



**Modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla en temporada
baja de Expreso Brasilia s.a.**

**Andrea Bernal Barajas
Naydu Catherin Moncada Cuervo**

Tesis Maestría

Director:

Julián Andrés Duran Peña

Universidad Autónoma de Bucaramanga

Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables

Maestría en Administración de Empresas

Bucaramanga, Colombia

2019

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
ANDREA BERNAL BARAJAS NAYDU CATHERIN MONCACA Autores <i>Estudiantes de Maestría</i>	<u>JULIAN ANDRES DURAN PEÑA</u> Director <i>Director de Tesis de grado</i>	Comité de posgrado

Contenido

Introducción	10
CAPITULO I.....	13
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Problema.....	14
1.2.1 Aspectos internos y externos que impactan el plan de rodamiento de Expreso Brasilia S.A.	20
1.2.2 Formulación del Problema	22
1.3 Objetivos.....	22
1.3.1 Objetivo general	22
1.3.2 Objetivos específicos	22
1.4 Hipótesis de investigación.....	23
1.5 Justificación.....	25
1.6 Glosario	26
2 CAPITULO II.....	28
2.1 Marco Referencial	28
2.2 Revisión Teórico	29

	4
2.2.1 Elementos del VRP	31
2.2.3 Métodos de solución del VRP	32
2.2.4 Heurísticas para VRP	32
2.2.5 Metaheurísticas para VRP	33
2.2.6 Métodos exactos para VRP	33
2.2.7 Algoritmos de Agrupamiento (Clustering)	34
2.2.8 Algoritmo de las <i>k</i>-medias (<i>k</i>-means)	34
2.3 Marco de antecedentes	35
3 CAPITULO III	39
3.1 Tipo de Investigación	39
3.1.1 Modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla en temporada baja de Expreso Brasilia s.a.	40
3.2 Métodos de investigación	47
3.3 Muestra	47
3.4 Marco contextual	48
3.5 Instrumentos de recolección de datos	49
3.6 Análisis de datos	51
3.6.1 Datos para la implementación del modelo	51

3.6.2 Ponderado de cumplimiento de rodamiento afiliados Premium del centro operativo Barranquilla en temporada baja periodo 2018	53
3.6.3 Parámetros de entrada	54
3.6.4 Datos del costo de rodamiento por ruta	54
3.6.5 Proceso de elaboración, ajuste e implementación del plan de rodamiento de Expreso Brasilia S.A.	55
4 CAPITULO IV	59
4.1 Resultados	59
4.1.1 Rutas no rentables en temporada baja del plan de rodamiento año 2018	63
4.1.2 Análisis multivariado del plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a. en temporada baja	67
4.1.3 Modelo óptimo del plan de rodamiento afiliados Premium del centro operativo Barranquilla en temporada baja de expreso Brasilia S. A.	71
4.1.4 Propuesta modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla-Premium afiliados en temporada baja de Expreso Brasilia S. A.	82
5 CAPITULO V	91
5.1 Conclusiones	91
5.2 Recomendaciones	92
6 BIBLIOGRAFÍA	93

Lista de Figuras

Figura 1. Comparativo de ejecución frente al estimado mes a mes en rodamiento para la vigencia 2018.....	17
Figura 2. Porcentaje de cumplimiento de cada mes en rodamiento para la vigencia 2018.....	18
Figura 3. Índice de Costos del Transporte Intermunicipal de Pasajeros a nivel nacional.....	20
Figura 4. Factores que influyen un plan de rodamiento.....	21
Figura 5. Gráfica del funcionamiento VPR. Adaptado	30
Figura 6. Plan de rodamiento centro operativo Barranquilla	48
Figura 7. Tipos de rutas rodamiento Premium.....	52
Figura 8. Proceso de diseño plan de rodamiento Expreso Brasilia	57
Figura 9. Cumplimiento de ocupación por bloque Expreso Brasilia S.A.	60
Figura 10. Bloques superiores centro operativo Barranquilla.....	61
Figura 11. Bloques inferiores centro operativo Expreso Brasilia	62
Figura 12. Comportamiento precio galón ACPM 2018	66
Figura 13. Ocupación Vs anticipo.....	72
Figura 14. Ocupación Vs ingreso.....	73

Lista de Tablas

Tabla 1. Modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo de Barranquilla	40
Tabla 2. Variables	50
Tabla 3. Ponderado de cumplimiento de rodamiento.....	53
Tabla 4. Conceptos que componen los anticipos	55
Tabla 5. Proceso de elaboración del plan de rodamiento Expreso Brasilia S.A.	56
Tabla 6. Identificación de rutas no rentables en temporada baja	63
Tabla 7. Clasificación de clúster después del tratamiento de los datos.....	69
Tabla 8. Valor de cada centroide del atributo	70
Tabla 9. Listado de rutas para el Clúster 0	74
Tabla 10. Listado de rutas para el Clúster 1	75
Tabla 11. Listado de Rutas de Clúster 2.....	78
Tabla 11. Rutas de Clúster 3	80
Tabla 12. Resultado de propuesta de modelo óptimo	84

RESUMEN

La investigación presentó la propuesta de un modelo óptimo para el plan de rodamiento intermunicipal en temporada baja del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia S.A. Para tal fin se analizó la información del periodo 2018, suministrada por Expreso Brasilia S.A., De igual manera, se presentaron los costos de la administración del parque automotor para un afiliado corresponde al 20% de los ingresos obtenidos por la venta de pasajes a cada bus. Entre los resultados se encontró que actualmente durante la operación intervienen los afiliados, el departamento de operaciones y asesores externos quienes han trabajado en periodos anteriores en Expreso Brasilia y aportan conocimiento para ayudar en el ajuste de los planes de rodamiento existentes, sin embargo, estos aportes y conocimiento obtenidos por medio de la experiencia no han sido lo suficientemente eficientes para plantear un plan de rodamiento óptimo. Por tal razón, la propuesta se basó en un análisis de clúster en cuyo modelo final se eliminaron 14 líneas que representan un porcentaje de ocupación entre el 0% y el 35%, las cuales no aportan al cumplimiento del objetivo de ocupación de las rutas y afectan de manera negativa y considerable los resultados de la operación; proyectando ser incluidas en centros operativos de menor nivel de servicio, con el fin de no perder la habilitación de las rutas y presencia en las regiones por donde pasa la ruta.

ABSTRACT

The research presented the proposal of an optimal model for the intermunicipal bearing plan in the low season of the Barranquilla operating center of Expreso Brasilia S.A. For this purpose, the information for the period 2018 was analyzed, compared with the historical data for the periods 2017 and 2016 provided by Expreso Brasilia SA. Likewise, the costs of the administration of the vehicle fleet for an affiliate were presented, corresponding to 20% of the income obtained from the sale of tickets to each bus. Among the results it was found that currently during the operation the affiliates, the operations department and external advisors are involved who have worked in previous periods in Expreso Brasilia and contribute knowledge to help in the adjustment of the existing bearing plans, however these contributions and knowledge obtained through experience have not been efficient enough to propose an optimal and profitable rolling plan. For this reason, the proposal was based on a cluster analysis whose final model eliminated 14 lines that represent a percentage of occupancy between 0% and 35%, which do not contribute to the fulfillment of the objective of occupation of the routes and they affect in a negative and considerable way the results of the operation; projecting to be included in operational centers of lower level of service, in order not to lose the authorization of the routes and presence in the regions where the route passes.

Introducción

Realizar la planeación de rutas y horarios del plan de rodamiento del centro operativo de Barranquilla de la empresa Expreso Brasilia sa. es fundamental para tener una buena operación del servicio de transporte terrestre intermunicipal, cumplir con el cubrimiento de las diferentes rutas y atender la demanda de pasajeros a nivel nacional.

A causa de la falta de planeación de la programación del plan de rodamiento terrestre se afecta considerablemente a los usuarios, conductores, afiliados y a la compañía en general, puesto que se asumen gastos innecesarios en la operación y organización del transporte como tal.

Definitivamente, el transporte público terrestre es un tema importante para el desarrollo de las ciudades, dado que afecta directamente el bienestar de los usuarios que deben trasladarse por trabajo, estudio, asistencia médica o entretenimiento. La calidad del servicio debe garantizar una experiencia que cumpla con criterios como disponibilidad, comodidad, seguridad y tiempos de espera cortos. Por otro lado, las empresas proveedoras del servicio buscan reducir los costos de operación (combustible, mantenimiento o pago al conductor); por lo que una asignación adecuada de la flota para cierta demanda de pasajeros reduce la circulación de vehículos de baja ocupación mejorando la operación, así mismo, favorece con la descongestión de las vías y el impacto ambiental, al disminuir el consumo innecesario de combustible.

Por tal motivo, esta investigación pretende diseñar un modelo óptimo para el plan de rodamiento en temporada baja del centro operativo de Barranquilla de la Empresa Expreso Brasilia S.A que permita el cumplimiento del indicador de ejecución del rodamiento del parque

automotor en dicha temporada, con base en las diferentes variables que afectan el normal proceso de un itinerario diario de buses que están programados para cubrir diferentes líneas a nivel nacional. Además, por ser Barranquilla la sede principal de la empresa, se propone realizar dicha investigación con la posibilidad de ser luego implementado en los demás centros operativos.

Desde esa perspectiva se desarrolla este documento de investigación compuesto por cinco capítulos en los que se recapitula la información de la siguiente manera: en el primer capítulo se presentan los antecedentes de investigación, formulación del problema, objetivos de investigación, hipótesis y justificación. Con respecto al objetivo de investigación está enfocado en proponer un modelo óptimo para el plan de rodamiento intermunicipal en temporada baja del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia S.A, a partir de un estudio cuantitativo con enfoque exploratorio. Como objetivos específicos, se determinó en primera instancia analizar el plan de rodamiento actual de la empresa objetivo de estudio, además de identificar las variables que afectan el rodamiento del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a. en temporada baja.

El segundo capítulo presenta todo lo relacionado al marco teórico alrededor de los elementos del problema clásico de Ruteo de Vehículos – VPR, es decir los métodos de solución, las heurísticas, metaheurísticas entre otros elementos. Adicionalmente, en este capítulo se relaciona el estado del arte o antecedentes investigativos.

Durante el tercer capítulo se identifica la metodología de investigación que en este caso se trata de una investigación de carácter cuantitativo-exploratorio a partir del empleo de fuentes

primarias y secundarias entre las que se destacan la recopilación de documentación directa en la empresa de interés. De igual manera detalla el procesamiento de análisis de datos a partir de la implementación de un modelo de autorizado por el Ministerio de Transporte de Colombia.

Finalmente, en el capítulo IV se presenta todo el análisis de resultados y la propuesta del diseño del modelo de optimización del plan de rodamiento con las rutas intermunicipales autorizadas por el Ministerio de Transporte en temporada baja para el centro operativo de Expreso Brasilia s.a. en la ciudad de Barranquilla; y la respectiva evaluación del modelo del plan de rodamiento con las rutas intermunicipales autorizadas por el Ministerio de Transporte en temporada baja para el centro operativo de Expreso Brasilia s.a. en la ciudad de Barranquilla. Por último, en el capítulo V se consolidan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPITULO I

1.1 Antecedentes

Las empresas se encuentran inmersas en entornos que exigen cambios continuos y permanentes en las que se condicionan las relaciones que sostienen con los proveedores, competencia, clientes, personal, etc.

Es así como, existen dos métodos de programación los cuales son manuales y complejos, el método gráfico y el analítico, tienen elementos en común como: tiempo de recorrido, intervalo, frecuencia de servicio y tiempo en la terminal, pero solo el éxito de estos depende el programador en la elaboración de los itinerarios (Molino y Sánchez, 1998).

Por otro lado, el modelo estándar de transporte público en Estados Unidos y países de Europa opera como servicio realmente público, es subsidiado por el gobierno, las empresas son propietarias de todos los vehículos, la contratación es directa con el conductor, el cual se le asigna cualquier vehículo del parque automotor, su base salarial es fija, no depende de la movilización de pasajeros y su preocupación diaria es prestar un excelente servicio, es así como, el proceso de distribución de vehículos es más simple, porque se trata de utilizar el menor número de buses y poder asignar al conductor un vehículo durante un tiempo, después otro y terminada su jornada laboral se va a descansar, por tal motivo el vehículo está programado para trabajar todo el día, solo va a tener diferentes conductores.

Por el contrario, en Colombia, un gran número de empresas de transporte público no son propietarias de los vehículos, estos son administrados por el propietario, el cual tiene la autonomía de asignar conductor y remunerar de acuerdo al movimiento de pasajeros.

De acuerdo a lo anterior, la programación actual de la operación del transporte intermunicipal en Expreso Brasilia s.a. se realiza con base a la experiencia de los propietarios de los vehículos, operarios del sistema de transporte e información y políticas que imparte el Ministerio de Transporte según la demanda de pasajeros para las rutas aprobadas, por tal motivo, el aporte de esta investigación es contribuir con los antecedentes y estudios para el desarrollo de planes de rodamientos óptimos en Colombia.

1.2 Problema

El servicio de transporte público terrestre automotor de pasajeros por carretera en Colombia, se debe prestar por empresas legalmente constituidas y debidamente habilitadas en la modalidad de transporte público terrestre automotor de pasajeros, como lo indica el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Transporte bajo el decreto 171 de 2001 en el capítulo II; las empresas tienen bajo su responsabilidad ejecutar un plan de rodamiento por medio de rutas con vehículos vinculados a la entidad, se debe desarrollar de una manera eficiente y equitativa para lograr el cubrimiento total de las rutas autorizadas.

Los vehículos vinculados a Expreso Brasilia, son de propiedad de terceros, que dentro de la compañía son llamados Afiliados, quienes participan en el diseño y planeación de la operación,

logrando beneficios particulares y su grado de intervención es acorde a la cantidad de buses del cual es propietario, por tal motivo tienen autonomía para las decisiones que se tomen en la programación del rodamiento.

Es así como, Expreso Brasilia tiene autorizado los centros operativos de Barranquilla, Bogotá y Medellín, según datos suministrados por la entidad para el año 2018 se ha encontrado que en la temporada baja se cumplen en un 85,75% el plan de rodamiento, con una ocupación promedio de pasajeros del 55%, y para temporada alta un 100% de cumplimiento y ocupación; se puede definir que la temporada alta comprende 86 días del año calendario los cuales corresponden a los días dispuestos para la Semana Santa, vacaciones escolares de mitad de año, semana de receso escolar en el mes de octubre, vacaciones de fin de año a mediados del mes de diciembre e inicio del mes de enero, esto nos indica que la temporada baja comprende los 279 días restantes del año calendario incluyendo los puentes festivos que se presenten, ya que la demanda de pasajeros es cambiante de acuerdo a eventos de importancia a nivel nacional o a la disposición de efectivo para que los clientes realicen sus viajes. Por tal motivo, la presente investigación pretende proponer un análisis sobre el problema de ruteo de vehículos que pueden estar impactando el cumplimiento del rodamiento del Centro Operativo Barranquilla durante la temporada baja en la operación de transporte dentro de un mismo período.

