavicencio
	Valledupar	Armenia	Sincelejo	Chiquinquirá
		Popayán	Pasto	Sincelejo

Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso del centro de distribución de Cali, se identifica que en el año 2017 su comportamiento debe ser similar a los centros de distribución de Medellín, Santa Marta y Valledupar y de esta manera, se confirme como una DMU relativamente eficiente. De igual manera, para el año 2018 las unidades que fueron tipificadas como referentes fueron Bogotá, Bucaramanga, Armenia y Popayán y así mismo para el 2019 se presenta nuevamente Bogotá como unidad referente, Neiva, Sincelejo y Pasto. Por último, para el año 2020 figuran como referentes los centros de distribución de Funza, Villavicencio, Chiquinquirá y nuevamente Sincelejo.

- **DMU # 2 – Bucaramanga.**

Ilustración 11. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Bucaramanga*



Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso del centro de distribución ubicado en Bucaramanga, se obtuvo un índice de eficiencia relativa promedio del 97.82%, presentando ineficiencia en 3 de los periodos de evaluación. Revisando los outputs de la DMU, se identifica que el comportamiento general de las variables en el año 2018 fue positivo pues tanto el valor de presupuesto ejecutado como la distancia recorrida se minimizaron y a pesar de tener una menor cantidad de pedidos y metros cúbicos a movilizar, el comportamiento del conjunto de variables en este periodo fue el mejor.

Por otro lado, al revisar los periodos ineficientes, se comprueba que las variables de número de pedidos y metros cúbicos no tenían un comportamiento regular pues solamente se evidencia incremento de estas variables en el año 2019 pero al evaluar la relación directa con las variables de presupuesto ejecutado y la distancia recorrida, se impacta el resultado de eficiencia general de la unidad en dichos periodos. El año 2020 tiene un factor adicional y es la pandemia del COVID 19, lo cual impactó a nivel general en toda la organización.

Tabla 10. *DMU's Referentes por Periodo - Bucaramanga*

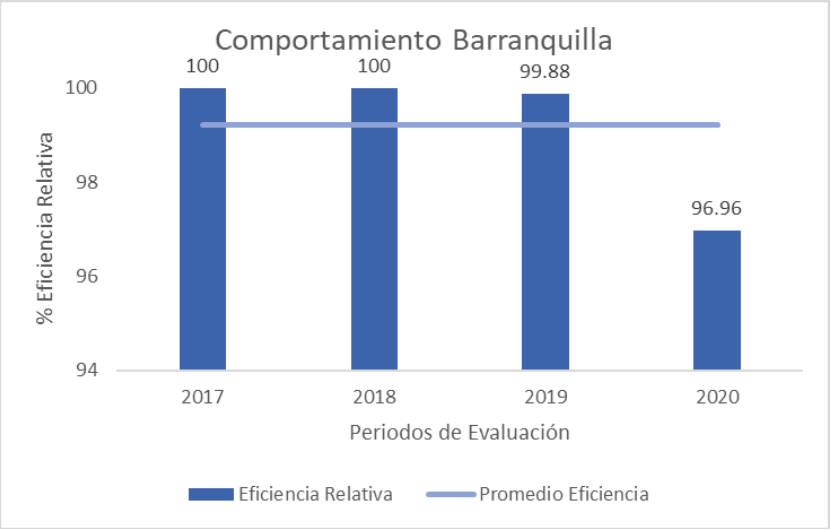
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Bucaramanga	Medellín Armenia	No presenta ya que es eficiente	Bogotá Medellín Sincelejo Barrancabermeja Pasto	Medellín Funza Villavicencio Chiquinquirá Popayán

Fuente: Elaboración Propia.

En la revisión de DMU's referentes, cabe aclarar que cada unidad con eficiencia relativa del 100% no cuenta con referencias ya que su comportamiento general en el periodo de evaluación es el ideal en todas las variables de entrada y salida del proceso. Por esta razón, para el año 2018 la DMU Bucaramanga no presenta referentes. Para el año 2017, las referencias fueron la DMU de Medellín y Armenia, en 2019 se presenta Bogotá, nuevamente Medellín, Sincelejo, Barrancabermeja y Pasto. Por último, para el año 2020, se obtiene a Medellín, Funza, Villavicencio, Chiquinquirá y Popayán como unidades de referencia. En este caso, es interesante identificar que la ciudad de Medellín figura como unidad eficiente de referencia en los tres periodos de ineficiencia de Bucaramanga y adicional, se presentan unidades de las diferentes regionales, incluso de la misma regional como es el caso de Barrancabermeja.

- **DMU # 3 – Barranquilla.**

Ilustración 12. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Barranquilla*



Fuente: Elaboración Propia

El centro de distribución de Barranquilla muestra una tendencia constante y eficiente durante los primeros dos años de evaluación. En promedio el índice de eficiencia obtenido para esta unidad es del 99.21%. Con este resultado, esta DMU se clasifica como la segunda con mejor comportamiento a nivel de eficiencia dentro de las unidades ineficientes.

Al revisar los outputs, para los años donde la DMU fue ineficiente se confirma que durante el año 2019 todas las variables incrementaron comparadas con el año 2018 y adicional en el año 2020, el comportamiento de los outputs fue negativo, es decir, todas las variables tuvieron impacto versus el año 2019. El comportamiento de eficiencia de esta DMU es particular ya que a pesar de no tener un valor del 100% en el año 2019, la unidad se comportó de manera regular hasta este periodo. Como se ha indicado en las anteriores unidades, el año 2020 se vio impactado no solamente por temas de la operación regular sino también por el factor COVID 19.

Tabla 11. *DMU's Referentes por Periodo - Barranquilla*

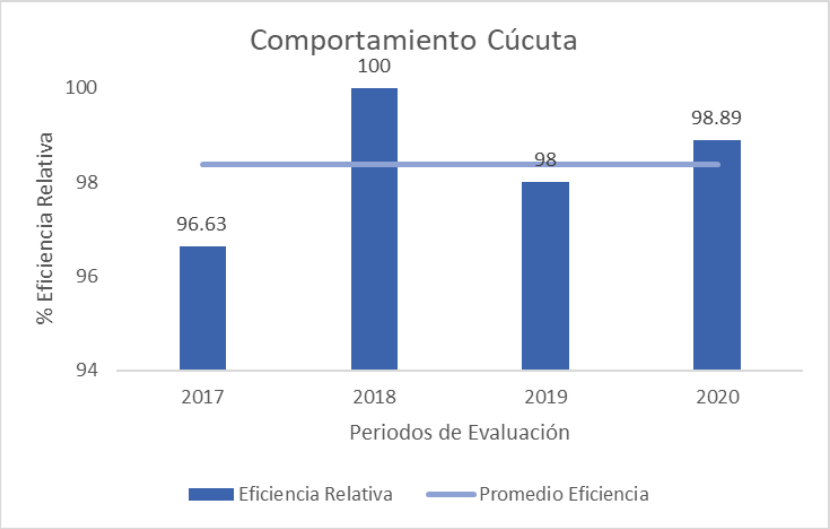
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Barranquilla	No presenta ya que es eficiente	No presenta ya que es eficiente	Medellín Sincelejo Barrancabermeja Riohacha	Medellín Funza Barrancabermeja

Fuente: Elaboración Propia.

Como se expresó anteriormente, el centro de distribución de Barranquilla fue ineficiente en el año 2019 donde los referentes fueron Medellín, Sincelejo Barrancabermeja y Riohacha para el 2019 y para el 2020 los referentes fueron Medellín, Funza y Barrancabermeja. Se evidencia que las DMU's de Medellín y Barrancabermeja fueron referentes para los años de ineficiencia de la DMU en evaluación.

- **DMU # 4 – Cúcuta.**

Ilustración 13. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Cúcuta*



Fuente: Elaboración Propia

En el centro de distribución de Cúcuta se evidencia que en 3 periodos esta DMU se presenta como ineficiente. El promedio, el índice de eficiencia relativa de este centro de distribución es de 98.38% impactado principalmente por el resultado obtenido en el año 2017 donde el índice fue del 96.63%.

Al revisar los outputs del año 2018, se identifica una tendencia positiva en el número de pedidos, los metros movilizados y las distancias recorridas, mientras que el presupuesto ejecutado disminuyó. Esto sugiere que, a pesar de tener una mayor cantidad de pedidos y distancias recorridas, se logró una optimización en la ejecución del gasto logístico.

Por otro lado, en el año 2019, todas las variables se comportaron de manera positiva. Sin embargo, al considerar que las variables de distancia y presupuesto ejecutado deben minimizarse para mejorar la eficiencia, este comportamiento contrario pudo ocasionar que todo el periodo fuera ineficiente.

Por último, a pesar de los factores externos que pudieron impactar en el resultado del año 2020, se evidencia que las variables tomaron valores adecuados para el modelo principalmente con una reducción de distancias, presupuesto y metros movilizados.

Tabla 12. *DMU's Referentes por Periodo - Cúcuta*

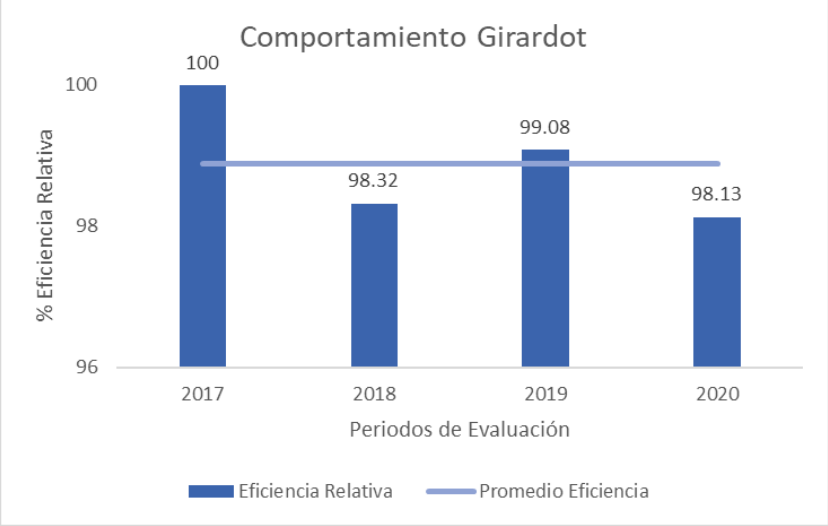
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Cúcuta	Medellín Santa Marta Valledupar Armenia	No presenta ya que es eficiente	Medellín Sincelejo Riohacha	Chiquinquirá Sincelejo Barrancabermeja

Fuente: Elaboración Propia.

En la revisión de pares, en el año 2017 las DMU's referentes fueron Medellín, Santa Marta, Valledupar y Armenia. Para el año 2019 nuevamente se presenta Medellín como unidad referente sumándose Sincelejo y Riohacha y, por último, para el año 2020 las referencias corresponden a Chiquinquirá, nuevamente Sincelejo y Barrancabermeja. En la revisión se identifican que centros de distribución como Valledupar y Barrancabermeja hacen parte de la misma regional por ende, pueden contemplarse dentro de los referentes de mejoramiento para que dicha ciudad obtenga mejores índices de eficiencia a futuro.

- **DMU # 5 – Girardot.**

Ilustración 14. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Girardot*



Fuente: Elaboración Propia

Revisando el comportamiento del centro de distribución de Girardot, se obtuvo un índice de eficiencia relativa promedio del 98.88%, posicionando a esta unidad como la tercera con mejor índice dentro de las unidades ineficientes del estudio.

A pesar de haber sido eficiente en el primer periodo, los siguientes presentaron un comportamiento negativo y la tendencia del índice de eficiencia relativa fue a la baja. En el año 2018, se identifica que la variable de distancia recorrida se incrementó en un 198% en comparación con el año 2019, lo que generó un impacto directo en la eficiencia general de la unidad para dicho periodo. En la validación de los otros periodos, a pesar de no tener variables con un impacto tan significativo, sí se identifican variaciones en los outputs relacionados con el presupuesto ejecutado y la distancia recorrida. No obstante contar con una disminución o incremento en la cantidad de pedidos, estas dos variables con comportamiento especial impactan en el resultado general de la unidad.

Al analizar el comportamiento de las variables, es posible identificar oportunidades de mejora y tomar acciones correctivas para optimizar el rendimiento logístico del centro de distribución de Girardot y mantener una eficiencia más consistente en el futuro. Con un enfoque en mejorar la gestión de las variables relacionadas con la distancia recorrida y el presupuesto ejecutado, la unidad podrá avanzar hacia una mayor eficiencia en su operación logística.

Tabla 13. *DMU's Referentes por Periodo - Girardot*

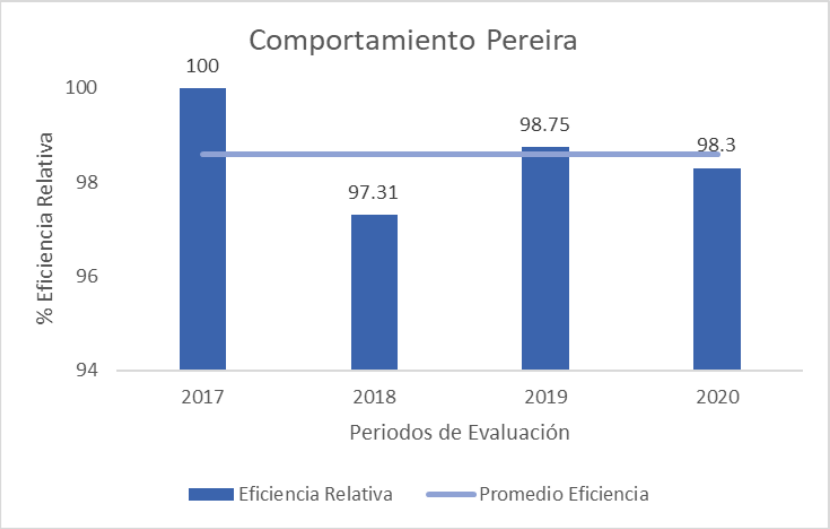
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Girardot	No presenta ya que es eficiente	Bogotá Cúcuta Sincelejo Popayán	Bogotá Sincelejo Barrancabermeja	Bogotá Medellín Cartagena Villavicencio Popayán

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de los referentes, se evidencia que Bogotá es una DMU que se presente dentro de todos los periodos de ineficiencia de Girardot. Adicional, figuran varias DMU's de la regional occidente como Sincelejo que figura en dos periodos y Medellín que es referente para el año 2020. También se presentan referentes de la regional Santanderes con Cúcuta y Barrancabermeja y en línea con esta validación, aparecen en la regional Centro los centros de distribución de Bogotá y Villavicencio y por último en la regional Sur, figura en dos periodos la DMU de Popayán.

