

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.

Autores

Neidy Alexandra Cabrera Ruiz

Danna Alejandra Diaz Castellanos

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingenieros Civiles

Director

Yerly Fabian Martínez Estupiñán

PhD. Ingeniería de Transporte y Logística

Codirector

Melissa Giseth Sanabria Pinto

MSc. Ingeniería de Tránsito y Transporte

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Escuela de Ingeniería Civil
Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, Rosmira Ruiz Aza y Pedro Cabrera, quienes con amor, esfuerzo y sacrificio me han acompañado en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí incluso en medio de las adversidades, por darme todo por mi bienestar y por entregarme hasta la última monedita para que hoy pudiera estar aquí, culminando mi carrera. También dedico este logro a mis hermanas Deicy, Sindy y Mary, y a mi pequeña sobrina Luna, quienes han sido motivo de fuerza, inspiración y alegría para seguir adelante. A Juanca, gracias por estar conmigo, por ser mi refugio en los momentos difíciles y por acompañarme con amor y paciencia en este proceso. Finalmente, dedico este trabajo a mi amigo Marcos, mi hermano universitario durante estos cinco años, por su amistad, apoyo y compañía incondicional. A todos ustedes, los amo profundamente y les agradezco por hacer parte de este logro, con cariño, Neidy Cabrera.

Dedico este logro, con todo mi amor y gratitud, a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida y la razón por la que hoy puedo cumplir este sueño. Gracias por cada sacrificio, por sus bendiciones diarias y por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba. Este logro también les pertenece, porque detrás de cada paso que he dado siempre estuvieron ustedes. En especial a mi madre, Ardín Castellanos, por ser la persona que más ha creído en mí, por enseñarme que no existen razones suficientes para rendirse y que los sueños pueden ser tan grandes como esté dispuesta a luchar por ellos, siempre con humildad y perseverancia. Gracias por celebrar cada uno de mis logros y por corregirme cuando fue necesario, porque en cada consejo encontré una oportunidad para crecer. No puedo dejar de dedicar este logro a todas aquellas personas que hicieron parte de mi vida y que hoy ya no están. Gracias porque, en su momento, creyeron en mí y dejaron una huella que marcó mi camino. De una u otra manera, también fueron parte del camino que me llevó hasta aquí, con cariño, Danna Diaz.

Agradecimientos

Agradecemos en primer lugar a Dios, por guiarnos, fortalecernos y darnos la sabiduría necesaria para culminar este proceso de formación profesional. A nuestros padres y familias, por su amor incondicional, sacrificio, apoyo constante y por ser el pilar fundamental en cada etapa de nuestras vidas. A la Universidad Industrial de Santander, por brindarnos la oportunidad de formarnos académica y personalmente, y por ser el espacio donde crecimos como futuras profesionales. A nuestros amigos y compañeros de facultad, por acompañarnos durante este camino, compartir aprendizajes y hacer más llevaderos los retos de la vida universitaria. Expresamos también nuestro sincero agradecimiento a nuestro director, Yerly Fabián Martínez Estupiñán, y a nuestra codirectora, Melissa Sanabria, por su orientación, paciencia, compromiso y valiosos aportes en el desarrollo de esta investigación. Asimismo, agradecemos a todos los docentes que hicieron parte de nuestra formación académica y personal, cuyas enseñanzas contribuyeron a nuestro crecimiento como futuras ingenieras. Finalmente, agradecemos cada experiencia vivida, incluso aquellas difíciles, porque nos dejaron aprendizajes, fortalecieron nuestro carácter y nos recordaron que los sueños se alcanzan con esfuerzo, perseverancia y fe.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1 Objetivos	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2 Cuerpo del Trabajo	13
2.1 Marco Referencial.....	13
2.2 Método	14
2.3 Caracterización de la zona de estudio	14
2.4 Trazado cable aéreo	15
2.4.1 Alternativa 1. Estación portal Norte –Estación café Madrid – Estación Colorados	16
2.4.2 Alternativa 2. Estación portal Norte – Estación Kennedy - Estación café Madrid – Estación Colorados	17
2.4.3 Alternativa 3. Estación la Esperanza – Estación portal Norte – Estación café Madrid – Estación Colorados	19
2.5 Diseño metodológico	22
2.5.1 Tipo de estudio.....	22
2.5.2 Población y muestra.....	22
2.5.3 Instrumentos para la recolección de datos	22
2.5.4 Técnicas y herramientas aplicadas para el tratamiento de datos.....	23
2.5.5 Consideraciones éticas	24
2.6 Resultados.....	24

2.6.1	Procesamiento y validación de la información	24
2.6.2	Análisis estadístico de la información	25
2.6.3	Caracterización de la muestra	26
2.6.4	Análisis de preferencias declaradas	28
2.6.5	Motivos para elegir y no elegir el cable aéreo	29
2.7	Estimación de la demanda potencial del sistema de cable aéreo	32
2.7.1	Tasas de transferencia utilizadas en cada escenario	33
2.8	Discusión.....	35
2.8.1	Resultados de demanda potencial	36
Conclusiones		37
Referencias Bibliográficas		38
Apéndices.....		40

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Caracterización general de la muestra	26
Tabla 2. Disposición de los encuestados a migrar hacia el sistema de cable aéreo.	31
Tabla 3. Escenarios de análisis definidos.....	32
Tabla 4. Resumen tasas de transferencia utilizadas en cada Escenario.	33
Tabla 5. Tasas de transferencia potencial al sistema de cable aéreo según modo de transporte y criterio de elección.....	33
Tabla 6. Comparación de Escenarios.....	35
Tabla 7. Sumatoria de viajes origen–destinos diarios.....	44
Tabla 8. Sumatoria de viajes origen–destinos horarios.....	45
Tabla 9. Viajes en cada estación por día.....	47
Tabla 10. Viajes en cada estación por hora.....	47
Tabla 11. Comparación entre alternativas.....	21
Tabla 12. Distribución de la población.	49
Tabla 13. Variables de análisis.	50
Tabla 14. Tabla de niveles y atributos.	52