De igual manera, Expreso Brasilia s.a. en toda su historia de operación ha carecido de un protocolo estandarizado para la ejecución de los rodamientos, debido a la ausencia y escasa actualización de su infraestructura tecnológica por limitantes económicos y políticos, falta de

control y afectaciones de calidad del servicio, además de falta de capacitación a los líderes de coordinación de despachos, a razón de poder ejecutar un plan de acción en situaciones de fallo del sistema. Incluso, se ha podido evidenciar atraso en las rutas lo que hace que se vaya cambiando paulatinamente el orden de despacho de los vehículos, sumado a la falta de soportes de despacho local del sistema.

Lo anterior, también se debe a que afiliados son los mismos propietarios de los vehículos, teniendo autonomía para disponer del despacho de los buses de su propiedad, si logran detectar que es un viaje no rentable o con una ocupación de pasajeros baja.

Es por esto, que para la presente investigación el foco de interés son los problemas de rutas de vehículos (VRP), los cuales han sido objeto de exploración por varios años y con el transcurrir han adquirido gran importancia por ser modelos óptimos aplicados a campos como el transporte, la logística, comunicaciones, sector militar y manufactura (Cardozo, 2013); están compuestos por variables que al momento de interrelacionarlas logran determinar el número de rutas cubiertas al menor costo (Toth y Vigo, 2002).

Es así como, existen varios tipos de VRP, para el éxito del desarrollo de esta investigación es necesario determinar cual permite llegar a una solución óptima, el primero corresponde a el CVRP (VRP capacitado) donde su contenido es limitado, el VRPW (VRP con ventanas de tiempo) en la que el cliente es atendido en un breve período de tiempo, el MDVRP (VRP con múltiples depósitos) utiliza una cierta cantidad de depósitos para atender a los clientes, el PVRP (VRP periódico) que consiste en atender a los clientes en ciertos días, el SVRP (VRP estocástico)

determina variables aleatorias como número de clientes, las demandas, tiempo de servicio o tiempo de viaje, el SDVRP (VRP de entrega fraccionada) por la cual los clientes pueden ser atendidos por diferentes vehículos, el VRPB (VRP con retornos) que permite que las mercancías puedan ser devueltas por los clientes (Moratilla, Fernández, Sánchez y Vicario 2014).

Por tal motivo, se considera que el análisis se debe realizar enfocado al cumplimiento del rodamiento y la ocupación de los buses en temporada baja con la finalidad de poner en funcionamiento un rodamiento óptimo para la compañía, afiliados y colaboradores. De acuerdo a lo anterior, en la figura 1 se observa el comparativo de ejecución y estimado para el año 2018 con un porcentaje ejecutado mayor en el mes de enero y Julio, pero en ningún mes se ha logrado cubrir la ejecución estimada.

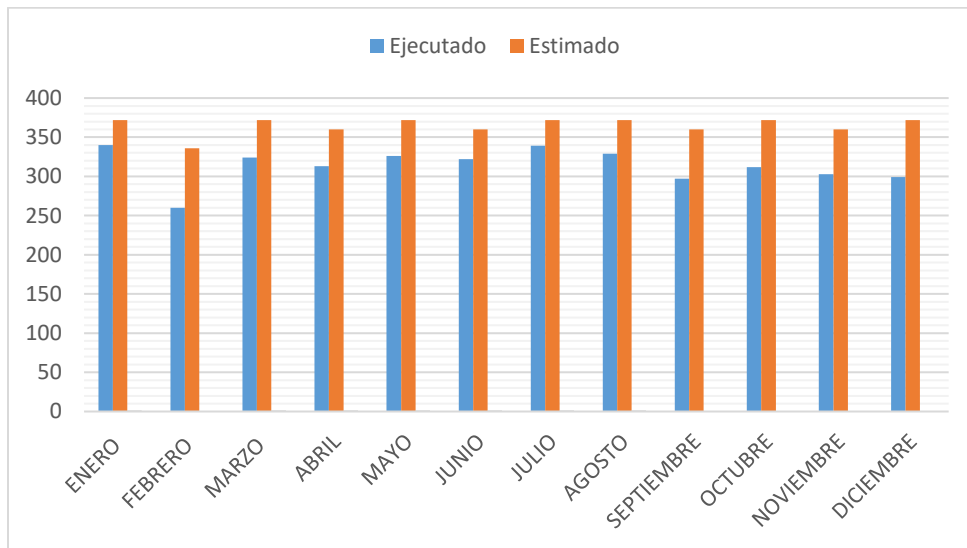


Figura 1. Comparativo de ejecución frente al estimado mes a mes en rodamiento para la vigencia 2018.

Fuente: Elaboración propia

En concordancia con la figura anterior de igual manera, en la figura 2 se observa que en el mes de enero y julio es donde se da mayor porcentaje de cumplimiento con un 91%, mientras que febrero es el mes con el menor porcentaje, 77% siendo el mes donde impacta más el no cumplimiento del rodamiento en temporada baja.

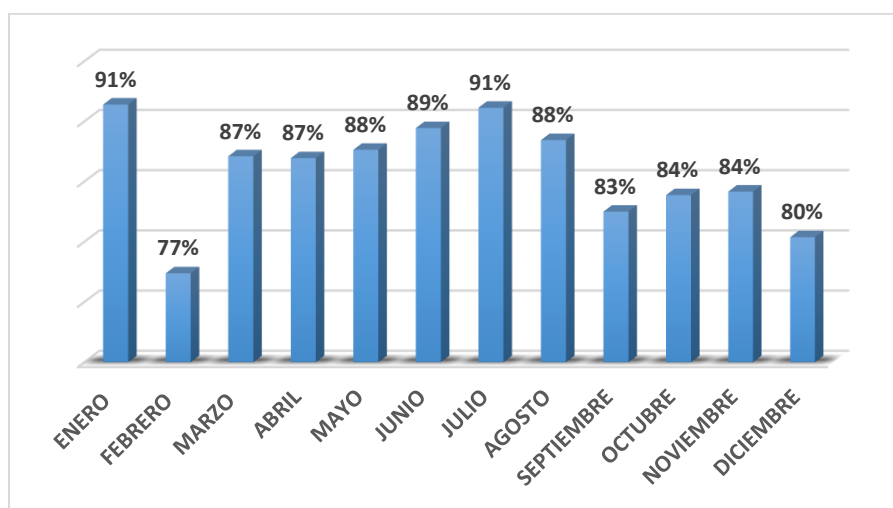


Figura 2. Porcentaje de cumplimiento de cada mes en rodamiento para la vigencia 2018.

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la programación anticipada del rodamiento de un parque automotor está enfocada en reducir costos y recorridos de rutas para los buses; el Ministerio de Transportes da a conocer la carta de navegación a las empresas de transporte terrestre intermunicipal de pasajeros que se encuentran habilitadas, donde se informan las condiciones y características de la prestación del servicio para las rutas y horarios registrados; la vigilancia de su cumplimiento está a cargo de la Superintendencia de Puertos y Transportes quienes pueden reportar la solicitud de cancelación de las habilitaciones de la operación de las rutas por abandono ante el Ministerio de

transportes, y esto ocurre cuando se comprueba que la ruta solo se despacha en proporción menor o igual al 50% de la ejecución proyectada de la ruta.

Finalmente, para la planeación de la operación Expreso Brasilia s.a. dispone de las siguientes políticas:

- La determinación o acuerdo de necesidades en las rutas establecidas y horarios deberá ser definida conjuntamente por la Gerencia de Operaciones y la Gerencia Comercial y la autorización de puesta del servicio deberá llevar la autorización de la Gerencia General.
- La elaboración de los planes de rodamiento debe propender por garantizar la maximización de ingresos, minimización de costos dentro de los niveles de servicio, todas las modificaciones de los planes de rodamiento deberán tener el visto bueno de la Gerencia de Operaciones.
- Las rutas que conforman los diferentes rodamientos se encuentran identificadas por un código alfanumérico compuesto por 4 o 5 caracteres.
- La Jefatura de operaciones y los Directores de Agencia serán los encargados de asignar rutas y horarios de acuerdo al reglamento de operaciones de manera electrónica o manual.
- El control del parque automotor para la asignación de prestación de servicios estará centralizado en la Jefatura de Operaciones y quien será el encargado de direccionarlos hacia cada uno de los centros de operaciones.

Por último, la información suministrada por el DANE con base al periodo del 2017, señala que los costos de operación de un rodamiento cubren el 5.13% (figura 3) de los ingresos obtenidos por la venta de tiquetes que se realizan en cada una de las rutas despachadas, siempre y cuando se venda la totalidad de las sillas dispuestas para un bus.

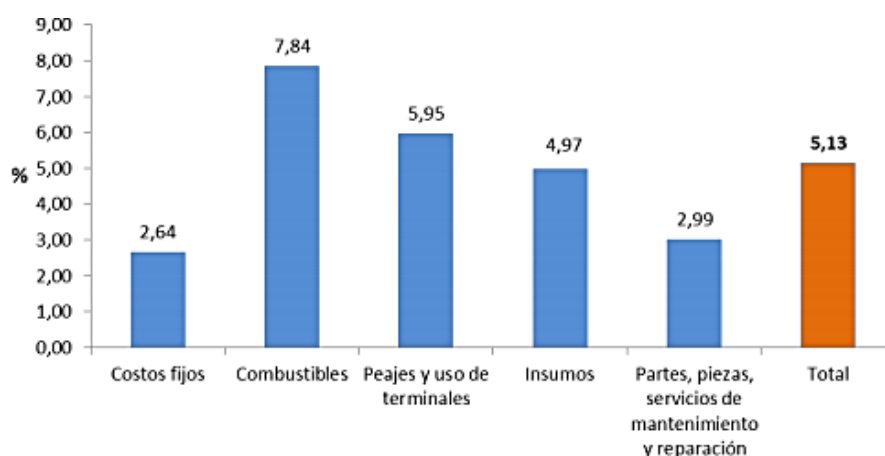


Figura 3. Índice de Costos del Transporte Intermunicipal de Pasajeros a nivel nacional
Departamento Administrativo Nacional de Estadística., 2018.

1.2.1 Aspectos internos y externos que impactan el plan de rodamiento de Expreso Brasilia S.A.

En cuanto a los aspectos internos y externos que impactan el plan de rodamiento de la compañía, en la figura 4 se detallan los factores como son la estructura, la oferta del servicio, la infraestructura y los impactos externos negativos.



Figura 4. Factores que influyen un plan de rodamiento.

Elaboración propia

Por otra parte, también se deben tener en cuenta los factores externos o inherentes a la operación como la estructura del departamento operativo de Expreso Brasilia, condiciones del mercado respecto a la oferta, infraestructura y capacidad para prestación del servicio y los impactos negativos que la accidentalidad y el alto tráfico de las vías impactan de manera positiva o negativa al diseño de un plan de rodamiento óptimo.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar la optimización y calidad del plan de rodamiento para el centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia en temporada baja?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer un modelo óptimo para el plan de rodamiento intermunicipal en temporada baja del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia S.A.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el plan de rodamiento actual del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a., entendiendo los procesos y comportamientos de los mismos y los cumplimientos a los indicadores estratégicamente diseñados por la compañía.
- Identificar las rutas que afectan el rodamiento del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a. en temporada baja.
- Elaborar el modelo de optimización del plan de rodamiento con las rutas intermunicipales autorizadas por el Ministerio de Transporte en temporada baja para el centro operativo de Expreso Brasilia S.A en la ciudad de Barranquilla.

1.4 Hipótesis de investigación

Las hipótesis planteadas durante el proceso de investigación son las siguientes:

H₀. La optimización y calidad de un plan de rodamiento para el centro operativo de Barranquilla de Expreso Brasilia en temporada baja mejora los procesos y comportamientos y cumplimientos de los indicadores estratégicos diseñados por la compañía.

H₁. La optimización y calidad de un plan de rodamiento para el centro operativo de Barranquilla de Expreso Brasilia en temporada baja NO mejora los procesos y comportamientos y cumplimientos de los indicadores estratégicos diseñados por la compañía.

La programación de un plan de rodamiento actualmente se realiza de manera manual, tanto la planeación y la operación y el control son vigilados por personal diferente al Departamento Operativo, esta planeación no ha obtenido progresos significativos desde que la empresa incorporo la tecnología para el sistema de ventas, digitando toda la programación, lo que hace referencia a que el proceso se realiza en su totalidad de manera manual.

Otra de las posibles problemáticas, es que los rodamientos subidos al sistema no son respetados por parte de las agencias a nivel nacional donde no salen los buses a cubrir las líneas y utilizan los buses para ser asignados a otras líneas de acuerdo a la actividad de su agencia. Lo anterior debido a que la afluencia de pasajeros es irregular durante la temporada baja.

Es posible que se estén viendo afectados los planes de rodamiento porque no se están eliminando las líneas de baja ocupación, en una operación eficiente no se pueden tener todas las

líneas o rutas incluidas si estas o parte de las líneas aprobadas no cumplen los indicadores de ocupación necesarios para hacer un plan de rodamiento óptimo, lo cual es el equivalente a la ejecución de un plan de rodamiento nada óptimo para la empresa, lo que indica que es realmente necesario optimizar el diseño del plan de rodamiento para una operación eficiente.

Para Expreso Brasilia s.a. La operación de un plan de rodamiento intermunicipal para temporada baja de forma empírica y sin el respectivo análisis no ha cumplido con las expectativas de cubrimiento del mercado, ocasionando que los costos representados en anticipos se disparen y los buses presenten pérdidas en sus informes financieros, de esta manera, se demuestra que el diseño y ejecución de un plan de rodamiento es importante, apoyado de herramientas tecnológicas compatibles con el desarrollo continuo de la organización.

El propósito de este estudio es proponer un modelo de rodamiento óptimo por medio de un algoritmo de programación que de manera eficiente y fácil genere procesos y programaciones que ayuden a mejorar los indicadores estratégicos de la empresa, asignando de manera equivalente las líneas autorizadas y la demanda presente en esta estacionalidad del servicio, logrando que el algoritmo se pueda configurar para ser aplicado en todos los centros operativos de la empresa y se ajuste los criterios y necesidades de Expreso Brasilia s.a.

Esta investigación, la cual es de tipo cuantitativa exploratoria, pretende demostrar cómo se puede lograr un modelo óptimo para el plan de rodamiento intermunicipal de Barranquilla en temporada baja, con la aplicación adecuada de los análisis de las variables logísticas que componen el actual plan de rodamiento para el centro operativo.