- **DMU # 6 – Pereira.**

Ilustración 15. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Pereira*



Fuente: Elaboración Propia

El centro de distribución de Pereira, como ciudad principal de la regional Eje Cafetero, muestra un comportamiento similar al de la ciudad de Girardot. Ambas ciudades, pertenecientes a la misma regional y presentan ineficiencia en los mismos periodos. En promedio, esta DMU obtuvo un índice de eficiencia del 98.59%.

Durante el año 2018, se identifica un indicador de eficiencia negativo el cual, al comparar con el año 2019, se observa que las variables de salida asociadas al número de pedidos, metros movilizados y entregados no tuvieron una variación significativa, ya que su incremento fue inferior al 3% para ese año. Sin embargo, al revisar el comportamiento de la variable de distancia, se evidencia un incremento del 12%, acompañado de una reducción del 8% en el presupuesto ejecutado.

Por otro lado, en los periodos 2019 y 2020, la distancia tuvo un incremento considerable con un 60% y 18% respectivamente. En el año 2019, se registró un aumento en la cantidad de pedidos y metros movilizados, pero el impacto en la distancia se reflejó en un aumento del presupuesto ejecutado. Para el periodo 2020, como se mencionó, hubo un incremento en la distancia recorrida, pero las demás variables disminuyeron significativamente, principalmente aquellas relacionadas con los metros movilizados y entregados a clientes.

Tabla 14. *DMU's Referentes por Periodo - Pereira*

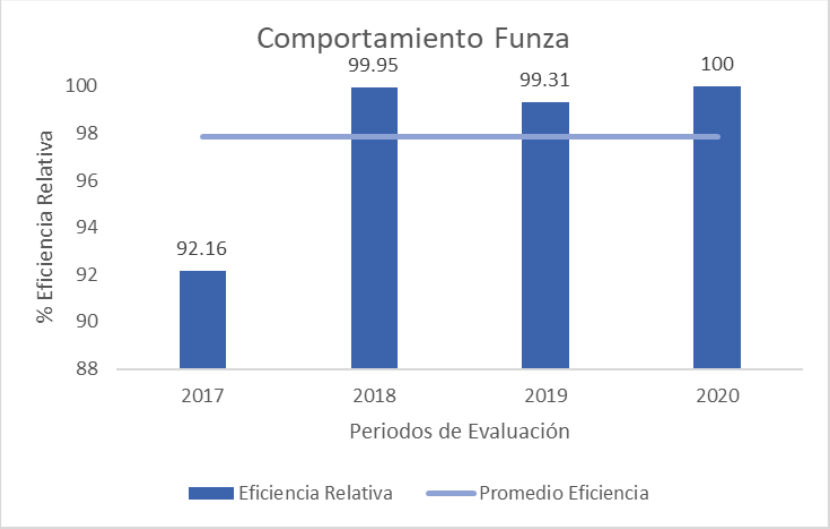
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Pereira	No presenta ya que es eficiente	Bogotá Armenia Barrancabermeja Popayán	Bogotá Medellín Sincelejo Barrancabermeja	Bogotá Cartagena Chiquinquirá Riohacha

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los referentes, se identifican de la regional Centro los centros de distribución de Bogotá con una frecuencia durante los tres periodos de ineficiencia y adicional, Chiquinquirá que se presenta como referente en el año 2020. Por otro lado, de la regional Eje Cafetero aparece la DMU de Armenia en el año 2018, para la regional Santander se tiene Barrancabermeja en el periodo 2018 y 2019 y por último se tienen la ciudad de Popayán como referente para el año 2018, de la regional Occidente en el año 2019 se tiene referencia a las ciudades de Medellín y Sincelejo y para la regional Norte en el año 2020 se presentan las DMU's de Cartagena y Riohacha.

- **DMU # 7 – Funza.**

Ilustración 16. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Funza*



Fuente: Elaboración Propia.

El centro de distribución de Funza presentó ineficiencia en el año 2017 con un valor de índice del 92.16%. Sin embargo, a partir del año 2018, se evidenció un notable mejoramiento de la eficiencia, alcanzando un índice del 100% para el año 2020. En promedio, esta DMU muestra una eficiencia del 97.86%.

Al analizar las variables, se destaca un mejoramiento significativo año tras año. Para el año 2018, se observó un incremento del 51% en la variable de distancia, pero se logró una reducción del 6% en el presupuesto y un aumento no mayor al 5% en el volumen de ventas. En los años 2019 y 2020, la variable de distancia tuvo un comportamiento sobresaliente, con una reducción del 40% para el último periodo. Además, esto se acompañó de un incremento en los volúmenes de venta para el año 2019 y una reducción en todas las variables para el año 2020, debido a los impactos externos en la venta general de la organización a causa de la pandemia del COVID-19. Este análisis muestra una clara mejora en la eficiencia del centro de distribución de Funza a lo largo de los años.

Es importante destacar el esfuerzo realizado para optimizar la variable de distancia, lo que contribuyó significativamente al aumento en la eficiencia. Asimismo, se debe tener en cuenta el impacto de factores externos, como la pandemia, en el comportamiento de las variables y en la eficiencia general del centro de distribución.

Tabla 15. *DMU's Referentes por Periodo - Funza*

DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Funza	Medellín Santa Marta Valledupar Armenia	Barrancabermeja Popayán	Bogotá Sincelejo Barrancabermeja	No presenta ya que es eficiente

Fuente: Elaboración Propia

En la revisión de pares, se evidencia que para el año 2017 se presentan los centros de distribución de Medellín, Santa Marta, Valledupar y Armenia. Adicional a esto, para el año 2018 las DMU’s de Barrancabermeja y Popayán, por último, en el año 2019 aparecen las ciudades de Bogotá, Sincelejo y nuevamente Barrancabermeja.

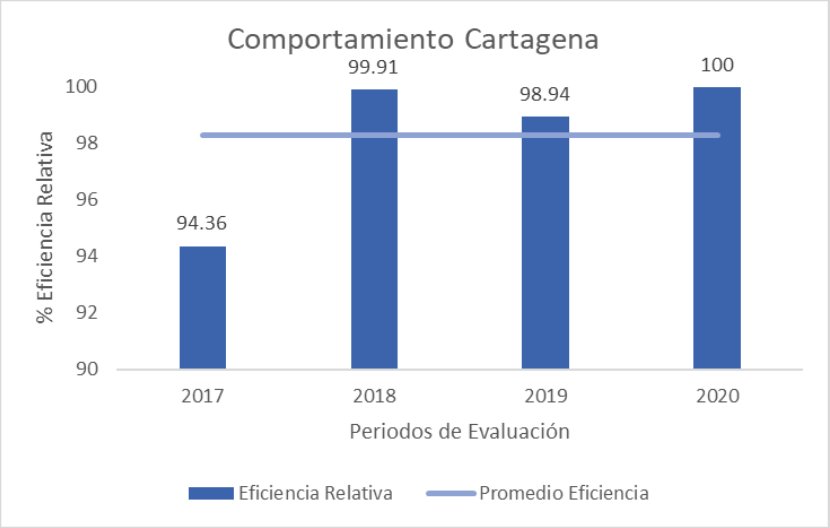
- **DMU # 8 – Cartagena.**

En el centro de distribución de Cartagena se obtuvo un índice de eficiencia relativa promedio del 98.03%. Esta unidad mostró un mejoramiento en sus índices, logrando una tendencia positiva en los indicadores medidos durante el periodo de evaluación. Al realizar un comparativo, se observa un comportamiento similar al presentado en el centro de distribución de Funza.

Al evaluar las variables de salida del modelo, se evidencia que para el año 2018, se incrementó la distancia en un 41%, mientras que el presupuesto ejecutado disminuyó un 7% y las ventas no tuvieron un incremento mayor al 4%. En el año 2019, se registró un aumento del 18% en los metros movilizados, pero el número de pedidos solo incrementó un 6%. Esto indica que los vehículos lograron una mejor ocupación, pero tuvieron que recorrer más kilómetros para asegurar las entregas, lo que llevó a un aumento en el presupuesto ejecutado y una disminución en el índice de eficiencia para este año en comparación con el 2018.

Por último, el año 2020 fue eficiente, con una disminución general en todas las variables de salida de la unidad evaluada. Esta mejora en la eficiencia se debe en gran medida a los esfuerzos realizados para optimizar el proceso logístico y ajustar las variables clave.

Ilustración 17. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Cartagena*



Fuente: Elaboración Propia

En la evaluación de pares, se identifica que para los tres años donde la unidad fue ineficiente, la ciudad de Riohacha figura como par y en esta misma línea, la ciudad de Barranquilla es para en el año 2017 siendo estas dos DMU's de la misma regional. Por otro lado, en el año 2017 se tiene

la ciudad de Medellín y Valledupar como pares, en 2018 aparece la ciudad de Barrancabermeja, así como también en el año 2019. En este último vuelve a presentarse Medellín como par, seguido de Sincelejo quien pertenece también a la regional occidente.

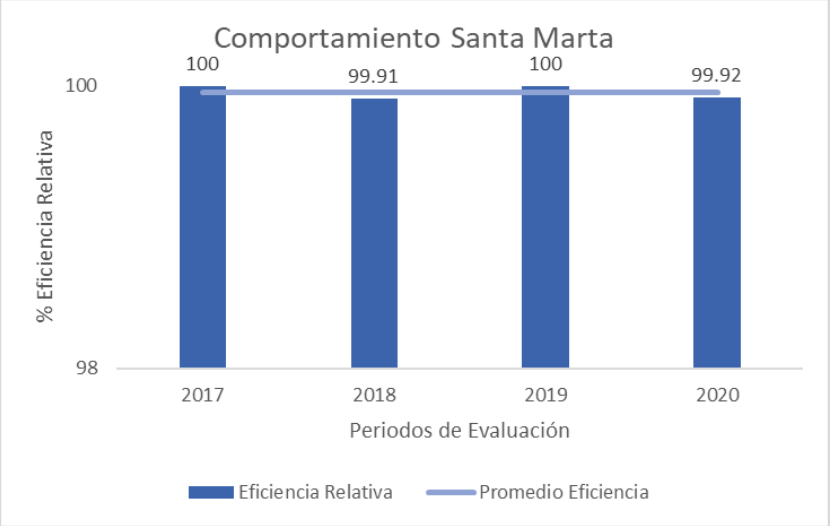
Tabla 16. *DMU's Referentes por Periodo - Cartagena*

DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Cartagena	Medellín Barranquilla Valledupar Riohacha	Barrancabermeja Riohacha	Medellín Sincelejo Barrancabermeja Riohacha	No presenta ya que es eficiente

Fuente: Elaboración Propia

- **DMU # 9 – Santa Marta.**

Ilustración 18. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Santa Marta*



Fuente: Elaboración Propia

Al analizar el comportamiento de la DMU de la ciudad de Santa Marta, se destaca un índice promedio de eficiencia del 99.95%. A pesar de presentar ineficiencia en dos periodos, esta ciudad muestra los mejores índices de eficiencia entre las 16 unidades que fueron ineficientes en algún momento durante el estudio.

Al evaluar los outputs de los periodos ineficientes, se confirma que para el año 2018, la variable con mayor variación fue la distancia recorrida, la cual experimentó un incremento del 60% en

comparación con el año 2017. Las demás variables mostraron una tendencia negativa, destacándose la reducción del 12% en el presupuesto ejecutado. Como se mencionó anteriormente, la variable de distancia debe presentar una tendencia a la baja para lograr un comportamiento óptimo, y por esta razón, la eficiencia de la DMU para este periodo se vio afectada. En el año 2020, se observa una tendencia negativa en todas las variables. Especialmente, el número de pedidos y los metros movilizados disminuyeron en un 27%, impactando el comportamiento de eficiencia que mantuvo la unidad durante el estudio.

A pesar de los periodos de ineficiencia, es relevante destacar que la ciudad de Santa Marta muestra un rendimiento general destacado con un índice de eficiencia promedio muy cercano al 100%. Esta situación indica que, a pesar de los desafíos presentados en algunos periodos, la DMU ha mantenido un desempeño altamente eficiente en la mayoría de los casos. Identificar las causas de ineficiencia en los periodos específicos permitirá tomar acciones correctivas y continuar mejorando el rendimiento logístico de la ciudad de Santa Marta.

Tabla 17. *DMU's Referentes por Periodo - Santa Marta*

DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Santa Marta	No presenta ya que es eficiente	Cúcuta Barrancabermeja Popayán	No presenta ya que es eficiente	Chiquinquirá Sincelejo Barrancabermeja

Fuente: Elaboración Propia

Con la revisión de pares, se concluye que para el año 2018 las ciudades que son referentes de eficiencia para la DMU de Santa Marta, son la ciudad de Cúcuta, Barrancabermeja y Popayán. En el año 2020, aparecen las ciudades de Chiquinquirá, Sincelejo y Barrancabermeja. En este caso, todos los pares de eficiencia corresponden a ciudades segundarias de diferentes regionales lo que indica que, a pesar de los índices ineficientes obtenidos en los periodos, el comportamiento esperado puede ser similar al de ciudades secundarias y se podrán adaptar prácticas menos complejas para el mejoramiento de indicadores.

