

**Definición de los Lineamientos Necesarios
para el Desarrollo de un Modelo Dinámico de Transporte Terrestre
Intermunicipal de Pasajeros para el Departamento de Santander.**

Yennifer Africano Amézquita y Luisa Paola Cortés Luengas
Trabajo de Grado para Optar al título de ingeniero civil

Director

Yerly Fabian Martínez Estupiñán

Magister en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2023

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. OBJETIVOS.....	13
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
2. MARCO TEORICO.....	14
2.1. MODELOS NACIONALES.....	15
2.2. MODELOS INTERNACIONALES.....	21
3. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE TERRESTRE DE PASAJEROS EN SANTANDER.....	30
3.1. DEMANDA DEL TRANSPORTE INTERMUNICIPAL DE PASAJEROS EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.....	30
3.2. OFERTA DEL TRANSPORTE INTERMUNICIPAL DE PASAJEROS EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.....	39
3.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS Y SUS FLOTAS.....	40
3.2.2. TERMINALES.....	45
3.2.3. INFORMACIÓN ESPACIAL.....	49
4. MODELO CONCEPTUAL.....	52
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS.....	58

Lista de Figuras

Figura 1. Despachos de buses que llegaron desde otros departamentos al departamento de Santander.....	31
Figura 2. Número de pasajeros que llegaron desde otros departamentos al departamento de Santander.....	32
Figura 3. Despachos de buses que salieron del departamento de Santander a otros departamentos.	35
Figura 4. Número de pasajeros que salieron del departamento de Santander a otros departamentos.	35
Figura 5. Despachos de buses que se realizaron entre municipios dentro del departamento de Santander.....	36
Figura 6. Número de pasajeros que se moviliaron entre municipios dentro del departamento de Santander.....	37
Figura 7. Volúmenes más significativos de pasajeros que se moviliaron desde diferentes terminales hacia el departamento de Santander.	48

Lista de tablas

Tabla 1. Máximos de viajes y pasajeros encontrados para el mes de diciembre de cada año en el departamento de Santander.	38
Tabla 2. Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para los últimos cinco meses del año 2019.	40
Tabla 3. Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para el año 2021.	41
Tabla 4. Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para el año 2022.	41
Tabla 5. Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para diciembre delo 2019.....	43
Tabla 6. Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para diciembre del año 2021.....	43
Tabla 7. Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para diciembre del año 2022.....	43
Tabla 8. Empresas con mayor frecuencia en las principales rutas de viajes en el departamento de Santander.....	44
Tabla 9. Terminales de transporte terrestre con mayor flujo de pasajeros.....	47

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A. Modelos existentes (Marco teórico)

Apéndice B. Esquema construcción de la red vial (Plan maestro del Valle de Aburrá)

Apéndice C. Red del modelo (Plan maestro del Valle de Aburrá)

Apéndice D. Diagnóstico de infraestructura (Terminal de Bucaramanga)

Apéndice E. Información espacial de Santander

Apéndice F. Esquema propuesta modelo conceptual

RESUMEN

TITULO: Definición de los Lineamientos Necesarios para el Desarrollo de un Modelo Dinámico de Transporte Terrestre Intermunicipal de Pasajeros para el Departamento de Santander.

AUTORES: Yennifer Africano Amézquita y Luisa Paola Cortés Luengas

PALABRAS CLAVE: Modelo logístico, transporte de pasajeros, costos generalizados.

En los últimos años el transporte terrestre intermunicipal de pasajeros en el departamento de Santander ha presentado falencias en la calidad de sus servicios, ya que no se cuenta con una herramienta adecuada que permita la planificación y toma de decisiones en base a las dinámicas de movilidad del flujo de pasajeros. Por ende, este trabajo de investigación se centró en la definición de los lineamientos necesarios que permitan a futuro la construcción de un modelo dinámico de transporte terrestre de pasajeros en el departamento. Para el desarrollo de este trabajo se emplearon bases de datos encontradas en fuentes oficiales del gobierno, donde se analizaron los flujos de pasajeros y despachos de vehículos de los diferentes terminales que conforman la red regional, Como resultado de este análisis, se observó que, en promedio, la oferta de servicios superaba la demanda durante el periodo de estudio. Estos hallazgos resaltaron la necesidad de implementar un modelo logístico de pasajeros basado en el método de costos generalizados, como una herramienta para una planificación adecuada y toma de decisiones para abordar los problemas de movilidad terrestre en la región y que permita una priorización y optimización de inversiones de recursos limitados.

ABSTRACT

TITLE: Definition of the Necessary Guidelines for the Development of a Dynamic Model of Intermunicipal Ground Passenger Transportation for the Department of Santander.

AUTHORS: Yennifer Africano Amézquita y Luisa Paola Cortés Luengas

KEYWORDS: Logistic model, passenger transportation, generalized costs.

In recent years, the inter-municipal land transport of passengers in the department of Santander has presented shortcomings in the quality of its services since there needs to be an adequate tool that allows planning and decision-making based on the mobility dynamics of the passenger flow. Therefore, this research focused on defining the necessary guidelines that will enable the construction of a dynamic model of ground passenger transport in the department in the future. For the development of this work, databases found in official government sources were used, where passenger flows, and vehicle dispatches from the different terminals that make up the regional network were analyzed, identifying that, on average, the supply was more significant than the demand in the study period. This is how the need to implement a passenger logistics model based on the generalized cost method was identified as a tool for adequate planning and decision-making to address land mobility problems in the region and to allow prioritization and optimization—investment with limited resources.

INTRODUCCIÓN

En gran parte de las ciudades de Colombia, el transporte público intermunicipal de pasajeros ha venido tomando más importancia debido al notable crecimiento demográfico y económico que se presentan en muchas regiones del país. Es por ello que resulta fundamental conocer y caracterizar los factores que condicionan la movilidad de este modo de transporte. Algunas herramientas fundamentales para conocer y evaluar dichos factores son los modelos de transporte de pasajeros, utilizados como mecanismos que permiten medir la eficiencia de la operación del sistema, así como evaluar alternativas de solución de corto y mediano plazo que den respuesta a las condiciones actuales y futuras en las que se pueda ver afectado el transporte de pasajeros.

En los últimos años en el departamento de Santander el transporte intermunicipal de pasajeros ha venido creciendo, gracias al desarrollo de nuevas infraestructuras (como el proyecto de cuarta generación Bucaramanga – Barrancabermeja – Yondó, la doble calzada Bucaramanga – Cúcuta y la autopista al Río Magdalena 2) y al crecimiento poblacional de los cascos urbanos. Sin embargo, dicho aumento en la demanda ha generado que las empresas que prestan este servicio tengan que aumentar su oferta de servicios y en algunos casos dichos servicios se han generado sin los debidos estudios técnicos y se prestan en condiciones inadecuadas.

Un indicador que evidencia que la prestación del servicio de transporte de pasajeros no se ha venido haciendo de la mejor manera es el aumento en los últimos años de las tasas de siniestralidad de buses intermunicipales, según la Agencia Nacional de Seguridad Vial [1], Santander presentó un aumento en el nivel de siniestralidad en carretera entre 2019 y 2021,

cercano al 29% dejando un total de 402 fallecidos, de los cuales el 65% fue producto de siniestros de buses intermunicipales [2]. Esta estadística deja en evidencia que el crecimiento del transporte intermunicipal de pasajeros en el departamento ha sido desordenado ya que no ha contado con un plan estratégico apropiado que permita estructurar un modelo de transporte eficiente.

Por otro lado, según el estudio “Índice de Competitividad Departamental” [3] realizado en el año 2022 por el Consejo Privado de Competitividad (CPC) y la Universidad del Rosario, a través del Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas (CEPEC), Santander se encuentra en la posición número 3 entre 33 departamentos, con un valor de 6,33 (en escala de 10 puntos), por debajo de Bogotá (8,59) y Antioquia (6,93). De acuerdo con este informe, una de las falencias que presentó el departamento en materia de competitividad tiene que ver con el sector transporte terrestre intermunicipal de pasajeros, lo cual muestra que el servicio que se presta y la operación no se han venido haciendo de la forma más adecuada.

El objeto de este estudio se centró en la definición de los lineamientos necesarios para establecer un modelo dinámico de transporte terrestre de pasajeros en el departamento, basado en las dinámicas de movilidad del flujo terrestre de pasajeros del Santander, que soporte la toma de decisiones en pro del desarrollo de la movilidad intermunicipal.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: el marco teórico que sustenta este trabajo de investigación se encuentra en la sección 2, donde se incluyó una revisión bibliográfica de los modelos con foco en el transporte de pasajeros que se han propuesto tanto a nivel nacional como internacional. En la sección 3 se define la metodología utilizada para la recolección y el análisis de datos de la oferta y la demanda de pasajeros movilizados sobre el

departamento de Santander. En la sección 4 se presenta el modelo conceptual de transporte terrestre de pasajeros que será el punto de partida para lograr a futuro un modelo de transporte propio que permita la evaluación de nuevos proyectos de infraestructura y la medición del impacto en el flujo de pasajeros. Finalmente, en la sección 5 están las conclusiones relevantes del estudio y futuras propuestas.

1. OBJETIVOS

1.1.OBJETIVO GENERAL

Definir los lineamientos necesarios para el desarrollo de un modelo dinámico de transporte terrestre intermunicipal de pasajeros en el departamento de Santander.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Identificar los modelos de transporte terrestre de pasajeros existentes mediante una revisión sistemática de la literatura.
- ✓ Clasificar el sector transporte de pasajeros del departamento de Santander incluyendo oferta y demanda mediante información obtenida de fuentes oficiales.
- ✓ Determinar las variables más representativas que permitan el desarrollo de un modelo de transporte dinámico de pasajeros para Santander.

2. MARCO TEORICO

El servicio de transporte público intermunicipal de pasajeros es esencial para el desarrollo y la competitividad de las regiones, pues está inscrito en un contexto social, político y económico, haciendo de este un componente importante en los presupuestos de inversión. Según el artículo 3 de la ley 105 de 1993 [4], el transporte público es una industria encaminada a garantizar la movilización de personas o cosas, por medio de vehículos apropiados, en condiciones de libertad de acceso, calidad y seguridad de los usuarios, sujeto a una contraprestación económica.

Uno de los principales retos del estado colombiano y propósito de la industria del transporte es obtener la competitividad del sector, pues en torno de esta gira la competitividad del país [5]. Por esta razón los gobernantes departamentales han demostrado un creciente interés en la logística de las regiones y los procesos de planificación del transporte intermunicipal de pasajeros, buscando minimizar el impacto de movilidad a nivel regional.

Mauttone, Cancela, & Urquhart [6] exponen la importancia que tiene la planificación del transporte público de pasajeros en las grandes ciudades, basada en herramientas de apoyo como modelos de optimización para los cuales se dispone de algoritmos eficientes de diseño de rutas y frecuencias de viajes que buscan maximizar el nivel de servicio y minimizar el uso de recursos por medio de restricciones.

En este sentido, los modelos de transporte de logística con un enfoque en el movimiento de pasajeros son herramientas que se emplean para organizar, visualizar, analizar y pronosticar comportamientos relacionados con la movilidad de una región [7]. La mayor importancia de

estos modelos radica en solucionar las deficiencias identificadas en la financiación de proyectos de infraestructura, regulación y normatividad asociadas al transporte y la logística de pasajeros.

