



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DESARROLLO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN
PARA EL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE LA FLOTA
PROPIA DENTRO DEL ÁREA DE TRANSPORTE
NACIONAL DE GRUPO FAMILIA**

Autor

Mateo Pérez Echeverri

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial

Medellín, Colombia

2021



DESARROLLO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE
ASIGNACIÓN DE LA FLOTA PROPIA DENTRO DEL ÁREA DE TRANSPORTE
NACIONAL DE GRUPO FAMILIA

Mateo Pérez Echeverri

Informe de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Industrial

Asesor:

Yony Fernando Ceballos
PhD Ingeniería de Sistemas

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial
Medellín, Colombia
2021.

Tabla de contenido

1. Resumen	3
2. Introducción	3
3. Objetivos	4
3.1. Objetivo general	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. Marco Teórico	5
5. Metodología	7
5.1. Recolección de información.....	7
5.2. Análisis y planteamiento	9
5.3. Diseño de pruebas	10
6. Resultados y análisis	11
6.1. Conjuntos	11
6.2. Variables de decisión	11
6.3. Función objetivo.....	11
6.4. Restricciones	11
6.5. Discriminación de la función objetivo	12
7. Conclusiones y recomendaciones.....	16
Referencias.....	17

DESARROLLO DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN PARA EL PROCESO DE ASIGNACIÓN DE LA FLOTA PROPIA DENTRO DEL ÁREA DE TRANSPORTE NACIONAL DE GRUPO FAMILIA

Mateo Pérez Echeverri

1. Resumen

El presente informe aborda la aplicación de modelos de optimización en el proceso de asignación de vehículos de flota propia en el área de Transporte Nacional como apoyo al proceso de toma de decisiones, dado que actualmente este proceso se encuentra basado en la experiencia y experticia de los analistas de transporte, siendo considerada un área potencial de mejora, dado que no se encuentran estandarizado y la preparación del personal para desempeñar el cargo es compleja. Para este se hace especial énfasis en apoyar el proceso de toma de decisiones y se plantea el desarrollo de un modelo de optimización basado en la comparación del ahorro o rentabilidad generado por la empresa mediante la reducción de costes al seleccionar determinada ruta con un vehículo de flota propia o un vehículo proporcionado por algún operador logístico, con el objetivo de maximizar los beneficios para la empresa.

2. Introducción

El transporte es uno de los elementos clave para el correcto funcionamiento de los procesos de abastecimiento y distribución dentro de las cadenas de suministro, siendo el encargado de movilizar a diversas ubicaciones geográficas tanto la materia prima e insumos requeridos para la elaboración de un producto, así como su entrega a clientes o consumidores finales, asegurando que llegue en las condiciones solicitadas de calidad, cantidad, lugar y tiempo de entrega con el fin de mantener un buen nivel de servicio. Cabe resaltar que el transporte es uno de los costos más representativos en la cadena de suministro y poseen un impacto significativo en el precio final de los productos [1].

Actualmente, Grupo Familia cuenta tanto con vehículos de flota propia como vehículos de terceros, estos últimos gestionados por medio de un operador logístico; gracias a estas dos alternativas la empresa puede movilizar el producto terminado, materias primas e insumos requeridos para la operación. Actualmente, el proceso de toma de decisiones para la asignación de vehículos de flota propia en el área de Transporte Nacional se encuentra definido y basado en la experiencia de los analistas de

transporte, los cuales definen la ruta que se le asignará a un vehículo de flota propia teniendo en cuenta criterios como el volumen, distancia, disponibilidad de vehículos, posible agrupación de clientes, compatibilidad vehículo zona, viajes redondos, entre otros.

Este proceso es considerado un área potencial de mejora, dado que no se encuentra estandarizado y la preparación del personal para desempeñar el cargo es compleja. Para este se hace especial énfasis en apoyar el proceso de toma de decisiones y se plantea el desarrollo de un modelo de optimización basado en la comparación del ahorro o rentabilidad generado por la empresa mediante la reducción de costes al seleccionar determinada ruta con un vehículo de flota propia o un vehículo proporcionado por el operador logístico, con el objetivo de maximizar los beneficios para la empresa.