1.5 Justificación

La importancia de ejecutar este tipo de estudios procede principalmente de estrategias de procesos administrativos que coinciden con formas lógicas y sistemáticas, cuya definición más acertada está relacionada con los procesos de creación o aprovechamiento de los recursos, en función de mejorar y potencializarlos para el beneficio organizacional, facilitando la diversificación de la economía de las mimas (Lupiáñez, Priede, & López, 2014).

Cabe resaltar que todo el proceso y gestión dimensionada en esta investigación busca garantizar la contribución específica al sector transportador del país, junto con la idea de potenciar nuevas tecnologías alrededor de la dinámica sustentable y globalizadora.

Finalmente, conviene contribuir desde una mirada al sector transporte en sus diferentes dimensiones, especialmente en las naciones desarrolladas y de la que los países subdesarrollados no son ajenos, en lo que respecta al reto de integrarse a la expansión de nuevos mercados de transporte de pasajeros, que en este caso implica el uso de técnicas de competitividad siguiendo la normativa para los transportadores de pasajeros que mejoren los procesos del servicio de transporte público terrestre automotor de pasajeros por carretera en Colombia

A su vez, el estudio tiene una repercusión académica toda vez que los futuros magister en administración de empresas, puedan poner en contexto futuras investigaciones, ya sea para darle continuidad al tema de interés, o adquirir conocimientos adicionales a manera de ahondar en los conceptos, teorías y prácticas. Adicionalmente, proyectos de estudio de este tipo hacen parte de la

base de datos que requieren las universidades como aporte social, académico y científico en el proceso de formación profesional.

Por último, en el marco del ejercicio profesional a través de este documento de investigación se pone en evidencia los conocimientos adquiridos en el programa de estudio teniendo en cuenta una estructura que interviene la consideración de la solución de un problema que evidentemente afecta a la región en términos de competitividad, sustentabilidad y perdurabilidad de la vida misma.

1.6 Glosario

- Frecuencia de despacho: Es el número de veces por unidad de tiempo en que se repite la salida de un vehículo en un lapso determinado.
- Tiempo de recorrido: Tiempo que registra un Bus en efectuar un trayecto.
- Bus activo: Bus en disposición de cubrir la operación.
- Demanda de pasajeros: cantidad total de compra de servicio (tiquetes) que pueden ser realizadas en una determinada temporada.
- Horarios disponibles: Son los horarios establecidos en los estudios de demanda que han sido autorizados.
- Peajes: Pago correspondiente a los derechos de tránsito o circulación por determinados lugares, como algunas autopistas, puentes, túneles, aduanas, etc.

- **Plan de Rodamiento:** Es la programación para la utilización plena de los vehículos vinculados a una empresa para que de manera racional y equitativa cubran la totalidad de rutas y despachos autorizados y/o registrados, contemplando el mantenimiento de los mismos.
- **Ruta:** Es el trayecto comprendido entre un origen y un destino, unidos entre sí por una vía, con un recorrido determinado.
- **Líneas autorizadas:** rutas avalados por el Ministerio de Puertos y Transportes para la operación de las rutas a nivel nacional.

CAPITULO II

2.1 Marco Referencial

El sector transporte ha contribuido al desarrollo de las sociedades, siendo más competitivas y generando globalización en los procesos, como se indica a continuación:

El sector transporte en sus diferentes dimensiones, juega un papel importante en la consolidación de los procesos de globalización y de competitividad en la sociedad. El transporte resulta ser un eje transversal que contribuye a mejorar la competitividad de los demás sectores económicos, dada su importancia y trascendencia en la realización de las diferentes actividades de la sociedad en general. En este sentido, se está presenciando una transformación dentro de este sector, debido a factores como el crecimiento de la población que invita a considerar los parámetros en la prestación del mismo (Álvarez y Martínez, 2016, p. 17).

Es así como, el transporte terrestre desde sus inicios ha presentado una interesante ventaja, es un medio utilizado por toda la sociedad, ofreciendo seguridad desde el momento de partida hasta el punto de llegada (Carabalí y Hernán, 2015), por tal motivo, las empresas de transporte de pasajeros, han evolucionado tanto a nivel intermunicipal y urbano; en el caso, por ejemplo, a nivel urbano, la ciudad de Bogotá cuenta con buses de transporte masivo, pero ha tenido serias dificultades por la falta de planeación y organización, que contribuyen a la deficiencia en la operación del sistema (Vega, 2015); las empresas de transporte también se ven afectadas por la falta de planeación de políticas que generen desarrollo (Álvarez y Guadrón, 2015).

Por tal motivo, el sistema de transporte terrestre debe jugar con una serie de políticas nuevas en la administración, la logística y la organización, para ser de ella, una economía aún más competitiva en el mercado.

2.2 Revisión Teórico

A continuación, se presentan los aspectos teóricos más relevantes para el tema de investigación propuesto entre los que se destacan los elementos principales del problema clásico de ruteo de vehículos VRP.

2.2.1 Problema de Ruteo de Vehículos (VRP)

El problema clásico de Ruteo de Vehículos logra la optimización de operaciones logísticas, básicamente “consiste en hallar un conjunto de rutas de costo mínimo para una flota homogénea de vehículos, permitiendo llegar a los clientes dispersos geográficamente” (Marín y Meléndez, 2017, p.28) Este mecanismo surge en principio como una necesidad de resolver la distribución de bienes de una manera práctica y lógica, tal como lo establece a continuación:

El origen del VRP (Vehicle Routing Problem) viene desde el año de 1959 y es introducido por Dantzing y Ramser, los cuales representaron una aplicación real relacionada con la entrega de gasolina a las estaciones de servicio y propusieron la formulación matemática a este problema, el cual surge como una generalización del problema clásico el agente viajero (TSP) en el que un vendedor tiene que recorrer una serie de clientes una sola vez, para luego volver al lugar de partida (Hernández, 2016, p.19).

Así mismo, Clarke y Wright elaboraron una expresión logarítmica en 1964 para el ruteo de los vehículos dando una solución óptima para la movilización organizada del transporte (Daza, Montoya y Narducci, 2013).

Igualmente, el problema de movilizar un conjunto de vehículos es lograr atender adecuadamente un servicio desde cualquier lugar que se encuentre: “el objetivo del VRP es satisfacer a una serie de clientes con demandas conocidas, en rutas vehiculares de mínimo costo, que se originan y terminan en un depósito” (Benavente y Bustos, 2012).

A continuación, se puede apreciar la figura 5 el modelo de funcionamiento de un sistema de movilización de transporte; en ella se detalla los puntos geográficos donde se encuentran cada cliente, el depósito y las rutas asignadas:

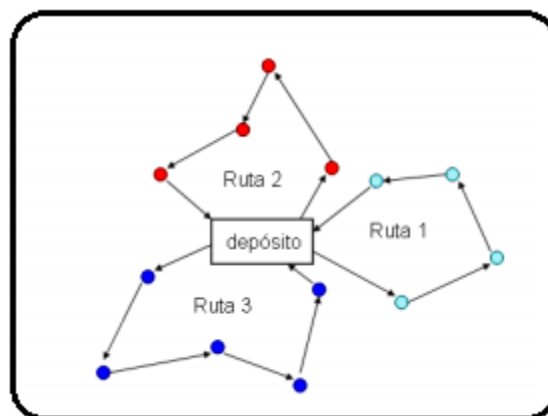


Figura 5. Gráfica del funcionamiento VPR. Adaptado

Fuente: (García, 2010)

Ahora bien, existen varios problemas presentados en las rutas de vehículos; el primero corresponde a el CVRP (VRP capacitado) donde su contenido es limitado, el VRPTW (VRP con ventanas de tiempo) en la que el cliente es atendido en un breve período de tiempo, el MDVRP (VRP con múltiples depósitos) utiliza una cierta cantidad de depósitos para atender a los clientes, el PVRP (VRP periódico) que consiste en atender a los clientes en ciertos días, el SVRP (VRP estocástico) determina variables aleatorias como número de clientes, las demandas, tiempo de servicio o tiempo de viaje, el SDVRP (VRP de entrega fraccionada) por la cual los clientes pueden ser atendidos por diferentes vehículos, el VRPB (VRP con retornos) que permite que las mercancías puedan ser devueltas por los clientes (Moratilla, Fernández, Sánchez y Vicario 2014).

2.2.1 Elementos del VRP

Los elementos que conforman el VRP son los clientes, los depósitos y los vehículos.

- **Los clientes:** Son la demanda que permite la realización de las rutas, casi siempre tienen intervalos de tiempo o bien conocidas ventanas de tiempo (Sarmiento,2014).
- **Los Depósitos:** Son los puntos de partida y de llegada para un respectivo recorrido (Hernández, 2016).
- **Los vehículos:** Permite la entrega de un respectivo servicio, desde el punto de partida hasta el cliente (Rodríguez,2016).

2.2.3 Métodos de solución del VRP

El enfoque para este problema ha sido las variables de tiempo frente a las rutas y al número de clientes (Arboleda, Gaviria y Álvarez 2018), es así como, ha permitido el múltiple desarrollo de soluciones, partiendo de métodos exactos como los algoritmos de ramificación hasta los de programación dinámica, lineal y entera, pero sin lograr conclusiones óptimas (Rocha, González y Orjuela, 2011).

2.2.4 Heurísticas para VRP

Este método es una alternativa para solucionar problemas de localización, con limitación de espacios, como se plantea a continuación:

Los algoritmos heurísticos han sido propuestos como alternativa para la solución de problemas de localización y ruteo de mediana y gran escala (problemas con más de 100 clientes). Usualmente, métodos heurísticos determinan buenas soluciones con razonables tiempos de ejecución. Estas técnicas emplean diferentes métodos de solución para modelar la relación entre los dos subproblemas (problema de localización y problema de ruteo) (Escobar y Linfati, 2012, p.).

Hay que mencionar, además que la técnica de las heurísticas se lleva a cabo por medio de tres categorías: Las heurísticas de construcción permiten encontrar una solución partiendo de problemas con escasos datos (Cardozo,2013), las heurísticas de dos fases permiten tener dos momentos, uno de agrupación y el otro de construcción de rutas, por último pero no menos

importante las heurísticas de mejora permiten que los vehículos tengan desplazamientos individuales o sobre varias rutas (Quintero,2012).

2.2.5 Metaheurísticas para VRP

Son métodos que permiten tener mejores resultados respecto a lo ofrecido por las heurísticas, los más utilizados son: Las colonias de hormigas agrupa el número de vehículos utilizados, la distancia total recorrida y el tiempo total de entrega, Búsqueda de tabú permite explorar el espacio, generar cambios drásticos siempre y cuando se logre una solución óptima y Los algoritmos genéticos obtienen resultados mediante la comparación de cromosomas, generados de evolución biológica (Muñoz,2009).

2.2.6 Métodos exactos para VRP

Son eficientes y óptimos en soluciones de problemas que requieren tiempo, como se indica a continuación: “Los algoritmos exactos son aquellos que siempre producen una solución óptima. Dichas técnicas no son adecuadas en aplicaciones que requieren soluciones rápidas o que tratan de resolver instancias de problemas muy grandes” (Cardozo *et.al.*, 2013, p.228).

Por tal motivo, los métodos propuestos para el desarrollo de un Problema de ruteo vehicular han sido pocos, la Ramificación y Acotamiento (Branch and Bound) y el Ramificación y Corte

(Branch and Cut), son los más aplicados tienen como fundamento crear un árbol de soluciones, ir podando ramas hasta encontrar la solución óptima (Quintero, 2012).

2.2.7 Algoritmos de Agrupamiento (Clustering)

Método que permite la clasificación de las posibles soluciones, generando infinitas alternativas que dan lugar a la utilización de programas tecnológicos, como se plantea a continuación:

Los agrupamientos generados van a depender del procedimiento empleado, además de los datos, parámetros y de la medida de similitud utilizada. El número posible de combinaciones que conforman los posibles grupos se hace inmanejable desde el punto de vista computacional, aún con pocas observaciones. Por lo tanto, es necesario encontrar métodos o algoritmos que determinen el número y componentes de los clústeres más adecuado (Hernández, 2016, p.25).

Se clasifican en dos categorías los jerárquicos y no jerárquicos, los cuales básicamente permiten encontrar buenas clasificaciones en una nube de datos (Ocampo, Castaño y Zuluaga, 2016).

2.2.8 Algoritmo de las k -medias (k -means)

El algoritmo de K -medias es el más conocido y aplicado en los métodos de participación, cuyo fin es minimizar la distancia entre los elementos de cada agrupación, cada objeto logra la similitud mediante el acercamiento al vector promedio llamado centroide (Leiva y Torres, 2010).

Es así como, por su mínimo almacenamiento lo determinan como sencillo y eficiente, para hallarlo se debe seguir tres pasos: ubicación estratégica de k puntos, clasificación de cada objeto al centroide más cercano, repetir los anteriores pasos hasta encontrar los centros más cercanos para cada objeto (Aguada y Jiménez, 2013).

2.3 Marco de antecedentes

Algunos estudios sobre ubicados en la literatura se centran en el mejoramiento de despachos en la terminal de transportes, tal es el caso del estudio de Monroy (2015) enfocado en identificar, analizar y proponer un modelo de mejora en de los procedimientos, estructura del personal manuales de proceso de despachos para optimizar la operación y estandarizar los diferentes procedimientos.

Para tal fin, Monroy (2015) desarrolló un estudio de tipo mixto con enfoque descriptivo-documental a partir del cual se observaron las problemáticas que afectan el desempeño y motivación laboral del personal en el área de despachos, de manera que se llevaron a cabo los estudios para recopilar datos específicos de los diferentes procedimientos, llevara a cabo la documentación de los mismos y evaluar la funcionalidad de la implementación del aplicativo de venta de tiquetes.

Entre los principales problemas detectados, se encontró que no existe planeación de la operación, además que los procesos despachados no cuentan con una estandarización para

aplicarlo en ambas terminales de Villavenciano, sin descartar que las funciones de los colaboradores no están claras y se llevan tareas que corresponden a otros cargos.

Sobre estas falencias, el autor llevó a cabo la toma de tiempos sobre el sistema operativo de venta de tiquetes para determinar las fallas y gestionar las oportunidades de mejora, cuyas principales acciones de mejora están por ejemplo en los factores de comunicación entre taquillero y cliente, pues es bastante complicada porque los puestos no están condicionados ergonómicamente por tanto se dificulta escuchar al cliente y viceversa.

En otro estudio, se consultó la investigación de Restrepo (2015) la cual se enfocó en la elaboración de un modelo de operaciones por procesos M.O.P para el concesionario de motos Motomax de la ciudad de Cali. Dicha investigación se basó principalmente en la realización de un diagnóstico de la situación actual del concesionario

De la Universidad de los Andes, Carlos Zabala, en su tesis de maestría en ingeniería industrial implemento sistema de colonias de hormigas con búsqueda local para dar solución al VRPTW con restricciones de capacidad. La estrategia de solución se implementó en 6 problemas conocidos en la literatura, se realizó un diseño de experimentos y un análisis estadístico de cada uno de ellos con el objeto de encontrar las mejores soluciones y conocer el efecto de los diferentes parámetros del sistema de colonia de hormigas en la función objetivo. Finalmente comparó las soluciones obtenidas con las soluciones reportadas en problemas de literatura para todas las estancias de 25, 50 y 100 clientes (Zabala, 2005).