Dentro de este orden de ideas, se ha evidenciado que los sistemas de transporte de pasajeros han simplificado la comunicación tanto a nivel local como global, llevando cada vez más países a implementar métodos y técnicas cuantitativas que faciliten la toma de decisiones basadas en la optimización de recursos por medio de modelos que permitan organizar los procesos de transporte ya existentes, por lo que esta sección se centrará en mostrar los modelos con foco en el transporte de pasajeros que se han propuesto alrededor del mundo. Inicialmente se presentarán los modelos formulados e implementados a nivel nacional, identificando las principales variables y características de cada uno de ellos y por último se expondrán los modelos propuestos a nivel internacional empleados en distintos continentes como América, Europa y Asia.

2.1. MODELOS NACIONALES

A continuación, se presentan ejemplos a nivel nacional y aunque son antecedentes que tienen un foco más orientado a transporte público urbano, la construcción del modelo puede usarse de forma análoga para un modelo de transporte intermunicipal, de allí que se hayan considerado su análisis dentro del desarrollo del presente trabajo de investigación.

- **Modelo de Distribución (Plan Maestro De Movilidad Para El Valle De Aburrá)**

El plan maestro de movilidad para el Valle de Aburrá [8]

Comprende un **modelo de distribución** el cual tiene como función planificar las acciones requeridas a corto, mediano y largo plazo, que aporten al desarrollo del territorio desde la movilidad, la integración regional y la sostenibilidad ambiental. Esto lo convierte en la hoja de

ruta y el soporte para la toma de decisiones y gestión del territorio. La formulación del modelo que soporta este plan se llevó a cabo mediante el desarrollo de varias etapas. El punto de partida fue la caracterización de la movilidad actual de pasajeros para definir el problema central, posteriormente se realizó un análisis de escenarios con el fin de evaluar el impacto de algunas acciones propuestas y por último se formuló el plan, que incluye las estrategias, los proyectos que lo conforman y los indicadores mediante los cuales se lleva a cabo su seguimiento.

Este modelo de distribución consiste en la elaboración de una matriz de viajes a partir de los vectores origen-destino, de donde se determinaron los parámetros asociados al costo compuesto de realización de un viaje. Para la representación de este modelo se empleó una red tipo arcos, condicionada por factores que determinan la ruta que los usuarios seleccionan para desplazarse entre dos puntos. Por lo general la elección de ruta está sujeta a indicadores operativos y de costo, representados en una función de costo generalizado que explica el vínculo entre dichos parámetros de costo. Para el desarrollo de este modelo se empleó una función de costos de ruta, la cual se muestra en detalle en el **Apéndice A**.

El tiempo de viaje se determina para cada ruta como la suma de los tiempos parciales en los arcos que la componen. Por el tipo de red de modelación (estratégica), se considera como elemento de modelación el arco, cuyos límites son los cruces, de esta forma el tiempo de circulación en el arco incorpora el de la intersección.

Es importante resaltar que para cada arco es necesario especificar una función que determine el tiempo de viaje, sujeto al flujo circulante para posteriormente ser integrado a la formulación de costo generalizado, que finalmente entregara los atributos de cada ruta para desplazarse entre un par origen-destino.

La construcción de la red vial se dividió en tres grandes etapas, complementarias entre sí, que se describen a continuación:

1. Codificación topológica de las líneas
2. Incorporación de atributos de la red
3. Construcción de la red de modelación EMME2

Esta metodología se ha representado como un esquema simplificado que se presenta en el

Apéndice B.

Finalmente, la red construida consiste en un grafo dirigido (véase **Apéndice C**), el cual consiste de un conjunto de líneas o recorridos de transporte público intermunicipal de pasajeros y de un conjunto de nodos por donde transitan dichos recorridos del modo.

▪ **Modelo de transporte de logística de pasajeros de la ciudad de Medellín [9]**

Este modelo aborda una metodología de análisis que evalúa las rutas de transporte público urbano y propone alternativas que mejoren su desempeño. Para la implementación de este modelo inicialmente se realizaron encuestas origen destino a los ciudadanos de la ciudad de Medellín específicamente en la comuna 14 llamada El Poblado, en donde se abarcó el motivo de viaje, posteriormente se recopiló e identificó la información secundaria obtenida de fuentes oficiales como la Alcaldía de Medellín, suministrando información como el número de empresas de transporte público colectivo presentes en el territorio, el número de viajes y las rutas de transporte de pasajeros. Para minimizar los factores que hacen menos eficientes a las rutas de transporte se realizó un análisis ajustado a las necesidades tanto de los usuarios como de las administraciones públicas, buscando el camino más corto para una ruta de transporte maximizando el número de pasajeros.

La metodología implementada en este modelo está basada en **Network Analyst**, el cual es una herramienta de análisis proveída por el sistema de información geográfica **ArcGis**. El punto de partida del desarrollo de la metodología de este modelo fue el apropiado tratamiento a la matriz origen destino, en donde se identificaron los diferentes barrios y comunas que conforman la ciudad de Medellín. Posteriormente se construyó la malla vial de la ciudad con los atributos correspondientes en cada una de las vías (velocidad permitida, restricciones de paso, sentidos, etc.) para finalmente proceder con la construcción y evaluación de las rutas [9].

La generación de una ruta óptima consiste básicamente en colocar puntos de control basados en una ruta que opere actualmente en el territorio y ejecutar la herramienta de Network Analyst para que trace una ruta ideal teniendo en cuenta los parámetros y funciones definidas anteriormente.

El análisis de rutas tiene como finalidad realizar una comparación entre la ruta que opera actualmente y la ruta trazada mediante el algoritmo de optimización de Dijkstra, el cual tiene como variables la distancia mínima recorrida, tiempos de viaje, número de aristas, número de vértices, etc. En esta fase se realiza una comparación usando la matriz de origen destino que indica el número de pasajeros que son transportados de un barrio a otro, tiempos de viaje y otros factores que indiquen una mejoría a la ruta actual. Finalmente se muestran los resultados del análisis comparativo entre las rutas y los aspectos que mejoraron usando Network Analyst.

- **Modelación del comportamiento del tráfico de transporte público en la Avenida Boyacá entre la Avenida Américas y la Calle 127 de la ciudad de Bogotá mediante dinámica de sistemas [10].**

En este estudio se construyó un modelo logístico de transporte de pasajeros que determinó las causas que afectan a los usuarios del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), utilizando los recursos disponibles y generando propuestas para satisfacer la demanda de pasajeros y las necesidades de cumplimiento de tiempos en la movilidad.

La Dinámica de Sistemas es una herramienta de construcción de modelos de simulación, aplicadas para el estudio de sistemas. El sistema analizado se realiza con base a los datos históricos de las variables denominadas independientes, y se aplica la estadística para determinar los parámetros del sistema de ecuaciones que las relacionan con las otras variables denominadas dependientes [10].

Inicialmente, se planteó la recolección de información logística y propia del tramo estudiado necesaria para la generación de un diagnóstico, luego se elaboraron diagramas causales que interconectan las variables del sistema, jerarquizando y clasificando no solo los flujos existentes en este, sino las variables y sus efectos dentro del sistema para la construcción y posterior ejecución del modelo realizado con el programa computacional **Vensim**, con el cual se realizó el análisis de sensibilidad para evaluar la validez del modelo.

Con base a la caracterización de operación logística se tuvieron en cuenta factores internos como: capacidad, oferta, demanda, cantidad de buses y factores externos como: frecuencia, tiempos de operación, cantidad de rutas y tipo de vehículos que transitan en la avenida Boyacá. Además, se tomó en cuenta atributos de la malla vial de la zona en estudio como el número de carriles, velocidad promedio, cantidad de semáforos, sectores críticos en movilidad en horarios predeterminados.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la caracterización de la Avenida Boyacá, se pudo determinar las características generales del tramo en estudio, los tiempos de viaje y espera que tarde un usuario del sistema en completar el recorrido total del trayecto, los volúmenes y capacidades de los vehículos, demanda de la población en el sector y características como estado de la infraestructura y porcentaje de accidentalidad.

Finalmente se determinó que las variables más controlables que se pueden intervenir para generar posibles soluciones en el trayecto estudiado son: la cantidad y tiempo de todo rojo de semáforos, la cantidad de vehículos que transitan por la vía, la capacidad de vehículos de transporte de pasajeros, frecuencia de viaje, velocidad y estado de la vía.

- **Estudio Prospectivo Del Sistema De Transporte Público De Pasajeros De Fusagasugá al Año 2025 [11]**

Este estudio planteó realizar un análisis prospectivo del sistema de transporte público de pasajeros de Fusagasugá, con el fin de aportar estrategias que permitan su mejoramiento y fortalecimiento, identificando las variables más importantes que sirvan para la evolución del sistema de transporte de pasajeros, el cual es visto como uno de los ejes principales de la economía de Fusagasugá.

Las variables que tienen mayor influencia en la movilidad de pasajeros de Fusagasugá se determinaron bajo la metodología de la investigación descriptiva, algunas de estas variables son: rutas de transporte, número de vehículos de transporte público, niveles de planeación y

organización de las empresas, frecuencia de rutas de transporte, infraestructura vial, precio del servicio y servicio al cliente.

Una vez se establecieron las principales variables del sistema, se obtuvieron los valores de motricidad y dependencia a través del Software **LIPSOR-EPITA-MICMAC**, esto con el fin de facilitar el estudio por medio del grafico de Influencias Vs Dependencia directas, en donde se determinaron escenarios y pronósticos con mayores probabilidades de ocurrencia, con lo cual se logró formular un escenario futuro deseable, que permitió ver reflejada las expectativas que poseen los principales actores que conforman el sistema de movilidad de pasajeros de Fusagasugá.

Se puede concluir que los modelos nacionales presentados anteriormente comparten algunas variables en común, tales como: factores de costo y tiempo para la elección de rutas, cantidad de vehículos de transporte público, frecuencia de rutas, distancia del trayecto, demanda y oferta de pasajeros e infraestructura vial. Estos modelos buscan maximizar la eficiencia y el desempeño del transporte público, ya sea a nivel urbano o intermunicipal, mediante la evaluación de rutas y propuestas de alternativas que mejoren la movilidad y la sostenibilidad ambiental en cada territorio.

2.2. MODELOS INTERNACIONALES

- **Modelo SARIMA ajustado a la estacionalidad del flujo de Pasajeros para 8 diferentes carreteras de cuota concesionada en México [12]**

Este estudio tuvo como objetivo encontrar el modelo que mejor se ajustaba a la estacionalidad en el flujo de pasajeros en ocho carreteras de cuota concesionadas en México. La estacionalidad se define como un patrón en el que cada s observaciones se repite un mismo comportamiento, asimismo es un fenómeno de gran importancia económica en el desarrollo del tráfico anual del transporte intermunicipal de pasajeros [13].

Para el desarrollo del modelo SARIMA “Modelo autorregresivo integrado de media móvil” se trabajó con datos de periodicidad inferior al año (series de tiempo mensuales), por consiguiente, se presentó un factor estacional, el cual se analizó relacionando las correlaciones entre los mismos meses de años sucesivos. Las series de tiempo se refieren a datos estadísticos que se recopilan, observan y registran en intervalos de tiempo regulares [14].

Estos modelos están compuestos por los términos de orden no estacionales y términos de orden estacional autorregresiva, de integración y de media móvil. El modelo SARIMA relaciona el efecto regular con el efecto estacional, interconectando los componentes de media móvil, tanto estacional como no estacional, así como los elementos autorregresivos estacionales y no estacionales [12]. Se expresa de forma generalizada en el **Apéndice A**.