- **DMU # 10 – Duitama.**

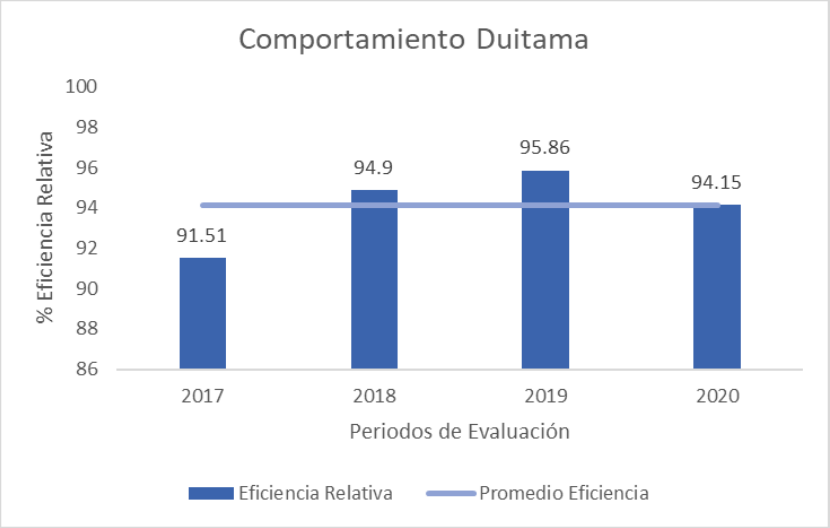
Aunque forma parte de una de las regionales principales, el centro de distribución ubicado en Duitama presenta ineficiencia en los cuatro periodos de evaluación. En promedio, esta DMU alcanza un índice de eficiencia del 94.11% sin mostrar una tendencia clara de mejora en todo el proceso. En este caso de estudio, Duitama se cataloga como la DMU con los peores índices de

eficiencia relativa, y, además, su tendencia a mejorar no es clara, ya que se mantiene por debajo del 95%.

Examinando cada año se confirma que, en el año 2018, a pesar de tener un incremento del 11% en el número de pedidos, las distancias recorridas se incrementaron en un 100% sin tener un impacto significativo en el presupuesto ejecutado. Por otro lado, para el año 2019, se observa un incremento del 7% en el volumen de pedidos, con un 18% adicional en los metros movilizados y entregados a clientes. Sin embargo, para las variables de distancia y presupuesto ejecutado, se encontró una reducción del 16% en la primera y un incremento del 9% en la segunda. Esto confirma que, a pesar de tener una mayor cantidad de pedidos para ser distribuidos, es posible que la huella de distribución de los mismos obligue a que las rutas sean foráneas, lo que dificulta la optimización y el mejoramiento de las rutas.

Finalmente, el año 2020 muestra una tendencia negativa en todos los outputs, con un efecto sobre los volúmenes de ventas. Esto impacta directamente el proceso de distribución, disminuyendo las distancias recorridas y, a su vez, afectando el presupuesto ejecutado.

Ilustración 19. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Duitama*



Fuente: Elaboración Propia

Con la revisión de pares, se concluye las ciudades principales que sirven como referentes para el mejoramiento de eficiencia se encuentran en el año 2017 la ciudad de Medellín y en año 2018 siendo de la misma regional, aparece la ciudad de Bogotá. Adicional, en la revisión de las demás

referencias, se evidencia que el resto corresponden a ciudades secundarias y principalmente de otras regionales a excepción del año 2020, periodo en el cual aparece la ciudad de Chiquinquirá y Villavicencio como pares de la regional Centro. También se tiene una participación importante de la ciudad de Popayán pues figura como referente para los primeros tres periodos de evaluación, así como la ciudad de Sincelejo y Armenia que son referentes para dos de los periodos. Por último, se tienen las ciudades de Pasto y Valledupar que sirven como referentes para el año 2019 únicamente.

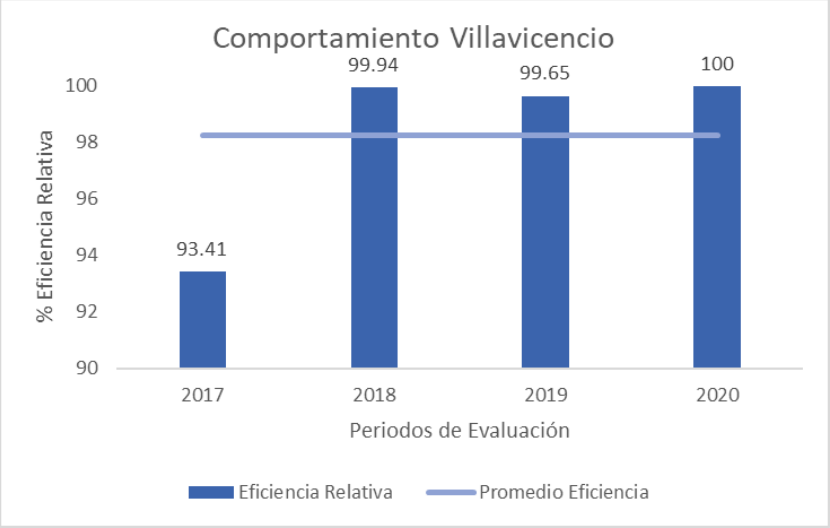
Tabla 18. *DMU's Referentes por Periodo - Duitama*

DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Duitama	Medellín Valledupar Sincelejo Armenia Popayán	Bogotá Sincelejo Popayán	Sincelejo Pasto Popayán	Villavicencio Chiquinquirá Armenia

Fuente: Elaboración Propia

- **DMU # 11 – Villavicencio.**

Ilustración 20. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Villavicencio*



Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a la variación de los outputs del año 2017 al 2018, se observa un incremento del 97% en las distancias recorridas, mientras que el presupuesto se redujo en un 7%, las ventas aumentaron un 4% y los metros movilizados disminuyeron en un 11%.

Para el año 2019, se observa una leve disminución en el índice de eficiencia con respecto al año 2018, pero el comportamiento de las variables se mantuvo en una tendencia positiva. Durante este periodo, la distancia y el presupuesto incrementaron en un 19% y 37% respectivamente, al igual que el número de pedidos, el cual aumentó en un 27%, impactando directamente los metros movilizados en un 18%. Por último, el año 2020 presenta un índice del 100%, confirmando que el comportamiento de las variables fue correcto y ajustado a la realidad de la operación de este periodo.

Este análisis muestra que el centro de distribución de Villavicencio ha logrado un mejoramiento en su eficiencia a lo largo de los periodos evaluados, lo cual indica un esfuerzo por optimizar el proceso de distribución y maximizar los recursos utilizados. Continuar monitoreando y evaluando el desempeño de este centro de distribución permitirá identificar oportunidades de mejora y mantener una eficiencia constante en el futuro.

Tabla 19. *DMU's Referentes por Periodo - Villavicencio*

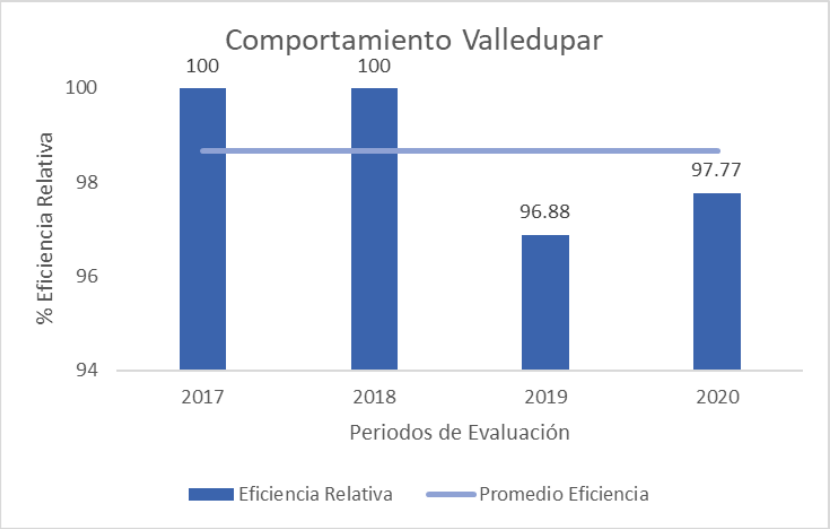
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Villavicencio	Medellín Valledupar Sincelejo Armenia Popayán	Armenia Barrancabermeja Popayán	Bogotá Sincelejo Armenia	No presenta ya que es eficiente

Fuente: Elaboración Propia.

En la revisión de pares de referencia, se identifica que para el año 2017 las ciudades referentes fueron Medellín, Valledupar, Sincelejo, Armenia y Popayán. Seguido de estas, en el 2018 figuran nuevamente las ciudades de Armenia y Popayán, teniendo adicional la ciudad de Barrancabermeja. En el año 2019, como representante de la regional Centro, la ciudad de Bogotá se presenta como par, nuevamente la ciudad de Armenia y, por último, la ciudad de Sincelejo.

- **DMU # 12 – Valledupar.**

Ilustración 21. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Valledupar*



Fuente: Elaboración Propia

En el caso de Valledupar, esta DMU presentó un índice promedio del 98.66%. Al comparar este comportamiento, se observa que la ciudad de Barranquilla tuvo una tendencia similar, donde fue eficiente en los primeros dos periodos de evaluación y luego ineficiente en los últimos dos. Aunque estas dos ciudades no hacen parte de la misma regional en términos de distribución logística, sí pertenecen a la misma zona geográfica, lo que podría implicar que factores externos como cultura y mercado impacten de manera similar sobre las variables y resultados de las DMU's.

En el año 2019, se confirma que todas las variables tienen una tendencia positiva. La distancia incrementó en un 52%, el presupuesto en un 24%, y los pedidos en un 20%. Por otro lado, para el año 2020, se observa una disminución en las ventas del 20%, la distancia se redujo en un 47%, y el presupuesto en un 18%. Gracias a esta proporcionalidad en el comportamiento de las variables, el año 2020 tuvo un mejor desempeño a nivel logístico en comparación con el año anterior.

El análisis de los resultados para ambas ciudades, Valledupar y Barranquilla, sugiere que es importante considerar tanto los factores internos como los externos que pueden influir en la eficiencia logística de cada DMU.

Tabla 20. *DMU's Referentes por Periodo - Valledupar*

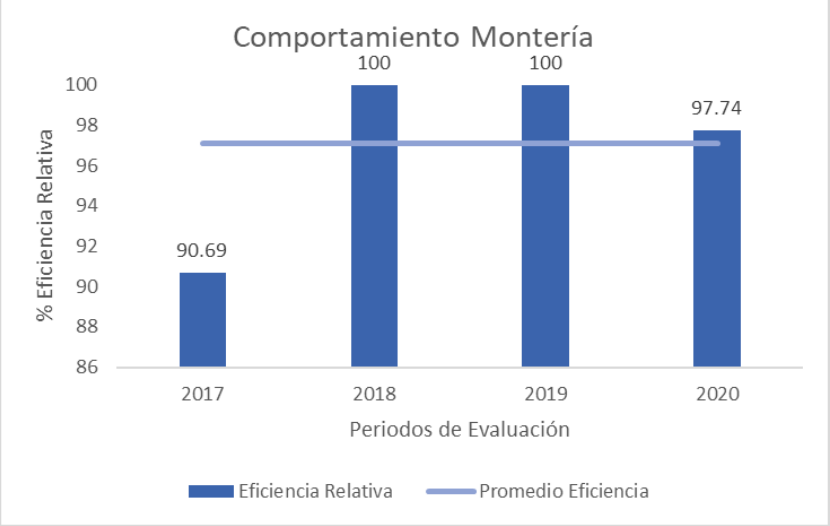
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Valledupar	No presenta ya que es eficiente	No presenta ya que es eficiente	Bogotá Medellín Sincelejo Barrancabermeja Pasto	Medellín Funza Chiquinquirá Barrancabermeja

Fuente: Elaboración Propia

Revisando los pares de referencia, para los dos años donde los índices de la DMU no fueron eficientes, se evidencia que de la regional Santanderes a la cual pertenece este centro de distribución, la ciudad de Barrancabermeja se presenta como referente para el mejoramiento del índice de eficiencia. Adicional, de la regional occidente, Medellín aparece en los dos periodos (2019 y 2020) y Sincelejo solo en el año 2019. De la regional Centro, la ciudad de Bogotá figura en el año 2019 y en el año 2020 los centros de distribución de Funza y Chiquinquirá. Por último, de la regional Sur, se tiene la ciudad de Pasto para el año 2019.

- **DMU # 13 – Montería.**

Ilustración 22. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Montería*



Fuente: Elaboración Propia

El centro de distribución de Montería, a pesar de haber tenido periodos ineficientes, obtuvo en promedio un índice de eficiencia del 97.11%. Entre las DMU con indicadores ineficientes,

Montería ocupa el tercer puesto entre aquellas con peor comportamiento en la evaluación, seguido por Neiva y Duitama.

Es relevante enfocar el análisis en el año 2017, ya que fue el periodo con el índice más bajo para esta unidad. Se identifica que el valor del presupuesto ejecutado fue similar al de los años 2018 y 2019, pero con una menor cantidad de pedidos y una distancia mucho menor. Al comparar las distancias entre los años 2017 y 2018, así como 2019, se obtiene una reducción de distancia del 56%, lo que indica que, en el año 2017 el centro de distribución no logró eficiencia a nivel de costos y volúmenes de venta en relación con las distancias recorridas.

Por último, en el año 2020 se observa una tendencia negativa en todas las variables, especialmente en los metros movilizados con una reducción del 30%. A nivel de distancias, se disminuye en un 13% y el presupuesto también disminuye en un 19%. Estos resultados sugieren que el centro de distribución de Montería enfrentó desafíos significativos en el año 2020 que afectaron su eficiencia en el proceso de distribución.