De igual manera, estudiantes pertenecientes a la Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística de la Universidad del Valle modelaron una metodología de priorización de despachos que combinaba la información proporcionada por varios de estos factores agrupados en una serie de indicadores de naturaleza logística, para el caso de los despachos desde una bodega a N puntos de venta, utilizando AHP como herramienta Multicriterio y determinando así la importancia de un cliente respecto a otro, para el caso de un sistema de reabastecimiento periódico de inventario, propusieron una metodología operativa para priorización de despachos en un entorno dinámico de envíos y mostraron la conveniencia de decidir acerca del despacho de vehículos con base a un grupo de indicadores de índole logístico en lugar de un solo indicador (Bravo, Osorio y Orejuela, 2009).

Por otra parte, de la Escuela de Ingenieros de Antioquia presentaron un procedimiento alternativo para resolver el problema de ruteo de vehículos con limitaciones de capacidad y flota homogénea, propusieron un algoritmo metaheurístico que constaba de la combinación de dos fases: Diseño de rutas y planificación de la flota, esta alternativa se aplicó sobre una instancia generada aleatoriamente y una instancia real arrojando resultados significativos al compararse con las heurísticas eventuales; de esta manera, concluyeron que la aplicación de modelos heurísticos que implementan un proceso de programación de operaciones vehiculares puede presentar un comportamiento homogéneo y confiable ante diversas situaciones problemáticas reales del ruteo de vehículos (Daza, Montoya y Narducci, 2010).

En la Universidad Industrial de Santander - UIS, abordaron el problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo en el área de la logística, para esta investigación se estudiaron

y sistematizaron cinco heurísticas de construcción de rutas las cuales permitieron solucionar las instancias más comunes del VRPTW de manera rápida y eficiente, encontraron que las heurísticas que arroja mejores resultados en cuanto al costo de rutas era la heurística de inserción de Solomon. Diseñaron un código en lenguaje MATLAB capaz de solucionar el problema documentado y un documento tipo manual de procedimientos de la herramienta programada (Lozada y Cadena, 2012).

De igual manera, en la Universidad Nacional de Colombia, analizaron las condiciones particulares de las PYMES del comercio al por menor, identificando recursos insuficientes en el uso de herramientas robustas para la solución de problemas de ruteo de vehículos mediante una heurística de inserción sencilla para el problema de ruteo de vehículos con entrega divididas y ventanas de tiempo (SDVRPTW), implementada en una plataforma tecnológica de fácil acceso como Microsoft Excel, validaron que el SDVRPTW es un enfoque adecuado para abordar el problema de ruteo de vehículos en compañías PYMES, obteniendo resultados computacionales que muestran cómo la heurística propuesta logra reducir aproximadamente en un 50% el número de vehículos empleados en las rutas por dichas compañías (Sepúlveda, Escobar y Jaimes, 2014).

CAPITULO III

3.1 Tipo de Investigación

Para esta investigación se contempló un estudio con enfoque cuantitativo-exploratorio a partir del empleo de fuentes primarias y secundarias entre las que se destacan la recopilación de documentación directa en la empresa de interés, además de la consulta a estudios similares en repositorios institucionales, bases de datos, plataformas oficiales y privadas e información impresa y/o digital tanto de artículos de fuentes científicas como de fuentes divulgativas.

Con relación a las ventajas que ofrece los estudios de tipo cuantitativo-exploratorio tiene que ver inicialmente con que es la técnica recomendada para conocer casi cualquier tipo de población e implementar procedimientos estandarizados para poder efectuar un análisis estadístico.

Asimismo, el desarrollo del componente teórico-práctico de la investigación y la consecución de los objetivos planteados se llevarán a cabo desde el método inductivo, a partir de un estudio de tipo descriptivo, porque describirá de modo sistemático las características de la población, situación o área de interés. Hernández, Fernández y Baptista (2010) señalan que las investigaciones descriptivas no experimentales, conciben la recolección y análisis de información sobre una situación determinada, a manera de describir las características presentes sin llegar a afectar o alterar el ambiente donde se desarrolla el hecho.

Dentro de la fase metodológica, se aprecia varios detalles del proceso de elaboración y diseño de un modelo óptimo de rodamiento del centro operativo Barranquilla en temporada baja de Expreso Brasilia s.a., en este tipo de procedimiento se detalla el nivel de investigación, el diseño para selección de muestras, la técnica de recolección de datos y, por último, se describen las actividades para elaborar el modelo.

3.1.1 Modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla en temporada baja de Expreso Brasilia s.a.

En la tabla 8 se describe el modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo, teniendo en cuenta 157 datos para el análisis en bloque del clúster 1, 2 y 3, con un porcentaje de ocupación que oscila entre el 29 y el 80%.

Tabla 8. Modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo de Barranquilla

ID	ID BLOQUE	clúster	% OCUPACION
1	1	cluster_1	65%
2	1	cluster_2	82%
3	1	cluster_1	29%
4	1	cluster_2	78%
6	1	cluster_3	68%
7	1	cluster_1	43%
8	1	cluster_2	52%

12	2	cluster_0	77%
10	2	cluster_3	60%
14	2	cluster_2	71%
9	2	cluster_1	38%
13	2	cluster_1	57%
15	2	cluster_1	67%
17	2	cluster_2	90%
16	3	cluster_1	55%
18	3	cluster_3	94%
19	3	cluster_2	42%
20	3	cluster_3	54%
21	3	cluster_0	64%
22	3	cluster_0	74%
24	3	cluster_2	50%
25	3	cluster_2	73%
23	3	cluster_2	42%
26	4	cluster_1	22%
28	4	cluster_3	71%
27	4	cluster_3	60%
29	4	cluster_2	36%
30	4	cluster_1	47%
34	4	cluster_2	62%
31	4	cluster_2	57%

33	4	cluster_3	65%
35	4	cluster_1	57%
44	4	cluster_0	81%
39	4	cluster_0	64%
37	4	cluster_1	54%
42	4	cluster_3	67%
41	4	cluster_3	66%
43	4	cluster_3	74%
40	4	cluster_1	26%
36	4	cluster_3	58%
46	5	cluster_1	67%
47	5	cluster_2	60%
45	5	cluster_1	24%
50	5	cluster_1	54%
49	5	cluster_0	83%
48	5	cluster_0	66%
52	5	cluster_2	41%
53	5	cluster_2	68%
51	5	cluster_1	46%
54	6	cluster_1	59%
55	6	cluster_2	46%
57	6	cluster_0	80%
56	6	cluster_0	76%

60	6	cluster_2	57%
62	6	cluster_2	72%
63	6	cluster_0	95%
61	6	cluster_0	74%
64	7	cluster_1	51%
65	7	cluster_2	79%
66	7	cluster_1	40%
67	7	cluster_2	56%
69	7	cluster_1	38%
70	7	cluster_3	95%
68	7	cluster_0	77%
73	7	cluster_3	51%
71	7	cluster_3	51%
72	7	cluster_1	53%
74	8	cluster_0	90%
75	8	cluster_3	47%
76	8	cluster_1	46%
77	8	cluster_1	55%
84	8	cluster_2	57%
80	8	cluster_3	75%
78	8	cluster_3	55%
81	8	cluster_2	59%
79	8	cluster_2	59%

85	8	cluster_2	52%
82	8	cluster_1	64%
83	8	cluster_2	46%
87	9	cluster_3	54%
88	9	cluster_3	64%
89	9	cluster_2	55%
91	9	cluster_1	67%
95	9	cluster_1	38%
90	9	cluster_2	47%
93	9	cluster_0	91%
99	9	cluster_3	54%
98	9	cluster_1	35%
100	9	cluster_3	67%
103	9	cluster_3	70%
101	9	cluster_3	67%
102	9	cluster_1	47%
104	10	cluster_2	76%
105	10	cluster_2	60%
106	10	cluster_1	56%
112	10	cluster_3	51%
110	10	cluster_2	63%
117	10	cluster_2	64%
109	10	cluster_0	79%

114	10	cluster_3	51%
115	10	cluster_1	22%
108	10	cluster_1	71%
113	11	cluster_2	37%
116	11	cluster_2	34%
118	11	cluster_2	89%
119	11	cluster_2	59%
120	11	cluster_1	42%
124	11	cluster_3	78%
121	11	cluster_3	53%
123	11	cluster_1	39%
125	11	cluster_2	57%
122	11	cluster_3	59%
128	11	cluster_2	59%
126	11	cluster_3	51%
129	12	cluster_1	62%
130	12	cluster_2	46%
131	12	cluster_1	34%
143	12	cluster_2	51%
133	12	cluster_2	49%
136	12	cluster_3	52%
138	12	cluster_3	57%
141	12	cluster_3	60%

139	12	cluster_0	63%
140	12	cluster_3	51%
137	13	cluster_3	52%
135	13	cluster_2	49%
134	13	cluster_1	33%
142	13	cluster_1	38%
132	13	cluster_1	47%
144	13	cluster_2	76%
149	15	cluster_3	65%
151	15	cluster_0	68%
150	15	cluster_2	66%
148	15	cluster_0	85%
146	15	cluster_0	64%
152	15	cluster_2	84%
153	15	cluster_2	68%
156	16	cluster_0	80%
158	16	cluster_0	60%
154	16	cluster_1	53%
157	16	cluster_2	69%

Fuente: elaboración propia

El resultado de este modelo muestra unos bloques combinados con líneas pertenecientes a los clústeres más rentables y con mayor porcentaje de cumplimiento en el rodamiento y en la ocupación por línea, quedando estructurado con 144 líneas y 16 bloques, lo que permite tener un

modelo de rodamiento que cumple con el objetivo de la compañía en temporada baja, el cual apunta a que la ocupación de cada ruta o línea sea del 60% y un cumplimiento en su ejecución del 100%.

3.2 Métodos de investigación

La programación del rodamiento para los vehículos asignados al Centro de Operaciones en Barranquilla de Expreso Brasilia s.a. es el proceso más importante en la actividad principal de la organización; para desarrollar el respectivo análisis se utilizó el método de optimización combinatoria, donde se tomaron las cifras de proyección y ejecución de cada una de las rutas que conforman los bloques adscritos al plan de rodamiento para la vigencia 2018, con el fin de analizar cada una de las variables que lo componen a fin de identificar oportunidades de mejora.

3.3 Muestra

La muestra de análisis para el diseño del modelo de optimización del plan de rodamiento de Expreso Brasilia s.a. de Barranquilla en la categoría Premium Afiliados está compuesto por bloques que contienen rutas, líneas o tramos programados con buses activos asignados al plan para la vigencia 2018.

Expreso Brasilia s.a. cuenta con tres centros operativos ubicados en Barranquilla, Bogotá y Medellín, siendo el más importante en la categoría Premium Afiliados debido al mayor número

de rutas o líneas y parque automotor asignado, diseñado y monitoreado por la sede principal que se encuentra en la ciudad de Barranquilla – Atlántico.

El centro operativo de Barranquilla tiene definido el plan de rodamiento de acuerdo a lo descrito en la figura 6.



Figura 6. Plan de rodamiento centro operativo Barranquilla

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información suministrada por la organización se define tomar como muestra de análisis el rodamiento Premium Afiliados dado que es donde se concentra el mayor número de bloques y de líneas; actualmente la compañía tiene autorizado por el Ministerio de Transportes la capacidad para operar 378 buses de los cuales 126 están asignados al rodamiento Premium Afiliados y representan el 33,3% del parque automotor vigente de la organización.

3.4 Marco contextual

La compañía en estudio es una organización Colombiana de Transporte Terrestre de pasajeros fundada en el año 1961 por ende cuenta con más de 57 años en el sector, moviliza en

promedio cuatro millones de personas anualmente a través de más de 200 puntos de venta distribuidos a nivel nacional , cubre más de 800 destinos a nivel Nacional, es la única empresa a nivel terrestre que presta servicios internacionales de calidad por medio de un parque automotor dotado con tecnología moderna y demostrando una gran capacidad operativa con el número de buses que cubren su rodamiento, los destinos habilitados a nivel internacional son Venezuela (Caracas) y Perú (Lima).

3.5 Instrumentos de recolección de datos

La información de estudio corresponde a fuente primaria, esto debido, a que fue suministrada directamente por la organización, y contiene el histórico de ejecución, el comportamiento del cumplimiento del rodamiento y el porcentaje de la ocupación versus los ingresos obtenidos por la operación del plan de rodamiento Premium Afiliados de Barranquilla durante la vigencia 2018.

Las variables de las cifras suministradas son las que se describen en la tabla 1:

Tabla 1. Variables

RUTA	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento desde un origen hasta un destino a través de un recorrido establecido o previsto para un viaje.
HORA	<ul style="list-style-type: none"> • Momento del día en que se puede programar el despacho de una ruta.
ORIGEN	<ul style="list-style-type: none"> • Ciudad donde inicia la ruta.
DESTINO	<ul style="list-style-type: none"> • Ciudad donde termina la ruta.
EJECUTADA	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cumplimiento de la ruta establecida.
PROYECTADA	<ul style="list-style-type: none"> • Número de rutas asignadas para ejecutar
CUMPLIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje obtenido del análisis de las rutas ejecutadas vs las proyectadas.
OCUPACION	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje obtenido del análisis de número de pasajeros movilizados en una ruta vs el número de puestos disponibles del Bus.
INGRESO	<ul style="list-style-type: none"> • Venta realizada en la ruta asignada mostrada en pesos Colombianos.
ANTICIPO	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de la operación del Bus para realizar la ruta asignada (Viaticos, Alistamiento, ACPM, Tasa uso Terminal, Prueba Alcoholimetría, parqueadero y peajes).

Fuente: elaboración propia

3.6 Análisis de datos

Para el análisis de datos se analizó en primera instancia los horarios autorizados por el Ministerio de Transporte, además de la frecuencia de prestación del servicio, el recorrido, además se calculó el ponderado de cumplimiento de rodamiento, los parámetros de entrada, datos del anticipo de rodamiento y el proceso de elaboración.