Una vez se identificó y cuantificó la estacionalidad se utilizó como herramienta para crear una política regional turística, realizando pronósticos económicos que impulsarán la competitividad del territorio en materia de movilidad y mejorarán la planeación en el uso de la infraestructura vial. Se estimaron un total de ocho modelos que corresponden a cada carretera concesionada señalada. Los modelos estimados tuvieron la particularidad de poseer un comportamiento estacional marcado generado por la calendarización de las vacaciones, pues resultó claro que

el flujo de buses en sus distintos modos incrementó durante tales periodos, es decir, los modelos estimados capturaron el comportamiento estacional turístico.

- **Modelo de gravedad de patrones de origen destino de flota de pasajeros y movilidad con datos de servicio observados parcialmente en la ciudad de Chicago [15].**

El **Modelo de gravedad de patrones de origen destino de flota de pasajeros y movilidad con datos de servicio observados parcialmente**, se implementó a nivel urbano en la ciudad de Chicago con el objetivo de mejorar la optimización del modelo de transporte. Las agencias públicas encargadas de medir y controlar el mercado encontraron desafíos debido a la falta de precisión de los datos encontrados para la realización del modelo. Por lo tanto, se propuso un modelo de gravedad y entropía que les permitiera maximizar la capacidad de predecir patrones de viaje origen-destino para pasajeros y diferentes operadores de movilidad utilizando datos parciales del operador y datos de encuestas de viajes.

Los datos más precisos fueron los compartidos por los operadores de transporte privado, que incluían datos de recogida, pero no de entrega de pasajeros [16]. Estos datos fueron fundamentales para que las agencias públicas evaluaran los tiempos de viaje, las millas recorridas, el consumo de energía y las emisiones, lo que planteó la necesidad de crear modelos paramétricos para ajustar las distribuciones de viajes.

Finalmente, para la caracterización de los datos, se optó por dividir las áreas de Chicago en los segmentos norte y sur de la ciudad, realizando pruebas con datos de empresas de la red de transporte, que revelaron diferentes patrones de viaje y niveles de sensibilidad a la distancia de

los trayectos. Los valores de impedancia encontrados del modelo propuesto mostraron la eficacia y eficiencia de este en un rango “aceptable”.

- **Modelo nacional de transporte (MNT) en España [17].**

En Europa el Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana de España (MITMA), desarrolló un **Modelo nacional de transporte (MNT)** para pasajeros y carga, para el cual se plantearon diferentes escenarios de acuerdo con las variables socio económicas de la región, considerando desplazamientos de larga distancia con una longitud mínima de 50 kilómetros, que correspondían a 59 zonas del país. La zonificación establecida inicialmente limitaba el modelo por la diversidad de la población entre las zonas ya que se evidenció que ciudades como (Madrid y Barcelona) abarcaban más del 25% de la población. Por ello se planteó un desagregado de 86 áreas a partir de sistemas de nodos y arcos empleados para representar los sistemas de elementos [18].

Se planteó un modelo de elección discreta tipo LOGIT de 4 etapas para la movilidad interprovincial tanto de pasajeros como de carga, utilizando el software **PTV VISUM**. Este modelo permitió calcular la probabilidad de todos los modos de transporte, agregando diferentes atributos modales y utilidades, desde el año base 2017. El objetivo era obtener matrices tendenciales origen-destino para los viajes con sus respectivas etapas de desplazamiento para cualquier año, teniendo en cuenta los viajeros y los diferentes modos de transporte divididos en vehículo privado, ferrocarril, autobús, marítimo y aéreo.

Para las matrices de pasajeros se tuvieron en cuenta los datos de movilidad entregados por parte del “Estudio de movilidad interprovincial de viajeros” [19], que presentaron datos totales y por

separado para los distintos modos de transporte, grupos de población y motivos de viaje, los cuales se utilizaron para medir la capacidad de predicción del modelo mediante un análisis de elasticidad clasificándolo en un rango “aceptable” para un modelo de estas características.

- **Modelo Nacional Danés de Pasajeros [20]**

Cómo se ha venido observando la obtención de modelos para predecir flujos de transporte requiere de un proceso riguroso y muchas veces con procedimientos complejos, por ello cada vez se realizan más estudios que buscan optimizar la toma de decisiones con respecto a la expansión y el desarrollo de las instalaciones de transporte. En ese sentido **el Modelo Nacional Danés de Pasajeros**, en el año 2016 presentó un marco de simulación y estimación cuyo objetivo era mejorar la capacidad de predicción de este, analizando la relación que existe entre la demanda y la población para 2,4 millones de hogares, abarcando viajes de corta y larga distancia para días laborales. Esto se logró mediante una función *spline* logarítmica, que permitió evaluar la sensibilidad y rendimiento mediante la implementación de un modelo compuesto por varios submodelos, donde se consideraron factores como: propiedad de automóviles, demanda de transporte, elección de ruta, uso de suelo y niveles de servicio.

Para la estimación de la demanda se usaron datos recopilados por la encuesta nacional de viajes [21], y de los cuales se establecieron las variables que se consideraron más relevantes dentro de la población, las cuales fueron: la ubicación residencial, el tamaño geográfico de las zonas y los empleos por sector, Estas variables se utilizaron para calcular varios elementos del tiempo de viaje, como: el tiempo en transporte, el tiempo de congestión, el tiempo de espera y el tiempo de conexión al transporte público.

Para la 'validación del modelo' se realizó un ejercicio retrospectivo que permitió medir la capacidad que tiene de proyectarse en años futuros, lo cual permitió observar las limitaciones o deficiencias de este, encontrando que el rendimiento de la proyección inversa fue bastante cercano al comportamiento real.

- **Modelo Irlandés de movilidad y emisiones del transporte de pasajeros IPTEM V2.9[22]**

Este tipo de estudios muestran la importancia de la planificación para la configuración óptima de la estructura de los modelos de transporte, tomando en cuenta factores que normalmente se descartan por no tener una relación directa con la movilidad y que limitan la capacidad de estos para predecir comportamientos, por lo que cada vez más países se acogen a la idea de reestructurar los parámetros de sus modelos ya aplicados. Un ejemplo de esto se observa en el **Modelo Irlandés de Movilidad y Emisiones del Transporte de Pasajeros IPTEM V2.9** donde para el año 2016 se revisaron los datos de demanda, consumo de combustible y su relación con las emisiones de CO₂, con el fin de maximizar la capacidad de predicción de este.

Para la categorización de los datos entregados por la Encuesta Nacional de Viajes realizada por la Oficina Central de Estadísticas (CSO) [23], se estudiaron factores de ocupación, consumo de energía y número de pasajeros registrados por los operadores de transporte público, en base a la distancia, tipo y propósito de viaje. Esto para calcular las emisiones de CO₂ por distancia de viaje y el consumo anual de energía durante el periodo 2009-2019, y facilitar el análisis de demanda propuesto inicialmente para el modelo.

- **Modelo de equilibrio económico para optimizar la estructura modal del corredor de transporte de pasajeros basado en el excedente de viajes [24].**

En los últimos años con la rápida expansión de los modos de transporte, se ha observado una creciente excedencia de estructura y desperdicio en la capacidad de estos, siendo un problema urgente que ha hecho necesario plantear en China un **modelo de equilibrio económico para optimizar la estructura modal del corredor de transporte de pasajeros basado en el excedente de viajes**, ya que la optimización y el diseño de la red de corredores es un requisito básico para satisfacer la demanda del país y logrando así destinar de manera más eficiente los recursos. Llegando a introducir un nuevo concepto de planificación desde la perspectiva de una economía discreta para la construcción de un modelo de equilibrio, que permitiera optimizar la estructura del corredor de transporte de pasajeros con la implementación del algoritmo *GlobalSearch* de MATLAB 7.0.

Teniendo en cuenta que la economía es un factor determinante en la decisión final de los pasajeros, se optó por estudiar las necesidades reales que intervienen en la demanda, dividiéndolas en 3 categorías: el primero fue viajes por consumo, donde los viajeros asumen los gastos del viajes, el segundo aspecto fueron los viajes productivos, donde no se involucra el interés propio, y los costos de este corren por parte terceros, por último, se tuvieron en cuenta los viajes de emergencia que abarcan tanto desastres naturales como tratamientos médicos. Cada categoría se divide aún más en seis grupos basados en el valor temporal del tiempo de viaje y su correlación con los intereses personales.

Llegando a implementar un modelo centrado en estudiar a los individuos, analizando su comportamiento a partir de las opciones de viaje presentes en un momento determinado,

diseñando así, un método de cálculo en dos etapas para la tasa de distribución del flujo y que brinda un apoyo teórico, y metodológico importante para la optimización integral de corredores de transporte desde un punto de vista cuantitativo, donde el modelo puede centrarse en la planificación y la cantidad del transporte dependiendo de la demanda.

- **Exploración de patrones espaciales de flujos de pasajeros interurbanos utilizando modelos de doble gravedad [25].**

En 2021, el Plan Nacional de Desarrollo e Infraestructura de China estableció como objetivo mejorar la infraestructura de transporte terrestre en todo el país, con un enfoque especial en las zonas urbanas congestionadas [26]. Para lograr este objetivo, se desplegaron estrategias destinadas a mejorar la eficiencia del transporte y reducir los tiempos de viaje en carreteras y ferrocarriles. En consecuencia, en 2022, la Universidad de Pekín llevó a cabo un estudio para la región de Beijing-Tianjin-Hebei, (una de las principales áreas urbanas del país) con el objetivo de explorar los patrones espaciales de los flujos de pasajeros interurbanos y contribuir así a la optimización del transporte en la región.

Para el estudio se recopilaron datos de flujo de pasajeros aéreos, ferroviarios y de carretera con la ayuda de plataforma de datos *Tencent*, la cual reflejó el flujo de población entre las ciudades en tiempo real permitiendo obtener resultados de posicionamiento, geo-codificación inversa y geocercas. Estos datos fueron utilizados para diversas planificaciones, tales como viajes personales, logística empresarial, transporte municipal y alivio de desastres.

Posteriormente, para la caracterización de los datos se implementaron modelos de doble gravedad capaces de describir y predecir flujos espaciales, tales como flujos de pasajeros, flujos

de migración y flujos de desplazamiento diario, con el fin de obtener información sobre los flujos de personas en la región. En cuanto a la descripción de los datos, se identificaron valores atípicos en días festivos como el día nacional de China, pero debido a que el tamaño de la muestra que era lo suficientemente grande como para que los valores atípicos no afectaran gravemente el efecto de ajuste final del modelo, esta variación no se consideró como significativa.

Por otra parte, los valores predictivos del modelo fueron evaluados mediante el error estándar de regresión y el coeficiente de variación, donde los resultados de la regresión confirmaron la validez de los modelos de doble gravedad y dieron valores faltantes que fueron útiles para hacer predicciones.

Es así como la revisión bibliográfica mostrada hasta acá deja en evidencia la problemática existente tanto a nivel local como global en la construcción e implementación de los diferentes modelos de transporte terrestre de pasajeros, permitiendo observar que los softwares utilizados para su creación en la mayoría se basan en procesos iterativos que facilitaron el análisis y optimización de las variables involucradas, pero que dependen de una gran cantidad de información de entrada, información que muchas veces no está totalmente disponible. A nivel nacional se identifican como variables más significativas: los tiempos de viaje, frecuencia de rutas, cantidad de vehículos de transporte público, demanda y oferta de pasajeros, distancia del trayecto e infraestructura vial. Por otra parte, a nivel internacional las variables más representativas identificadas son: grupos de población, motivos de viaje, demanda de transporte, tamaño geográfico de las zonas, consumo de combustible, tiempo de espera y tiempo de viaje.