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Trazado propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010-2030.....	17
Figura2. Modificación del trazado base propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010-2030.	18
Figura 3. Propuesta de mayor cobertura, formulada a partir del análisis territorial y espacial del área estudiada.	20
Figura 4. Motivos para elegir el cable aéreo.....	29
Figura 5. Motivos principales para no elegir el cable aéreo.	30
Figura 6. Demanda de pasajeros, para elección de alternativa.	44
Figura 7 Fotografía implementación prueba piloto.	54
Figura 8 Formato encuesta de Preferencias Declaradas para un Sistema de Cable Aéreo - Norte de Bucaramanga.....	55
Figura 9 Aplicación de la encuesta.	57
Figura 10. Distribución de la elección del sistema de cable aéreo según sexo.....	58
Figura 11. Distribución Motivos para elegir el cable aéreo según sexo.	58
Figura 12. Distribución Motivos para no elegir el cable aéreo según sexo.	59
Figura 13. Disposición a pagar según motivo principal de vía y Disposición a pagar según ocupación.	59

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Tabulación_Encuestas_Final_Calculodelademanda.xlsx.	40
Apéndice B. Tablas Datos de viajes_ ArcGis_ Calculodemuestra.xlsx.....	40
Apéndice C. Tarjetas de elección utilizadas como apoyo visual durante la aplicación de la encuesta.....	40
Apéndice D. Demanda y Tasa de transferencia en cada Escenario.	42
Apéndice E. Diseño metodológico.....	43

Resumen

Título: Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.

Autor: Neidy Alexandra Cabrera Ruiz, Danna Alejandra Díaz Castellanos,

Palabras Clave: Cable aéreo, Transporte público, Norte, Demanda de pasajeros.

Descripción: La movilidad urbana en el sector norte de Bucaramanga presenta problemáticas asociadas con altos tiempos de desplazamiento, congestión vehicular y limitaciones en el acceso al transporte público, acentuadas por la topografía de la zona. Estas condiciones afectan la conectividad de los habitantes y dificultan sus desplazamientos diarios por motivos laborales, educativos y comerciales.

En contextos urbanos con condiciones topográficas complejas, los sistemas de transporte por cable aéreo se han consolidado como una alternativa para mejorar la conectividad y la accesibilidad, al reducir las limitaciones asociadas con las pendientes y los tiempos de desplazamiento. Para el norte de Bucaramanga, diferentes estudios e instrumentos de planificación han planteado su implementación para mejorar la movilidad y fortalecer la integración con el resto de la ciudad. Sin embargo, aún no se cuenta con una estimación específica de la demanda potencial de pasajeros que permita evaluar la aceptación del sistema y sustentar técnicamente su posible implementación. En este contexto, el trabajo tuvo como objetivo estimar la demanda potencial de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el norte de Bucaramanga. El estudio utilizó información de movilidad y la matriz origen–destino de la Actualización del Plan Maestro Metropolitano de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2022–2037, complementada con encuestas de preferencias declaradas para analizar los tiempos y costos de viaje, los modos de transporte utilizados y la disposición de los usuarios frente al uso del cable aéreo. A partir del análisis, se identificó una alta participación del transporte público y una percepción favorable hacia la implementación del sistema como alternativa de movilidad para el norte de Bucaramanga.*

* Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñan, Doctor en Ingeniería de Transporte y Logística. Codirectora: Melissa Biseth Sanabria Pinto, Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería de Tránsito y Transporte.

Abstract

Title: Estimation of Passenger Demand for a Cable Car Public Transportation System in the Northern Sector of Bucaramanga.

Author: Neidy Alexandra Cabrera Ruiz, Danna Alejandra Díaz Castellanos.

Key Words: Cable car, Public transportation, Northern, Passenger demand.

Description: Urban mobility in the northern sector of Bucaramanga presents challenges associated with long travel times, traffic congestion, and limitations in access to public transportation, intensified by the area's topography. These conditions affect residents' connectivity and hinder their daily trips for work, educational, and commercial purposes.

In urban contexts with complex topographical conditions, aerial cable transportation systems have become an alternative for improving connectivity and accessibility by reducing limitations associated with slopes and travel times. In northern Bucaramanga, various studies and planning instruments have proposed their implementation to improve mobility and strengthen integration with the rest of the city. However, there is still no specific estimate of potential passenger demand to assess the system's acceptance and provide technical support for its possible implementation.

In this context, the objective of this study was to estimate the potential passenger demand for an aerial cable public transportation system in northern Bucaramanga. The study used mobility information and the origin–destination matrix from the 2022–2037 Update of the Metropolitan Mobility Master Plan of the Bucaramanga Metropolitan Area, complemented by stated preference surveys to analyze travel times and costs, transportation modes used, and users' willingness to use the aerial cable system. Based on the analysis, a high share of public transportation use and a favorable perception of the system's implementation as a mobility alternative for northern Bucaramanga were identified.*

* Degree Work

** Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Supervisor: Yerly Fabian Martínez Estupiñan, Doctor in Transportation and Logistics Engineering. Co-supervisor: Melissa Biseth Sanabria Pinto, M.Sc. in Civil Engineering with an emphasis on Traffic and Transportation Engineering.

Introducción

La movilidad en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) enfrenta desafíos en los desplazamientos cotidianos. Según la Encuesta Origen-Destino de Hogares —EODH 2022— y el Plan Maestro Metropolitano de Movilidad 2022–2037, más del 70 % de los viajes diarios corresponden a actividades obligatorias, principalmente trabajo. Aunque esto exige un transporte eficiente y accesible, la reducción del transporte público formal y el crecimiento de la motocicleta y del transporte informal han generado congestión, accidentalidad, mayores tiempos de viaje y dificultades de accesibilidad en sectores vulnerables (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2021, 2022). En el norte de Bucaramanga, la problemática se intensifica por la concentración poblacional, la topografía ladera y las limitaciones de acceso al transporte público. Aunque existen rutas masivas y colectivas convencionales, las condiciones urbanas dificultan la conexión con los principales destinos, favoreciendo alternativas informales ante una demanda no siempre atendida por el sistema formal (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2022; Bucaramanga Metropolitana Cómo Vamos, 2025; Dirección de Tránsito de Bucaramanga, 2024). Experiencias como el Metrocable de Medellín y el TransMiCable de Bogotá muestran que el cable aéreo puede mejorar la conectividad en sectores de difícil acceso, reducir tiempos de viaje e integrarse con el transporte público. Por ello, resulta pertinente evaluar una alternativa similar para el norte de Bucaramanga, a partir de la estimación de su demanda potencial (ONU-Habitat, 2018; Metro de Medellín, s. f.; TransMilenio, 2025).