3.6.1 Datos para la implementación del modelo

- Horarios de servicio autorizados por el Ministerio de Transporte.
- Frecuencia de prestación del servicio basado en la información de ocupación de cada ruta operativa o tramo cubierto, la cual deberá ir alineada a la demanda de pasajeros esperada.
- Bloques creados por la unión de varias líneas para la creación del rodamiento.
- Líneas activas en el plan de rodamiento de Expreso Brasilia que proporcionan la ruta – hora de cada recorrido (origen-destino/hora de salida).
- Centro Operativo-COP: Agencia en la que se originan y terminan los rodamientos de un determinado grupo de vehículos.
- Línea: Horario establecido en una ruta que hace parte de un rodamiento.
- Plan de rodamiento: Conjunto de rodamientos que integran todas las rutas y los horarios que cubre la empresa (líneas), en cada nivel de servicio, ordenados de manera secuencial, para cierto número de días y los buses asignados a un nivel de servicio.

- Códigos de Rutas: Caracteres que especifican un recorrido a través de distintas agencias por determinada vía.

En el análisis de los datos recolectados se valida el comportamiento del rodamiento Premium Afiliados ejecutado donde se tiene un cumplimiento global del 85,75% a cierre de la vigencia 2018, de otra parte se identifica que las rutas cortas son las más afectadas por el no cumplimiento o cierre de líneas, así mismo mayor número de líneas que se ejecutan son de origen Barranquilla y no superan los 310Km de recorrido, por lo que de ellas depende el 70% de la composición de dicho plan de rodamiento.

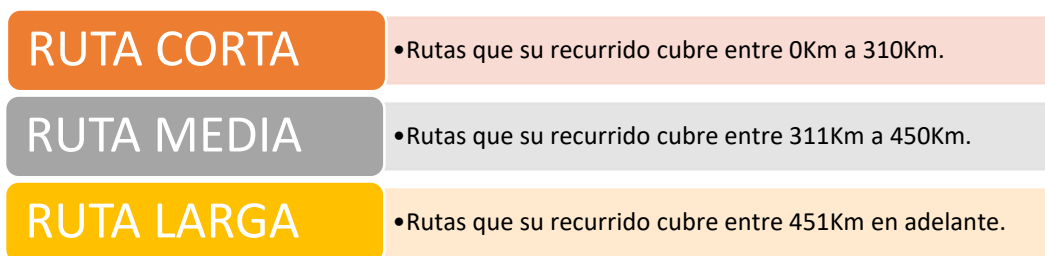


Figura 7. Tipos de rutas rodamiento Premium

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Ponderado de cumplimiento de rodamiento afiliados Premium del centro operativo Barranquilla en temporada baja periodo 2018

Para el ponderado de cumplimiento, se determinó el tiempo de ejecución de ruta corta, media y larga, como se observa en la tabla 3. De esta manera se tiene que el cumplimiento a corto plazo es solo del 63%, mientras a mediano plazo es del 88%, y finalmente a largo plazo es del 88%.

Tabla 2. Ponderado de cumplimiento de rodamiento.

	Ejecutado	Proyectado	Cumplimiento
CORTA	710	1130	63%
MEDIA	2.938	3.333	88%
LARGA	5.862	6.315	93%
PONDERADO	9.510	10778	88%

Fuente: Elaboración propia

Uno de los objetivos estratégicos de la organización es cumplir con el rodamiento global en un 90%; de acuerdo a las cifras analizadas para la ejecución de ocupación en temporada baja se tiene un cumplimiento global del 88% cifra inferior a la meta, así mismo validando las rutas se observa que la de menor cumplimiento es la corta.

3.6.3 Parámetros de entrada

Las variables que Expreso Brasilia s.a. tienen en cuenta para la elaboración de los rodamientos son:

- Niveles de servicio
- Número de vehículos por niveles de servicio
- Rutas a operar
- Tiempos de duración de las rutas
- Horarios de despacho de las rutas
- Requisitos funcionales, legales y reglamentarios aplicables
- Comportamiento de la demanda de periodos anteriores de cada una de las rutas-horarios

3.6.4 Datos del costo de rodamiento por ruta

- Ingresos, que corresponden al registro en pesos de los pasajes vendidos a determinada línea.
- Anticipos de viajes entregados por cada línea para cubrir los gastos necesarios para la compra de combustible, pago de peajes, compra del derecho de uso de la Terminal de Transportes, alimentación y hospedaje la de la tripulación, alistamiento y parqueo del bus.

Tabla 3. Conceptos que componen los anticipos







COMPOSICION ANTICIPO -		Valores asignados por el Departamento Operativo acorde a las tarifas del mercado.	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Combustible - ACPM	<input type="checkbox"/>	Peajes
<input type="checkbox"/>	Alimentación	<input type="checkbox"/>	Tasa de uso Terminal
<input type="checkbox"/>	Hospedaje	<input type="checkbox"/>	Lavado y parqueo

Fuente: Elaboración propia

3.6.5 Proceso de elaboración, ajuste e implementación del plan de rodamiento de Expreso Brasilia S.A.

Sobre el proceso de elaboración, ajuste e implementación del plan de rodamiento, se muestra inicialmente en la tabla 5 el proceso actual de elaboración del plan de rodamiento de Expreso Brasilia s.a.

Tabla 4. Proceso de elaboración del plan de rodamiento Expreso Brasilia S.A.

NOMBRE	SIMBOLO
INICIO / FINAL	
PROCESO	
DECISIÓN	
DATOS O ENTRADA	
ENTRADA MANUAL	
FLECHA DE FLUJO	

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, en la figura 8 se presenta el diagrama sobre el proceso de diseño del plan de rodamiento. En este se puede observar que la decisión del comité de rodamiento se dirige hacia formulación del plan de rodamiento para agilizar el proceso de elaboración del mismo.

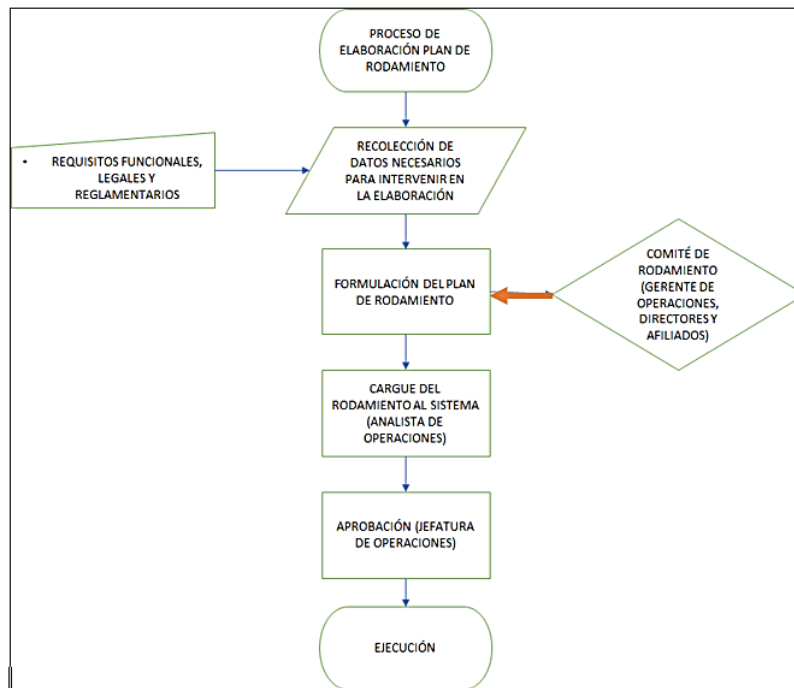


Figura 8. Proceso de diseño plan de rodamiento Expreso Brasilia

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de parámetros de entrada:** implica la recolección de todos los datos necesarios, se estudia el comportamiento de todas y cada una de las variables y parámetros que intervienen en los planes de rodamiento a elaborar. Estos parámetros o variables son: Requisitos funcionales, legales y reglamentarios aplicables. (Jefe de Operaciones).
- **Formulación de planes de rodamiento:** Realizar un análisis de la compensación entre rodamientos, buscando un equilibrio entre rodamientos que contienen líneas con buen producido y aquellos con un menor rendimiento en los ingresos (Jefe de Operaciones).

- Aprobación del plan de rodamiento: El Jefe de Operaciones debe enviar el plan de rodamiento, vía correo electrónico al Gerente de operaciones con el fin de que este lo apruebe a través de este mismo medio, de manera simultánea se realiza el comité de revisión y ajustes donde intervienen los Directores de Agencias, Afiliados y Conductores.
- Creación de rutas, códigos y tramos: se debe crear códigos que identifiquen las rutas en el sistema de agencias, teniendo en cuenta la vía por donde circulan y las agencias que la componen (las cuales ya tienen códigos asignados), estos códigos estarán conformados por los códigos de la agencia origen y agencia destino de la ruta (analista de operaciones).
- Verificación y Validación de Planes de Rodamiento una vez listos los Planes de Rodamiento, éstos entran a un proceso de verificación realizada por parte del Jefe de Operaciones.
- Liberación o entrega de los planes de rodamiento una vez se carga el plan de rodamiento en el sistema y es revisado, el Analista de Planeación y Control de la Operación lo carga para que éste genere proceso para su actualización a nivel nacional.

CAPITULO IV

Los resultados obtenidos en esta investigación ratifican que la organización del transporte en Colombia tiene un funcionamiento complejo, intervenido por intereses particulares; aunque la optimización de un plan de rodamiento no es la completa y única solución, contribuye en gran parte a mejorar las condiciones de operación del plan de rodamiento de Expreso Brasilia s.a.

4.1 Resultados

Durante el proceso de análisis de los datos se buscó la información que aportara a la construcción y desarrollo de un modelo óptimo de rodamiento en temporada baja para el centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a. con el enfoque de dar respuesta a la pregunta de investigación y a los objetivos planteados para llegar al resultado esperado.

La pregunta de investigación atiende a saber ¿Cómo mejorar la optimización y calidad del plan de rodamiento para el centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia en temporada baja?

Objetivos específicos:

- Analizar el plan de rodamiento actual del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a., entendiendo los procesos y comportamientos de los mismos y los cumplimientos a los indicadores estratégicamente diseñados por la compañía.
- Identificar las rutas que afectan el rodamiento del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia S.A en temporada baja.

- Elaborar un modelo de optimización del plan de rodamiento con las rutas intermunicipales autorizadas por el Ministerio de Transporte en temporada baja para el centro operativo de Expreso Brasilia S.A en la ciudad de Barranquilla.

De acuerdo al análisis estadístico se identificaron las variables que de manera importante hacen que se cumplan o no los objetivos estrategias de la empresa que intervienen directamente con el funcionamiento óptimo de un plan de rodamiento de acuerdo a lo observado en la figura 9:

- Cumplir con el 90% del plan de rodamiento.
- Lograr una ocupación por bus del 60%.

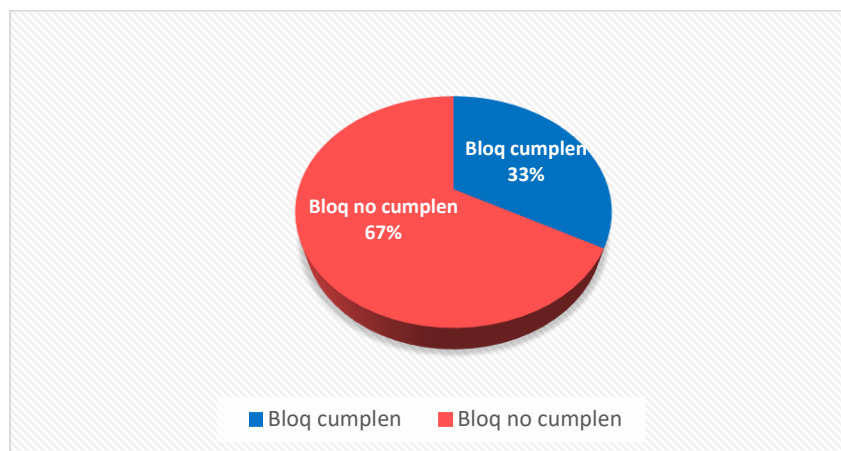


Figura 9. Cumplimiento de ocupación por bloque Expreso Brasilia S.A.

Elaboración propia

Se tiene un cumplimiento de ocupación del 33% de los bloques frente a la meta esperada, adicionalmente la empresa presenta incumplimiento en el indicador de ocupación en el 67% de los bloques para el plan de rodamiento del centro operativo de Barranquilla – Premium Afiliados en temporada baja, evidenciándose que se requiere tomar acciones al respecto dado que alineado a la ocupación están los ingresos esperados por tanto la organización y los afiliados no ven reflejadas ganancias por la operación de su parque automotor.

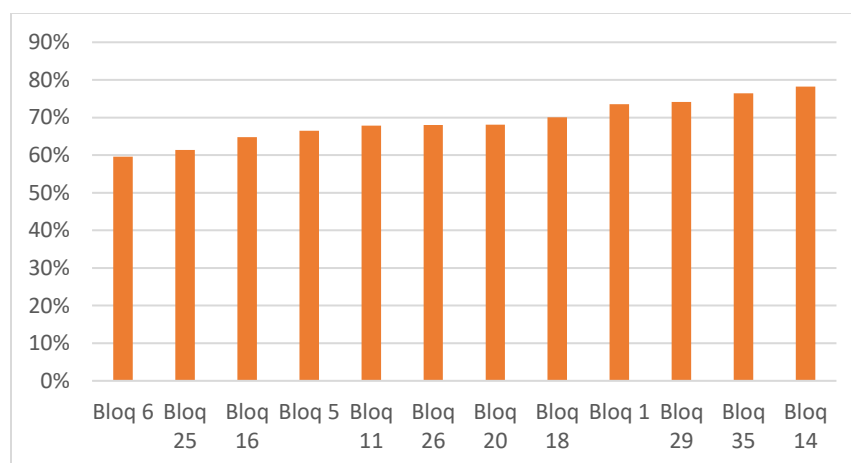


Figura 10. Bloques superiores centro operativo Barranquilla

Fuente: Elaboración propia

El plan de rodamiento del centro operativo de Barranquilla está compuesto por 36 bloques de los cuales se tiene que 12 superan el 60% de ocupación y cumplen con el objetivo estratégico del centro de operaciones de la compañía, donde se indica que la ocupación objetivo de los buses es mínimo el 60% , adicionalmente se evidencia que ninguna de estas rutas llega al 100% de

ocupación por ende se considera una oportunidad en replanteamiento logístico a fin de que su foco sea alcanzar la totalidad de ocupación lo cual genere mayor rentabilidad para la organización y sus afiliados.