A partir de estos hallazgos se procedió a estudiar las principales variables que intervienen en la movilidad de pasajeros terrestre en el departamento de Santander y de las cuales se posee información en la actualidad.

3. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE TERRESTRE DE PASAJEROS EN SANTANDER

Como elemento fundamental de cualquier modelo de transporte resulta esencial contar con la demanda y oferta que será objeto de análisis en dicho modelo. Por lo tanto, esta sección está dividida en dos partes, en la primera sección se abordan los aspectos cuantitativos de la demanda, donde se analizaron los flujos del transporte intermunicipal de pasajeros del departamento de Santander. La segunda sección se enfoca en los aspectos cuantitativos y cualitativos de la oferta, donde se identificaron las rutas y frecuencias de las empresas que operan en la región. Estos datos fueron encontrados en la bibliografía revisada [27] y obtenidos a través de bases de datos abiertos de la nación como lo es “Operación de pasajeros y despacho de vehículos en la modalidad de transporte de pasajeros por carretera” disponibles en <https://www.datos.gov.co/>.

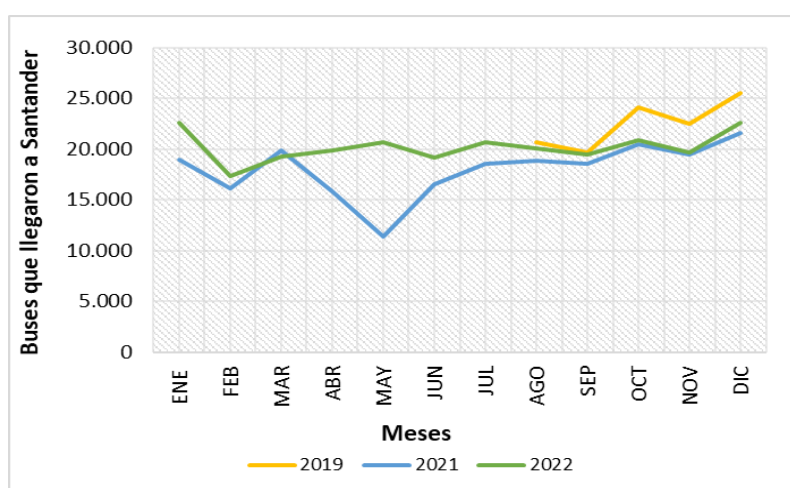
La información revisada y analizada se centra en datos del movimiento de pasajeros y despacho de vehículos en la modalidad de transporte de pasajeros por carretera con foco principal en el departamento de Santander.

3.1. DEMANDA DEL TRANSPORTE INTERMUNICIPAL DE PASAJEROS EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

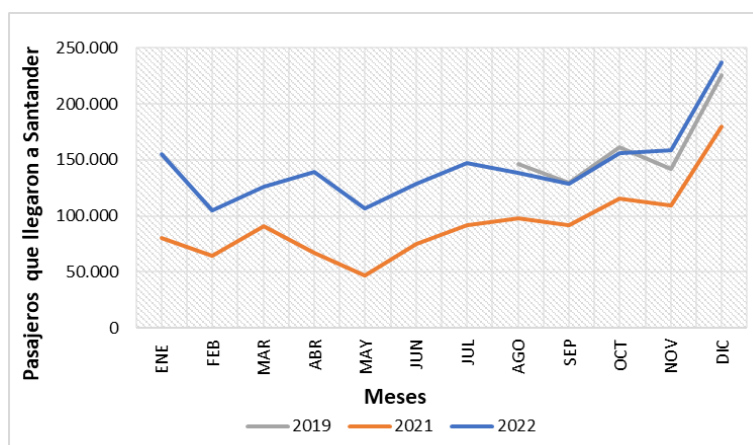
Con el fin de conocer el comportamiento de la demanda del transporte intermunicipal de pasajeros de Santander, se hizo un análisis de los datos de movimientos de pasajeros en transporte intermunicipal, comenzando en agosto de 2019 hasta el año 2022, no se tuvo en cuenta el año 2020 dada las particularidades de este año por la pandemia del COVID-19.

Para empezar, se muestra la evolución del movimiento mensual de buses despachados y pasajeros intermunicipales transportados desde las diferentes terminales de transporte del territorio colombiano hacia los distintos municipios del departamento de Santander en los años 2019, 2021 y 2022.

Figura 1 Despachos de buses que llegaron desde otros departamentos al departamento de Santander.



Nota: El gráfico muestra la evolución del movimiento mensual de buses intermunicipales despachados desde las diferentes terminales de transporte del territorio colombiano hacia los distintos municipios del departamento de Santander en los años 2019, 2021 y 2022.

Figura 2. Número de pasajeros que llegaron desde otros departamentos al departamento de Santander.

Nota: El gráfico muestra la evolución del movimiento mensual de pasajeros intermunicipales transportados desde las diferentes terminales de transporte del territorio colombiano hacia los distintos municipios del departamento de Santander en los años 2019, 2021 y 2022.

Como se observa en los gráficos comparativos de despacho de vehículos intermunicipales y pasajeros que ingresaron al departamento, en los últimos cinco meses del año 2019 se despacharon **112.258** vehículos de transporte intermunicipal con **803.462** pasajeros a bordo, sin embargo, para los mismos meses del año 2021 se observa una significativa disminución en los despachos y pasajeros con respecto al año 2019 de un **12%** y **26%** respectivamente, esto puede explicarse principalmente debido al impacto de las restricciones que aún se mantenían vigente por la pandemia del COVID-19.

Por otra parte, comparando el comportamiento de la demanda del transporte público intermunicipal de pasajeros desde el mes de enero hasta el mes de diciembre de los años 2021 y 2022, se puede evidenciar que el año con mayor flujo de despachos de vehículos intermunicipales fue el año 2022, en donde se despacharon **242.039** vehículos con **1.725.808** pasajeros, esto se traduce en un aumento en la demanda de pasajeros del **55%** con respecto al año anterior y refleja lo que es la recuperación después de la pandemia. En este mismo orden

de ideas se estima que el departamento de Santander recibió un promedio anual de pasajeros de **1.418.000**.

La mayor variación de la demanda de pasajeros intermunicipales transportados durante el año 2021 y 2022 se presentó en tiempo de vacaciones del año 2022, este periodo estuvo comprendido por: semana santa (que tuvo lugar en los meses de marzo y abril), vacaciones de mitad de año (entre junio y julio), y las vacaciones de fin de año (entre diciembre de 2021 e inicios de enero de 2022).

En el mes de enero del año 2022, los despachos de pasajeros fueron **155.503**, lo que al compararse con los **80.396** pasajeros despachados el mismo mes del año 2021 representó un aumento de un **93%** con respecto al año anterior. Al respecto, haciendo la misma comparación en el mes de abril, donde se concentra la semana santa, se evidenció que en el año 2021 los despachos de pasajeros desde diferentes terminales hacia el departamento fueron de **67.240** pasajeros, mientras en el año 2022 esta cifra fue de **139.159** despachos de pasajeros, lo que generó un aumento del **107%**.

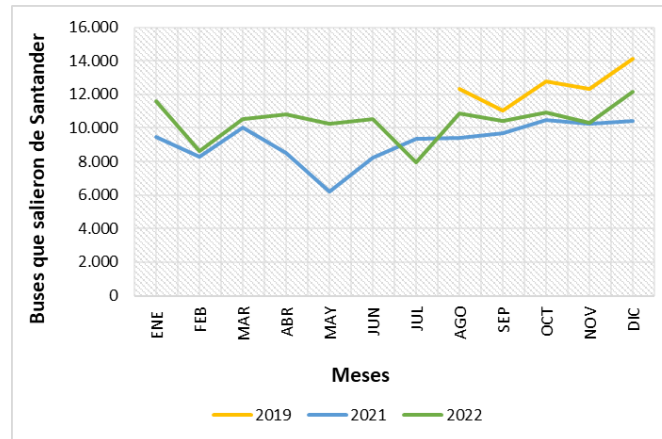
Como se puede observar en la “Gráfica 2”, en el mes de mayo de 2021 se presentó un comportamiento atípico que reflejó una significativa reducción en comparación con los meses anteriores del mismo año, debido al aumento de contagios de COVID-19 por las aglomeraciones que trajo el paro nacional [28], la cifra de despachos de pasajeros fue de **46.563**. Sin embargo, para el mismo mes del año 2022 esta cifra fue de **106.380**, lo que significó un aumento del **128%** de pasajeros movilizados comparado con el año anterior, convirtiéndolo en el mes con mayor aumento de todo el año 2022.

La movilización de pasajeros también gozó aumentos significativos. En el mes de junio de 2021 la cifra de despachos de pasajeros fue de **74.561**, pero para el mismo mes del año 2022 esta cifra fue de **128.768**, lo que significó un aumento del **73%** de pasajeros movilizados; del mismo modo en el mes de julio del año 2021 los pasajeros movilizados fueron **91.549** en contraste con los **146.790** del mes de julio de 2022, aumento que representa un **60%** de pasajeros movilizados frente al año anterior.

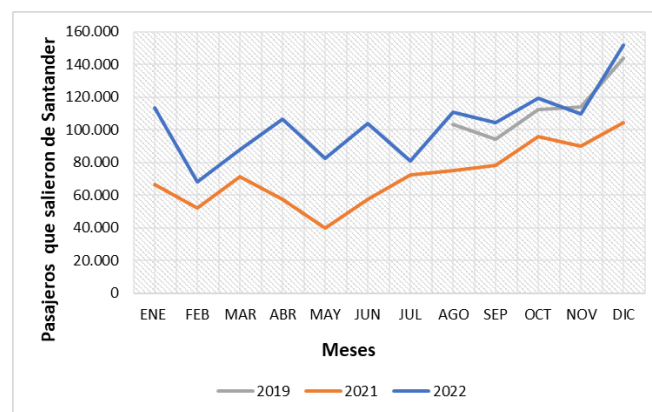
En el mes de diciembre de 2021, los pasajeros movilizados fueron **179.513**, mientras que en el año 2022 la cifra de pasajeros fue de **236.759**, lo que significó un incremento del **32%** de pasajeros movilizados en este mes.

Ahora bien, Santander es una de las más importantes centrales de movilidad terrestre de pasajeros a nivel nacional, pues cuenta con vías nacionales de primer orden que cumplen la función de interconexión entre el departamento y las principales regiones de Colombia [29], sin embargo, muchos de los viajes funcionan como trayectos de paso.

A continuación, se presenta la evolución del movimiento mensual de pasajeros intermunicipales despachados desde el departamento de Santander hacia las diferentes terminales de transporte del territorio colombiano.

Figura 3. Despachos de buses que salieron del departamento de Santander a otros departamentos.

Nota: El gráfico muestra la evolución del movimiento mensual de buses intermunicipales despachados desde el departamento de Santander hacia las diferentes terminales de transporte del territorio colombiano en los años 2019, 2021 y 2022.

Figura 4. Número de pasajeros que salieron del departamento de Santander a otros departamentos.