En este contexto, la investigación estimó la demanda potencial de pasajeros de un sistema de cable aéreo en el norte de Bucaramanga, mediante el análisis de la zona de influencia y encuestas de preferencias declaradas. El estudio aporta información técnica preliminar para evaluar su viabilidad funcional y social como alternativa de movilidad urbana sostenible

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Estimar, en etapa de prefactibilidad, la demanda potencial de pasajeros de un sistema de cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.

1.2 Objetivos Específicos

1. Delimitar la zona de influencia del sistema de cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga, a partir de criterios de accesibilidad peatonal, densidad poblacional, principales destinos de viaje y su conectividad con otros modos de transporte.
2. Proponer un trazado conceptual del sistema de cable aéreo y la localización preliminar de sus estaciones, con base en la delimitación de la zona de influencia y considerando criterios de accesibilidad y condiciones topográficas.
3. Definir el instrumento de captura de información para caracterizar las preferencias de los potenciales usuarios del sistema de cable aéreo.
4. Aplicar el método de captura de información seleccionado para estimar la demanda potencial de pasajeros del sistema de cable aéreo en el área de influencia.

2 Cuerpo del Trabajo

2.1 Marco Referencial

El crecimiento urbano ha generado desafíos en movilidad y accesibilidad, especialmente en sectores periféricos o con condiciones topográficas complejas, donde los sistemas tradicionales de transporte presentan limitaciones de cobertura, conexión y eficiencia operacional. En este contexto, los sistemas de transporte público por cable aéreo se han consolidado como una alternativa para mejorar la conectividad urbana, reducir tiempos de viaje y facilitar el acceso de la población a diferentes zonas de la ciudad (ONU-Habitat, 2018; Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2022).

En América Latina, experiencias como el Metrocable de Medellín evidencian el potencial de estos sistemas en zonas de ladera y de difícil acceso, especialmente cuando se articulan con redes de transporte masivo. Este referente muestra que el cable aéreo puede ser una solución viable para territorios con restricciones topográficas y baja conectividad mediante transporte público convencional (ONU-Habitat, 2018; Metro de Medellín, s. f.).

Para el norte de Bucaramanga, el cable aéreo ha sido considerado en instrumentos de planificación como el Plan Maestro Metropolitano de Movilidad 2022–2037. Sin embargo, estas propuestas se han abordado principalmente a nivel conceptual, por lo que resulta necesario profundizar en su viabilidad desde la demanda potencial de pasajeros y la percepción de los posibles usuarios (AMB, 2022). Para ello, los modelos de elección discreta permiten analizar cómo atributos como costos, tiempos de viaje, características del servicio y otros factores influyen en la elección modal de los usuarios (Train, 2009; Ortúzar & Willumsen, 2011).

2.2 Método

La metodología de la investigación se estructuró en cuatro etapas articuladas con los objetivos específicos y tuvo como punto de partida la información de movilidad contenida en la matriz origen–destino del Área Metropolitana de Bucaramanga de 2022. A partir de esta base se desarrollaron la caracterización y delimitación de la zona de influencia, la formulación y selección de la alternativa de trazado, el diseño del instrumento de preferencias declaradas y la estimación de la demanda potencial mediante escenarios de transferencia modal. Cada etapa integró información territorial, datos de movilidad y herramientas de análisis estadístico y espacial, con el propósito de establecer una base técnica para evaluar, en fase de prefactibilidad, la posible captación de pasajeros del cable aéreo en el norte de Bucaramanga.

2.3 Caracterización de la zona de estudio

El sector norte de Bucaramanga presenta condiciones físicas y urbanas que inciden directamente en la movilidad de la población. Su topografía irregular, con sectores de ladera y pendientes pronunciadas, dificulta la expansión de infraestructura vial y la operación eficiente del transporte convencional, generando una alta dinámica de desplazamientos hacia el resto de la ciudad (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2022).

De acuerdo con el procesamiento de la matriz origen–destino del Área Metropolitana de Bucaramanga de 2022, en las ZAT seleccionadas del sector norte de Bucaramanga se identificaron 80.095 viajes diarios y 7.406 viajes durante la hora de máxima demanda. La partición modal muestra una mayor participación del transporte público colectivo, seguido por la motocicleta, el transporte informal y el transporte privado individual, mientras que los modos peatonales, especiales, masivos, no motorizados y otros presentan una menor participación. Estas

características, junto con las condiciones topográficas del sector, evidencian la necesidad de analizar alternativas de transporte que mejoren la accesibilidad y la conexión del norte de Bucaramanga con el resto de la ciudad (AMB, 2022; ONU-Habitat, 2018).

Para la delimitación de la zona de influencia potencial del sistema se consideraron de manera conjunta cuatro criterios: la accesibilidad peatonal a las estaciones, la distribución espacial de la población, los principales sectores generadores y atractores de viajes y la conectividad con los modos de transporte existentes. En este sentido, la zona de estudio no se definió únicamente a partir de los límites administrativos del sector norte, sino mediante la identificación de las áreas que presentan mayor posibilidad de acceso al sistema y una relación directa con los patrones de movilidad registrados en la matriz origen–destino del AMB de 2022. Este análisis permitió establecer una base territorial para la formulación y comparación de las alternativas de trazado.