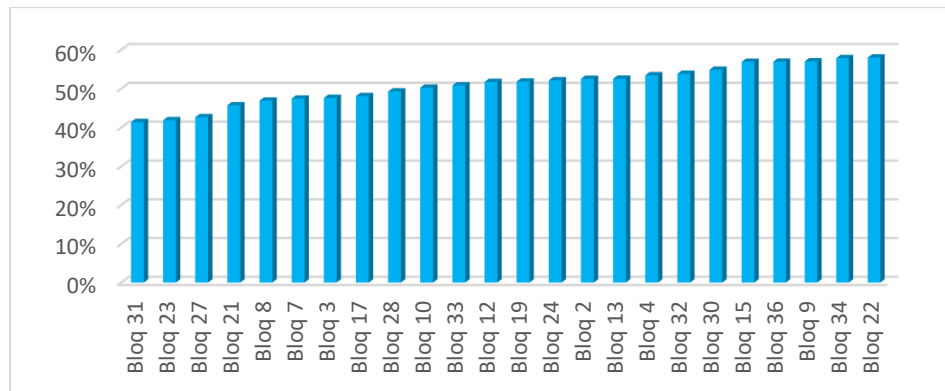


Figura 11. Bloques inferiores centro operativo Expreso Brasilia

Fuente: Elaboración propia.

En primera instancia se mostrarán los resultados obtenidos después de un análisis estadístico univariante, el cual busca encontrar ciertas tendencias y valores promedio de las variables analizadas.

Como lo vemos en la figura 11 donde se presenta incumplimiento en la ocupación para 24 de los 36 bloques del plan de rodamiento del centro operativo de Barranquilla, dado que de manera inicial se buscaba analizar si el modelo del plan de rodamiento actual es óptimo en su ejecución, el análisis se concentra en la ocupación de la rutas debido a que de acuerdo a los

registros de la empresa la ejecución del rodamiento es acorde a sus metas y la ocupación es la variable que ha afectado de manera directa el cumplimiento de algunas líneas y la generación de valor para los afiliados y los accionistas.

4.1.1 Rutas no rentables en temporada baja del plan de rodamiento año 2018

Con respecto a la identificación de rutas no rentables en temporada baja, en la tabla 6 se observa de las 158 rutas, 44 rutas no están cumpliendo a cierre de la vigencia 2018 las cuales están distribuidas en 28 bloques, por lo tanto, estos aspectos permiten tomar decisiones frente a la viabilidad de continuar prestando el servicio de las mismas o definitivamente cerrarlas y destinar el parque automotor para reforzar las rutas con mayor afluencia de pasajeros.

Tabla 5. Identificación de rutas no rentables en temporada baja

IDENTIFICACIÓN DEL BLOQUE	RUTA	UTILIDAD BRUTA (Pesos Colombianos)
2	1202	-3923352,53
2	0211	-2193
3	4712	-15735018,3
4	3112	-805180
4	1202	-790332
6	4711	-15386718
7	4702	-24186830,2

7	0230	-6149021
8	1202	-459680
9	1202	-959732
9	3203	-452992
10	4702	-9840378,96
12	3112	-6626259,24
13	4712	-5052286,64
15	3147A	-11690432
15	1202	-835646
16	4702	-13380721
17	4743	-2220478,4
20	1618B	-2025226,32
22	4743	-17774782,5
22	0943	-8196577,53
22	4733	-735837,16
23	4739A	-643500
23	1102	-445408
23	4702	-135950,24
23	3947A	0
26	4702	-20913324,6
27	4712	-13316746,9
28	1202	-4140177
28	3112	-747428

28	4310	-210636
29	4702	-21970257,4
30	4743	-19813819,5
31	1202	-847332
32	4702	-21129841,4
33	1211P	-9689297,43
33	4702	-6082930,4
33	1011	-911249
34	3112	-14674640
34	0212	-2829837
34	1202	-383948
35	4712	-9086960,52
36	4702	-11812986,4
36	1202	-314390

Fuente: elaboración propia

De otra parte, respecto al costo de mantenimiento de una ruta se entregan anticipos de acuerdo a los valores establecidos para cada línea en cada vigencia y los cuales no tienen modificación alguna a menos de que se presente alza en el valor del combustible, cabe resaltar que los cambios en estos rubros no afectan las tarifas de pasajes ofrecida a los usuarios. A continuación, en la figura 12 se muestra la fluctuación del costo del combustible durante la vigencia 2018.

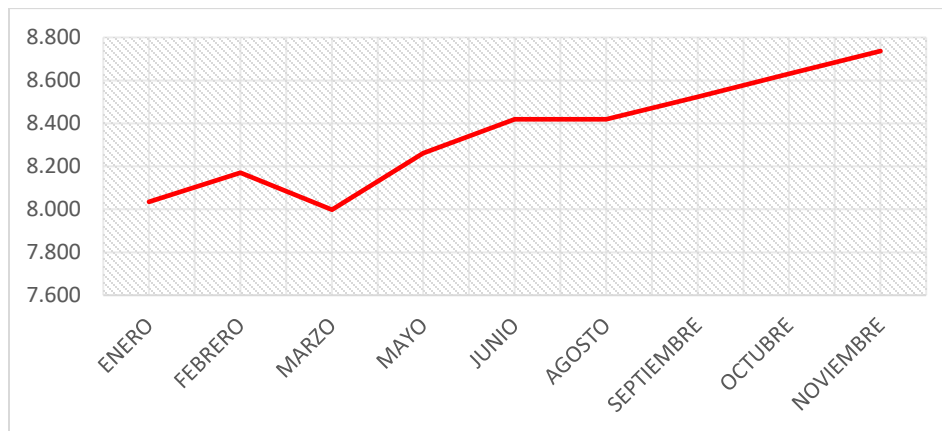


Figura 12. Comportamiento precio galón ACPM 2018

Fuente: Adaptado de MinMinas, ww.minminas.gov.co/precios,2018.

El transporte de pasajeros terrestres es un servicio regulado por el Ministerio de transportes y controlado la Superintendencia de puertos y transportes, quienes vigilan que las empresas y los buses cumplan con la reglamentación impuesta para la regulación de la velocidad y el cumplimiento y cubrimiento de las rutas – horarios asignadas por resolución, lo que limita en gran parte la acomodación de horarios ofertados por empresa para una ruta, para establecer las tarifas se realiza un benchmarking de precios con las empresas que ofertan rutas a un mismo destino a fin de tener un dato real y establecer una tarifa competitiva que permita cumplir con la ocupación y los proyectados; aunque el estudio realizado para dar respuesta al problema planteado va enfocado al comportamiento del plan de rodamiento del centro de operaciones de Barranquilla – Premium Afiliados de Expreso Brasilia en temporada baja, el comportamiento de las empresas transportadoras terrestres de pasajeros en Colombia es similar, existen varias

empresas prestando el servicio para los mismos destinos, no hay coordinación entre las empresas para ofertar un mejor portafolio de horarios y ser más competitivos y no hay un ente que controle y apoye la no prestación de servicio a un mismo destino en una misma hora de salida (Tobón y Galvis, 2009).

4.1.2 Análisis multivariado del plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a. en temporada baja

El Segundo objetivo específico de la investigación realizada a Expreso Brasilia s.a. es identificar las rutas que afectan el rodamiento del centro operativo Barranquilla de Expreso Brasilia s.a. en temporada baja con la finalidad de tratarlas por medio del proceso de minería de datos que nos lleve a la optimización del plan de rodamiento actual, siendo consecuentes con el plan de desarrollo.

Para el diseño del modelo que se propone se utilizó un modelo multivariado Clúster, que corresponde a la segunda parte del análisis de las variables, donde se ejecuta la combinación del sistema empírico o manual que actualmente la empresa posee, con la herramienta de análisis estadístico que nos muestra los bloques donde se concentran las líneas que no son rentables y hacen que la ejecución del plan de rodamiento en temporada baja se cumpla por debajo del 90% y no sea un plan que genere valor y que su meta sea una ejecución del 100%.

Durante el proceso de diseño del modelo se tuvo en cuenta las variables que la empresa enuncia y tiene en cuenta para la ejecución como son:

- Número de vehículos por niveles de servicio vinculados a la empresa y acorde a la capacidad de vehículos autorizada por parte del Ministerio de Transportes.
- Rutas para operar aprobadas previa licitación ante el Ministerio de Transportes.
- Tiempos de duración de las rutas durante su recorrido, tomado desde la ciudad origen hasta la ciudad destino.
- Horarios de despacho de las rutas avalados por el Ministerio de Transportes y supervisados por la Superintendencia de Puertos y Transportes
- Requisitos funcionales, legales y reglamentarios aplicables según el marco teórico para la regulación del Transporte automotor intermunicipal de pasajeros por carretera y políticas establecidas por el Departamento Operativo de Expreso Brasilia s.a.

El modelo del plan de centro operativo base para el desarrollo del análisis es el actualmente diseñado por el Departamento Operativo, el cual se está ejecutando periódicamente a nivel nacional, consta de la programación de 41 bloques y 160 líneas que no se han ejecutado en su totalidad y no hay penalización por la cancelación sin justa causa de la operación de algunas de las rutas programadas.

El proceso de este análisis multivariado inicia con la entrada de datos obtenidos de la fuente primaria para que a través del programa RAPIDMINER, se realice un análisis minero de datos y

asignar el mismo valor a cada una de las variables que están expresadas en unidades de medidas diferentes a través de un entorno gráfico.

Como resultado del proceso se formaron cuatro grupos (Clúster), basándose en la variable de nombre ocupación ya que es directamente proporcional a los ingresos y al número de pasajeros, esto quiere decir que a mayor porcentaje de ocupación en una ruta mayor ingresos y mayor número de pasajeros movilizados.

Tabla 6. Clasificación de clúster después del tratamiento de los datos

No. Clúster	Cantidad de rutas
Clúster 0	21
Clúster 1	56
Clúster 2	46
Clúster 3	35
Total	158

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la información tratada y al análisis de los datos agrupados se encuentra que el Clúster que muestra las líneas de mayor ocupación es el No.0, conformando el 13,29% de las líneas que componen el rodamiento y es donde se agruparon aquellas rutas con alta cantidad de pasajeros (1.506) alto nivel de ingreso (1.714), alto nivel de anticipo (1.087) y muchos kilómetros recorridos (1.767), por las características podemos deducir que se tratan de las líneas de trayectos largos y también muestra que el Clúster que concentra las líneas de menor ocupación es el No. 1

concentrando el 35,44% de las líneas o rutas que componen el plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla – Premium afiliados en temporada baja donde se agruparon aquellas rutas con baja cantidad de pasajeros (0.585) bajo nivel de ingreso (0.829), bajo nivel de anticipo (0.566) y pocos kilómetros recorridos (0.810). como lo muestra la tabla siguiente.

Tabla 7. Valor de cada centroide del atributo

Attribute	cluster_0	cluster_1	cluster_2	cluster_3
PASAJEROS	1.506	-0.996	0.079	0.585
INGRESO	1.714	-0.863	-0.363	0.829
ANTICIPO	1.087	-0.954	0.235	0.566
KMS_RUTA	1.767	-0.785	-0.466	0.810

Fuente: Elaboración propia

Para poder continuar con la propuesta del Modelo Optimo de rodamiento para Expreso Brasilia s.a. es necesario evaluar el resultado de los algoritmos de Clustering debido a que solo con la observación es difícil definir cuando el resultado de un agrupamiento es aceptable. Por esta razón existen técnicas e índices para la validación de un agrupamiento realizado como lo es el índice de Davies–Bouldin, este índice está definido como:

$$DB = \frac{1}{k} \sum_{i=1, i \neq j}^k \max \left(\frac{\sigma_i + \sigma_j}{d(c_i, c_j)} \right)$$

Donde k es el número de clústeres, σ_i es la distancia promedio entre cada punto en el clúster i y el centroide del clúster, σ_j es la distancia promedio entre cada punto del clúster j y el centroide del clúster, y $d(c_i, c_j)$ es la distancia entre los centroides de los 2 clústeres.

Para validar si este análisis es aceptable y que se agruparon las variables de manera adecuada se revisó el Índice Davies Bouldin donde el resultado fue de -1,147, es decir que el modelo es aceptable, basados en la teoría de que el algoritmo de agrupamiento que produce la colección de grupos con menores índices de Davies–Bouldin está considerado el algoritmo mejor basado en este criterio. Es decir que el valor pequeño indica clústeres compactos, y que sus centros están separados los unos de los otros.

4.1.3 Modelo óptimo del plan de rodamiento afiliados Premium del centro operativo

Barranquilla en temporada baja de expreso Brasilia S. A.

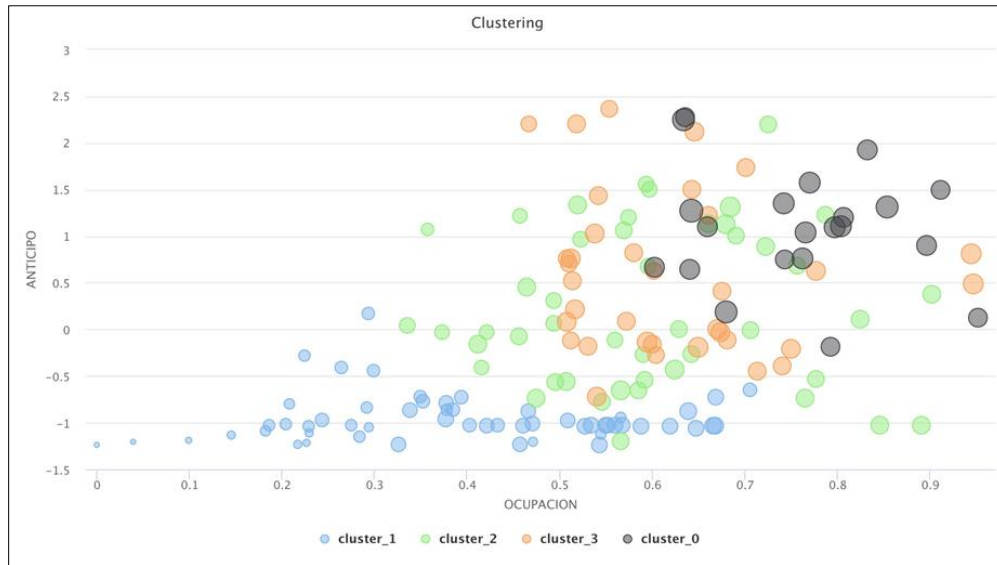


Figura 13. Ocupación Vs anticipo

Fuente: Elaboración propia

La relación de las variables ocupación vs anticipos como se muestra en la figura 13 no es muy clara debido a que independiente de la ocupación, los kilómetros recorridos, los ingresos obtenidos y el número de pasajeros, los anticipos entregados para cubrir la operación de la ruta son fijos y la única variación posible a presentar depende del comportamiento del precio del combustible durante un período.