Nota: El gráfico muestra la evolución del movimiento mensual de pasajeros intermunicipales despachados desde el departamento de Santander hacia las diferentes terminales de transporte del territorio colombiano en los años 2019, 2021 y 2022.

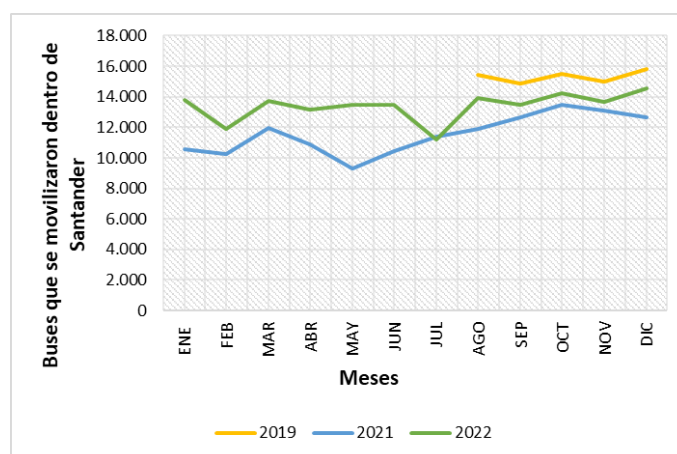
En los gráficos comparativos de despacho de vehículos intermunicipales y de pasajeros que salieron del departamento se evidencia que el número de pasajeros despachados desde terminales de transporte de Santander en los últimos cinco meses del año 2019 fue de **568.119**,

mientras que para los mismos meses del año 2021 el reporte fue de **443.292**, lo que representó una disminución total en la demanda del **22%**.

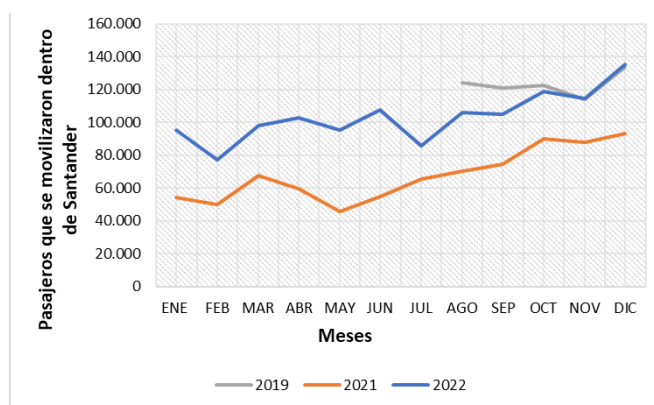
Asimismo, el comportamiento de la demanda de pasajeros analizada desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del año 2021 presenta una tendencia de disminución comparado con la demanda del año 2022. Al respecto, haciendo la misma comparación para los despachos de buses intermunicipales de estos dos años, se puede observar que en el año 2022 se presenta un aumento significativo del **46%** con respecto al año anterior, movilizándose **50.278** viajes más que el año 2021. Así pues, se calcula que el departamento de Santander despachó un promedio anual de pasajeros de **1.051.000** y **135.000** vehículos de transporte intermunicipal.

A nivel local, el departamento de Santander se cataloga como una de las regiones con más rutas terrestres, la movilización de pasajeros intermunicipales representa el mayor porcentaje de movilidad por carretera de la región [30]. Por lo cual, se presenta la evolución del movimiento anual de pasajeros intermunicipales que se movilizan dentro del departamento.

Figura 5. Despachos de buses que se realizaron entre municipios dentro del departamento de Santander.



Nota: El gráfico muestra la evolución del movimiento mensual de buses intermunicipales movilizadas dentro del departamento de Santander en los años 2019, 2021 y 2022.

Figura 6. Número de pasajeros que se movilizaron entre municipios dentro del departamento de Santander.

Nota: El gráfico muestra la evolución del movimiento anual de pasajeros intermunicipales que se movilizan dentro del departamento de Santander en los años 2019, 2021 y 2022.

Como se puede evidenciar, el comportamiento de la demanda de pasajeros movilizados en el año 2022 presentó el mayor número de despachos de pasajeros de **1.239.857** comparados con los años anteriores. Sin embargo, en el año 2021 se presentó la mayor movilización de vehículos intermunicipales con un valor de **138.603** viajes, esto se debe a que en el año 2021 aun regían algunos protocolos de bioseguridad por las afectaciones de la pandemia Covid-19 [31]. Por otra parte, en el año 2022 existe una tendencia de crecimiento en los despachos de pasajeros de un **53%** con respecto al año anterior. Así pues, se calcula que dentro del departamento de Santander se movilizaron un promedio anual de pasajeros de **1.026.000** en un promedio de **132.000** vehículos de transporte intermunicipal.

Durante la revisión de la demanda del transporte intermunicipal de pasajeros del departamento de Santander, se encontró que el mes de más afluencia en cada año de estudio corresponde al mes de **diciembre**, ya que en este periodo el flujo de viajes y la cantidad de pasajeros presentó un incremento significativo comparado con los demás meses de cada año. A continuación, se presenta la evolución del movimiento anual de pasajeros intermunicipales en el mes de diciembre, la cantidad de viajes y el número de pasajeros.

Tabla 1.

Máximos de viajes y pasajeros encontrados para el mes de diciembre de cada año en el departamento de Santander.

	Origen	Destino	Viajes	Pasajeros
2019	Bogotá	Bucaramanga	3.200	33.000
	San José de Cúcuta	Bucaramanga	3.300	28.000
	Barranquilla	Bucaramanga	730	15.000
	Bucaramanga	Bogotá	4.400	59.000
	Barbosa	Bogotá	7.600	41.000
	Bucaramanga	Medellín	970	29.000
	Barrancabermeja	Bucaramanga	3.600	42.000
	Bucaramanga	San Gil	1.300	18.000
	Bucaramanga	Socorro	780	9.700
2020	Bogotá	Bucaramanga	2.300	24.000
	San Jose de Cúcuta	Bucaramanga	2.300	16.000
	Barranquilla	Bucaramanga	660	13.000
	Bucaramanga	Bogotá	4.000	45.000
	Barbosa	Bogotá	5.200	23.000
	Bucaramanga	Medellín	900	25.000
	Barrancabermeja	Bucaramanga	2.400	29.000
	Bucaramanga	San Gil	1.000	6.000
	Bucaramanga	Socorro	520	7.900
2022	Bogotá	Bucaramanga	2.600	35.000
	San Jose de Cúcuta	Bucaramanga	2.500	24.000
	Barranquilla	Bucaramanga	680	17.000
	Bucaramanga	Bogotá	3.800	58.000
	Barbosa	Bogotá	5.500	45.000
	Bucaramanga	Medellín	930	27.000
	Barrancabermeja	Bucaramanga	3.000	42.000
	Bucaramanga	San Gil	1.100	16.000
	Bucaramanga	Socorro	640	9.900

- Mayor cantidad de viajes y pasajeros que entran al departamento de Santander desde los diferentes territorios de Colombia.
- Mayor cantidad de viajes y pasajeros que salen del departamento de Santander a los diferentes territorios de Colombia.
- Mayor cantidad de viajes y pasajeros locales dentro del departamento de Santander.

En la “**Tabla 1**” se evidenció una tendencia de disminución de la demanda de servicios desde el año 2019 al año 2021, como consecuencia directa de las restricciones a la movilidad y los

efectos económicos producidos por la pandemia COVID-19, sin embargo, en el año 2022 se evidencia un leve aumento gracias a las estrategias de reactivación de esta actividad económica.

Para el caso de despachos de pasajeros, el origen que mayor cantidad de pasajeros movilizó hacia los diferentes municipios del departamento de Santander fue Bogotá con un promedio de **14,3%**, seguido de San José de Cúcuta y Barranquilla con **10,5%** y **7%** respectivamente.

A nivel interdepartamental, el municipio de Santander que despachó el mayor volumen de pasajeros hacia los diferentes territorios de Colombia es Bucaramanga con un promedio de **45,1%**, seguido de Barbosa con **29,5%**. Por último, a nivel local Barrancabermeja despacha la mayor cantidad de pasajeros dentro de las áreas municipales del departamento con un **28,2%**, superando a Bucaramanga que tuvo un promedio de **9,6%** de pasajeros intermunicipales movilizados.

3.2.OFERTA DEL TRANSPORTE INTERMUNICIPAL DE PASAJEROS EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

Asimismo, se hace necesario determinar los aspectos cuantitativos y cualitativos de la oferta del transporte intermunicipal de pasajeros en el departamento de Santander. Este apartado está dividido en tres secciones: la primera sección trata el tema de las características de las empresas y sus flotas, la segunda trata el tema de los terminales, la tercera corresponde a la información espacial de las vías primarias y secundarias del departamento.

3.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS Y SUS FLOTAS

Según el Ministerio de Transporte en el departamento de Santander existen 22 empresas habilitadas para prestar el servicio de transporte público intermunicipal de pasajeros por carretera [32]. Usualmente las empresas encargadas del transporte intermunicipal de pasajeros cuentan con vehículos de distinto tamaño y configuración, lo que se traduce en flotas de distinta capacidad de operación. Para efectos del cálculo de la ocupación teórica, se consideró una capacidad promedio según la clase de vehículo, esta información fue extraída de fuentes oficiales como lo es <https://www.mintransporte.gov.co/>.

Con el fin de analizar el comportamiento de la oferta del transporte intermunicipal de pasajeros de Santander, se hizo un análisis de los datos de la ocupación teórica y real de cada una de la tipología de los vehículos de transporte de pasajeros, comenzando en agosto de 2019 hasta el año 2022, no se tuvo en cuenta el año 2020 dada las particularidades de este año por la pandemia del COVID-19.

A continuación, se muestra la ocupación teórica y real de cada una de estas clases y su participación dentro del total de vehículos que operan en el departamento de Santander para los años 2019, 2021 y 2022.

Tabla 2.

Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para los últimos cinco meses del año 2019.

Clase	Cantidad despachos	Ocupación real	2019			
			Capacidad promedio teórica veh	Ocupación teórica	Porcentaje promedio de ocupación	Participación
Bus	78.704	1.006.475	30	2.361.120	43%	35%
Buseta	91.415	672.237	24	2.193.960	31%	41%
Microbus	53.515	237.574	14	749.210	32%	24%

Tabla 3.*Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para el año 2021.*

2021						
Clase	Cantidad des pachos	Ocupación real	Capacidad promedio teórica veh	Ocupación teórica	Porcentaje promedio de ocupación	Participación
Bus	144.259	1.451.689	30	4.327.770	34%	35%
Buseta	165.950	902.770	24	3.982.800	23%	40%
Microbus	106.984	335.047	14	1.497.776	22%	25%

Tabla 4.*Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para el año 2022.*

2022						
Clase	Cantidad des pachos	Ocupación real	Capacidad promedio teórica veh	Ocupación teórica	Porcentaje promedio de ocupación	Participación
Bus	126.422	1.670.553	30	3.792.660	44%	29%
Buseta	189.784	1.384.195	24	4.554.816	30%	44%
Microbus	114.419	502.005	14	1.601.866	31%	27%

Como se puede observar en las tablas anteriores (**Tabla 3** y **Tabla 4**) de capacidad total ofertada, para los años 2021 y 2022 la cantidad de vehículos que conformaron la flota de transporte intermunicipal de pasajeros fueron 417.193 y 430.625 respectivamente, evidenciando un aumento en la cantidad de vehículos para el año 2022 del **3.2%**. Asimismo, en el año 2021 la ocupación real fue de 2.689.506 sillas, mientras que para el año 2022 fue de **3.556.753**, representando un aumento significativo del **32.2%** con respecto al año anterior.