Para el desarrollo del trabajo se procede con una revisión de la literatura para el planteamiento de conceptos básicos y estudio de métodos de optimización empleados. Posteriormente se plantea la metodología para este determinado problema, seguido por los resultados obtenidos y para finalizar las conclusiones y oportunidades de trabajo futuro.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo de optimización que mejore el proceso de asignación de vehículos de flota propia dentro del Grupo Familia S.A.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar el proceso de asignación de vehículos de flota propia de la empresa.
- Recolectar la información necesaria para el planteamiento del modelo.
- Plantear un modelo de optimización para la asignación de vehículos.
- Discriminar la función objetivo de acuerdo con las diversas maneras de plantear la rentabilidad en cuanto a la asignación de la flota propia.
- Comparar la validez de los diferentes escenarios de acuerdo con la discriminación de la función objetivo.

- Realizar pruebas de usuario del modelo y anotaciones sobre los errores o correcciones necesarias dadas por los analistas.

4. Marco Teórico

Considerando la dinámica actual de los mercados como una cuestión de cambios y adaptaciones rápidas, las empresas se encuentran envueltas en nuevos retos y exigencias las cuales traen a su vez periodos más cortos de entrega y niveles de calidad exigidos más altos, lo que a su vez afecta la planeación, gestión y operatividad del transporte. Esta problemática comprende un conjunto de actividades sistemáticas, programadas y coordinadas que hacen parte de una cadena de abastecimiento, la cual tiene como objetivo satisfacer a los clientes y partes interesadas con el apoyo de infraestructura física y recursos humanos, para buscar su sostenibilidad y rentabilidad [1].

La cadena de suministros (SC, por sus siglas en inglés) es aquella que abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados. Los materiales y la información fluyen en sentido ascendente y descendente en la cadena de suministros [2]. Por otra parte, la administración de la cadena de suministros (SCM) es la integración sistemática y estratégica de estas actividades mediante mejoramiento de las relaciones de la cadena de suministro en busca de alcanzar una ventaja competitiva sustentable [3].

Por su parte, el transporte es considerada la actividad económica más importante dentro de todos los procesos de una cadena de suministro, el transporte es el vínculo físico entre clientes y proveedores, que posibilita el flujo de materiales y recursos. Se estima que alrededor de un tercio a dos tercios de los gastos logísticos de las empresas se deben al transporte, estimándose que en promedio representan el 6.5% de las ventas y el 44% de los costos logísticos totales en una empresa con sistema de distribución propio [4]. Cabe resaltar que estos promedios varían de una empresa a otra debido al tipo de producto, tipo de vehículos, distribución geográfica, entre otros aspectos.

El transporte cuenta con una amplia gama de servicios a su disposición que giran alrededor de cinco modalidades básicas de transporte: marítimo, ferroviario, por camión, aéreo y por ductos o conducto directo [5]. La selección del modo de transporte es la primera y principal decisión sobre el diseño de una cadena de abastecimiento, pero adicional a esta se deben tener en cuenta aspectos como: las

propiedades intrínsecas del producto, el tamaño del pedido, el precio, la distribución geográfica, tiempo de tránsito y variabilidad, pérdidas y daños, entre otros.

El término “Round Trip” es empleado en la empresa para aquellos viajes en los que el vehículo cuenta con compensación o carga de retorno predefinida por el corredor o combinación origen-destino-origen, de no ser así es considerado un viaje en un solo sentido (One Way), y posiblemente el retorno sea pasado a la tarifa encareciendo el viaje. Esta modalidad ofrece diversas ventajas entre las que se pueden contemplar: Reducir el número de viajes en un solo sentido, representan una oportunidad de negocio con los operadores logísticos, optimiza los costos, ahorra tiempo en las entregas y conserva la priorización de servicio al cliente. Adicionalmente, la empresa cuenta con la operación de desconsolidación de carga (ITR) consiste en retirar la carga en puerto, desconsolidarla en una bodega, devolver el vacío al patio y transportar la mercancía al lugar de destino bajo la modalidad de carga suelta en envíos más pequeños para su posterior entrega a los clientes o centros de distribución [6].