Tabla 21. *DMU's Referentes por Periodo - Montería*

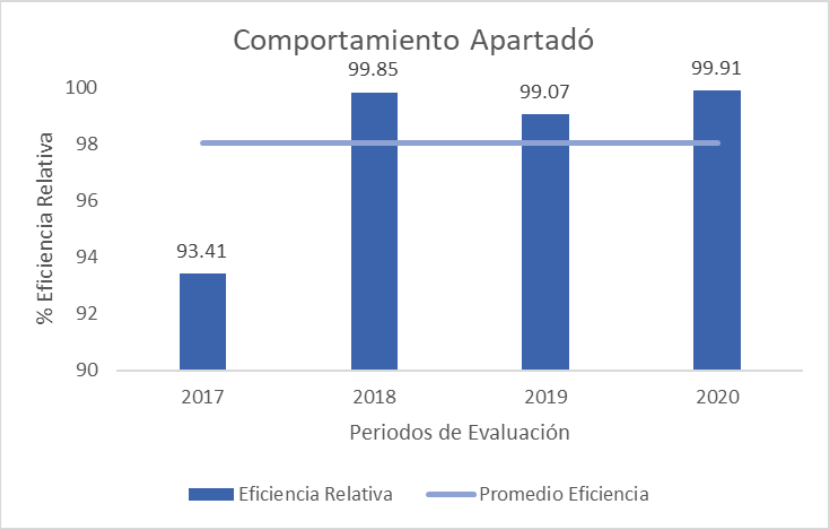
DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Montería	Medellín Valledupar Armenia Barrancabermeja Riohacha	No presenta ya que es eficiente	No presenta ya que es eficiente	Bogotá Medellín Villavicencio Chiquinquirá Popayán

Fuente: Elaboración Propia.

En los pares de referencia se evidencias ciudades de diferentes regionales. Dentro de la regional Occidente a la cual pertenece la ciudad de Montería, se tiene que para el año 2017 y 2020 la ciudad de Medellín es referente. Para la regional Santanderes, en el año 2017 fueron referencias Valledupar y Barrancabermeja, por otro lado, en la regional Eje Cafetero, solamente para el año 2017 se identifica la ciudad de Armenia. En la regional Norte para el año 2017 se tuvo la ciudad de Riohacha, en la regional Sur la ciudad de Popayán en el año 2020 y en este último, también se presentan de la regional Centro las ciudades de Bogotá, Villavicencio y Chiquinquirá.

- **DMU # 14 – Apartadó.**

Ilustración 23. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Apartadó*



Fuente: Elaboración Propia.

El comportamiento de la DMU de Apartadó muestra que, en promedio el índice obtenido por la unidad fue del 98.06%, siendo impactado principalmente por el indicador obtenido en el año 2017. Al igual que con la ciudad de Montería, el centro de distribución de Apartadó fue ineficiente en el año 2017. Esto se debió a que, aunque el valor del presupuesto ejecutado fue similar al de los años 2018 y 2019, hubo una menor cantidad de pedidos y una distancia mucho menor. Al comparar las distancias entre los años 2017 y 2018, así como 2019, se obtiene una reducción de distancia del 29%, lo que indica que en el año 2017 el centro de distribución no logró eficiencia a nivel de costos y volúmenes de venta en relación con las distancias recorridas.

Por otro lado, a pesar de no lograr eficiencia en ninguno de los periodos, se presenta una tendencia positiva durante los periodos evaluados. Se confirma que para el año 2020, la DMU mejora a nivel de ventas, presupuesto y distancia recorrida. Es importante resaltar que para incentivar el mejoramiento del índice de eficiencia para el año 2018, se tuvo un incremento de la distancia del 37%, con una disminución del 4% en el presupuesto ejecutado, y un incremento en el volumen de ventas del 7%. Estas acciones contribuyeron a una mejora general en la eficiencia del centro de distribución de Apartadó a lo largo de los periodos evaluados.

Tabla 22. *DMU's Referentes por Periodo - Apartadó*

DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Apartadó	Valledupar Barrancabermeja Riohacha	Barrancabermeja	Bogotá Sincelejo Barrancabermeja	Chiquinquirá Barrancabermeja

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de los pares de referencia es claro que la ciudad de Barrancabermeja fue referente durante todos los años facilitando la toma de decisiones para mejorar el comportamiento de Apartadó ya que son ciudades secundarias y su comportamiento a nivel operativo es muy similar. Adicional a esto, para los demás años se tiene un alto impacto por regionales como Santander con Valledupar y Barrancabermeja como ciudades, también se tiene la regional Norte con Riohacha, la regional Centro con Bogotá y Chiquinquirá y adicional, se tiene la regional Occidente con Sincelejo.

- **DMU # 15 – Neiva.**

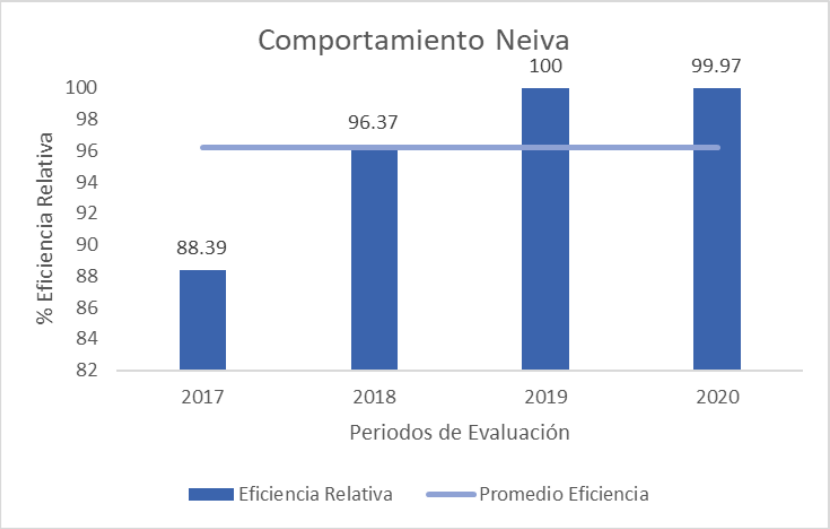
El centro de distribución de Neiva presenta un comportamiento interesante durante los cuatro periodos de evaluación. Iniciando en el 2017 con un índice del 88.39%, se confirma que es el valor más bajo de eficiencia obtenido dentro de las 24 DMU's evaluadas. Debido a los bajos índices obtenidos durante los dos primeros años de evaluación, el promedio de eficiencia relativa obtenido para esta DMU fue del 96.18%, lo que la posiciona en la segunda unidad con menor eficiencia dentro del total de centros de distribución evaluados.

Al validar los outputs, se comprueba que en el año 2017 el valor de presupuesto fue un 4% superior al del año 2018; sin embargo, a nivel de número de pedidos este fue un 7% inferior y, adicionalmente, la distancia fue un 51% menor a la obtenida en el año 2018. Por otro lado, revisando el periodo eficiente, se confirma que, a pesar de tener un incremento en todas las variables, se obtuvo un 30% adicional en el número de pedidos, lo que impactó positivamente en los metros movilizados. Las distancias recorridas se incrementaron en un 67%, y el presupuesto en un 35%.

Por último, para el año 2020 nuevamente se obtiene ineficiencia en la unidad, impactada principalmente por una reducción del 11% en la venta. Este comportamiento fluctuante en los resultados de eficiencia del centro de distribución de Neiva evidencia la necesidad de

implementar estrategias de mejora y optimización para lograr una mayor eficiencia en sus operaciones logísticas.

Ilustración 24. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Neiva*



Fuente: Elaboración Propia

En la revisión de pares de referencia, se tiene que para el año 2017 los centros de distribución asociados a esta unidad son los de la ciudad de Santa Marta, Valledupar y Armenia. Para el 2018, nuevamente se presenta la ciudad de Armenia seguida de Bogotá y Popayán. Para el año 2020, se tienen solamente las ciudades de Villavicencio y Pasto. Es importante aclarar que, dentro de los referentes, la ciudad de Armenia hace parte de la misma regional Eje Cafetero.

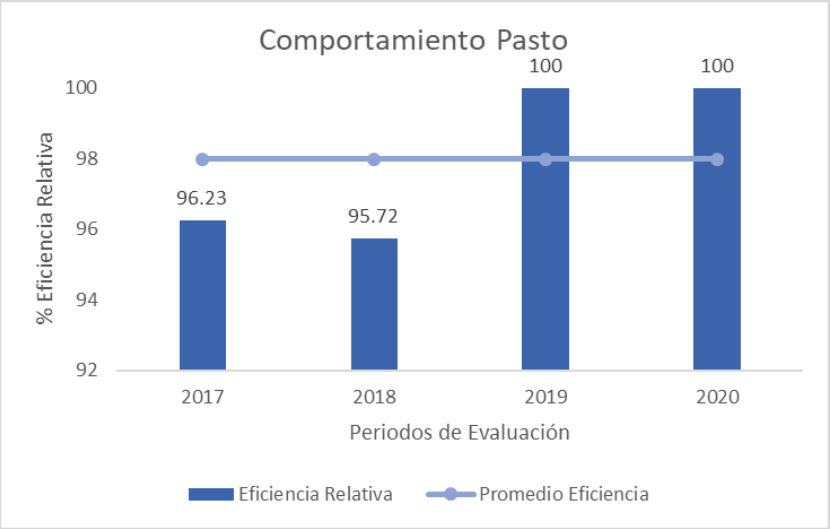
Tabla 23. *DMU's Referentes por Periodo - Neiva*

DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Neiva	Santa Marta Valledupar Armenia	Bogotá Armenia Popayán	No presenta ya que es eficiente	Villavicencio Pasto

Fuente: Elaboración Propia.

- **DMU # 16 – Pasto.**

Ilustración 25. *Comportamiento de Índices de Eficiencia - Pasto*



Fuente: Elaboración Propia.

Dando cierre al análisis de unidades ineficientes, se presenta la ciudad de Pasto. En promedio, para esta unidad, el índice alcanzado fue del 97.99%. El impacto del año 2018 se debe a una disminución del 5% en las distancias recorridas, pero con un incremento en el presupuesto ejecutado del 5%. Esta variación también está apalancada por un incremento del 17% en el número de pedidos y, adicionalmente, un aumento del 20% en los metros movilizados.

La comprobación de eficiencia para los periodos 2019 y 2020 se debe a un comportamiento homogéneo en los inputs. Para el primer año de evaluación, todas las variables fueron positivas, desde la venta con un 16% de incremento hasta el presupuesto y las distancias con un aumento del 20% y 54%, respectivamente. Por último, el año 2020 tuvo una reducción en todas las variables de salida presentadas para el análisis. Este comportamiento fluctuante en los resultados de eficiencia del centro de distribución de Pasto también requiere de acciones estratégicas para lograr una mayor estabilidad en su desempeño logístico.

Tabla 24. *DMU's Referentes por Periodo - Pasto*

DMU	2017	2018	2019	2020
Referentes Pasto	Valledupar Sincelejo Armenia Riohacha	Armenia Popayán	No presenta ya que es eficiente	No presenta ya que es eficiente

Fuente: Elaboración Propia.

Con la revisión de pares de referencia, se encuentra que en el año 2017 las ciudades referentes fueron Valledupar, Sincelejo, Armenia y Riohacha. Para el año 2018, nuevamente se presenta la ciudad de Armenia y de la regional Sur, se presenta la ciudad de Popayán.

En línea con el análisis realizado por cada una de las unidades ineficiente y teniendo en cuenta la distribución geográfica de los centros de distribución enunciada en la sección 4.1.1, vale la pena realizar una revisión de cómo se comporta la eficiencia relativa de las DMU's de manera agrupada por regional. En la siguiente tabla y gráfico, se evidencian el comportamiento promedio de las regionales en términos de eficiencia promedio por año y general para el periodo de evaluación. Cabe aclarar que esta agrupación se realiza de acuerdo a los almacenes de ciudades primarias y secundarias detalladas anteriormente.

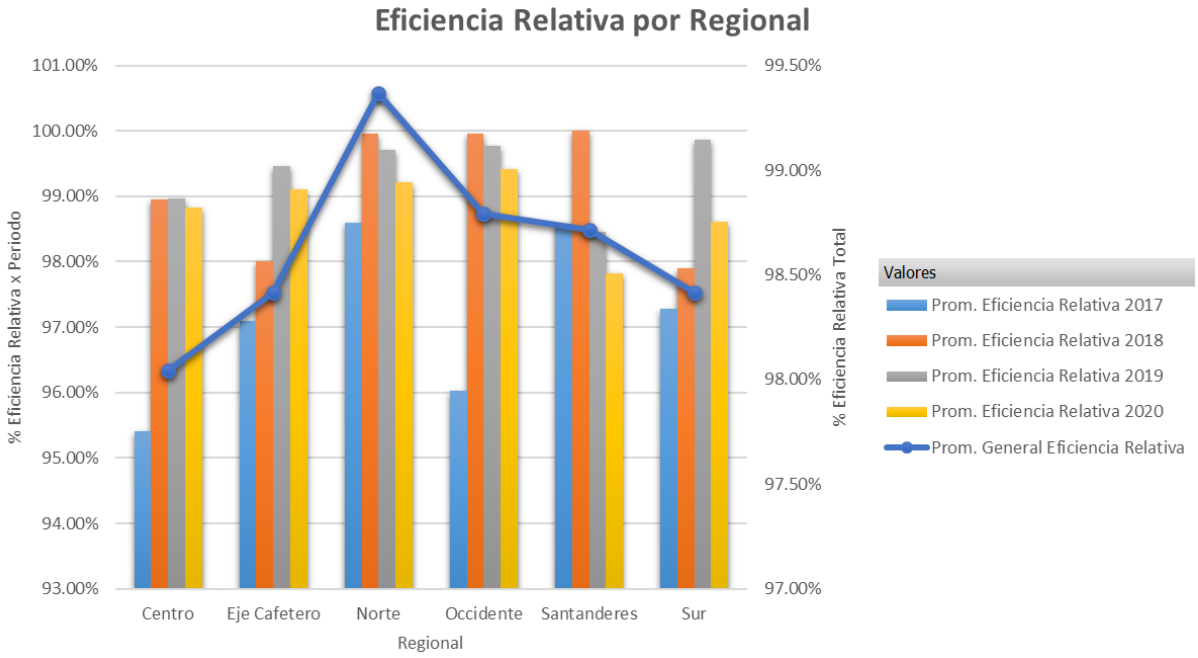
Tabla 25. *Resultados de Eficiencia Relativa por Regional y Periodo*

Regional	Promedio de Eficiencia 2017	Promedio de Eficiencia 2018	Promedio de Eficiencia 2019	Promedio de Eficiencia 2020	Promedio de Promedio
Centro	95.42	98.96	98.96	98.83	98.04
Eje Cafetero	97.10	98.00	99.46	99.10	98.41
Norte	98.59	99.96	99.71	99.22	99.37
Occidente	96.03	99.96	99.77	99.41	98.79
Santanderes	98.58	100.00	98.46	97.83	98.72
Sur	97.29	97.90	99.86	98.61	98.42
Total general	**97.09**	**99.17**	**99.33**	**98.84**	**98.61**

Fuente: Elaboración Propia.