2.4 Trazado cable aéreo

Con el fin de evaluar la posible implementación de un sistema de cable aéreo en el norte de Bucaramanga, se tomó como punto de partida el trazado Portal Norte–Café Madrid–Colorados, propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010–2030, el cual se adoptó como Alternativa 1. A partir del análisis territorial y de movilidad del sector, se formularon dos alternativas adicionales orientadas a ampliar la cobertura, considerando variables como la topografía, la distribución poblacional, la accesibilidad al transporte público y la conectividad con el sistema de transporte existente.

Para la evaluación de las alternativas se definió la ubicación preliminar de las estaciones y se establecieron áreas de influencia de 500 m alrededor de cada una, distancia adoptada como criterio de accesibilidad peatonal para identificar la cobertura territorial y los barrios potencialmente beneficiados. Posteriormente, mediante herramientas cartográficas y Sistemas de

Información Geográfica (SIG), se identificaron las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) ubicadas total o parcialmente dentro de estas áreas de influencia. El proceso de intersección espacial generó 47 registros de asociación entre estaciones y ZAT; al excluir los identificadores repetidos, se obtuvieron 45 ZAT únicas, las cuales conformaron la zona de influencia potencial analizada para las tres alternativas y fueron relacionadas con la información de viajes de la matriz origen–destino del AMB de 2022.

Como resultado, se establecieron tres alternativas de trazado conceptual, agrupadas según sus zonas de influencia y asociadas con las respectivas ZAT identificadas. Cada alternativa contempla parámetros relacionados con la longitud, el número de estaciones, la cobertura estimada y las características generales del recorrido.

2.4.1 Alternativa 1. Estación portal Norte –Estación café Madrid – Estación Colorados

La Alternativa 1 presentada en corresponde al trazado propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010–2030 y fue adoptada como base del estudio por estar incluida en los instrumentos de planificación urbana. Su propósito es mejorar la accesibilidad de los barrios de ladera y facilitar su conexión con el sistema de transporte público existente (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2010).

El recorrido conecta Portal Norte, Café Madrid y Colorados mediante un corredor lineal de aproximadamente 3,83 km, estimado a partir de la digitalización del trazado en un Sistema de Información Geográfica. La alternativa contempla tres estaciones preliminares, definidas según criterios de cobertura poblacional, accesibilidad y conectividad.

Figura 1 corresponde al trazado propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010–2030 y fue adoptada como base del estudio por estar incluida en los instrumentos de planificación urbana. Su propósito es mejorar la accesibilidad de los barrios de

ladera y facilitar su conexión con el sistema de transporte público existente (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2010).

El recorrido conecta Portal Norte, Café Madrid y Colorados mediante un corredor lineal de aproximadamente 3,83 km, estimado a partir de la digitalización del trazado en un Sistema de Información Geográfica. La alternativa contempla tres estaciones preliminares, definidas según criterios de cobertura poblacional, accesibilidad y conectividad.

Figura 1.

Trazado propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010-2030.



Nota. Tomado de Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010–2030, por la Alcaldía de Bucaramanga, la Universidad Industrial de Santander y la Sociedad Santandereana de Ingenieros, 2010.

2.4.2 Alternativa 2. Estación portal Norte – Estación Kennedy - Estación café Madrid – Estación Colorados

La Alternativa 2 presentada en corresponde a una modificación del trazado base propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga. Su planteamiento tuvo como propósito ampliar la cobertura territorial mediante la incorporación de una estación en el sector Kennedy, considerando la concentración poblacional y de viajes identificada en las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT), las limitaciones de acceso al transporte público formal y la posibilidad de

mantener la conexión con Portal Norte como punto de integración con Metrolínea (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2010, 2022).

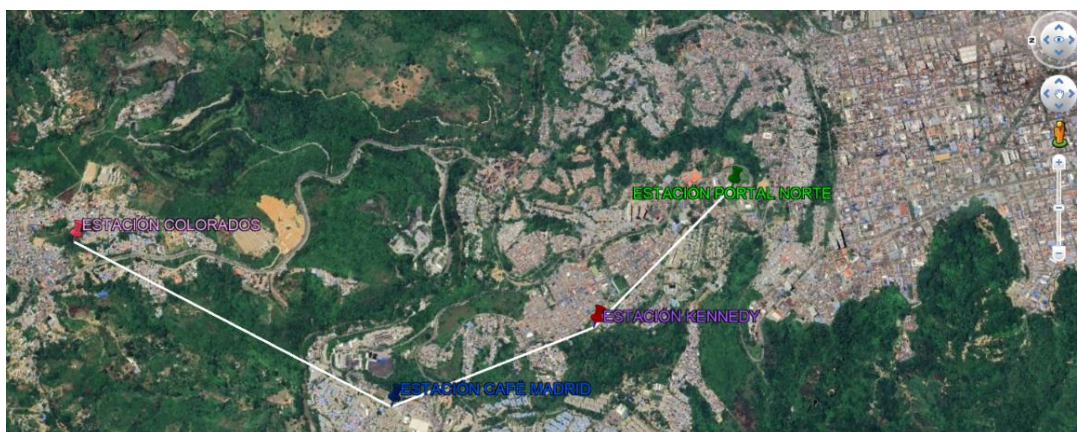
El trazado conecta Portal Norte, Kennedy, Café Madrid y Colorados, con una longitud aproximada de 3,88 km y cuatro estaciones preliminares. Aunque durante el análisis espacial se identificó una superposición parcial entre las áreas de influencia de Kennedy y Café Madrid, esta alternativa permite incorporar un punto adicional de acceso y ampliar la cobertura respecto al trazado original.

Figura2 corresponde a una modificación del trazado base propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga. Su planteamiento tuvo como propósito ampliar la cobertura territorial mediante la incorporación de una estación en el sector Kennedy, considerando la concentración poblacional y de viajes identificada en las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT), las limitaciones de acceso al transporte público formal y la posibilidad de mantener la conexión con Portal Norte como punto de integración con Metrolínea (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2010, 2022).