La optimización es el concepto referente a la selección de la mejor alternativa, con base en algún criterio o criterios específicos, dentro de un conjunto de alternativas posibles. Actualmente, es la herramienta básica más utilizada dentro de la investigación operativa, empleado para la toma de decisiones sobre los problemas complejos de las organizaciones hoy en día, debido tanto a su inmenso abanico de aplicaciones como a su simplicidad de implementación, entre las áreas de sus aplicaciones destaca la administración, economía e ingeniería [7]. Los métodos de optimización los podemos clasificar en: Métodos clásicos y métodos metaheurísticos; los métodos clásicos hacen referencia a la optimización lineal, lineal entera mixta, no lineal, estocástica, entre otros; mientras por otro lado encontramos algoritmos evolutivos, simulación, búsquedas heurísticas o sistemas multiagente; de forma general y aproximada es válido afirmar que los métodos clásicos buscan y garantizan un óptimo local mientras los metaheurísticos tienen mecanismos específicos para alcanzar una solución satisfactoria cuando bien esta no sea la mejor entre todas las soluciones [8].

Por último, se define una decisión como una elección entre múltiples alternativas, hecha generalmente con un cierto grado de racionalidad. En la cual cada individuo se enfrenta a una base continua de decisiones que pueden ser más o menos importantes [9]. Partiendo desde esta definición, la toma de decisiones se define a su vez como el proceso mediante el cual, ante un problema u oportunidad se procede a la selección de una alternativa entre varias existentes, a través de un proceso de aprendizaje, comprensión, procesamiento de la información y valoración, mediante la gestión de recursos generalmente intangibles [10].

5. Metodología

La realización del proyecto constó de tres fases planteadas con base al cumplimiento de los objetivos. En la primera fase se encuentra la información del área y el proceso de asignación de vehículos, en la segunda un análisis de la necesidad planteada por la empresa y el planteamiento del modelo de optimización. Mientras en la tercera se define el proceso mediante el cual se realizaron pruebas y captaron resultados.

5.1. Recolección de información

El proyecto inicia con una comprensión inicial de área de Transporte Nacional, área encargada de distribuir las diferentes marcas de cada unidad de negocio a través del territorio nacional, tanto bajo la modalidad de distribución a cliente final como la distribución entre centros e importaciones. En ambas modalidades comienzan con la necesidad o servicio de un cliente, centro o planta; estas son agrupadas en un viaje por los analistas de transporte y después asignarle un vehículo y un valor a pagar al proveedor (Figura 1).

Esta última fase posee adicionalmente dos alternativas, en las cuales a un viaje le es asignado un vehículo de flota propia o de un tercero. En caso de ser asignado a vehículos de terceros la empresa cuenta con un optimizador (Trip Dispatcher), el cual se encarga de optimizar el volumen de diversos clientes previamente parametrizados en el o los vehículos a emplear. Mientras la asignación de flota propia (Foco del proyecto) se realiza por medio reuniones a lo largo de cada día, en las cuales participan las analistas de transporte y el coordinador de la flota (Flota propia), negociando a que corredor le son asignados los vehículos de la flota; algunos de los puntos de interés se encuentran en: La posición actual de la flota, la compensación por viajes redondos o round trips, la compensación por ITR's con las importaciones y mantener el nivel del servicio al cliente (Medido a través del OTIF).

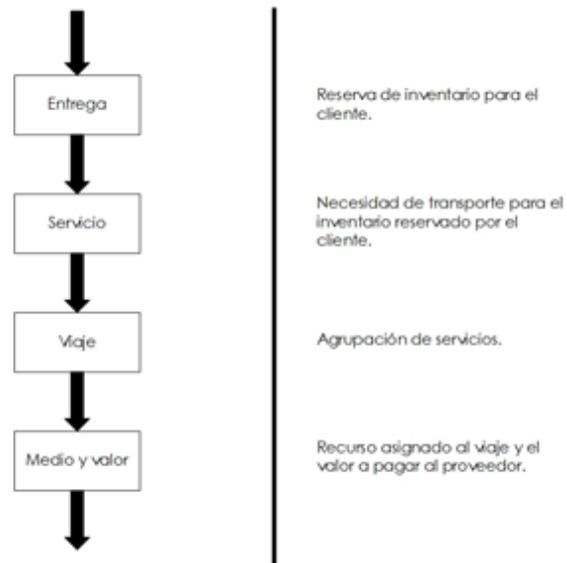


Figura 1: Proceso de transporte, Grupo Familia S.A.