Realizando el comparativo de medición de eficiencia relativa por regional, se evidencia que la regional Norte cuenta con una tendencia positiva en términos de eficiencia, puesto que el promedio de índice obtenido en la evaluación es del 99.37%. Por otro lado, la regional con menor índice de eficiencia es la regional Centro con un 98.04%, esta seguida de las regionales Eje Cafetero y Sur cuyo valor promedio de eficiencia relativa fue el mismo y corresponde al 98.41%, también se tiene que la regional Santander logra un 98.72% y la regional Occidente obtuvo el segundo puesto con un índice del 98.79%.

Ilustración 26. *Comportamiento de Eficiencia Relativa por Regional y Periodo*



Fuente: Elaboración Propia.

En el gráfico anterior, se evidencia que el año 2017, fue un año en el cual todas las regionales presentaron un índice de eficiencia menor frente a los otros años (97.09% promedio de eficiencia); sin embargo, para el año 2019, se confirma que comportamiento general de las regionales fue positivo en términos de eficiencia relativa pues su índice promedio fue del 99.33%. Para los años 2018 y 2020, los índices promedio de todas las regionales alcanzaron valores del 99.17% y 98.84%. En general, para el periodo de evaluación, se obtuvo un índice de eficiencia relativa para el proceso de distribución de productos en el canal tradicional de ventas del 98.61%.

Con el comparativo anterior, vale la pena revisar como fue el comportamiento en función de número de unidades eficientes por año y regional, así como los promedios con los que se comportaron cada una de las DMU's.

Tabla 26. *Resumen Eficiencia Relativa por Regional y Comportamiento de DMU's Eficientes.*

Regionales	Prom. Eficiencia Relativa 2017	DMU's Eficientes 2017	Prom. Eficiencia Relativa 2018	DMU's Eficientes 2018	Prom. Eficiencia Relativa 2019	DMU's Eficientes 2019	Prom. Eficiencia Relativa 2020	DMU's Eficientes 2020
Centro	95.42%	2	98.96%	2	98.96%	2	98.83%	4
Eje Cafetero	97.10%	3	98.00%	1	99.46%	2	99.10%	1
Norte	98.59%	3	99.96%	2	99.71%	2	99.22%	2
Occidente	96.02%	2	99.96%	3	99.77%	3	99.41%	2
Santanderes	98.58%	2	100.00%	4	98.46%	1	97.82%	1
Sur	97.29%	1	97.90%	1	99.86%	2	98.61%	2
Total general	97.09%	13	99.17%	13	99.33%	12	98.84%	12

Fuente: Elaboración Propia.

Como se mencionó anteriormente, cerca del 48% de las DMU’s son eficientes en los diferentes periodos de evaluación. Revisando el comportamiento de cada regional, se identificar que para la regional Centro en el año 2020 la cantidad de DMU’s eficientes incrementa, mostrando que existe una buena gestión de recursos para dicho año por parte de la regional, esto teniendo en cuenta que es la regional más grande y donde hay una mayor participación en los volúmenes generales de venta de la organización. Por otro lado, las regionales Norte y Occidente, mantienen una tendencia a contar con 2 o 3 DMU’s eficientes y con resultados significativos en el índice de eficiencia relativa. Para el caso de Santander, se evidencia que en el año 2018 logra un índice del 100% en eficiencia para sus 4 DMU’s, sin embargo, es una regional que tienen una fluctuación elevada en el número de DMU’s eficientes y adicional en el índice general medido. Para el caso del Eje Cafetero, se evidencia una tendencia al alza en el índice de eficiencia a medida que pasa el tiempo, pero no se refleja en la cantidad de DMU’s eficientes. Por último, en la regional Sur, se identifica que los dos primeros años, el índice de eficiencia fue bajo, pero para el año 2019 y 2020, este se incrementa, así como lo hace la cantidad de DMU’s eficientes para la región.

4.4.2 Identificación de Pares de Referencia

Adicional a la información presentada anteriormente, una de las ventajas del método DEA es contar con datos que permiten asociar las DMU’s ineficientes con aquellas que sí lo son y adicional, entender cuáles son las variables que deben ser mejoradas en cada unidad ineficiente, así como también comprender cuáles son las unidades referenciales en términos de eficiencia para que una DMU ineficiente pueda lograr llegar a la frontera de eficiencia.

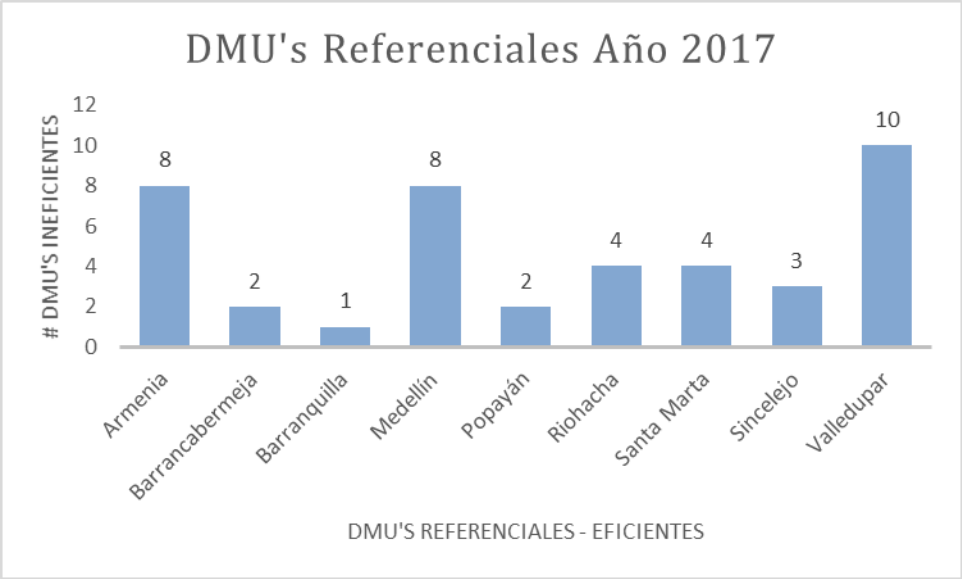
Para la identificación de pares referenciales, se presenta cada DMU ineficiente junto con las DMU’s referenciales con el fin de validar cuál es la tendencia de unidades eficientes y adicional,

encontrar relación de mejoramiento de variables para plantear buenas prácticas en cada DMU ineficiente.

En el Anexo B se encuentran las tablas con el detalle de las unidades referenciales; sin embargo, para el análisis de la información, a continuación, se presentan los gráficos que relacionan la cantidad de DMU's ineficientes con aquellas que sí lo son para cada uno de los años del periodo de evaluación.

- **Evaluación de Referentes Año 2017.**

Ilustración 27. *Pares de Referencia Año 2017*



Fuente: Elaboración Propia.

Para la medición de eficiencia del año 2017, se evidencia que 11 de las 24 DMU's evaluadas son ineficientes. Dentro de estas unidades ineficientes, se confirma que el 82% de los centros de distribución ineficientes corresponden a ciudades secundarias mientras que, por otro lado, al revisar las unidades eficientes, se confirma que el 69% de los centros de distribución con índices de eficiencia del 100% corresponden a ciudades segundarias. Adicional a esto, se muestra una tendencia donde en su mayoría, las DMU's ineficientes tienen como referencial a los centros de distribución de Valledupar, Medellín y Armenia. Se puede identificar que 78.5% de las ciudades que son referentes corresponden a ciudades secundarias y como se puede observar en la siguiente tabla, la mayor participación de ciudades la obtuvo la regional Santanderes con un

28.57%. Por último, se identifica que para el año 2017, la regional Centro no es referente para ninguna de las unidades ineficientes a pesar de tener ciudades como Bogotá y Chiquinquirá, las cuales fueron 100% eficientes para el periodo de evaluación.

Tabla 27. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2017*

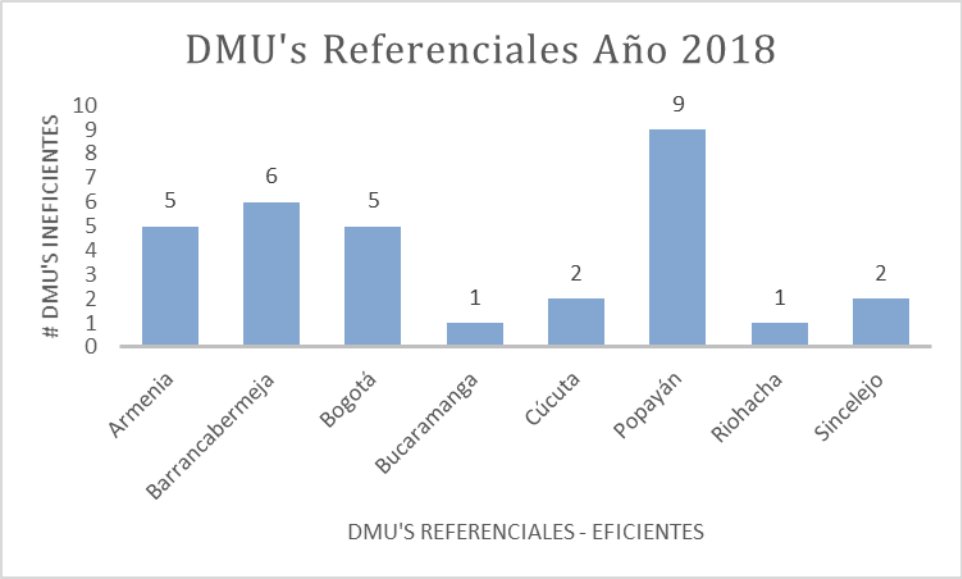
Regional	Tipo Ciudad	# Referentes	% Participación
Santanderes	Secundaria	12	28.57%
Total Santanderes		**12**	**28.57%**
Occidente	Principal	8	19.05%
Occidente	Secundaria	3	7.14%
Total Occidente		**11**	**26.19%**
Norte	Principal	1	2.38%
Norte	Secundaria	8	19.05%
Total Norte		**9**	**21.43%**
Eje Cafetero	Secundaria	8	19.05%
Total Eje Cafetero		**8**	**19.05%**
Sur	Secundaria	2	4.76%
Total Sur		**2**	**4.76%**
Total general		**42**	**100.00%**

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla anterior permite evaluar el comportamiento de los referentes para cada DMU ineficiente de acuerdo a la regional y tipo de ciudad a la que corresponda cada una de las DMU's que fueron eficientes para el periodo de evaluación.

- **Evaluación de Referentes Año 2018.**

Ilustración 28. *Pares de Referencia Año 2018*



Fuente: Elaboración Propia.

Para la medición de eficiencia del año 2018, se evidencia que 11 de las 24 DMU's evaluadas son ineficientes. Dentro de estas unidades ineficientes, se confirma que el 81% de los centros de distribución ineficientes corresponden a ciudades secundarias mientras que, por otro lado, al revisar las unidades eficientes, se confirma que el 69% de los centros de distribución con índices de eficiencia del 100% corresponden a ciudades segundarias. Adicional a esto, se muestra una tendencia de que, en su mayoría, las DMU's ineficientes tienen como referencial al centro de distribución de Popayán. Los centros de distribución de Barrancabermeja, Armenia y Bogotá también son representativos como DMU's referenciales.