El trazado conecta Portal Norte, Kennedy, Café Madrid y Colorados, con una longitud aproximada de 3,88 km y cuatro estaciones preliminares. Aunque durante el análisis espacial se identificó una superposición parcial entre las áreas de influencia de Kennedy y Café Madrid, esta alternativa permite incorporar un punto adicional de acceso y ampliar la cobertura respecto al trazado original.

Figura2.

Modificación del trazado base propuesto en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2010-2030.



2.4.3 Alternativa 3. Estación la Esperanza – Estación portal Norte – Estación café Madrid – Estación Colorados

La Alternativa 3 presentada en fue formulada a partir del análisis territorial y espacial con el propósito de ampliar la cobertura hacia sectores altos y periféricos del norte de Bucaramanga que no eran atendidos directamente por los trazados anteriores. Su planteamiento consideró las restricciones de accesibilidad vehicular, la distribución poblacional y los viajes identificados en las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2022).

El trazado conecta La Esperanza, Portal Norte, Café Madrid y Colorados, y extiende su área de influencia hacia sectores como Lizcano. Cuenta con una longitud aproximada de 4,61 km y cuatro estaciones preliminares. Aunque presenta el recorrido más extenso y una mayor complejidad topográfica, permite ampliar la cobertura territorial hacia zonas con mayores dificultades de acceso.

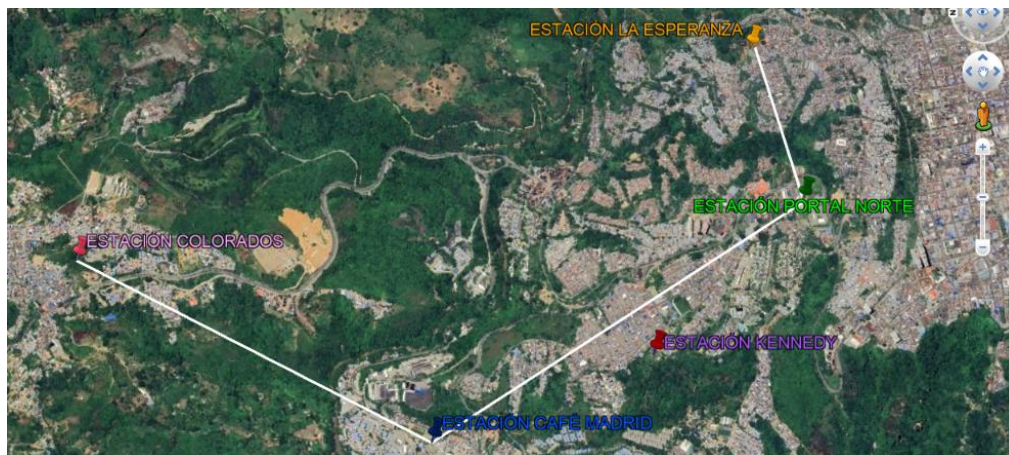
Figura 3 fue formulada a partir del análisis territorial y espacial con el propósito de ampliar la cobertura hacia sectores altos y periféricos del norte de Bucaramanga que no eran atendidos directamente por los trazados anteriores. Su planteamiento consideró las restricciones de accesibilidad vehicular, la distribución poblacional y los viajes identificados en las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2022).

El trazado conecta La Esperanza, Portal Norte, Café Madrid y Colorados, y extiende su área de influencia hacia sectores como Lizcano. Cuenta con una longitud aproximada de 4,61 km y cuatro estaciones preliminares. Aunque presenta el recorrido más extenso y una mayor complejidad topográfica, permite ampliar la cobertura territorial hacia zonas con mayores dificultades de acceso.

Figura

3.

Propuesta de mayor cobertura, formulada a partir del análisis territorial y espacial del área estudiada.



- **Selección de alternativa**

Se realizó una comparación entre las propuestas planteadas, considerando aspectos relacionados con cobertura territorial, longitud del trazado, complejidad topográfica, número de estaciones, integración con el sistema de transporte existente y demanda potencial de pasajeros.

Tabla 1.*Comparación entre alternativas.*

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud del trazado	3,83 km	3,88 km	4,61 km
Número de estaciones	3	4	4
Cobertura de barrios	Alta	Alta	Muy alta
Complejidad topográfica	Media	Media	Alta
Integración con transporte público	Alta	Alta	Media
Complejidad operativa	Baja	Media	Alta
Demanda potencial pasajeros	Alta	Alta	Alta
Viabilidad técnica preliminar	Alta	Media	Media-Baja

A partir de la comparación realizada, se determinó que la Alternativa 1 presenta las condiciones más favorables para una posible implementación preliminar del sistema de cable aéreo en el norte de Bucaramanga. Aunque las alternativas 2 y 3 ofrecen mayor cobertura territorial, también implican mayor longitud de recorrido y complejidades operativas, técnicas y topográficas.

La Alternativa 1 se destaca por su menor longitud de trazado, menor número de estaciones e integración con el sistema de transporte público existente, especialmente con el Portal Norte. Además, coincide con el trazado planteado en el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2011–2030, lo que la hace coherente con los instrumentos de planificación del área de estudio (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2011). Por estas razones, se considera la opción más adecuada para continuar con las siguientes etapas del estudio en fase de prefactibilidad.

2.5 Diseño metodológico

2.5.1 Tipo de estudio

La estimación de la demanda potencial se realizó mediante encuestas de preferencias declaradas, estructuradas bajo el enfoque Direct Utility Assessment (DUA). Este método permitió presentar a los encuestados diferentes escenarios hipotéticos de viaje para analizar su disposición a utilizar el cable aéreo y su posible cambio desde el modo de transporte actual.

2.5.2 Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por los habitantes y transeúntes del área de influencia peatonal de las estaciones propuestas para la Alternativa 1 del sistema (Estación Café Madrid, Estación Colorados y Estación Portal Norte) en el sector norte de Bucaramanga.