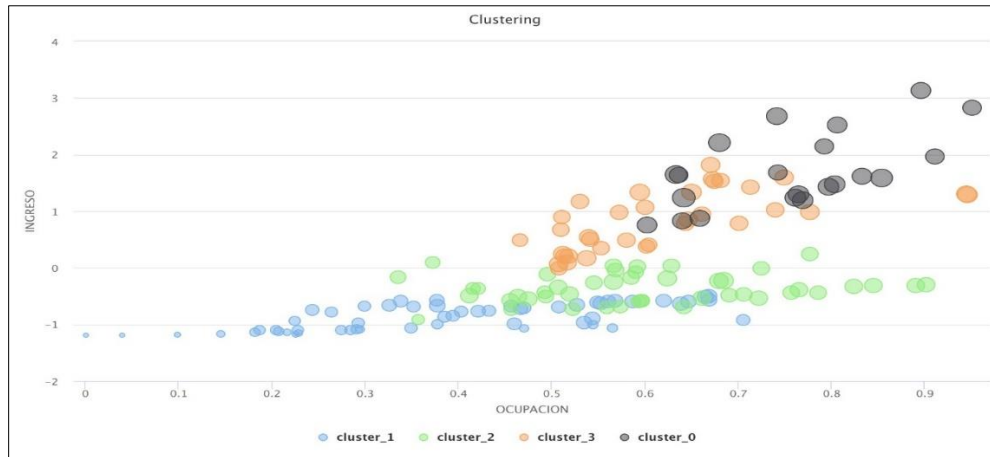


Figura 14. Ocupación Vs ingreso

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, con el fin de poder clasificar de manera clara los grupos de las líneas desde las más rentables hasta las menos rentables se cruzo la información de la variable ocupación con la información de la variable ingreso. A continuación se muestra la formar en que se componene los cluster con sus respetivas líneas.

- CLUSTER 0

En la tabla 9 se muestra el listado de datos que corresponden a las líneas o rutas que aportan la mayor ocupación y los de mayor ingresos en la ejecucion del rodamiento, mostrando todas las variables de manera positiva.

Tabla 8. Listado de rutas para el Clúster 0

id	PASAJEROS	INGRESO	ANTICIPO	OCUPACION	KMS_RUTA	Clúster
12,0	1,6	1,3	1,0	,8	1,9	cluster_0
21,0	2,7	1,2	1,3	,6	1,9	cluster_0
22,0	,9	1,7	,7	,7	1,9	cluster_0
39,0	,7	1,6	2,3	,6	1,5	cluster_0
44,0	1,4	2,5	1,2	,8	1,2	cluster_0
48,0	1,4	,9	1,1	,7	1,9	cluster_0
49,0	1,1	1,6	1,9	,8	2,1	cluster_0
56,0	1,8	1,2	,8	,8	1,9	cluster_0
57,0	1,9	1,5	1,1	,8	1,9	cluster_0
61,0	1,7	2,7	1,3	,7	2,1	cluster_0
63,0	,8	2,8	,1	1,0	1,8	cluster_0
68,0	1,7	1,2	1,6	,8	1,7	cluster_0
74,0	1,1	3,1	,9	,9	2,1	cluster_0
93,0	,7	2,0	1,5	,9	1,6	cluster_0
109,0	1,0	2,1	-,2	,8	1,5	cluster_0
139,0	2,4	1,6	2,2	,6	1,5	cluster_0
146,0	1,3	,8	,6	,6	1,7	cluster_0
148,0	2,0	1,6	1,3	,9	1,7	cluster_0
151,0	2,4	2,2	,2	,7	1,5	cluster_0
156,0	1,9	1,4	1,1	,8	1,7	cluster_0
158,0	1,3	,8	,7	,6	1,7	cluster_0

Fuente: Elaboración propia

- CLUSTER 1

En la tabla 10, se muestra el listado de datos que conforman el cluster 1 corresponden a las líneas de menor ocupación y por lo tanto representan las líneas de menor ingreso del rodamiento.

Tabla 9. Listado de rutas para el Clúster 1

id	PASAJEROS	INGRESO	ANTICIPO	OCUPACION	KMS_RUTA	Cluster
1,0	-,3	-,6	-1,1	,6	-,7	cluster_1
3,0	-1,8	-1,1	-1,0	,3	,2	cluster_1
5,0	-1,2	-1,1	-,7	,3	-1,2	cluster_1
7,0	-,8	-,8	-1,0	,4	-,7	cluster_1
9,0	-,3	-,7	-1,0	,4	-,6	cluster_1
11,0	-1,5	-1,1	-1,0	,2	-1,2	cluster_1
13,0	-1,6	-1,1	-,9	,6	-,2	cluster_1
15,0	-,1	-,5	-1,0	,7	-,7	cluster_1
16,0	-,3	-,6	-1,0	,5	-,7	cluster_1
26,0	-1,4	-,9	-,3	,2	-,9	cluster_1
30,0	-1,8	-1,1	-1,2	,5	-,7	cluster_1
32,0	-2,0	-1,2	-1,2	,0	-1,2	cluster_1
35,0	-,3	-,6	-1,0	,6	-,7	cluster_1
37,0	-,4	-,9	-1,2	,5	-1,1	cluster_1
38,0	-1,8	-1,2	-1,1	,2	-1,2	cluster_1
40,0	-1,3	-,8	-,4	,3	-,1	cluster_1

45,0	-1,0	-,7	-1,0	,2	-,7	cluster_1
46,0	,0	-,5	-1,0	,7	-,7	cluster_1
50,0	-1,6	-1,0	-1,1	,5	,6	cluster_1
51,0	-,6	-1,0	-1,0	,5	-1,2	cluster_1
54,0	-,3	-,6	-1,0	,6	-,7	cluster_1
58,0	-2,0	-1,2	-1,2	,2	-1,2	cluster_1
59,0	-1,5	-1,1	-1,0	,2	-1,2	cluster_1
64,0	-,6	-,7	-1,0	,5	-,7	cluster_1
66,0	-,8	-,8	-1,0	,4	-,7	cluster_1
69,0	-,9	-,9	-,9	,4	-1,0	cluster_1
72,0	-,3	-1,0	-1,0	,5	-1,2	cluster_1
76,0	-,5	-,7	-1,2	,5	-,7	cluster_1
77,0	-,4	-,6	-1,0	,6	-,7	cluster_1
82,0	-,1	-,6	-,9	,6	-1,0	cluster_1
86,0	-1,4	-1,1	-1,2	,3	-1,2	cluster_1
91,0	-,2	-,6	-,7	,7	-,7	cluster_1
92,0	-1,1	-,7	-,4	,3	-,3	cluster_1
94,0	-2,0	-1,2	-1,2	,0	-1,4	cluster_1
95,0	-1,5	-1,0	-,9	,4	-,7	cluster_1
96,0	-1,6	-1,1	-1,1	,2	-1,4	cluster_1
97,0	-2,0	-1,2	-1,2	,1	,2	cluster_1

98,0	-1,0	-7	-8	,4	-,1	cluster_1
102,0	-,7	-7	-9	,5	-,9	cluster_1
106,0	-,3	-6	-1,0	,6	-,7	cluster_1
107,0	-1,3	-1,0	,2	,3	-,3	cluster_1
108,0	-1,0	-9	-7	,7	-,2	cluster_1
111,0	-1,5	-1,1	-8	,2	-1,2	cluster_1
115,0	-1,9	-1,1	-1,2	,2	-,5	cluster_1
120,0	-,8	-8	-1,0	,4	-,7	cluster_1
123,0	-,9	-9	-7	,4	-1,0	cluster_1
127,0	-1,9	-1,2	-1,1	,1	-1,2	cluster_1
129,0	-,3	-6	-1,0	,6	-,7	cluster_1
131,0	-,6	-6	-9	,3	-,7	cluster_1
132,0	-,6	-7	-1,0	,5	-,7	cluster_1
134,0	-,5	-7	-1,2	,3	-,7	cluster_1
142,0	-,5	-6	-8	,4	-,7	cluster_1
145,0	-1,4	-1,1	-8	,3	-1,2	cluster_1
147,0	-1,4	-1,1	-1,0	,3	-1,2	cluster_1
154,0	-,5	-7	-1,0	,5	-,7	cluster_1
155,0	-1,4	-1,1	-1,0	,2	-1,2	cluster_1

Fuente: Elaboración propia

- CLUSTER 2

En una escala de 1 a 4, el Clúster 2 como se observa en la tabla 7 representa en tercer lugar las líneas o rutas que dan mejor ocupación en el rodamiento, pero sus ingresos o número de pasajeros son negativos en la realización de los estudios, apenas logrando que el realizar esta ruta los ingresos y el anticipo sean iguales o los anticipos sean mayores a los ingresos.

Tabla 10. Listado de Rutas de Clúster 2

id	PASAJEROS	INGRESO	ANTICIPO	OCUPACION	KMS_RUTA	Cluster
2,0	,5	-,3	,1	,8	-,7	cluster_2
4,0	,2	,2	-,5	,8	-,3	cluster_2
8,0	,4	-,5	1,3	,5	-,3	cluster_2
14,0	,1	-,5	,0	,7	-,7	cluster_2
17,0	,6	-,3	,4	,9	-,7	cluster_2
19,0	-,6	-,4	-,4	,4	-,3	cluster_2
23,0	-,6	-,4	,0	,4	,2	cluster_2
24,0	,2	-,1	-,6	,5	-,4	cluster_2
25,0	,2	,0	2,2	,7	-,2	cluster_2
29,0	-1,3	-,9	1,1	,4	-,7	cluster_2
31,0	,2	,0	-1,2	,6	,7	cluster_2
34,0	1,0	-,2	-,4	,6	-,6	cluster_2
47,0	-,2	-,6	,7	,6	-,7	cluster_2
52,0	,6	-,5	-,2	,4	-,2	cluster_2
53,0	,9	-,2	1,1	,7	-,2	cluster_2

55,0	,3	-,5	,5	,5	-,3	cluster_2
60,0	1,0	-,2	-,7	,6	-,2	cluster_2
62,0	,2	-,5	,9	,7	-1,1	cluster_2
65,0	,2	-,4	1,2	,8	-,7	cluster_2
67,0	-,3	-,7	-,1	,6	-1,0	cluster_2
79,0	,1	-,2	-,6	,6	-,4	cluster_2
81,0	-,1	,0	-,5	,6	,1	cluster_2
83,0	,0	-,6	-,1	,5	-,3	cluster_2
84,0	,1	,0	1,1	,6	-,4	cluster_2
85,0	-,4	-,7	1,0	,5	-1,0	cluster_2
89,0	,1	-,3	-,8	,5	-,7	cluster_2
90,0	,4	-,6	-,7	,5	-,6	cluster_2
104,0	,3	-,4	-,7	,8	-,7	cluster_2
105,0	-,2	-,6	1,5	,6	-,7	cluster_2
110,0	-,1	,0	,0	,6	,1	cluster_2
113,0	-,5	,1	,0	,4	,3	cluster_2
116,0	-,4	-,2	,0	,3	,3	cluster_2
117,0	,0	-,7	-,3	,6	-1,1	cluster_2
118,0	,6	-,3	-1,0	,9	-,7	cluster_2
119,0	-,2	-,6	1,6	,6	-,7	cluster_2
125,0	-,3	-,7	1,2	,6	-1,0	cluster_2
128,0	-,3	-,1	-,3	,6	-,3	cluster_2
130,0	-,7	-,7	1,2	,5	-,7	cluster_2

133,0	-,3	-,4	,3	,5	-,5	cluster_2
135,0	-,4	-,5	,1	,5	-,4	cluster_2
143,0	,4	-,3	-,6	,5	-,6	cluster_2
144,0	,2	-,4	,7	,8	-,7	cluster_2
150,0	,3	-,5	1,1	,7	-,2	cluster_2
152,0	,6	-,3	-1,0	,8	-,7	cluster_2
153,0	1,2	-,2	1,3	,7	-,3	cluster_2
157,0	,1	-,5	1,0	,7	-,7	cluster_2

Fuente: elaboración propia

- CLUSTER 3

Las rutas de Clúster 3 que se muestran en la tabla 7 son las segundas líneas que aportan al objetivo del cumplimiento del plan de rodamiento, donde los pasajeros movilizados y los ingresos por ventas superan el anticipo entregado. También presenta algunos valores que tienen donde los ingresos son menores que el anticipo entregado, pero los pasajeros superan al anticipo entregado.

Tabla 11. Rutas de Clúster 3

id	PASAJEROS	INGRESO	ANTICIPO	OCUPACION	KMS_RUTA	Cluster
6,0	,5	1,5	-,1	,7	,3	cluster_3
10,0	,1	,4	-,3	,6	1,1	cluster_3
18,0	1,1	1,3	,8	,9	1,1	cluster_3

20,0	,7	,2	1,0	,5	,6	cluster_3
27,0	,1	,4	,6	,6	1,1	cluster_3
28,0	,5	1,4	-4	,7	1,4	cluster_3
33,0	,7	,8	2,1	,6	,9	cluster_3
36,0	,4	,5	,8	,6	,7	cluster_3
41,0	,4	,9	1,2	,7	-,1	cluster_3
42,0	1,0	1,6	,0	,7	,7	cluster_3
43,0	,6	1,0	-4	,7	-,1	cluster_3
70,0	1,1	1,3	,5	,9	1,1	cluster_3
71,0	,6	,1	,1	,5	,6	cluster_3
73,0	1,0	,2	,8	,5	,6	cluster_3
75,0	-,2	,5	2,2	,5	1,2	cluster_3
78,0	,2	,3	2,4	,6	1,4	cluster_3
80,0	,8	1,6	-,2	,7	,9	cluster_3
87,0	,7	,5	-,7	,5	1,2	cluster_3
88,0	,5	,8	1,5	,6	1,2	cluster_3
99,0	,6	,5	1,4	,5	,7	cluster_3
100,0	1,0	1,8	,0	,7	,7	cluster_3
101,0	,5	1,5	,4	,7	1,4	cluster_3
103,0	,6	,8	1,7	,7	1,4	cluster_3
112,0	,6	,2	,5	,5	,6	cluster_3
114,0	,2	,7	,7	,5	1,4	cluster_3
121,0	,5	1,2	-,2	,5	,7	cluster_3

122,0	1,1	1,3	-,1	,6	,7	cluster_3
124,0	,7	1,0	,6	,8	,8	cluster_3
126,0	,1	,0	,8	,5	,6	cluster_3
136,0	,8	,1	,2	,5	,6	cluster_3
137,0	,6	,2	2,2	,5	,6	cluster_3
138,0	,6	1,0	,1	,6	,3	cluster_3
140,0	,2	,9	-,1	,5	,3	cluster_3
141,0	,3	1,1	-,2	,6	1,5	cluster_3
149,0	1,4	1,3	-,2	,6	,3	cluster_3

Fuente: elaboración propia

4.1.4 Propuesta modelo óptimo del plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla-Premium afiliados en temporada baja de Expreso Brasilia S. A.

Para determinar el modelo óptimo se procedió a eliminar del plan de rodamiento actual de Expreso Brasilia las líneas que componen el clúster #1 como se muestra en la figura 12, las cuales según sus resultados no están aportando al cumplimiento del objetivo y su ejecución por la baja ocupación no se está realizando.