Al lograr una comprensión sobre el área y proceso de asignación de vehículos para los viajes, se inició un proceso de levantamiento de requisitos, en los cuales se identificó el nivel de detalle al cual era requerido el modelo, con base a este se definen las variables a emplear dentro de las que se encuentran la definición de ahorro con base a la discriminación de la función objetivo, el origen de los vehículos, tipo de los vehículos, compensación del viaje y la agrupación de corredores o rutas.

Como orígenes se consideraron los tres centros de distribución con los que cuenta Grupo Familia, los cuales son a su vez puntos de retorno usuales para los vehículos según el coordinador de flota, estos se encuentran ubicados en Girardota (Antioquia), Cajicá (Cundinamarca) y Yumbo (Valle del Cauca). Adicionalmente se normaliza la parametrización definiendo los tipos de vehículos empleados por flota propia (Tabla 1).

Tabla 1: Vehículos tenidos en cuenta para el desarrollo del modelo.

Tipo de vehículo	Capacidad aproximada (m ³)
Minimula estándar	70
VAN	95
VAN alto volumen	118
Sencillo	38
Súper minimula	70

Por su parte, el interés del optimizador no es brindar un análisis para todas las posibles rutas, por lo cual se decide emplear las rutas en las cuales se moviliza la mayor cantidad de volumen (m^3) por lo cual se realizó un diagrama de Pareto (Figura 2) del cual se seleccionaron aquellas rutas que movilizaron el 80% del volumen total (m^3) durante el último año.

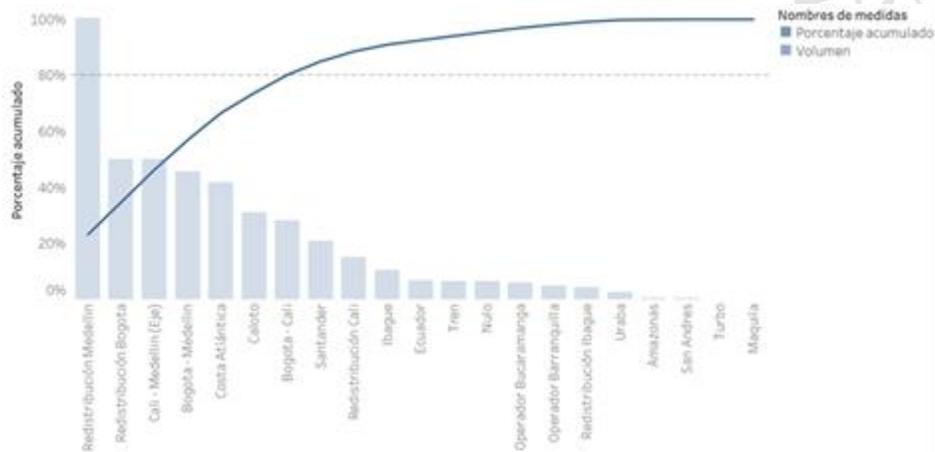


Figura 2: Pareto agrupaciones de corredores o rutas, Grupo Familia S.A. (Elaborado en Tableau)

5.2. Análisis y planteamiento

Partiendo de la necesidad planteada en este último proceso de asignación de la flota propia, en la cual se expresa como el coordinador de flota no cuenta con una herramienta la cual le permita realizar un mejor análisis para asignar la flota en aquellos corredores que impacten la rentabilidad o ahorro generado por la reducción en los costes asociados con la estrategia de selección de corredores o rutas basados a su vez en la necesidad de los analistas de transporte. Con base a esta se planteó un modelo de optimización basado en estos ahorros, este modelo fue planteado mediante la explicación del problema y reuniones frecuentes con el coordinador de la flota y el jefe de transporte, en este se tuvieron en cuenta adicionalmente criterios como:

- No realizar un modelo complicado cuando uno simple es suficiente.
- No ajustar el problema al modelo de solución, sino que la solución se ajuste al problema.
- La calidad del modelo depende de la calidad de la información con la que se realiza.