Para determinar el tamaño de la muestra, se empleó el procedimiento estándar de muestreo probabilístico para proporciones en poblaciones finitas. Se estableció un nivel de confianza del 95 % ($Z = 1,96$), un margen de error del 5 % y una proporción esperada del 50 % ($p = 0,5$) para maximizar la varianza y obtener un tamaño de muestra conservador. A partir de estos parámetros y de la distribución proporcional según el peso poblacional de cada zona, se calculó una muestra teórica de 1.139 encuestas (el cálculo matemático detallado y la tabla de distribución poblacional se presentan en el **Apéndice E**). Tras la aplicación en campo y la revisión de consistencia, se logró consolidar una base de datos con 1.104 registros válidos.

2.5.3 Instrumentos para la recolección de datos

El instrumento de recolección de información primaria consistió en una encuesta estructurada, aplicada de manera presencial en puntos estratégicos de alta afluencia cercanos a las estaciones preliminares (el registro fotográfico de la aplicación y el modelo de la encuesta se encuentran en el **Apéndice E**). El instrumento se dividió en cuatro bloques: (1) caracterización de

los patrones de viaje actuales, (2) escenarios de preferencias declaradas, (3) percepción y aceptación del sistema, y (4) información sociodemográfica.

Para el componente de preferencias declaradas, se diseñaron tarjetas de elección que operaron como apoyo visual (Ver **Apéndice C**). Su utilización se sustentó en el enfoque Direct Utility Assessment (DUA), en el cual las alternativas se describen mediante atributos y niveles definidos previamente. Las tarjetas facilitaron la comparación entre el modo de transporte actual y el cable aéreo, garantizando que todos los participantes evaluaran la misma información y constituyendo un recurso de presentación dentro del experimento de elección discreta orientado al análisis del comportamiento de viaje (Kocur et al., 1982; Ortúzar & Willumsen, 2011). Cada tarjeta incluyó cuatro atributos: tiempo de desplazamiento, costo del viaje, número de transbordos y tiempo de caminata, cuyos niveles fueron ajustados a las condiciones de movilidad del sector a partir de una prueba piloto realizada previamente en la zona de estudio.

2.5.4 Técnicas y herramientas aplicadas para el tratamiento de datos

El procesamiento y análisis de la información se llevó a cabo utilizando un conjunto de herramientas tecnológicas especializadas. La investigación tuvo como línea base la matriz origen–destino del Área Metropolitana de Bucaramanga de 2022, utilizada como fuente secundaria para identificar la cantidad y distribución de los viajes diarios y en hora de máxima demanda registrados en las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT) consideradas en el sector norte de Bucaramanga.

Análisis Espacial: Se utilizó el software ArcMap (ArcGIS Desktop) para delimitar las áreas de influencia (buffers circulares de 500 metros) de cada estación y relacionar espacialmente las Zonas de Análisis de Tráfico (ZAT) (el procedimiento detallado y las tablas **Tabla 8** y **Tabla 9** de sumatoria de viajes origen-destino se exponen en el **Apéndice E**).

Procesamiento de Datos de Movilidad: La base de datos de la matriz origen-destino del Área Metropolitana de Bucaramanga se filtró, tabuló y consolidó utilizando Microsoft Excel, permitiendo estimar los viajes generados y atraídos por modo de transporte, día y hora.

Análisis Estadístico: Una vez codificada y validada la base de datos de las encuestas, el análisis estadístico descriptivo se realizó mediante el software R (R Core Team, 2025). Esta herramienta permitió elaborar las tablas de frecuencia, tablas dinámicas y representaciones gráficas necesarias para caracterizar la muestra y definir los escenarios de transferencia modal.

2.5.5 Consideraciones éticas

El desarrollo de la investigación se rigió por los principios éticos de la investigación con seres humanos, garantizando el respeto, la privacidad y la protección de los datos de los participantes. La aplicación de la encuesta contó con el consentimiento informado verbal de los ciudadanos, a quienes se les explicó previamente el propósito estrictamente académico e investigativo del estudio. La participación fue completamente voluntaria. Asimismo, la información recolectada fue tratada bajo criterios de confidencialidad y anonimato; los datos sociodemográficos y de movilidad fueron tabulados y analizados de forma agregada, imposibilitando la identificación individual de los encuestados.

2.6 Resultados.

2.6.1 Procesamiento y validación de la información

Una vez finalizada la aplicación de las encuestas, la información recolectada fue tabulada y organizada en una base de datos digital para facilitar su análisis. Posteriormente, se realizó un proceso de codificación de las variables, asignando valores numéricos a las diferentes categorías de respuesta con el fin de estandarizar la información y permitir su procesamiento estadístico. La base de datos, la cual se presenta en su totalidad en el **Apéndice B** del presente documento, fue

sometida a una revisión de consistencia para identificar respuestas incompletas, inconsistentes o con posibles errores de diligenciamiento. A partir de este proceso, las encuestas fueron clasificadas según su nivel de validez, considerando la coherencia entre las características socioeconómicas del encuestado, sus patrones de viaje y las decisiones registradas en los escenarios de preferencias declaradas.

Finalmente, la información validada fue utilizada para la elaboración de tablas dinámicas, análisis descriptivos y la caracterización de la muestra, constituyendo la base para las etapas posteriores de estimación de demanda y modelación de la elección modal.

2.6.2 Análisis estadístico de la información

Una vez validada y codificada la información recolectada, se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el software R, con el propósito de organizar, explorar y representar la base de datos obtenida mediante la encuesta (R Core Team, 2025). Este proceso permitió elaborar tablas de frecuencia, tablas dinámicas y representaciones gráficas, con el fin de identificar las principales características de los encuestados y sus patrones de movilidad.

El análisis se enfocó inicialmente en la caracterización de la muestra y en la evaluación de variables sociodemográficas, económicas y de transporte, permitiendo establecer relaciones preliminares entre las características de los usuarios y sus preferencias frente a las alternativas planteadas en la encuesta de preferencias declaradas.

Los resultados obtenidos constituyeron la base para las etapas posteriores de modelación y estimación de la demanda potencial del sistema de cable aéreo.

2.6.3 Caracterización de la muestra

Tabla 2.