- Líneas eliminadas del plan de rodamiento del Centro Operativo Barranquilla-Premium

Afiliados:

ID	ID BLOQUE	CLUSTER	OCUPACION
5	2	cluster_1	35%
11	4	cluster_1	19%
32	8	cluster_1	4%
38	9	cluster_1	23%
58	15	cluster_1	23%
59	15	cluster_1	20%
86	23	cluster_1	28%
92	23	cluster_1	30%
94	23	cluster_1	0%
96	23	cluster_1	18%
97	23	cluster_1	10%
107	27	cluster_1	29%
111	28	cluster_1	21%
127	31	cluster_1	15%
145	34	cluster_1	29%
147	34	cluster_1	27%
155	36	cluster_1	23%

Tabla 12. Resultado de propuesta de modelo óptimo

ID	ID BLOQUE	clúster	% OCUPACION
1	1	cluster_1	65%
2	1	cluster_2	82%
3	1	cluster_1	29%
4	1	cluster_2	78%
6	1	cluster_3	68%
7	1	cluster_1	43%
8	1	cluster_2	52%
12	2	cluster_0	77%
10	2	cluster_3	60%
14	2	cluster_2	71%
9	2	cluster_1	38%
13	2	cluster_1	57%
15	2	cluster_1	67%
17	2	cluster_2	90%
16	3	cluster_1	55%
18	3	cluster_3	94%
19	3	cluster_2	42%
20	3	cluster_3	54%
21	3	cluster_0	64%
22	3	cluster_0	74%

24	3	cluster_2	50%
25	3	cluster_2	73%
23	3	cluster_2	42%
26	4	cluster_1	22%
28	4	cluster_3	71%
27	4	cluster_3	60%
29	4	cluster_2	36%
30	4	cluster_1	47%
34	4	cluster_2	62%
31	4	cluster_2	57%
33	4	cluster_3	65%
35	4	cluster_1	57%
44	4	cluster_0	81%
39	4	cluster_0	64%
37	4	cluster_1	54%
42	4	cluster_3	67%
41	4	cluster_3	66%
43	4	cluster_3	74%
40	4	cluster_1	26%
36	4	cluster_3	58%
46	5	cluster_1	67%
47	5	cluster_2	60%
45	5	cluster_1	24%

50	5	cluster_1	54%
49	5	cluster_0	83%
48	5	cluster_0	66%
52	5	cluster_2	41%
53	5	cluster_2	68%
51	5	cluster_1	46%
54	6	cluster_1	59%
55	6	cluster_2	46%
57	6	cluster_0	80%
56	6	cluster_0	76%
60	6	cluster_2	57%
62	6	cluster_2	72%
63	6	cluster_0	95%
61	6	cluster_0	74%
64	7	cluster_1	51%
65	7	cluster_2	79%
66	7	cluster_1	40%
67	7	cluster_2	56%
69	7	cluster_1	38%
70	7	cluster_3	95%
68	7	cluster_0	77%
73	7	cluster_3	51%
71	7	cluster_3	51%

72	7	cluster_1	53%
74	8	cluster_0	90%
75	8	cluster_3	47%
76	8	cluster_1	46%
77	8	cluster_1	55%
84	8	cluster_2	57%
80	8	cluster_3	75%
78	8	cluster_3	55%
81	8	cluster_2	59%
79	8	cluster_2	59%
85	8	cluster_2	52%
82	8	cluster_1	64%
83	8	cluster_2	46%
87	9	cluster_3	54%
88	9	cluster_3	64%
89	9	cluster_2	55%
91	9	cluster_1	67%
95	9	cluster_1	38%
90	9	cluster_2	47%
93	9	cluster_0	91%
99	9	cluster_3	54%
98	9	cluster_1	35%
100	9	cluster_3	67%

103	9	cluster_3	70%
101	9	cluster_3	67%
102	9	cluster_1	47%
104	10	cluster_2	76%
105	10	cluster_2	60%
106	10	cluster_1	56%
112	10	cluster_3	51%
110	10	cluster_2	63%
117	10	cluster_2	64%
109	10	cluster_0	79%
114	10	cluster_3	51%
115	10	cluster_1	22%
108	10	cluster_1	71%
113	11	cluster_2	37%
116	11	cluster_2	34%
118	11	cluster_2	89%
119	11	cluster_2	59%
120	11	cluster_1	42%
124	11	cluster_3	78%
121	11	cluster_3	53%
123	11	cluster_1	39%
125	11	cluster_2	57%
122	11	cluster_3	59%

128	11	cluster_2	59%
126	11	cluster_3	51%
129	12	cluster_1	62%
130	12	cluster_2	46%
131	12	cluster_1	34%
143	12	cluster_2	51%
133	12	cluster_2	49%
136	12	cluster_3	52%
138	12	cluster_3	57%
141	12	cluster_3	60%
139	12	cluster_0	63%
140	12	cluster_3	51%
137	13	cluster_3	52%
135	13	cluster_2	49%
134	13	cluster_1	33%
142	13	cluster_1	38%
132	13	cluster_1	47%
144	13	cluster_2	76%
149	15	cluster_3	65%
151	15	cluster_0	68%
150	15	cluster_2	66%
148	15	cluster_0	85%
146	15	cluster_0	64%

152	15	cluster_2	84%
153	15	cluster_2	68%
156	16	cluster_0	80%
158	16	cluster_0	60%
154	16	cluster_1	53%
157	16	cluster_2	69%

Fuente: elaboración propia

Se eliminaron 14 líneas que representan un porcentaje de ocupación entre el 0% y el 35%, las cuales no aportan al cumplimiento del objetivo de ocupación de las rutas y afectan de manera negativa y considerable los resultados de la operación y proyectando ser incluidas en centros operativos de menor nivel de servicio, con el fin de no perder la habilitación de las rutas y presencia en las regiones por donde pasa la ruta.

Después de eliminadas la rutas que conforman el clúster #1 se ajusta el modelo actual ampliando las rutas bajo la normatividad de aprobación por parte del Ministerio de Transportes, el proceso y las políticas estipuladas por el Departamento Operativo de Expreso Brasilia s.a. para la planeación del rodamiento expuestas anteriormente.

En términos generales, el nuevo modelo óptimo para el plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla permita optimizar la operación de rutas productivas, creando como resultado equilibrado entre la ocupación y los ingresos, lo que aporta al bienestar de la compañía, Afiliados, Colaboradores y demás grupos de interés.

CAPITULO V

5.1 Conclusiones

- Se encontró que de acuerdo a lo estipulado por el Ministerio de Transporte se requiere autorización para poder ofertar más rutas en horarios diferentes a los ya permitidos, de manera que la compañía pueda tomar la decisión de eliminar rutas en horarios que no son rentables y poder incluirlas en planes de rodamiento de otros niveles de servicio con el fin de no perder la habilitación de las misma.
- Por otro lado, se analizó que la empresa actualmente maneja la elaboración del plan de rodamiento de manera empírica y manual acorde a la aprobación y aceptación del comité operativo; se sugiere obtener análisis del rodamiento por medio de un software que permita identificar las rutas con baja rentabilidad y reprogramarla de acuerdo a los parámetros de secuencia y de rutas autorizadas por el ministerio de transporte y las políticas de Expreso Brasilia s.a.
- La empresa no contempla como objetivo el cumplimiento del rodamiento en un 100%, esto es una oportunidad de mejora y de mayor cubrimiento dado que el diseño y ejecución de un plan de rodamiento es la carta de navegación para las empresas de transporte terrestre de pasajeros.
- Se evidencia que las rutas cortas son las que mayor afectación tienen en el indicador de ocupación de la empresa, por lo que se recomienda disminuir en número de rutas cortas y

ampliar las rutas en tramos largos; rodamiento aplicable para temporada baja a excepción de la ruta 4702 y 0247.

- Se deben replantear los horarios que cubren el destino 47 con rutas cortas, ya que son los que menor ocupación obtuvieron para la temporada baja del periodo 2018 y son los que están afectando de manera considerable la utilidad bruta de los bloques que componen el plan de rodamiento del centro operativo Barranquilla – Premium Afiliados.
- Las rutas de tramos medios que muestran algún tipo de conexión deben ser replanteadas, en el caso de la ruta 1618 que afecta de manera negativa el bloque, ya que sus ingresos no cubren al anticipo que se debe entregar para operar la ruta y la ocupación en temporada baja es del 44%.

5.2 Recomendaciones

- Se sugiere a la Gerencia Operativa revisar la posibilidad de ajustar el rodamiento a tal punto que se eliminen las rutas identificadas con el clúster 1 con el objetivo de crear un rodamiento óptimo para periodos futuros.
- La meta de ocupación para la temporada baja debería medirse por rutas individuales a fin de detectar dentro de un bloque cuales rutas no cumplen y de esta manera tomar acciones oportunas respecto a lo evidenciado.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D. A. R., & Guadrón, C. J. B. (2015). Competitividad del sector transporte intermunicipal de pasajeros en Boyacá. *INQUIETUD EMPRESARIAL*, 14(2), 33-67.
- Aguado A., A., & Jiménez de V., J. (2013). Optimización de rutas de transporte. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España: E-Prints Complutense.
- Arboleda Zúñiga, J., Gaviria-Gómez, J. A., & Álvarez-Romero, J. A. (2018). Propuesta de ruteo de vehículos con flota heterogénea y ventanas de tiempo (HFVRPTW) aplicada a una comercializadora pyme de la ciudad de Cali.
- Benavente, M., & Bustos, J. (2012). estado del arte en el problema de ruteo de vehículos (VRP).
- Bravo, Juan José, Osorio Gómez Juan Carlos y Orejuela Cabrera Juan Pablo Modelo para la priorización dinámica de despachos de vehículos utilizando el proceso analítico jerárquico, 2009, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística- Universidad del Valle.
- Bohórquez, G. E., Fernández, J. S., & Mogollón, M. G. (2016). Evaluación del sistema logístico de las empresas de transporte de pasajeros y envíos de mercancía de Norte de Santander, Colombia. *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS*, 14(1), 125-130.
- Bruce Golden, S. Raghavan y Edward Wasil, "The vehicle routing problem: latest advances and new challenges". Springer, New York, 2008, pp 3-122.

Cardozo, J. P. O. (2013). Solución al problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada"

CVRP" a través de la heurística de barrido y la implementación del algoritmo genético de Chu-beasley (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Industrial. Ingeniería Industrial).

Carabalí, G., & Hernán, L. (2015). Diagnóstico de la empresa Transpacífico Tour SAS de Cali en el tiempo de respuesta adecuado para la prestación del servicio de transporte especial cuando se presenta un imprevisto en la vía (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).

Chicano García, José Francisco. Metaheurísticas e Ingeniería del Software. Tesis doctoral.

Universidad de Málaga, Lenguajes y ciencias de la computación. 2007. p, 46.

Daza Julio Mario, Montoya Jairo y Narducci Francesco, Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases, 2010, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia).

Daza, J. M., Montoya, J. R., & Narducci, F. (2013). resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases (solving the capacitated vehicle routing problem using a twophase metaheuristic procedure). Revista EIA, 6(12), 23-38.

Escobar, J. W., & Linfati, R. (2012). Un algoritmo metaheurístico basado en recocido simulado con espacio de búsqueda granular para el problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(21), 139-150.

Hernández Ortiz, Y. A. (2016) Diseño de un Sistema de Ruteo de Vehículos con Múltiples Depósitos en Empresas de Transporte de Carga por Carretera. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. 2016

Hillier, Frederick S.; Lieberman, Gerald J. *Introducción a la investigación de operaciones*. 9° Ed. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill. 2010, p. 81-88.

Jourdan, Basseur, y Talbi. Hybridizing exact methods and metaheuristics: A taxonomy. En: *European Journal of Operational Research*. Diciembre, 2009. vol, 119. no, 3. p, 620–629.

Leiva-Valdebenito, S. A., & Torres-Avilés, F. J. (2010). Una revisión de los algoritmos de partición más comunes en el análisis de conglomerados: un estudio comparativo. *Revista Colombiana de Estadística*, 33(2), 321-339.

Lozada Díaz Adriana y Cadena González Ricardo Andrés, *Solución del problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW) mediante métodos heurísticos*, 2012, Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander.

Lozada Díaz Adriana y Cadena González Ricardo Andrés, *Solución del problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo (VRPTW) mediante métodos heurísticos*, 2012,

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander.

Lupiáñez, L., Priede, T., & López, C. (2014). *El emprendimiento como motor del crecimiento*

económico. Obtenido de

http://www.revistasice.com/cachepdf/bice_3048_55__24385f894c3ef154d0382ebb24b0889d.pdf

Martínez García, F. Javier; MORENO PÉREZ, José A. Optimización por enjambre para la p-mediana continua y discreta. En: Actas del U congreso español sobre Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados. 2007, p. 53-60, ISBN 978-84-690-3470-5.

Moratilla, A., Fernández, E., Sánchez, JJ, y Vicario, B. (2014). Selección óptima de operadores para el tratamiento de problemas VRP con Algoritmos Genéticos. En Cuarta Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética: CICIC.

Muñoz, E. A. B. (2009). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El hombre y la máquina*, (32), 52.

Monroy, A. G. (2015). *Mejoramiento del proceso de despachos en la terminal de transportes de Villaviencia y Bogotá en la empresa Flota La Macarena S.A.* Bogotá: Fundación

Universitaria Los Libertadores. Obtenido de

<https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/371/AngelaGinnethMonroyRodriguez.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Ocampo, E. M. T., Castaño, A. H. D., & Zuluaga, A. H. E. (2016). Desempeño de las técnicas de agrupamiento para resolver el problema de ruteo con múltiples depósitos. *TecnoLógicas*, 19(36), 49-62.

Restrepo, B. F. (2015). *elaboración de un modelo de operaciones por procesos M.O.P para el concesionario de motos Motomax de la ciudad de cali*. Cali: Universidad del Valle

Rocha, L., González, C., & Orjuela, J. (2011). Una revisión al estado del arte del problema de ruteo de vehículos: Evolución histórica y métodos de solución. *Ingeniería*, 16(2), 35-55.

Quintero Quintero, T. (2012). Algoritmo híbrido basado en un método de aproximaciones sucesivas para el problema de ruteo de vehículos heterogéneo (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

Sarmiento Lapesqueur, A. (2014). Estudio del problema de ruteo de vehículos con balance de carga: Aplicación de la meta-heurística Búsqueda Tabú (Master's thesis, Universidad de La Sabana).

Sepúlveda Juan, Escobar John Wilmer y Adarme Jaimes Wilson Un algoritmo para el problema de ruteo de vehículos con entregas divididas y ventanas de tiempo (SDVRPTW) aplicado.

Zabala arias Carlos Andrés, Implementación del sistema de colonia de hormigas con búsqueda local al problema de ruteo de vehículos con capacidad y ventanas de tiempo (CVRPTW), 2005, Universidad de los Andes.