- Los modelos no reemplazan al tomador de decisiones.

Con base a la información empleada en el área, se busca obtener mediante las diferentes estructuras de costeo una comparación entre el coste de emplear flota propia en una agrupación de corredores o rutas, y el coste de emplear vehículos de operadores logísticos o terceros en esta misma agrupación. A continuación, se desglosan a detalle de cada una de estas estructuras de costeo empleadas en el área con base a las cuales se discriminará la función objetivo:

- **Estructura de costes:** Costo de los corredores o rutas, para cada tipo de vehículo. Este proviene de un análisis financiero realizado a cada tipo de vehículo en la empresa para flota propia.
- **PYG global de todos los corredores:** Costo promedio del último año facturado en el PYG de la empresa en general para todos los corredores o rutas, según el tipo de vehículo para flota propia.
- **PYG por agrupación de corredores:** Costo promedio del último año facturado en el PYG de la empresa para cada agrupación de corredores o rutas, según el tipo de vehículo para flota propia.
- **Flete real:** Costo real ingresado y almacenado por los analistas de transporte para cada corredor o ruta, según el tipo de vehículo por emplear un operador logístico o tercero.
- **Flete simulado \$/m³:** Costo promedio pagado el último año, según el tipo de vehículo por emplear un operador logístico o tercero.

Como se puede observar los primeros tres (3) ítems son estimaciones del coste por emplear vehículos de flota propia, mientras los últimos dos (2) ítems son estimaciones de emplear vehículos de operadores logísticos o terceros. La rentabilidad o ahorro se define mediante la diferencia entre el coste de emplear vehículos de operadores logísticos o terceros (Últimos dos ítems) y el coste de emplear vehículos de flota propia (Primeros tres ítems).

5.3. Diseño de pruebas

Para el desarrollo del modelo serán empleadas Excel y la extensión libre OpenSolver [11], una vez desarrollado esté se realizan las pruebas en las cuales se valida el correcto desempeño de cada componente de la interfaz y código del modelo en los diferentes escenarios de discriminación de la función objetivo, documentando los pros y contras de cada escenario. Al concluir este análisis, se

entrega el modelo a los analistas de transporte y coordinador de flota para su uso, en busca de recibir retroalimentación sobre errores e inexactitudes, mejorar y entregar nuevamente.

6. Resultados y análisis

Una vez identificado la importancia de contar con una herramienta, la cual le permita al coordinador de flota realizar un mejor análisis para asignar la flota en aquellos corredores que impacten la rentabilidad o ahorro generado por la empresa, A continuación, se encuentra el planteamiento matemático definido con el coordinador de flota y jefe de transporte, se encuentra planteado a continuación:

6.1. Conjuntos

- *Vehículos=Conjunto de vehículos disponibles por cada tipo de vehículo j.*
- *Demanda=Conjunto de demanda por cada tipo de viaje i, tipo de vehículo j y ruta k.*
- *Rentabilidad=Conjunto de rentabilidades por cada tipo de viaje i, tipo de vehículo j y ruta k.*

6.2. Variables de decisión

X_{ijk} = *Asignar o no asignar el vehículo de tipo de viaje i, tipo de vehículo j y ruta k*

6.3. Función objetivo

Maximizar la rentabilidad

$$FO = \sum_i^n \sum_j^m \sum_k^l \text{Rentabilidad}_{ijk} * X_{ijk}$$

6.4. Restricciones

Que el número de vehículos disponibles sea mayor o igual al número de vehículos programados.

$$\sum_j^m Vehiculos_j \geq \sum_i^n \sum_j^m X_{ij}$$

Que el número de vehículos demandados sea mayor o igual al número de vehículos programados.

$$\sum_i^n \sum_j^m \sum_k^l Demanda_{ijk} \geq \sum_i^n \sum_j^m \sum_k^l X_{ijk}$$

6.5. Discriminación de la función objetivo

Con base con la información recolectada en el área es posible plantear una discriminación sobre la función objetivo con base a las diversas formas en las cuales pueden ser considerados las comparaciones entre el costo de emplear flota propia (Al lado izquierdo del vs) y el costo por emplear un vehículo de un operador logístico o tercero (Al lado derecho del vs), necesarias para el planteamiento de los ahorros o rentabilidad. En el modelo se pueden encontrar las siguientes opciones para su planteamiento:

- Estructura de costes vs Flete real.
- Estructura de costes vs Flete simulado \$/m3.
- PYG global de todos los corredores vs Flete real.
- PYG global de todos los corredores vs Flete simulado \$/m3.
- PYG por agrupación de corredores vs Flete real.
- PYG por agrupación de corredores vs Flete simulado \$/m3.