Caracterización general de la muestra

Variable / Dimensión	Categoría	Frecuencia (N)	Porcentaje (%)
Sexo	Masculino	678	61.41%
	Femenino	426	38.6%
Edad	18-25	210	19%
	26-35	507	45.9%
	36-45	255	23.1%
	46-60	90	8.2%
	Más de 60	42	3.8%
Nivel Educativo	Primaria	159	14.4%
	Secundaria	564	51.2%
	Técnico/Tecnólogo	282	25.6%
	Universitario	90	8.2%
	Posgrado	6	0.5%
Ocupación	Estudiante	159	14.4%
	Empleado	564	51.1%
	Independiente	246	22.3%
	Desempleado	48	4.35%
	Hogar	60	5.43%
	Otro	27	2.45%
Modo Principal de Transporte	Bus	549	49.59%
	Transporte informal (mototaxi, auto...)	210	18.97%
	Moto particular	171	15.45%
	Carro particular	99	8.94%
	Taxi	75	6.78%
	Caminar	3	0.27%
Motivo del Viaje	Trabajo	639	57.88%
	Estudio	201	18.21%
	Compras	105	9.51%
	Trámites	63	5.71%
	Salud	51	4.62%
	Ocio	42	3.80%
	Otro	3	0.27%
Frecuencia Semanal de Viaje	6 a 7 veces	498	44.99%
	3 a 5 veces	351	31.71%
	1 a 2 veces	222	20.05%
	Ocasional (menos de una vez a la semana)	36	3.25%

La muestra analizada estuvo conformada por 1.104 registros válidos obtenidos a partir de las encuestas de preferencias declaradas aplicadas en las áreas de influencia de las estaciones propuestas para el sistema de cable aéreo. Además de las características sociodemográficas y de movilidad, la encuesta permitió identificar los principales destinos de los viajes reportados por los participantes. Los desplazamientos se orientaron principalmente hacia el Centro de Bucaramanga, seguido por los sectores de Cabecera, Provenza, San Alonso y San Francisco, así como hacia el municipio de Girón.

En términos generales, la muestra se caracteriza por una población principalmente económicamente activa, cuyos desplazamientos están asociados en su mayoría a actividades laborales y académicas. La concentración de viajes hacia sectores centrales y zonas con actividad comercial, educativa y laboral evidencia la necesidad de mejorar la conexión del norte de Bucaramanga con los principales destinos urbanos. Asimismo, se observa una importante participación de usuarios del transporte público colectivo como modo principal y una alta frecuencia de viajes semanales.

La **Figura 10** presenta la distribución de la elección del sistema de cable aéreo según el sexo de los encuestados, diferenciando entre quienes manifestaron elegir y quienes indicaron no elegir esta alternativa de transporte.

La **Figura 11** presenta la distribución de los principales motivos que influyen en la elección del sistema de cable aéreo según el sexo de los encuestados. En ambos grupos se observa que el ahorro de tiempo constituye el motivo predominante para optar por esta alternativa de transporte, evidenciando que la reducción en los tiempos de desplazamiento es el principal beneficio percibido tanto por hombres como por mujeres.

La **Figura 12** muestra la distribución de los principales motivos asociados a la no elección del sistema de cable aéreo según el sexo de los encuestados. A diferencia de los motivos de elección, en este caso se evidencian variaciones entre hombres y mujeres en las razones manifestadas para no utilizar el sistema, observándose diferencias en la importancia atribuida a factores como la seguridad, la ubicación de las estaciones y otros aspectos relacionados con el servicio.

2.6.4 Análisis de preferencias declaradas

Una vez caracterizada la muestra, se analizaron las respuestas sobre la posible utilización del cable aéreo y los factores asociados con su elección. Los resultados indican que el ahorro de tiempo fue el principal motivo para elegir el sistema, seguido por el menor costo, la comodidad y la seguridad. Entre los motivos para no elegirlo, se destacaron la desconfianza, con 156 respuestas (33,8 %), y la distancia percibida entre el lugar de origen del viaje y la estación de cable aéreo más cercana, percibida de las estaciones, con 153 respuestas (33,2 %). Asimismo, 50 participantes señalaron dificultades de acceso. Estos resultados evidencian que la disposición a utilizar el cable aéreo depende tanto de los beneficios asociados con el viaje como de la percepción de seguridad, cercanía y facilidad de acceso a las estaciones.

Respecto a la disposición a pagar, las respuestas se concentraron alrededor de una tarifa cercana a los \$3.400 por viaje, valor que representa la referencia económica más aceptada. Además, se observaron diferencias según el motivo del desplazamiento: los viajes recurrentes por trabajo y estudio presentaron menor disposición a pagar, mientras que los viajes ocasionales por ocio o salud registraron valores promedio ligeramente superiores. Como se observa en la **Figura 13**, la distribución de la disposición a pagar según la ocupación y el motivo principal del viaje evidencia que, aunque existen diferencias entre categorías, la mayor parte de las respuestas se

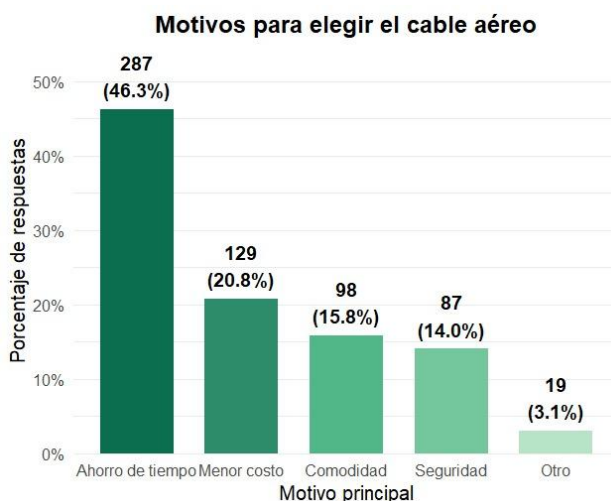
concentra en un rango similar de valores, lo que indica una percepción relativamente homogénea de la tarifa que los usuarios estarían dispuestos a asumir por el uso del sistema. En términos generales, los resultados sugieren que la aceptación potencial del sistema de cable aéreo depende principalmente de los beneficios percibidos en la reducción de tiempos de desplazamiento, así como de la accesibilidad de las estaciones y del costo asociado al servicio.