Tabla 28. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2018*

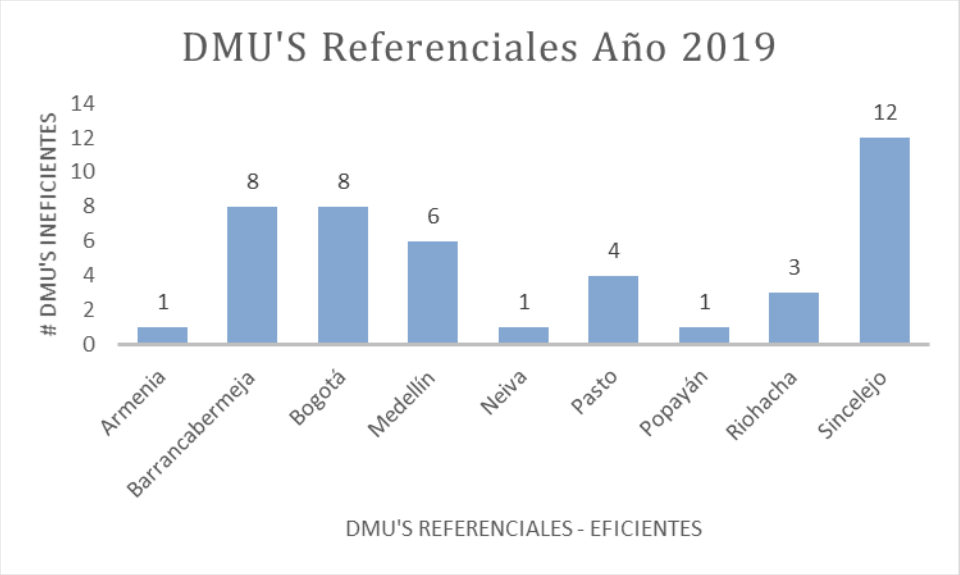
Regional	Tipo Ciudad	# Referentes	% Participación
Santanderes	Secundaria	8	25.81%
Santanderes	Principal	1	3.23%
Total Santanderes		**9**	**29.03%**
Sur	Secundaria	9	29.03%
Total Sur		**9**	**29.03%**
Eje Cafetero	Secundaria	5	16.13%
Total Eje Cafetero		**5**	**16.13%**
Centro	Principal	5	16.13%
Total Centro		**5**	**16.13%**
Occidente	Secundaria	2	6.45%
Total Occidente		**2**	**6.45%**
Norte	Secundaria	1	3.23%
Total Norte		**1**	**3.23%**
Total general		**31**	**100.00%**

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, se identifica que las regionales que presentaron una mayor participación en las ciudades referentes para aquellas DMU's ineficientes corresponden a la regional Santanderes y regional Sur con un 29% de participación en cada una de estas. Este porcentaje de participación es relevante para ciudades secundarias. Adicional a esto, se confirma que la regional Norte solo figura una vez como referente con el centro de distribución de la ciudad de Riohacha.

- **Evaluación de Referentes Año 2019.**

Ilustración 29. *Pares de Referencia Año 2019*



Fuente: Elaboración Propia.

Para la medición de eficiencia del año 2019, se evidencia que 12 de las 24 DMU's evaluadas son ineficientes. Dentro de estas unidades ineficientes, se confirma que el 67% de los centros de distribución ineficientes corresponden a ciudades secundarias mientras que, por otro lado, al revisar las unidades eficientes, se confirma que el 83% de los centros de distribución con índices de eficiencia del 100% corresponden a ciudades segundarias. Adicional a esto, las 12 DMU's ineficientes toman como referencia al centro de distribución de Sincelejo y se evidencia una tendencia referencial hacia los centros de distribución de Barrancabermeja, Bogotá y Medellín.

Tabla 29. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2019*

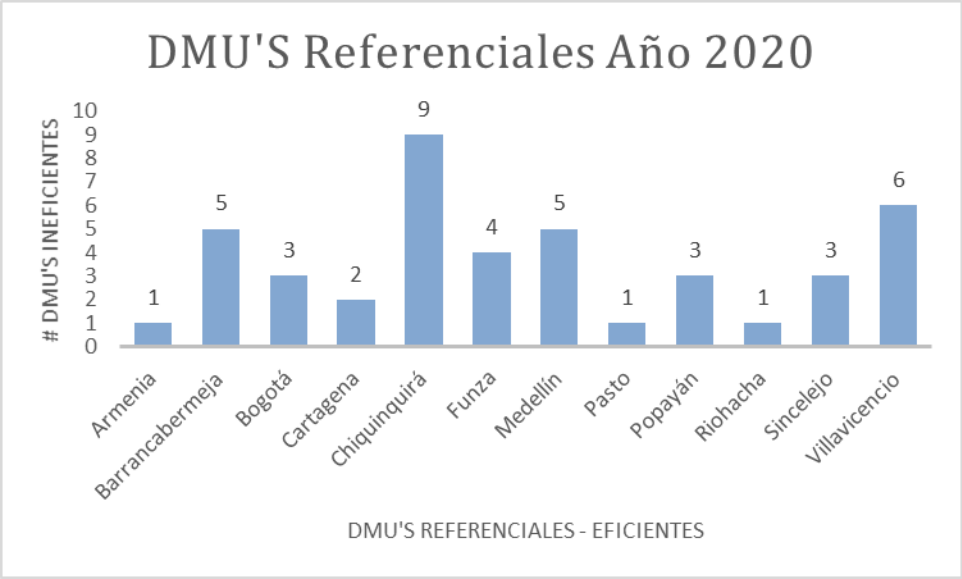
Regional	Tipo Ciudad	# Referentes	% Participación
Occidente	Secundaria	12	27.27%
Occidente	Principal	6	13.64%
Total Occidente		**18**	**40.91%**
Santanderes	Secundaria	8	18.18%
Total Santanderes		**8**	**18.18%**
Centro	Principal	8	18.18%
Total Centro		**8**	**18.18%**
Sur	Secundaria	5	11.36%
Total Sur		**5**	**11.36%**
Norte	Secundaria	3	6.82%
Total Norte		**3**	**6.82%**
Eje Cafetero	Secundaria	2	4.55%
Total Eje Cafetero		**2**	**4.55%**
Total general		**44**	**100.00%**

Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso de 2019, la regional con mayor participación de centros de distribución como referentes para las unidades ineficientes fue la regional Occidente con un 41%. La ciudad secundaria más significativa fue Sincelejo seguida de la ciudad principal Medellín con 6 referencias de eficiencia. Seguida de esta regional, se encuentra Santander y Centro con un 18% de comportamiento similar para pares de referencia. Las regionales con menor participación fueron Norte con un 7% y Eje Cafetero con un 5%.

- **Evaluación de Referentes Año 2020.**

Ilustración 30. *Pares de Referencia Año 2020*



Fuente: Elaboración Propia.

Para la medición de eficiencia del año 2020, se evidencia que 12 de las 24 DMU's evaluadas son ineficientes. Dentro de estas unidades ineficientes, se confirma que el 67% de los centros de distribución ineficientes corresponden a ciudades secundarias mientras que, por otro lado, al revisar las unidades eficientes, se confirma que el 83% de los centros de distribución con índices de eficiencia del 100% corresponden a ciudades segundarias. Adicional a esto, se muestra una tendencia de que, en su mayoría, las DMU's ineficientes tienen como referencial a los centros de distribución de Chiquinquirá, Villavicencio, Medellín y Barrancabermeja.

Tabla 30. *Participación de Pares de Referencia por Regional y Tipo de Ciudad (Principa - Secundaria) Año 2020*

Regional	Tipo Ciudad	# Referentes	% Participación
Centro	Secundaria	19	44.19%
Centro	Principal	3	6.98%
Total Centro		**22**	**51.16%**
Occidente	Principal	5	11.63%
Occidente	Secundaria	3	6.98%
Total Occidente		**8**	**18.60%**
Santanderes	Secundaria	5	11.63%
Total Santanderes		**5**	**11.63%**
Sur	Secundaria	4	9.30%
Total Sur		**4**	**9.30%**
Norte	Secundaria	3	6.98%
Total Norte		**3**	**6.98%**
Eje Cafetero	Secundaria	1	2.33%
Total Eje Cafetero		**1**	**2.33%**
Total general		**43**	**100.00%**

Fuente: Elaboración Propia.

Para el año 2020, la regional con mayor participación de pares de referencia de eficiencia para las unidades ineficientes, fue la regional Centro con un 51% de participación. Validando las ciudades de dicha regional, todas fueron pares de referencia para el año 2020.

Con lo anterior, es importante aclarar que dentro del universo de DMU's evaluadas, el 75 % de las unidades corresponden a ciudades secundarias y el otro 25 % corresponde a ciudades principales. En función de esto, se observó que, dentro de la evaluación de referentes para cada uno de los años, los porcentajes de participación de ciudades secundarias eran mayores a los de las principales. Sin embargo, esto es importante tenerlo en cuenta dentro del análisis ya que permite entender de qué manera se deben comportar las unidades ineficientes y de manera rápida realizar ajustes para lograr comportamientos óptimos dentro de todo el proceso logístico.

4.4.3 Recomendaciones para el Mejoramiento de Eficiencia Relativa de los Centros de Distribución.

Teniendo presente el análisis enunciado anteriormente y considerando que uno de los objetivos de esta investigación corresponde realizar recomendaciones para el mejoramiento de los procesos teniendo en cuenta la medición de eficiencia relativa, se procede a mencionar una serie de recomendaciones considerando los resultados de las diferentes variables y DMU's evaluadas.

1. Es necesario evaluar el impacto que tiene el volumen de ventas en el proceso de distribución de pedidos del canal tradicional. Un aumento en el número de pedidos inicialmente asegura una optimización de recursos, ya que se maximiza la ocupación de los vehículos al incrementar la cantidad de metros cúbicos que deben movilizarse por cada centro de distribución. Además, el incremento en la cantidad de pedidos aumentará la densidad de las rutas lógicas que deben recorrer los vehículos, lo que a su vez reducirá la distancia recorrida por los transportadores. Esto tendrá un impacto positivo sobre el costo logístico, ya que este depende de la distancia, cantidad de pedidos y ocupación de cada vehículo necesario para la operación. Por lo tanto, analizar el comportamiento de las ventas y su efecto en el proceso de distribución permitirá identificar oportunidades para mejorar la eficiencia logística y reducir los costos asociados, optimizando así la operación de la empresa.

2. Validar las DMU's (Unidades de Decisión) de referencia es fundamental para considerar la migración de buenas prácticas de ciudades como Medellín, Valledupar, Sincelejo, Chiquinquirá, entre otras, hacia aquellas que constantemente presentan ineficiencias, como Duitama, Cali o Apartadó. Este enfoque permitirá comprender las diferencias existentes en los procesos y realizar ajustes en variables clave, como el presupuesto o la distancia recorrida por el transportador. Además, al adoptar las prácticas eficientes de estas ciudades, se puede mejorar significativamente la gestión de recursos en las ciudades menos eficientes. Por ejemplo, ciudades eficientes pueden movilizar la misma cantidad de metros cúbicos, pero requiriendo una menor cantidad de recursos de entrada. En resumen, el análisis de las DMU's de referencia proporcionará información valiosa para identificar las prácticas más exitosas y efectuar cambios estratégicos en las ciudades menos eficientes, con el objetivo de optimizar la logística, reducir costos y mejorar el rendimiento general del proceso de distribución en cada una de ellas.

3. Realizar el análisis por regional permite identificar que la regional Norte debe servir como referente para las demás regionales, ya que presentó un desempeño sobresaliente en términos de eficiencia durante todos los periodos de evaluación. A pesar de que sus ciudades no fueron en su mayoría referentes individuales, se evidencia que el comportamiento regional de todo el proceso logístico se ejecutó bajo parámetros de eficiencia aceptables.

Por otro lado, dado que la regional Centro es la más grande y puede tener un mayor impacto en los resultados de toda la organización, se hace necesario realizar una revisión detallada de cada una de las DMU's que la conforman. Esta revisión permitirá ajustar las variables de presupuesto, ventas y recursos empleados para la ejecución del proceso de distribución en dicha región. Para mejorar la eficiencia en la regional Centro, se sugiere realizar un análisis exhaustivo de cada ciudad que la compone. Identificar las áreas específicas donde se presenten ineficiencias permitirá diseñar estrategias específicas para abordar los problemas. Esto puede incluir la optimización de rutas de entrega, la implementación de tecnologías logísticas avanzadas o la capacitación del personal para mejorar la gestión de recursos. Además, es importante establecer metas y objetivos claros para la regional Centro, alineados con los resultados globales de la organización. Es fundamental fomentar la colaboración y el intercambio de buenas prácticas entre las diferentes regionales. La regional Norte, al ser referente en eficiencia, puede compartir sus experiencias y conocimientos con otras regionales para facilitar la adopción de mejoras en toda la organización. Finalmente, el proceso de revisión y mejora de las regionales y centros de distribución ineficientes, no debe ser estático, sino que debe seguir un enfoque de mejora continua.

4. Debido al dinamismo de los procesos logísticos, es esencial implementar un proceso de monitoreo continuo utilizando el método DEA para lograr una medición más precisa y en tiempo real del desempeño del proceso de distribución. De esta manera, se logra un flujo claro en la toma de decisiones, aprovechando la ventaja del DEA como una herramienta que facilita esta actividad al basarse en datos obtenidos de las operaciones. Para lograr una gestión efectiva, es fundamental definir responsables que se encarguen de la comunicación continua con todos los stakeholders del proceso. Estos responsables deben diseñar planes de trabajo robustos enfocados en el mejoramiento continuo, optimizando recursos y maximizando la eficiencia de los procesos logísticos. Mantener una comunicación constante con las unidades eficientes y aquellas identificadas como ineficientes proporcionará una valiosa retroalimentación. Esto permitirá comprender los desafíos y obstáculos que enfrentan las unidades ineficientes y facilitará la implementación efectiva de las estrategias de mejora. En resumen, el monitoreo continuo a través del DEA y la comunicación efectiva con los responsables de las unidades de decisión permitirán una gestión logística más eficiente y proactiva, garantizando la optimización de los recursos y una mejora constante en los procesos de distribución.

5. Como parte del proceso de implementación de un plan de seguimiento enfocado en DEA, es fundamental plantear mejoras en la recopilación de datos. Durante el ejercicio de investigación, fue necesario recurrir a diferentes fuentes de información, lo que implicó un mayor tiempo de procesamiento y consolidación de los datos. Para mejorar este aspecto, se recomienda la implementación de procesos de automatización que permitan recopilar la información relevante de todas las variables y unidades evaluadas de manera más eficiente. Además, se requiere un proceso de capacitación y transferencia de conocimientos en el uso del DEA como herramienta principal de monitoreo del proceso logístico. El equipo encargado de realizar las mediciones debe conocer la metodología, comprender sus ventajas y estar capacitado para tomar decisiones oportunas que impacten de manera adecuada todo el proceso.