Una vez diseñado el modelo en Excel con la extensión libre OpenSolver [11], se realizan las pruebas en las cuales se valida el correcto desempeño de cada componente de la interfaz y código del modelo en los diferentes escenarios de discriminación de la función objetivo, documentando cada una de las fallas y posteriormente solucionándola. Adicionalmente para se realizó una tabla (Tabla 2) exponiendo los pros y contras de cada estructura de costeo observadas al optimizar diversos escenarios.

Tabla 2: Pros y contras entre las diferentes estructuras de costes que componen la función objetivo.

Estructuras de costeo	Pros	Contras
Estructura de costes.	Al obtenerse mediante un análisis financiero su nivel de detalle en la construcción son los costes más ajustados a la realidad al emplear flota propia.	No se cuenta con el análisis de todos los posibles escenarios de rutas, lo que impide la comparación de ciertos corredores y la asignación de vehículos a estos. Se requiere tiempo, esfuerzo y conocimiento muy específico de cada ruta y el vehículo empleado para construir la base de datos necesaria.
PYG global de todos los corredores.	Permite la comparación entre ciertos corredores y la asignación de cualquier tipo de vehículo a estas.	Es un valor aproximado por lo que su ajuste no es muy preciso para ciertas rutas. Al ser un valor genérico para todas las rutas en principio, por lo que depende del valor de cada una para contratar un tercero.
PYG por agrupación de corredores.	Permite la comparación entre ciertos corredores y la asignación de cualquier tipo de vehículo a estas. Es un valor individual por cada ruta, lo que permite un ajuste y comparación más realista.	Es un valor aproximado por lo que su ajuste no es muy preciso para ciertas rutas.
Flete simulado \$/m3.	Son los costes aproximados al emplear un tercero, que permite la comparación de todas las rutas sin necesidad de actualización manual de la información.	Es un valor aproximado para cada ruta por lo que su ajuste no es muy preciso para ciertas rutas.
Flete real.	Son los costes más ajustados a la realidad al emplear un tercero.	Es un valor cambiante que, por la construcción del modelo, aunque se almacena, conlleva al constante cambio por parte de los analistas. Tomaría una cantidad grande de tiempo llenar completamente la información para cada ejecución.

A partir de estas observaciones se pudo realizar un acercamiento inicial y dar claridad a los analistas, quienes son los que definen las combinaciones de las estructuras de costeo o función objetivo a emplear. Con base a las funciones objetivos es posible validar los comentarios sobre como las combinaciones a partir del “PYG global de todos los corredores” y el “PYG por agrupación de corredores” posee la mayor cantidad de datos para el análisis (Tabla 3).

Tabla 3: Porcentaje de llenado al elegir los escenarios por tipo de vehículo.

Función Objetivo	MM	VAN	VAN AV	SC	SMM
Estructura de costes vs Flete real.	86%	91%	86%	82%	55%
Estructura de costes vs Flete simulado \$/m3.	91%	95%	91%	86%	59%
PYG global de todos los corredores vs Flete real.	86%	91%	91%	91%	64%
PYG global de todos los corredores vs Flete simulado \$/m3.	95%	95%	95%	82%	68%
PYG por agrupación de corredores vs Flete real.	86%	91%	91%	82%	64%
PYG por agrupación de corredores vs Flete simulado \$/m3.	95%	95%	95%	86%	64%

Al realizar pruebas de normalidad para los datos obtenidos, se rechaza en cada una de ellas la hipótesis nula por lo que los datos no siguen una distribución normal y lo cual descarta algunos análisis más elaborados, pero no es un impedimento para realizar análisis descriptivos los cuales sirven de apoyo para el proceso. Empleando diagramas de cajas y bigotes (Boxplot) se analizaron algunas de las características principales de los datos (Posición, dispersión, asimetría, etc.) y se identifica la presencia de valores atípicos, en la Figura 3 se puede observar cómo, aunque todos parecen poseer una media y mediana similar, el 50% de los datos que conforman la caja de rango intercuartil son de diferentes envergaduras y se observan diferentes asimetrías, adicionalmente la dispersión de rentabilidad de las rutas por función objetivo son diferentes entre sí y cuentan con valores atípicos por lo que existen rutas muy rentables o ineficaces, pero similares por el tipo de comparación realizada contra el costo de los terceros.