Para el año 2021 la clase de vehículo con mayor participación fue la buseta con un **40%**, ofreciendo 3.982.800 sillas de las cuales se ocuparon 902.770, datos que permitieron calcular la relación entre la ocupación real y la teórica, donde se obtuvo un porcentaje promedio de ocupación del **23%**, lo cual indica que la demanda promedio solo representó una fracción del total de la oferta disponible. Este bajo nivel de demanda puede tener diversas implicaciones negativas en cuanto a la economía del sector, como por ejemplo un aumento de los costos para

los usuarios, la posible reducción de la frecuencia de las rutas y la disminución en la calidad de los servicios ofrecidos.

Realizando el mismo análisis para el año 2022 se evidenció que la buseta fue el vehículo con mayor participación dentro de la flota de transporte de pasajeros con un **44%**, ofreciendo 4.554.816 sillas de las cuales se ocuparon 1.384.195 obteniendo un porcentaje promedio de ocupación del **30%**, lo que se traduce nuevamente en un desequilibrio entre la oferta y la demanda, ya que la cantidad de sillas ocupadas por los pasajeros no supera ni siquiera la mitad de lo ofertado por las empresas de transporte terrestre de pasajeros.

Teniendo en cuenta que para el año 2019 (**Tabla 2**) se utilizó información a partir del mes de agosto, se evidenció que la cantidad de vehículos que conformaron la flota intermunicipal de pasajeros durante estos cuatro meses fueron 223.634 ofreciendo 5.304.290 sillas de las cuales se ocuparon 1.916.286, alcanzando un porcentaje promedio de ocupación del **35%**.

A partir del análisis realizado de la oferta para los años de estudio, se encontró que la demanda en promedio ocupa apenas un **30,7%** de la oferta, lo cual puede tener graves consecuencias tanto para las empresas como para los usuarios. En el caso de las empresas, puede significar una disminución en sus ganancias y una reducción en las frecuencias de las rutas, mientras que para los pasajeros puede traducirse en una limitación en su capacidad de elección y en un aumento en los precios de las tarifas de los viajes.

Por otra parte, se hizo un análisis de la oferta durante el mes de más afluencia en cada año de estudio (**diciembre**), ya que en este periodo el flujo de viajes y la cantidad de pasajeros presentó un incremento significativo comparado con los demás meses de cada año, lo que se

traduce en un aumento de la oferta. A continuación, se presenta la ocupación teórica y real de cada tipología de bus y su participación dentro del total de vehículos que operan en el departamento de Santander para el mes de diciembre de los años 2019, 2021 y 2022.

Tabla 5.

Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para diciembre del año 2019.

Diciembre del año 2019						
Clase	Cantidad despachos	Ocupación real	Capacidad promedio teórica veh	Ocupación teórica	Porcentaje promedio de ocupación	Participación
Bus	16.708	247.412	30	501.240	49%	34%
Buseta	20.324	169.284	24	487.776	35%	41%
Microbus	12.411	67.411	14	173.754	39%	25%

Tabla 6.

Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para diciembre del año 2021.

Diciembre del año 2021						
Clase	Cantidad despachos	Ocupación real	Capacidad promedio teórica veh	Ocupación teórica	Porcentaje promedio de ocupación	Participación
Bus	14.424	202.242	30	432.720	47%	36%
Buseta	15.504	114.917	24	372.096	31%	39%
Microbus	9.957	48.913	14	139.398	35%	25%

Tabla 7.

Capacidad total ofertada y ocupación real del vehículo auto motor para diciembre del año 2022.

Diciembre del año 2022						
Clase	Cantidad despachos	Ocupación real	Capacidad promedio teórica veh	Ocupación teórica	Porcentaje promedio de ocupación	Participación
Bus	15.386	264.208	30	461.580	57%	35%
Buseta	18.001	172.672	24	432.024	40%	41%
Microbus	10.745	73.088	14	150.430	49%	24%

Como se observa en las Tablas de capacidad total ofertada en el mes de diciembre (**Tabla 5**, **Tabla 6** y **Tabla 7**), para los años 2019, 2021 y 2022 se encontró que el tipo de vehículo con mayor participación dentro de la flota de transporte de pasajeros fue la buseta con un **41%**, **39%** y **41%** respectivamente.

Para el año 2019 la tipología buseta ofreció 487.776 sillas de las cuales se ocuparon 169.284, mientras que, en el año 2021, la oferta se redujo a 372.096 sillas, con una ocupación de 114.917 esto se traduce en una disminución en la oferta del **23,7%** con respecto al año 2019, siendo un factor determinante en el porcentaje promedio de ocupación el cual se redujo en un **4%**. Esta situación podría relacionarse como una consecuencia directa de las restricciones a la movilidad y los efectos económicos producidos por la pandemia COVID-19.

Así mismo, comparando el porcentaje promedio de ocupación de la buseta para los años 2021 y 2022 se encontró un aumento significativo del **29,4%**, debido a las estrategias de reactivación de las actividades económicas.

Ahora bien, corresponde hablar de las rutas de las empresas de transporte intermunicipal de pasajeros que operan en el departamento de Santander. En la (**Tabla 8**) se presentan las empresas que movilizaron la mayor cantidad de pasajeros en las principales rutas del departamento con mayor frecuencia.

Tabla 8.

Empresas con mayor frecuencia en las principales rutas de viajes en el departamento de Santander.

	COPETRAN	BERLINAS DEL FONCE	TRANSPORTES REINA	TRASSANDER
BOG - BGA	26	8	11	0
CUC-BGA	10	11	0	0
BAQ - BGA	10	2	0	0
BGA-BOG	23	16	11	0
BAR-BOG	21	16	20	0
BGA-MDE	12	0	0	0
BMEJA - BGA	29	3	0	0
BGA - SGL	18	7	11	26
BGA - SCRR	18	7	11	26

- Rutas con mayor cantidad viajes y pasajeros que entran al departamento de Santander desde los diferentes territorios de Colombia.
- Rutas con mayor cantidad de viajes y pasajeros que salen del departamento de Santander a los diferentes territorios de Colombia.
- Rutas con mayor cantidad de viajes y pasajeros locales dentro del departamento de Santander.

La empresa que presenta mayor frecuencia de viajes en las rutas que más llevan y traen pasajeros al departamento de Santander es Copetran, seguido de Transportes Reina, Berlinas del Norte y por último Transsander.

Por otra parte, la frecuencia diaria máxima se presenta en la ruta Barrancabermeja-Bucaramanga con 29 despachos diarios, seguido de la ruta Bogotá-Bucaramanga con 26 viajes diarios, y en tercer lugar se encuentran las rutas Bucaramanga-San Gil y Bucaramanga-Socorro ambas con 26 despachos diarios.

3.2.2. TERMINALES

El objetivo básico de las terminales de transporte de pasajeros es la prestación eficiente del servicio a través de instalaciones físicas que centralicen la llegada y salida de vehículos intermunicipales e interdepartamentales, brindando seguridad y facilidad a los pasajeros [33].

Santander cuenta con siete terminales de transporte habilitadas por el Ministerio de Transporte para prestar el servicio público de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera, siendo el terminal de transportes de Bucaramanga el más importante [34].

Para el año 2017 el diagnóstico de infraestructura de las terminales de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera identificó que la terminal de transportes de Bucaramanga tiene una ponderación de infraestructura del 74% [35], donde se analizaron variables como casetas de control de entrada y salida de vehículos intermunicipales, zonas de ascenso y descenso de usuarios de taxis y buses, servicios y señalización **Apéndice D**.

Sin embargo, en el departamento se identificó la existencia de instalaciones que funcionan como paraderos informales, como lo es la terminal de transporte de Barbosa, donde ocurre el ascenso y descenso de pasajeros en medio del espacio público, generando desorganización vehicular, obstrucción y congestión del tráfico.

Para dar una dimensión de la actividad de los terminales, a continuación, se muestra la cantidad total de pasajeros que despacharon las principales terminales de transporte con mayor flujo de pasajeros en los años 2019, 2021 y 2022. Estos datos fueron obtenidos a través de bases de datos abiertos de la nación como lo es <https://plc.mintransporte.gov.co/Estadísticas/Pasajeros-Modo-terrestre/Operación-en-las-terminales-de-transporte> [36].

Tabla 9.

Terminales de transporte terrestre con mayor flujo de pasajeros.

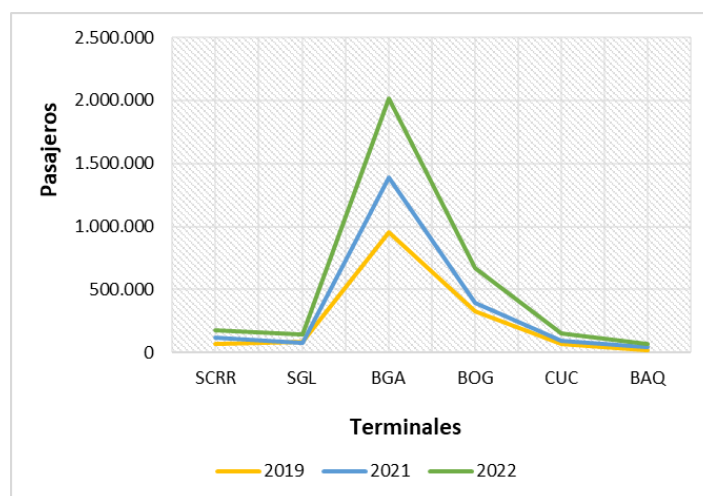
Año	Terminal de transporte	Despachos de buses	Movimiento de pasajeros
2019	Socorro	11.252	72.772
	San Gil	18.647	83.030
	Bucaramanga	109.701	1.020.856
	Bogotá	872.200	6.300.516
	Cúcuta	70.959	775.067
2020	Barranquilla	100.244	361.874
	Socorro	23.725	116.690
	San Gil	34.610	74.892
	Bucaramanga	185.090	1.486.845
	Bogotá	1.553.883	7.502.991
2021	Cúcuta	135.040	955.010
	Barranquilla	177.482	1.103.321
	Socorro	30.025	181.764
	San Gil	40.905	145.060
	Bucaramanga	208.564	2.145.029
2022	Bogotá	1.778.722	11.451.196
	Cúcuta	204.132	1.553.758
	Barranquilla	203.741	1.726.675

Como se observa en la “**Tabla 9**”, para los últimos cinco meses del año 2019, el terminal de transporte terrestre que despachó la mayor cantidad de pasajeros fue Bogotá con 6.300.516, seguido del terminal de Bucaramanga con 1.020.856.

Para los años 2021 y 2022 se encontró que anualmente el terminal de transporte que movilizó la mayor cantidad de pasajeros en el territorio colombiano fue Bogotá con 7.502.991 y 11.451.196 pasajeros respectivamente, lo cual representó en un incremento del **53%** para el año 2022 con respecto al año anterior.

Además, se llevó a cabo un análisis de los volúmenes más significativos de pasajeros que se despacharon anualmente desde las principales terminales hacia el departamento de Santander, lo cual se representa en el “**Gráfico 7**”.