6. Por último, es necesario establecer un proceso de evaluación continua del impacto de las mejoras implementadas de forma periódica. Esto implica considerar los pares de referencia en cada ciudad y crear una metodología que permita evaluar mensualmente la eficiencia relativa y tomar acciones contundentes para el mejoramiento continuo. Con estas mejoras en la recopilación de datos, la capacitación adecuada del equipo y una evaluación continua del impacto, el proceso de seguimiento basado en DEA en el ámbito logístico será más efectivo y permitirá tomar decisiones informadas y oportunas para optimizar la distribución y los recursos involucrados.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Con la investigación presentada anteriormente, se logra cumplir con los objetivos planteados. En primera instancia, se midió la eficiencia relativa de cada uno de los centros de distribución en el canal tradicional de ventas de la empresa de consumo masivo bajo estudio, utilizando el método DEA, que permite evaluar el desempeño de las unidades de toma de decisiones definidas (DMU's). Esta medición de eficiencia proporcionó una perspectiva clara del comportamiento de los centros de distribución durante los cuatro periodos de estudio (Años 2017, 2018, 2019 y 2020), lo que permitió identificar oportunidades de mejora y optimización en el proceso logístico. En conclusión, los resultados evidencian que la eficiencia relativa promedio obtenida en los centros de distribución de la empresa de estudio es del 98.6% a lo largo de los cuatro años analizados.

Dentro de la investigación, se realizó la caracterización del proceso de distribución de productos del canal tradicional de ventas, lo que permitió tener una visión clara, completa y al detalle de cada flujo de actividades realizadas por los centros de distribución. Gracias a esta actividad, se logró estructurar el flujo de inputs y outputs contemplados dentro del modelo DEA específico usado para la medición, así como también se establecieron las DMU’s evaluadas. La caracterización del proceso permitió obtener un entendimiento claro de la dinámica operativa y, de esta manera, identificar todas las variables relevantes que deben ser consideradas en el proceso de medición de eficiencia para obtener resultados precisos.

Es importante resaltar que la implementación del DEA como metodología principal de la investigación, facilitó el análisis comparativo de las DMU’s seleccionadas en función del comportamiento de los inputs y outputs del proceso, así como también proporcionó resultados de eficiencia y pares de eficiencia con el fin de entregar recomendaciones de mejoramiento al proceso de distribución evaluado. Utilizar el método DEA resulta ser una herramienta valiosa para la medición continua del desempeño logístico de la organización y de esta manera, establecer un rumbo claro hacia el mejoramiento y optimización de los recursos entregados al equipo logístico de la empresa.

La medición de eficiencia relativa obtenida en esta investigación se convierte en un recurso significativo para la identificación de oportunidades de mejora y optimización del proceso logístico. Por esta razón, se entregaron recomendaciones derivadas de los resultados las cuales incluyen estrategias para la gestión de recursos, uso de pares de referencia y ajustes a las variables contempladas dentro de la medición con el fin de contar con un plan integral de mejoramiento y seguimiento a los procesos de la operación logística. Adicional a esto, se sugiere contemplar el método DEA como herramienta base para la medición del desempeño no solo de los procesos logísticos sino de todos los procesos de la organización.

Sumado a lo anterior, fue necesario realizar un proceso de recopilación de información que no siempre estaba al alcance de los encargados de cada proceso y a pesar de tener el proceso logístico centralizado en la gerencia, las jefaturas logísticas de las regionales, contaban con información en formatos y fechas de actualización diferentes. Esto indica que es necesario realizar un proceso estándar de actualización de información en donde se encuentren datos en tiempo real y se asocien a las variables definidas dentro del modelo implementado. De esta manera, en función de la calidad de la información se pueden obtener resultados certeros y alineados a la realidad de la organización.

Por otro lado, es necesario tener presente que, para realizar la medición de eficiencia fue necesario homogenizar los datos, ya que, de esta manera se asegura que haya una medición comparable entre las diferentes DMU's pues como se evidenció en la caracterización del proceso, hay ciudades principales y secundarias donde sus volúmenes de operación, presupuestos y demás recursos asignados varían de acuerdo a la dimensión de todo el proceso logístico. Esta homogenización es crucial para garantizar la validez y calidad de los resultados pues se eliminan sesgos que pueden afectar la comparación de los resultados obtenidos en la medición de eficiencia.

Teniendo en cuenta la distribución geográfica manejada por la gerencia logística, se unificaron las DMU's de acuerdo a cada regional. De esta manera, se obtuvieron mediciones del índice de eficiencia relativa promedio por regional y periodo de evaluación encontrando que la regional con mejor desempeño es la regional Norte logrando un índice del 99.37%. Por otro lado, la regional Centro presentó el índice de eficiencia más bajo en todo el periodo alcanzando un 98.04%. Realizando una comparación frente al número total de DMU's de estas regionales y el total de DMU's eficientes por periodo, se logra identificar que la diferencia de DMU's es de 1 adicional para la regional Centro (Regional Centro: 5 DMU's – Regional Norte: 4 DMU's) y el promedio de

DMU’s eficientes corresponde al mismo (2.5 DMU’s eficientes en promedio por periodo). Esto permite concluir que al ser la regional Centro la que mayor flujo de inputs y outputs maneja, el impacto que puede tener un mal desempeño en una variable de una DMU, puede afectar de manera crítica el comportamiento de toda la regional. La eficiencia de la regional Centro es de suma importancia debido a su tamaño y alcance, ya que cualquier ineficiencia en uno de sus centros de distribución puede tener repercusiones significativas en el rendimiento general de la regional. Por otro lado, la regional Norte ha demostrado ser altamente eficiente en su desempeño, lo que la posiciona como un referente para las demás regionales.

En conclusión, el análisis de eficiencia realizado mediante el DEA ha sido fundamental para proporcionar una visión integral del proceso de distribución, identificar oportunidades de mejora y ofrecer recomendaciones concretas y estratégicas.

5.2 Recomendaciones para Investigaciones Futuras.

La aplicación del método DEA en la medición de eficiencia en el proceso logístico de distribución de productos del canal tradicional de ventas planteada en esta investigación, comprueba la pertinencia y aplicabilidad del DEA como herramienta estratégica para la toma de decisiones en cualquier proceso organizacional.

Aunque el enfoque de la investigación fue el proceso de distribución en el canal tradicional de ventas, vale la pena explorar la medición de eficiencia relativa de todo el proceso logístico contemplando los canales especiales de distribución y las variables que este pueda presentar como adicionales. Por otro lado, vale la pena evaluar la ejecución de un *benchmarking* de la medición de eficiencia relativa del proceso de distribución de dos o más empresas de consumo masivo para que de esta manera se puedan integrar nuevas variables y comparar los diferentes procesos y prácticas que se establezcan en otras organizaciones.

Por último y como se expresó en las recomendaciones al proceso, es importante establecer un proceso de actualización continua de la medición de eficiencia definiendo el método DEA como herramienta principal para la medición continua del desempeño de las operaciones de la organización.

A.Anexo: Análisis de Variables de Salida (Outputs) por DMU Ineficiente.

		VARIACIÓN X AÑO Y DMU - OUTPUTS				
PERIODO	**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN**	**PPTOEJEC**	**NUMPEDCTV**	**M3MOV**	**M3EFECT**	**DISTREC**
2017	CALI					
2018	CALI	-4%	9%	2%	2%	-8%
2019	CALI	7%	3%	23%	22%	-11%
2020	CALI	-9%	-3%	-10%	-10%	-6%
2017	BMANGA					
2018	BMANGA	-16%	-5%	-6%	-7%	-33%
2019	BMANGA	5%	4%	20%	21%	30%
2020	BMANGA	-12%	-7%	-25%	-26%	-25%
2017	BQUILLA					
2018	BQUILLA	-16%	-6%	-10%	-11%	11%
2019	BQUILLA	17%	15%	29%	32%	6%
2020	BQUILLA	-11%	-6%	-26%	-25%	-12%
2017	CUCUTA					
2018	CUCUTA	-6%	5%	6%	6%	41%
2019	CUCUTA	15%	6%	36%	37%	40%
2020	CUCUTA	-13%	-5%	-33%	-34%	-25%
2017	GIRARDOT					
2018	GIRARDOT	-5%	6%	-4%	-6%	198%
2019	GIRARDOT	14%	9%	28%	30%	17%
2020	GIRARDOT	-14%	-7%	-21%	-22%	-29%
2017	PEREIRA					
2018	PEREIRA	-8%	3%	0%	1%	12%
2019	PEREIRA	13%	9%	32%	33%	60%
2020	PEREIRA	-13%	-8%	-20%	-21%	18%
2017	FUNZA					
2018	FUNZA	-6%	5%	0%	-1%	51%
2019	FUNZA	15%	6%	22%	24%	3%
2020	FUNZA	-39%	-32%	-40%	-42%	-40%
2017	CTGENA					
2018	CTGENA	-7%	4%	0%	-1%	41%
2019	CTGENA	15%	6%	18%	19%	22%
2020	CTGENA	-20%	-11%	-36%	-36%	-23%

		VARIACIÓN X AÑO Y DMU - OUTPUTS				
PERIODO	**CENTRO DE DISTRIBUCIÓN**	**PPTOEJEC**	**NUMPEDCTV**	**M3MOV**	**M3EFECT**	**DISTREC**
2017	STMARTHA					
2018	STMARTHA	-12%	-1%	-2%	-1%	60%
2019	STMARTHA	11%	3%	20%	20%	-1%
2020	STMARTHA	-18%	-9%	-27%	-27%	-7%
2017	DUITAMA					
2018	DUITAMA	-1%	11%	1%	1%	100%
2019	DUITAMA	9%	7%	18%	18%	-16%
2020	DUITAMA	-13%	-9%	-18%	-20%	-20%
2017	VILLAO					
2018	VILLAO	-7%	4%	-11%	-11%	97%
2019	VILLAO	37%	27%	18%	17%	19%
2020	VILLAO	-16%	-6%	-8%	-10%	-12%
2017	VALLEDUP					
2018	VALLEDUP	8%	21%	8%	10%	34%
2019	VALLEDUP	24%	20%	15%	14%	52%
2020	VALLEDUP	-18%	-12%	-20%	-21%	-47%
2017	MONTERIA					
2018	MONTERIA	-6%	4%	-3%	-3%	125%
2019	MONTERIA	7%	-1%	11%	12%	2%
2020	MONTERIA	-19%	-9%	-29%	-30%	-13%
2017	APARTADO					
2018	APARTADO	-4%	7%	6%	6%	37%
2019	APARTADO	13%	4%	14%	15%	6%
2020	APARTADO	-17%	-7%	-26%	-27%	2%
2017	NEIVA					
2018	NEIVA	-4%	8%	-9%	-10%	105%
2019	NEIVA	35%	30%	13%	12%	67%
2020	NEIVA	-17%	-11%	-6%	-6%	-38%
2017	PASTO					
2018	PASTO	5%	17%	19%	20%	-5%
2019	PASTO	20%	16%	16%	16%	54%
2020	PASTO	-16%	-10%	-12%	-13%	-26%

B.Anexo: Pares de Referencia por DMU Ineficiente y Periodo.

Año 2017:

Tipo Ciudad		Principal	Principal	Principal	Secundaria	Principal	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria
Regional		Centro	Occidente	Norte	Eje Cafetero	Eje Cafetero	Norte	Centro	Santanderes	Occidente	Eje Cafetero	Santanderes	Norte	Sur
Description		Bogotá	Medellín	Barranquilla	Girardot	Pereira	Santa Marta	Chiquinquirá	Valledupar	Sincelejo	Armenia	Barrancabermeja	Riohacha	Popayán
Name		U1	U3	U5	U7	U8	U11	U14	U15	U19	U20	U21	U23	U24
U1	Bogotá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U2	Cali	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
U3	Medellín	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U4	Bucaramanga	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U5	Barranquilla	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U6	Cúcuta	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
U7	Girardot	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U8	Pereira	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
U9	Funza	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
U10	Cartagena	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
U11	Santa Marta	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
U12	Duitama	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
U13	Villavicencio	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
U14	Chiquinquirá	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
U15	Valledupar	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U16	Montería	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0
U17	Apartadó	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
U18	Neiva	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
U19	Sincelejo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
U20	Armenia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U21	Barrancabermeja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
U22	Pasto	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
U23	Riohacha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
U24	Popayán	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
(Frequencies)		1	9	2	1	1	5	1	11	4	9	3	5	3
Freq - Real		0	8	1	0	0	4	0	10	3	8	2	4	2

Año 2018:

Tipo Ciudad		Principal	Principal	Principal	Principal	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria
Regional		Centro	Occidente	Santanderes	Norte	Santanderes	Centro	Santanderes	Occidente	Occidente	Eje Cafetero	Santanderes	Norte	Sur
Description		Bogotá	Medellín	Bucaramanga	Barranquilla	Cúcuta	Chiquinquirá	Valledupar	Montería	Sincelejo	Armenia	Barrancabermeja	Riohacha	Popayán
Name		U1	U3	U4	U5	U6	U14	U15	U16	U19	U20	U21	U23	U24
U1	Bogotá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U2	Cali	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
U3	Medellín	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U4	Bucaramanga	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U5	Barranquilla	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U6	Cúcuta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
U7	Girardot	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
U8	Pereira	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
U9	Funza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
U10	Cartagena	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
U11	Santa Marta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
U12	Duitama	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
U13	Villavicencio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
U14	Chiquinquirá	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
U15	Valledupar	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
U16	Montería	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U17	Apartadó	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
U18	Neiva	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
U19	Sincelejo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
U20	Armenia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U21	Barrancabermeja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
U22	Pasto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
U23	Riohacha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
U24	Popayán	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
(Frequencies)		6	1	2	1	3	1	1	1	3	6	7	2	10
Freq - Real		**5**	**0**	**1**	**0**	**2**	**0**	**0**	**0**	**2**	**5**	**6**	**1**	**9**

Año 2019:

Tipo Ciudad		Principal	Principal	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria
Regional		Centro	Occidente	Norte	Centro	Occidente	Eje Cafetero	Occidente	Eje Cafetero	Santanderes	Sur	Norte	Sur
Description		Bogotá	Medellín	Santa Marta	Chiquinquirá	Montería	Neiva	Sincelejo	Armenia	Barrancabermeja	Pasto	Riohacha	Popayán
Name		U1	U3	U11	U14	U16	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U24
U1	Bogotá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U2	Cali	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
U3	Medellín	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U4	Bucaramanga	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
U5	Barranquilla	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
U6	Cúcuta	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
U7	Girardot	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
U8	Pereira	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
U9	Funza	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
U10	Cartagena	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
U11	Santa Marta	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U12	Duitama	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
U13	Villavicencio	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
U14	Chiquinquirá	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
U15	Valledupar	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
U16	Montería	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
U17	Apartadó	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
U18	Neiva	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
U19	Sincelejo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U20	Armenia	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
U21	Barrancabermeja	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U22	Pasto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
U23	Riohacha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
U24	Popayán	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
(Frequencies)		9	7	1	1	1	2	13	2	9	5	4	2
Freq - Real		8	6	0	0	0	1	12	1	8	4	3	1

Año 2020:

Tipo Ciudad		Principal	Principal	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria	Secundaria
Regional		Centro	Occidente	Centro	Norte	Centro	Centro	Occidente	Eje Cafetero	Santanderes	Sur	Norte	Sur
Description		Bogotá	Medellín	Funza	Cartagena	Villavicencio	Chiquinquirá	Sincelejo	Armenia	Barrancabermeja	Pasto	Riohacha	Popayán
Name		U1	U3	U9	U10	U13	U14	U19	U20	U21	U22	U23	U24
U1	Bogotá	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U2	Cali	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
U3	Medellín	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U4	Bucaramanga	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
U5	Barranquilla	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U6	Cúcuta	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
U7	Girardot	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
U8	Pereira	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
U9	Funza	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U10	Cartagena	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
U11	Santa Marta	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
U12	Duitama	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
U13	Villavicencio	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
U14	Chiquinquirá	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
U15	Valledupar	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
U16	Montería	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
U17	Apartadó	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
U18	Neiva	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
U19	Sincelejo	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
U20	Armenia	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
U21	Barrancabermeja	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
U22	Pasto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
U23	Riohacha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
U24	Popayán	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
(Frequencies)		4	6	5	3	7	10	4	2	6	2	2	4
Freq - Real		**3**	**5**	**4**	**2**	**6**	**9**	**3**	**1**	**5**	**1**	**1**	**3**

6. Bibliografía

Ardila Gamboa, C. D. y Ballesteros Riveros, F. A. (2018). Data Envelopment Analysis to measure relative performance based on key indicators from a supply network with Reverse Logistics. *Inge Cuc*, *14*(2), 137–146. https://doi.org/10.17981/ingecuc.14.2.2018.13

Arzubi, A. y Berbel, J. (2014). *Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires Determinación de índices de eficiencia mediante DEA*. *2000*(June).

Banker, R. D. y Charnes, A. y Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. En *Management Science* (Vol. 30, Número 9, pp. 1078–1092). https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

Bartholdi, J. J. y Hackman, S. T. (2011). *WAREHOUSE & DISTRIBUTION SCIENCE* (Número January). papers3://publication/uuid/7F731EF1-7AB3-46A4-BC4A-514E4B78D73B

Basulto, S. G. y Loynaz, A. (2018). *Enfoques teóricos para la evaluación de la eficiencia y eficacia en el primer nivel de atención médica de los servicios de salud del sector público*. *12*(1), 96–118.

Calderón-Hernández, G. (2000). *Índices de gestión institucional en una empresa del sector público: el caso SENA.* [Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/12070/01242075.2000.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Calventus, J. (2000). Acerca de la relación entre el fundamento espitemológico y el enfoque metodológico en la investigación social: La controversida “cualitativo vs cuantitativo”. *Revista de Ciencias Sociales*, *1*(2), 7–16.

Camacho-Oliveros, M. (2013). *Análisis no paramétrico de la eficiencia de redes de distribución logística*. Rev. Memorias, 11(19), 53-60.

Carreño Solis, A. J. (2017). *Principios de la planeación logística.* Pontificia Universidad Católica

del Perú, Fondo Editorial.

Castellanos de Echeverria, A. L. (2012). *DISEÑO DE UN SISTEMA LOGISTICO DE PLANIFICACION DE INVENTARIOS PARA APROVISIONAMIENTO EN EMPRESAS DE DISTRIBUCION DEL SECTOR DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO*. Universidad Francisco Gavidia.

Castellanos Ramírez, A. (2009). *Manual de gestión logística del transporte y distribución de mercancias* (Veintidos). Ediciones Uninorte.

Cera, C. (2021). *¿Cuáles son los diferentes canales de venta y cómo elegir los correctos?* appvizer. https://www.appvizer.es/revista/relacion-cliente/software-crm/canales-de-venta

CEUPE. (2021). *¿Qué es una Cadena de Suministros?* https://www.ceupe.mx/blog/que-es-una-cadena-de-suministro.html

Charnes, A. y Cooper, W. W. y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

Chiavenato, I. (2004). *Introducción a la Teoría General de la Administración.* (C. L. De La Fuente Chávez & E. Montaño Serrano (eds.)). McGraw-Hill Interamericana.

Coll-Morales, F. (2020). *Concepto de Equidad*. https://economipedia.com/definiciones/equidad.html

Cook, W. D. y Seiford, L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) - Thirty years on. *European Journal of Operational Research*, *192*(1), 1–17. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032

Díaz, A. y Lacayo, J. y Salcedo, L. (2007). Cómo vender a las tiendas de barrio en América Latina. *The McKinsey Quarterly*, 81–93. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31048483013%0Ahttps://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0,5&cluster=17918958699290275556

DNP. (2018). Encuesta Nacional Logística 2018. *bookvertisingPuntoaparte*, 14–15. http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta Nacional Logística 2018.pdf

EAE, B. S. (2018). *La Teoría General de Sistemas y los sistemas de producción*. https://retos-operaciones-logistica.eae.es/la-teoria-general-de-sistemas-y-los-sistemas-de-produccion/#:~:text=La Teoría General de Sistemas y los sistemas de producción,-Retos en Supply&text=Este teorema establece qu

Economiapedia. (2022). *Teorías de la Eficiencia*. https://economiapedia.com/teoria-de-la-eficiencia/

Esan, C. (2016). *La relación entre la Logística y la Teoría de Restricciones (TOC)*. https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/la-relacion-entre-la-logistica-y-la-teoria-de-restricciones-toc

Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, *120*(3), 253–290. http://goo.gl/AFhm2N

Fernández, Tomás y Tamaro, E. (2004a). *Biografia de John Richard Hicks*. Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea. https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hicks.htm

Fernández, Tomás y Tamaro, E. (2004b). *Biografia de Nicholas Kaldor*. Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea. https://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kaldor.htm

Fontalvo-Herrera, T. y De-La-Hoz-Granadillo, E. y Morelos-Gómez, J. (2017). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión Empresarial*, *15*(2), 47–60.

Fortún, M. (2019). *Modelo Keynesiano*. Economipedia. https://economipedia.com/definiciones/modelo-keynesiano.html

Fugate, B. S. y Mentzer, J. T. (2010). Logistics Performance: Efficiency, Effectiveness, and Differentiation. *Journal of Business Logistics*, *31*(1), 43–62.

García-García, M. A. (2019). Eficiencia vs. equidad: ¿paradigma de la economía? *El Diario*. https://www.eldiario.es/murcia/murcia-y-aparte/eficiencia-vs-equidad-paradigma-economia_132_1326081.html

Gómez Aparicio, J. M. (2014). *Gestión Logística y Comercial*. McGraw-Hill Education.

González Gutierrez, J. A. (2019). *Selección outsourcing logístico de carga pesada usando CIT y DEA*. Universidad Nacional de Colombia.

Hernández-Sampieri, R. y Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Desarrollo de la perspectiva teorica: construcción del marco teorico.* (McGraw Hil).

León, E. (2019). *iNNpulsa Colombia*. La Cuarta Revolución Industrial. https://www.innpulsacolombia.com/sites/default/files/la_conversacion/m-2_industrias-4.0.pdf

Meneses Londoño, E. (2016). *Metodología para la Identificación y rediseño de canales de venta por producto para una compañía de producción de consumo masivo multicanal multiproducto*. Universidad Nacional de Colombia.

Meza Martínez, J. C. (2017). La teoría del ciclo vital de franco modigliani : enfoque en los salarios de los trabajadores colombianos. *Questionar: Investigación Específica*, *5*, 131–140.

Mokate, K. M. (2001). Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad : ¿ Qué queremos decir ? *Banco Interamericano de Desarrollo*, 59.

Mora, L. A. (2014). *Logística del Transporte y Distribución de Carga*.

Ortiz-Torrez, M. y Valdés, F. y M., P. y Arias-Castillo, E. (2013). Desempeño logístico y rentabilidad económica. Fundamentos teóricos y resultados prácticos. *Economía y Desarrollo*, *149*(1), 182–193.

Pinheiro De Lima, O. y Breval Santiago, S. y Rodríguez Taboada, C. M. y Follmann, N. (2017). *Una nueva definición de la logística interna y forma de evaluar la misma*.

Ramírez, J. E. (2018). *Diseño de una metodología de medición del impacto de la gestión logística de distribución en una empresa mayorista comercializadora de combustible.* http://hdl.handle.net/10654/18050

Ray, S. C. y Kumbhakar, S. C. y Dua, P. (2015). Benchmarking for performance evaluation: A production frontier approach. En *Benchmarking for Performance Evaluation: A Production Frontier Approach*. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2253-8

Rentero, A. (2018). *La logística inversa: ¿qué es y para qué sirve?* https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/la-logistica-inversa-que-es-y-para-que-sirve/

Rentizelas, A. y Costa, I. y Nocera, P. y Junior, A. y Su, J. (2019). *Multi-criteria ef fi ciency assessment of international biomass supply chain pathways using Data Envelopment Analysis*. *237*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117690

Rincón-Soto, Idana Beroska Arango-Buelvas, L. J. y Torres-Yarzagaray, O. J. (2016). *Metodología de análisis envolvente de datos (dea), procesos administrativos y operacionales de las políticas gubernamentales en los países latinoamericanos*. *22*, 63–89.

Robles, D. (2020). Eficiencia y su importancia en una empresa. *Mercado y tendencias*. https://revistamyt.com/eficiencia-y-su-importancia-en-una-empresa/

Roca Martínez, C. (2016). *¿Qué son los productos de consumo masivo y sus mejores prácticas?* https://www.iebschool.com/blog/productos-de-consumo-masivo-comercio-ventas/#:~:text=Los productos de consumo masivo se definen como productos de,ofreciendo alternativas%2C precios o agregados.

Rodríguez, G. I. (2011). *Indicadores DEA (Data Envelopment Analysis) de Eficiencia y Productividad para las Actividades de Extensión Universitaria. Aplicación en la Universidad Nacional de Colombia* (Primera Ed).

Rodríguez Lozano, G. I. (2003). Medicion de la eficiencia relativa en tres subsectores de la economia colombiana desde 1993 a 1999 utilizando Data Envelopment Analysis (D.E.A.). *INNOVAR, revista de ciencias administrativas y sociales*, *21*, 145–182.

Rojas, M. y Jaimes, L. y Valencia, M. (2018). Efectividad , eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. *Espacios*, *39*(6), 11.

Saldarriaga, D. L. (2017). *Diseño, optimización y gerencia de Centros de Distribución: Almacenar menos, distribuir más.* (Segunda Ed). Zonalogística.

Salish, M. S. (2020). *Eficiencia de Pareto*. https://inomics.com/es/terms/eficiencia-de-pareto-1441708

Salom Serna, L. F. (2012). *Canales de distribución y estrategias de comercialización para la flor colombiana en los Estados Unidos : un marco conceptual*. *28*, 191–228.

Sánchez-Gooding, S. y Rodríguez-Lozano, G. (2016). Indicadores de eficiencia relativa del proceso de gestión de crédito en un banco colombiano, mediante análisis envolvente de datos (DEA). *Cuaderno de Contabilidad, 17(43), 13–41.*

SAP Concur, T. (2022). *¿Qué es la logística verde? Claves para entenderla*. https://www.concur.com.mx/blog/article/logistica-verde-mx

Saruba, N. G. (2008). *La Eficiencia de Kaldor - Hicks*. https://nestorsaruba.com/2008/09/12/la-eficiencia-de-kaldor-hicks/

Sladogna, M. G. (2017). *PRODUCTIVIDAD-DEFINICIONES Y PERSPECTIVAS PARA LA NEGOCIACIÓN COLECTIVA*. 1–15.

SPC Consulting, G. (2015). *Los 7 principios de la gestión de la cadena de suministro.* SPC Consulting Group. https://spcgroup.com.mx/los-7-principios-de-la-gestion-de-la-cadena-de-suministro/

Tang, C. S. y Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E*, *129*, 1–11. http://10.0.3.248/j.tre.2019.06.004

Terán, K. y Robles, J. M. y Preciado, J. M. y López, D. C. (2019). *Equidad gerencial , como una demanda intangible de mercado : hacia Equity management , as an intangible market demand : towards sustainable organizations*. *13*(26), 85–93.

Torres, I. Z. (2019). *Cambio tecnológico y eficiencia logística del transporte de carga internacional a través del modelo DEA*. *38*(November), 183–204.

Vidas, B. y. (2022). *Vilfrdeo Pareto*. https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/pareto.htm

Zuluaga Mazo, A. y Gómez Montoya, R. y Fernández Henao, S. (2014). Indicadores Logísticos en la Cadena de Suministro como Apoyo al Modelo SCOR. *Clío América*, *8 (15)*, 90–110. https://doi.org/10.1007/BF00495219