En la Figura 4, se puede apreciar como las rutas asignadas con origen del vehículo en el centro de Yumbo son rentables independiente de la función objetivo empleadas, aunque su magnitud puede ser superada por rutas en otros centros.

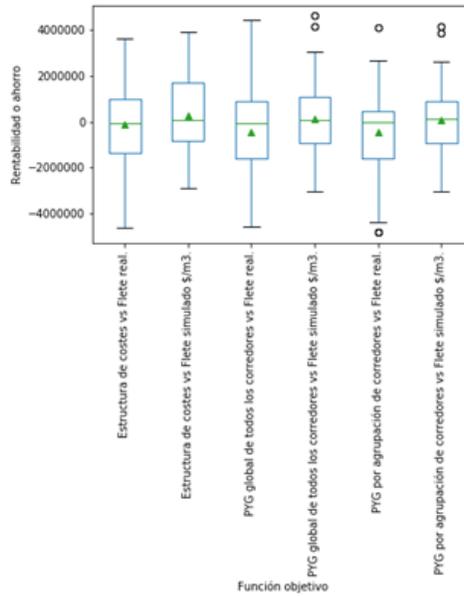


Figura 3: Boxplot de rentabilidad por centro discriminando la función objetivo, Grupo Familia S.A. (Elaborado en Python)

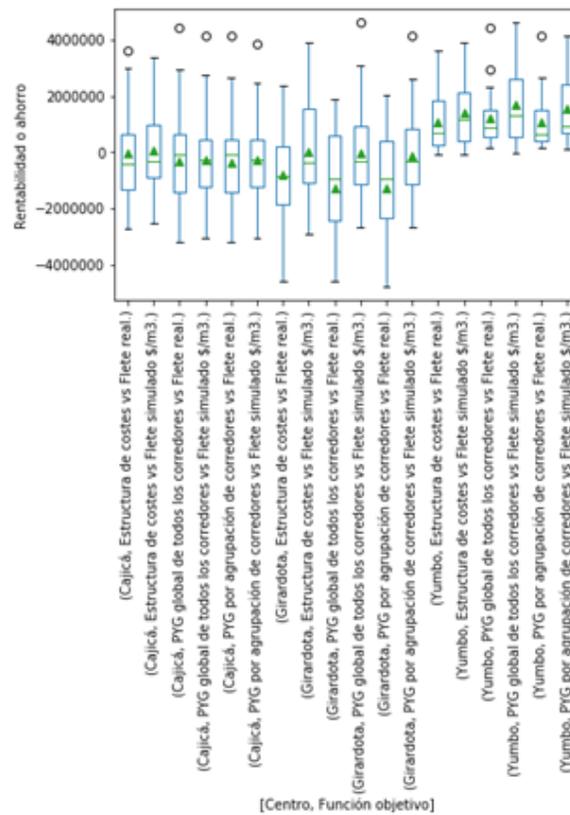


Figura 4: Boxplot de rentabilidad por tipo de vehículo, Grupo Familia S.A. (Elaborado en Python)

Después de terminados los procesos de validación y el planteamiento de los diferentes escenarios basados en la discriminación de la función objetivo, se les entrega el modelo a los analistas de transporte y coordinador de flota, los cuales expresan al validar la información empleada y observar las diferencias entre las diferentes opciones de discriminar la función objetivo, optan por emplear la combinación de “PYG global de todos los corredores vs Flete simulado \$/m3.”, dado que en primer lugar permite mediante un panorama general evaluar todas las rutas, y en segundo lugar porque en su experiencia y criterio son los valores que más se acercan a la realidad una vez realizadas las operaciones; aunque no descartan emplear otras funciones objetivos para diferentes tipos de análisis. Adicionalmente expresaron satisfacción al observar una mejora en los tiempos en el proceso de asignación sobre la ubicación de la flota de la compañía, los cuales al no estar representados anteriormente se volvían extenuantes para todas las partes; motivo por el cual la herramienta fue aún más valorada, dado que al exponer los datos obtenidos para cada ruta les permite a todos observar, discutir y finalmente negociar para tomar mejores decisiones como equipo.