Figura 7. Volúmenes más significativos de pasajeros que se movilizaron desde diferentes terminales hacia el departamento de Santander.



Nota: El gráfico muestra los volúmenes más significativos de pasajeros que se despacharon anualmente desde las principales terminales hacia el departamento de Santander en los años 2019, 2021 y 2022.

Como se puede observar en el “**Grafico 7**”, para los años 2019, 2021 y 2022 se presentó una tendencia de aumento en el flujo de pasajeros en los terminales de Bucaramanga, Bogotá y Cúcuta.

Para el año 2021 el terminal que despacho el máximo volumen de pasajeros hacia el departamento fue Bucaramanga con 1.392.926, que equivalen al **93,7%** del total de pasajeros despachados desde dicho terminal. Realizando el mismo análisis para el año 2022, se encontró que el terminal que despachó el mayor volumen de pasajeros a Santander fue Bucaramanga con 625.072 pasajeros más que el año anterior, lo cual equivale al **94%** del total de los despachos realizados en este terminal.

Bogotá es la segunda terminal que movilizó un volumen significativo de pasajeros hacia el departamento. Para los últimos cinco meses del año 2019 se despacharon 327.189 pasajeros, lo que representó un **5,2%** del total de pasajeros movilizadas en este terminal. Así mismo, para los años 2021 y 2022 el terminal de Bogotá despacho 396.407 y 667.900 pasajeros respectivamente, representando un **5,3%** para el año 2021 y un **6%** para el año 2022 del total de pasajeros despachados por este terminal en cada año.

3.2.3. INFORMACIÓN ESPACIAL

Otro aspecto relevante en cuanto al estudio de las variables más influyentes en el transporte terrestre intermunicipal de pasajeros en el departamento de Santander es la información espacial de la región. La cual se encuentra disponible en fuentes de información secundaria como lo son: el INVIAS, el Ministerio de Transporte, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo y Desastres, la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), la Gobernación de Santander y estudios previos elaborados por grupos de investigación de universidades locales, como los entregados por la Universidad Industrial de Santander, entre otros.

Por lo tanto, con base en la revisión ya mencionada y con el fin de obtener el máximo beneficio en el estudio de las variables más influyentes en el transporte de pasajeros de la región, se hizo necesario organizar y filtrar la información. La cual se encuentra en forma de mapas en el **Apéndice E**, estos mapas pertenecen a un trabajo realizado en conjunto con la tesis titulada “Lineamientos Conceptuales Para El Desarrollo De Un Modelo Logístico De Transporte De Carga Terrestre Por Carretera Para El Departamento De Santander”.

3.2.4. Información de red vial

Según datos entregados por la Secretaría de Infraestructura del Departamento de Santander y la Dirección Territorial Santander INVIAS, el departamento cuenta con un total de 23.183 km, de los cuales 1.355 km corresponden a la red vial primaria, 2.361 km a la red secundaria y 19.467 km a la red terciaria. Por otra parte, del total de la red vial el 9% se encuentra pavimentado y el 91% está en afirmado o tierra [29].

Conocer la red vial del departamento de Santander es esencial para comprender qué variables influyen en el transporte de pasajeros de la región, ya que esta información posibilita la identificación de la ubicación, el nombre y la categoría de las vías en el departamento, permitiendo identificar aspectos como: las rutas de transporte más utilizadas, las áreas que requieren mayor inversión en infraestructura, las zonas más congestionadas y en qué áreas se hace necesario aumentar la oferta del transporte público.

La información sobre la red vial del departamento de Santander mencionada anteriormente, se encuentra en el mapa de la red vial presentado en el **Apéndice E**, donde resulta importante aclarar que contiene únicamente la información secundaria disponible para las vías primarias y secundarias, ya que, debido a la escasez de datos disponibles sobre las vías terciarias, no fue posible llevar a cabo un análisis preciso de la oferta y la demanda en relación con estas vías.

3.2.5. Información de puntos de control (peajes)

La información sobre la ubicación y el nombre de los distintos puntos de peaje en las carreteras del departamento de Santander es fundamental ya que permite analizar la calidad del servicio en las carreteras donde se encuentren estos peajes. Es importante destacar que las autoridades

encargadas de estos pueden variar, siendo el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la concesión ANI y el propio departamento de Santander las encargadas en cada caso. La información mencionada anteriormente se presenta en el **Apéndice E**.

3.2.6. Información topográfica

La información relacionada con las curvas de nivel, sistemas montañosos y rangos de pendientes de la región cumple un papel crucial en el análisis de los niveles de servicio necesarios en cada tramo. Ya que la velocidad de los vehículos encargados del transporte intermunicipal de pasajeros puede verse afectada por la pendiente de la carretera, creando zonas de tráfico lento y áreas de alto riesgo en pendientes elevadas. Por lo tanto, es esencial tener acceso a esta información, la cual se encuentra disponible en el **Apéndice E**.

3.2.7. Información de amenazas

La movilidad en las áreas montañosas del departamento de Santander debe ser abordada con gran atención y cuidado, ya que en esta presenta una alta actividad de fenómenos antrópicos, sísmicos y geológicos, lo que puede generar riesgos asociados a la circulación de vehículos y peatones. Por esta razón, resulta esencial contar con información detallada y actualizada acerca de las áreas más críticas y vulnerables de la región.

El mapa “zonas de amenazas en Santander” del **Apéndice E**, es una herramienta valiosa en este sentido, ya que provee una descripción detallada de las zonas montañosas donde se requiere de obras de mitigación, control y seguimiento para reducir los riesgos asociados y garantizar el correcto funcionamiento y uso de cada zona.

3.2.8. Información de vulnerabilidad

Es fundamental contar con datos históricos sobre deslizamientos en una vía, ya que nos permiten analizar la vulnerabilidad de estas zonas y así evitar su uso en el diseño de nuevas infraestructuras viales. El **Apéndice E** proporciona información sobre fallas inminentes que han ocurrido de forma repentina y recurrente hasta 2020, lo que las convierte en zonas problemáticas para la movilidad vial debido a los cierres parciales o totales de la carretera.

4. MODELO CONCEPTUAL

Una vez identificadas las variables que más influyen en el movimiento terrestre de pasajeros a partir de la revisión de la literatura y además de revisar la información de oferta y demanda disponible para Santander, se presenta una propuesta para el modelo conceptual para la generación de un modelo de transporte terrestre de pasajeros, que sea el punto de partida para lograr a futuro un modelo de transporte propio que permita la evaluación de nuevos proyectos de infraestructura y la medición del impacto en el flujo de pasajeros.

Para el desarrollo del modelo conceptual se propuso el método de evaluación de redes utilizando el concepto del costo generalizado (*CGT*), el cual estudia los análisis de flujo vehicular considerando las exigencias actuales de los pasajeros de las redes de transporte intermunicipal, puesto que se centra en reducir el costo del transporte mejorando el precio final del servicio en beneficio del pasajero, estas reducciones en las tarifas del servicio estimulan la demanda dando oportunidad al crecimiento económico del sector [37].

Este método consiste en el cálculo de tres principales parámetros, tales como: el costo de operación vehicular, el costo del tiempo de recorrido y el peaje cuando se trate de carreteras de cuota. A continuación, se describen cada parámetro asociado a las variables que más influyen en el movimiento terrestre de pasajeros en Santander.

- **El costo de operación vehicular (*COV*)**

El costo de operación vehicular está asociado al estado físico de las vías, el cual depende de variables como: el tipo de terreno, infraestructura vial, número de carriles, zonas de vulnerabilidad, la capacidad según la clase del vehículo y el flujo vehicular. Estas variables influyen en los consumos directos (combustibles, lubricantes y llantas) y los indirectos (mantenimiento, refracciones, inversión y depreciación) de los vehículos.

- **El costo del tiempo de recorrido (*CTR*) y distancia del trayecto (*D*)**

El costo del tiempo de recorrido de pasajeros y la distancia del trayecto en las redes regionales, representan parámetros importantes por considerar en el cálculo de la función del costo generalizado del transporte. Los cuales están asociados a variables como: el tiempo de recorrido (el cual depende del flujo vehicular), distancia de la ruta por recorrer, el tipo de vehículo, los motivos de viaje, los niveles de ocupación y las rutas y frecuencias.

- **Consideraciones sobre el peaje de carreteras de cuota (*P*)**

El costo del peaje es otro de los componentes que es necesario considerar en la determinación del costo generalizado del transporte. Estos costos son los que mayor impacto tienen en el comportamiento de los flujos de pasajeros, ya que una variación en el peaje tiende a impactar

inmediatamente el comportamiento de la demanda en el transporte [37]. Estos costos están asociados a variables como: costos de operación, tarifas del servicio (tarifas de pasajes y tarifas de peajes), niveles de ocupación e infraestructura vial.

Según el **Apéndice F**, las variables de entrada se encuentran asociadas a los elementos que componen la red de transporte: variables de oferta y variables de demanda. Estas variables determinan los parámetros necesarios para el cálculo de la función costo generalizado del transporte, permitiendo la construcción de una serie de algoritmos que estiman: costos de operación vehicular, tiempos de recorrido, frecuencia de viajes, flujos de pasajeros y matrices origen destino de pasajeros, los cuales actúan como herramientas de planificación y control, facilitando la toma de decisiones para la construcción de nuevos proyectos de infraestructura que incentiven el desarrollo del departamento.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La revisión de la literatura permitió identificar que a nivel nacional existen vacíos en materia de estudios de modelos logísticos regionales del transporte intermunicipal de pasajeros, ya que no se cuenta con la información suficiente sobre la movilidad de pasajeros en las regiones, limitando la capacidad de desarrollar modelos que incrementen la competitividad del sector. La mayoría de los documentos consultados se centraron en estudios urbanos, en consecuencia, es fundamental incentivar investigaciones que permitan la posterior construcción e implementación de modelos logísticos de transporte de pasajeros que soporten la toma de decisiones en pro del desarrollo de la movilidad intermunicipal de los territorios.
- El aspecto que mayor carencia de información presenta para el departamento de Santander es la demanda, ya que solo se encontraron datos disponibles desde agosto de 2019. Esto limita la clasificación actual del sector, puesto que no refleja de manera precisa la evolución del transporte intermunicipal de pasajeros en el departamento. La falta de datos necesarios puede afectar la precisión del modelo en la toma de decisiones importantes en la planificación del transporte. En este sentido se recomienda implementar un registro periódico obligatorio por parte de las autoridades encargadas del transporte a los terminales terrestres de pasajeros, que permita analizar el comportamiento de la movilidad de pasajeros.
- Se comprobó cuantitativamente, mediante el cálculo del porcentaje promedio de ocupación de los despachos de las ciudades con mayor flujo de pasajeros, para la clase de vehículo con mayor participación dentro de la flota (buseta), que la demanda promedio solo representó una cuarta parte del total de la oferta disponible. Este bajo nivel en la demanda

puede estar asociado con la prestación inadecuada del servicio por parte de las empresas, puesto que factores como: el estado de los automotores, los retrasos en los despachos, los largos tiempos de recorrido y otros aspectos pueden afectar negativamente la percepción de los usuarios sobre la calidad del servicio, incentivándolos a elegir otros modos de transporte, como el transporte aéreo, lo cual puede tener diversas implicaciones negativas en cuanto a la economía del sector.

- El estudio de las distintas variables que componen el transporte terrestre intermunicipal de pasajeros en el departamento de Santander evidenció las deficiencias presentes en cuanto a la prestación de su servicio, consecuencia directa de la falta de planificación que existe por parte del gobierno y las empresas encargadas. Por ende, esta investigación evidencia la necesidad de implementar un modelo logístico de pasajeros basado en el método de costos generalizados, herramienta que permite realizar una adecuada planificación y actuar casi que en tiempo real para atacar las principales problemáticas de la movilidad presentes en la región.
- El método del costo generalizado del transporte constituye uno de los métodos más completos en los estudios de pre-inversión, puesto que metodológicamente considera las variables más influyentes encontradas en la movilidad de pasajeros del departamento de Santander, siendo una herramienta de gran utilidad para las distintas entidades operativas encargadas de la gestión de la infraestructura vial, permitiendo identificar y asignar los costos que realmente inciden en la prestación del servicio.
- El presente trabajo investigativo evidenció la necesidad de impulsar la competitividad del sector transporte de pasajeros y para ello se requiere incentivar investigaciones que

permitan una clasificación detallada de la movilidad en el departamento de Santander, en consecuencia surgen temas de investigación como: la contribución de las terminales de transporte a la competitividad del sector, el impacto que tienen los motivos de viaje en la movilidad de pasajeros, estudios técnicos del transporte teniendo en cuenta factores de sostenibilidad ambiental y estudios de caracterización del sector transporte de pasajeros en Santander.

REFERENCIAS

- [1] M. O. Alguero, Agencia Nacional de Seguridad Vial hace un llamado de urgencia por siniestralidad en Santander. Vanguardia [página web]. (24, febrero, 2022). [Consultado el 27, julio, 2022]. Disponible en Internet: <<https://www.vanguardia.com/economia/local/agencia-nacional-de-seguridad-vial-hace-un-llamado-de-urgencia-por-siniestralidad-en-santander-HJ4902832>>.
- [2] C. A. Hernández, boletín estadístico de siniestralidad Santander. Agencia Nacional de Seguridad Vial [página web]. (noviembre, 2021). [Consultado el 5, agosto, 2022]. Disponible en Internet: <https://ansv.gov.co/sites/default/files/2021-11/Boletin_Santander_septiembre_2021.pdf>.
- [3] Universidad del rosario y centro de estudios para la competitividad regional, score. Índice departamental de competitividad. compite [página web]. (2022). [Consultado el 24, junio, 2022]. Disponible en Internet: <https://compite.com.co/wp-content/uploads/2022/04/CPC_ICD_2022-V5.pdf>.
- [4] Decreto 170 de 2001 [Anónimo]. Ministerio de transporte [página web]. (febrero, 2001). [Consultado el 21, abril, 2022]. Disponible en Internet: <<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=128#:~:text=De%20conformidad%20con%20el%20artículo%203%20de%20la%20Ley%20105,sujeto%20a%20una%20contraprestación%20económica.>>.

- [5] E. O. Higuera. Retos para una política logística competitiva. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) [página web]. (18, marzo, 2018). [Consultado el 21, abril, 2022]. Disponible en Internet: <<https://www.andi.com.co/Home/Noticia/1077-retos-para-una-politica-logistica-compet>>.
- [6] A. Mauttone, H. Cancela, y M. U. Urquhart. Diseño y optimización de rutas y frecuencias en el transporte colectivo urbano, modelos y algoritmos» Universidad de la República Facultad de Ingeniería, Uruguay. Conocimiento Libre Repositorio Institucional [página web]. (2010). [Consultado el 21, abril, 2022]. Disponible en Internet: <<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/3494/1/TR0307.pdf>>.
- [7] J. Castiglione, M. Bradley, and J. Gliebe (2014) Activity-Based Travel Demand Models: A Primer. The Strategic Highway Research Program of the Transportation Research Board
- [8] Área metropolitana del valle de aburrá. Plan Maestro De Movilidad para la Región Metropolitana del Valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle de Aburrá: AMVA, 2009. 400 p. ISBN 978-958-8513-25-6.
- [9] J. Serna, A. Conrado; J. García, y A. Flórez, Análisis de Rutas de Transporte de Pasajeros Mediante la Herramienta Network Analyst de ArcGIS. Caso Aplicado en la Ciudad de Medellín. En: ingenierías USBMed. 2016. vol. 7, no. 2, p. 7.
- [10] J. A. Velandia, modelación del comportamiento del tráfico de transporte público en la avenida Boyacá entre la avenida américas y la calle 127 de la ciudad de Bogotá mediante dinámica de sistemas. trabajo de grado. Bogotá: universidad católica de Colombia, 2020. 98 p.

- [11] A. F. Medina Leuro, estudio prospectivo del sistema de transporte público de pasajeros de Fusagasugá al año 2025. trabajo de grado. Fusagasugá: universidad de Cundinamarca, 2016. 143 p.
- [12] I. J. Cruz, ajuste de modelos SARIMA para el turismo en carreteras concesionadas en México. En: El Periplo Sustentable. Diciembre, 2021. no. 41, p. 17. ISSN 1870-9036.
- [13] C. Miranda, Modelización de Series Temporales modelos clásicos y SARIMA. Trabajo de grado. Granada, España: Universidad de Granada, 2021. 71 p.
- [14] E. Beard, J. Marsden, J. Brown, I. Tombor, J. Stapleton, S. Michie, & R. West, (2019). Understanding and using time series analyses in addiction research. Abingdon, 114(10), Artículo 1866-1884.
- [15] B. Y. He, & J. Y. J. Chow, (2021). Gravity Model of Passenger and Mobility Fleet Origin–Destination Patterns with Partially Observed Service Data. National Academy of Sciences: Transportation Research Board.
- [16] Chicago data portal. Transportation Network Providers – Travel. 2020. Available: <https://data.cityofchicago.org/Transportation/Transportation-Network-Providers-Trips/m6dm-c72p>.
- [17] Ineco. Modelo Nacional de Transportes de España. España: [s.n.], 2021. 124 p. Diseño general del Modelo Nacional de Transportes.

[18] Eurostat [Anonym]. Language selection | European Commission. [Consulted the 10, November 2022]. Available: <<https://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/background>>.

[19] Estudio piloto de movilidad interprovincial | OTLE [Anónimo]. Portal del Observatorio del Transporte y la Logística en España | OTLE [página web]. [Consultado el 12, noviembre, 2022]. Disponible en Internet: <<https://observatoriotransporte.mitma.gob.es/estudio-experimental>>.

[20] Rich, Jeppe y C. Overgaard, The Danish National Passenger Model – model specification and results. En: Technical University of Denmark. ISSN: 1567-7141.

[21] C. Hjalmar, y B. Z. Skougaard, (2015). documentation of the Danish National Travel Survey TRIMIS (Documentación de la Encuesta Nacional de Viajes de Dinamarca. Informe 10, Transporte) [página web]. Disponible en Internet: <<https://trimis.ec.europa.eu/project/documentation-danish-national-travel-survey>>.

[22] V.O'riordan, , F. Rogan, T. Mac Uidhir, , Ó B. Gallachóir, & H. Daly, (2022). Passenger transport demand, fuel consumption, and emissions data for the Irish Passenger Transport Emissions and Mobility (IPTeM) model (IPTeM)).

[23] National travel Survey - CSO - Central Statistics Office [Anónimo]. Home - CSO - Central Statistics Office [página web]. Disponible en Internet: <<https://www.cso.ie/en/statistics/tourismandtravel/nationaltravelsurvey/>>.

[24] X. Wang; J. Song; Q. Wu, (2021). An Economic Equilibrium Model for Optimizing Passenger Transport Corridor Mode Structure Based on Travel Surplus. *Sustainability*, 13(7), 4024. <https://doi.org/10.3390/su13074024>.

[25] Z. Wang, & Y. Chen (2022). Exploring Spatial Patterns of Interurban Passenger Flows Using Dual Gravity Models. *Entropy*. DOI: <https://doi.org/10.3390/e24121792>

[26] Comisión nacional de desarrollo y reforma (CNDR). (2016). National Development and Reform Commission of the People's Republic of China. National Transport Infrastructure Development Plan (2016-2020). disponible en: <http://en.ndrc.gov.cn/newsrelease/201612/P020161207645765233498.pdf>

[27] Operación de pasajeros y despacho de vehículos en la modalidad de transporte de pasajeros por carretera. (2021, 16 de marzo). Datos Abiertos Colombia | Datos Abiertos Colombia. <https://www.datos.gov.co/Transporte/Operacion-de-pasajeros-y-despacho-de-vehiculos-en-eh75-8ah6>

[28] La pandemia covid-19 castiga a Santander [Anónimo]. *Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo* [página web]. (mayo, 2021). [Consultado el 6, enero, 2023]. Disponible en Internet: [<https://www.semana.com/nacion/articulo/la-covid-19-castiga-a-santander/202100/>](https://www.semana.com/nacion/articulo/la-covid-19-castiga-a-santander/202100/).

[29] M. Vela. Santander Corazón de Colombia. invertir en Santander [página web]. (2020). [Consultado el 6, enero, 2023]. Disponible en Internet:

<<https://www.investinsantander.co/razones-para-invertir-/conectividad-redes-conexin-transporte-aeropuertos-fluvial/>>.

[30] F. Jaimes, y R. Pinto. Informe de desarrollo de Santander. En: Prosantander, vol. 5, 2022, p. 24. ISSN 2806-0458.

[31] F. C. García. impacto de la pandemia por covid-19 en el transporte intermunicipal en Colombia. En: consejo superior del transporte [en línea]. 2021. p. 14. [Consultado el 8, enero, 2023]. Disponible en Internet: <<http://consejosuperiordeltransporte.org/wp-content/uploads/2021/04/IMPACTO-DE-LA-PANDEMIA-POR-COVID-19-EN-EL-TRANSPORTE-INTERMUNICIPAL-EN-COLOMBIA-SR.pdf>>.

[32] Consulta de información de empresas de Transporte Terrestre Automotor habilitadas por las Direcciones Territoriales del Ministerio de Transporte. (2022). República de Colombia Ministerio de Transporte Servicios y consultas en línea. <https://web.mintransporte.gov.co/Consultas/empresas/home.htm>

[33] Oficina de regulación económica. (2008). incidencia en el mercado de servicio conexo - terminal de transporte de los servicios informales (Informe Ministerio De Transporte).

[34] Consulta de información de empresas de Transporte Terrestre Automotor habilitadas por las Direcciones Territoriales del Ministerio de Transporte. (2022). República de Colombia Ministerio de Transporte Servicios y consultas en línea. <https://web.mintransporte.gov.co/Consultas/empresas/home.htm>

[35] Supertransporte. (2017). Diagnóstico de infraestructura Terminales de transporte terrestre automotor de pasajeros por carretera. Recuperado:

<https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2017/Noviembre/>

Planeacion_22/2/DIAGNOSTICO_INFRAESTRUCTRA_TERMINALES_2017.pdf

[36] Ministerio de transporte. (s.f.). Operación en las terminales de transporte. Portal Logístico de Colombia. <https://plc.mintransporte.gov.co/Estadísticas/Pasajeros-Modo-terrestre/Operación-en-las-terminales-de-transporte>

[37] Torres Vargas, G., & Pérez Sánchez, J. A. (2022). Métodos De Asignación De Tránsito En Redes Regionales De Carreteras: Dos Alternativas De Solución. secretaria de comunicaciones y transporte, Publicación Técnica (214).