Cabe resaltar que en durante el periodo de tiempo comprendido en las practicas ni los analistas de transporte, ni el coordinador de flota presentaron anotaciones sobre errores o correcciones necesarias, solo procesos de actualización sobre la información empleada.

7. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo se observa como mediante un modelo de optimización simple se brinda una herramienta que le permite a los encargados del área de Transporte Nacional, una herramienta que apoya activamente el proceso de toma de decisiones dentro del área, reduciendo el tiempo de duración de este y brindando la información requerida para una mejor negociación con los analistas mientras a su vez propone un cambio relativo para estandarizar el proceso de asignación de flota propia.

El emplear un valor estándar para la función objetivo como lo es “PYG global de todos los corredores vs Flete simulado \$/m3.” permite un análisis superficial sobre las posibles zonas que son rentables para la empresa, y al mismo tiempo una aproximación a un análisis de interés sobre las zonas que pueden o no interesar a la empresa a futuro, lo cual puede modificar las rutas planteadas inicialmente y llevar la flota propia a otras más rentables para la empresa.

Para la continuidad del estudio, se propone un sistema de control para la comparación de una temporalidad normal y una ventana temporal en la que se emplee la herramienta de forma constante para observar su impacto en el PYG de la empresa, de otra forma no es posible medir su impacto. Adicionalmente, se deja una oportunidad de mejora en la cual se enrobustece el modelo cambiando la naturaleza del problema de una modelo lineal a un modelo multiobjetivo, en el cual se considere adicionalmente al aumento del ahorro o rentabilidad, una compensación o "Trade Off" con base el nivel de servicio e importancia entre zonas o clientes que aliente el dialogo o discusión en los términos relevantes para el área y la empresa.

Referencias

- [1] R. García-Cáceres, J. Trujillo-Díaz and D. Mendoza, "Estructura de decisión de la problemática logística del transporte", REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN, vol. 8, no. 2, p. 321, 2018. Available: 10.19053/20278306.v8.n2.2018.7970
- [2] R. Handfield and C. Bozarth, Introduction to supply chain management. Pearson Education, N.J.: Prentice Hall, 2015.
- [3] J. Mentzer et al., "DEFINING SUPPLY CHAIN MANAGEMENT", Journal of Business Logistics, vol. 22, no. 2, pp. 1-25, 2001. Available: 10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x
- [4] Y.Y. Tseng, W. Yue and M. Taylor, The role of transportation in logistics chain, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. vol. 5. pp. 1657-1672. 2005.
- [5] R. Ballou, Logística, administración de la cadena de suministro. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 2004.
- [6] J.A. Zapata, OPERACIÓN ITR (RETIRO, DESCONSOLIDACIÓN Y TRANSPORTE) EMPRESA GRUPO FAMILIA S.A. Tecnológico de Antioquia, 2017.
- [7] D. Serra de la Figuera, Métodos cuantitativos para la toma de decisiones. Barcelona: Gestión 2000, 2004.
- [8] Ramos, P. Sánchez, J. Ferrer, J.M. Barquín and P. Linares. Modelos matemáticos de optimización. Universidad Pontificia Comillas. 2010.
- [9] Vercellis. Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making. A John Wiley and Sons, Ltd, pp. 420. 2009
- [10] J. Röpke. Transforming knowledge into action. pp. 68. 2003.
- [11] A.J. Mason, OpenSolver – An Open Source Add-in to Solve Linear and Integer Programmes in Excel, Operations Research Proceedings 2011, eds. Klatte, Diethard, Lüthi,

Hans-Jakob, Schmedders, Karl, Springer Berlin Heidelberg pp 401-406, 2012, Available :
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-29210-1_64, <http://opensolver.orgngibles>.