2.6.5 *Motivos para elegir y no elegir el cable aéreo*

La **Figura 4** muestra que el principal motivo para elegir el cable aéreo corresponde al ahorro de tiempo, con una frecuencia de 287 respuestas, equivalente al 45,3 %. Este resultado evidencia que los usuarios perciben el sistema principalmente como una alternativa para reducir los tiempos de desplazamiento en el sector norte de Bucaramanga. En segundo lugar, se encuentra el menor costo, con 129 respuestas, seguido por la comodidad, con 98 respuestas, y la seguridad, con 87 respuestas.

Figura 4.

Motivos para elegir el cable aéreo.



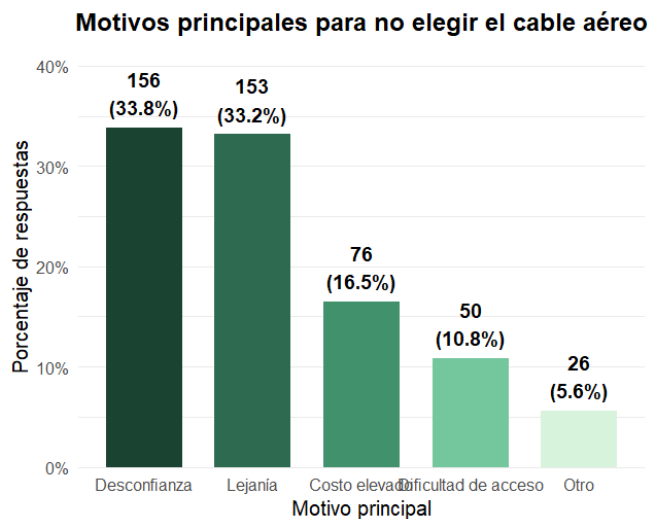
En conjunto, los resultados indican que la elección del cable aéreo estaría asociada principalmente a beneficios funcionales del viaje, especialmente relacionados con la reducción del

tiempo y el costo del desplazamiento. Asimismo, factores como la comodidad y la seguridad también influyen en la aceptación del sistema, aunque con menor participación. Por tanto, el cable aéreo se percibe como una alternativa atractiva cuando ofrece mejoras claras frente a las condiciones actuales de movilidad.

La **Figura 5** evidencia que los principales motivos para no elegir el cable aéreo son la desconfianza y la lejanía, con 156 y 153 respuestas, respectivamente. Estos factores representan el 33,8 % y el 33,2 % de las respuestas, lo que indica que la aceptación del sistema no depende únicamente de sus condiciones operativas, sino también de la percepción de seguridad, confiabilidad y cercanía de las estaciones al lugar de origen o destino de los usuarios.

Figura 5.

Motivos principales para no elegir el cable aéreo.



En menor proporción, se identificaron el costo elevado, con 76 respuestas; la dificultad de acceso, con 50; y la categoría otro, con 26. Estos resultados muestran que la disposición a utilizar el sistema también está relacionada con la confianza, el costo y la accesibilidad a las estaciones. Por esta razón, en estudios posteriores se recomienda evaluar con mayor detalle la localización de las estaciones y determinar la distancia o el tiempo de caminata que los usuarios

estarían dispuestos a recorrer para acceder al sistema. En este sentido, la planeación del cable aéreo deberá considerar tanto los aspectos técnicos como la percepción y experiencia de los potenciales usuarios.

Tabla 3.

Disposición de los encuestados a migrar hacia el sistema de cable aéreo.

Modo actual	Total usuarios	No elige cable aéreo	Elige cable aéreo	Porcentaje que elige cable aéreo
Carro particular	99	36	63	63.6%
Moto particular	171	36	135	79.0%
Bus	549	45	504	91.8%
Transporte informal	210	15	195	92.9%
Caminar	3	0	3	100.0%
Taxi	75	0	75	100.0%

Se observa una alta disposición de los encuestados a migrar hacia el sistema de cable aéreo, especialmente entre usuarios de transporte informal (92,9 %) y bus (91,8 %), lo que evidencia un importante potencial de captación desde estos modos. Los usuarios de moto particular también presentan una intención significativa de cambio (79,0 %), mientras que los de carro particular registran menor predisposición (63,6 %), posiblemente por la comodidad y flexibilidad del vehículo privado. Aunque quienes se desplazan caminando o en taxi presentan una aceptación del 100 %, estos grupos tienen menor representatividad en la muestra. En general, los resultados indican que el mayor impacto del cable aéreo se concentraría en usuarios del transporte público e informal.

2.7 Estimación de la demanda potencial del sistema de cable aéreo

Con base en los resultados obtenidos en las encuestas de preferencias declaradas, se construyeron seis escenarios de transferencia modal para estimar la demanda potencial. Estos escenarios son diferentes de los escenarios hipotéticos presentados a los participantes mediante las tarjetas de elección, ya que las tarjetas permitieron registrar las decisiones individuales, mientras que los seis escenarios fueron elaborados posteriormente para agrupar y analizar dichas respuestas.

Los nuevos escenarios se definieron según la frecuencia con la que cada encuestado eligió el cable aéreo en las tres tarjetas aplicadas: al menos una vez, al menos dos veces o en las tres ocasiones. Para cada criterio se calculó una tasa general, aplicada al conjunto de los viajes, y tasas diferenciadas según el modo de transporte actual de los usuarios.

Los seis escenarios se resumen en la Tabla 4. Los escenarios 1, 3 y 5 corresponden a la aplicación de una tasa general de transferencia, mientras que los escenarios 2, 4 y 6 utilizan tasas diferenciadas por modo de transporte.

Tabla 4.

Escenarios de análisis definidos.

Escenario	Criterio de selección	Tipo de tasa	Descripción
1	Al menos una tarjeta	General	Escenario de mayor aceptación del sistema.
2	Al menos una tarjeta	Por modo	Mayor aceptación considerando tasas por modo de transporte.
3	Al menos dos tarjetas	General	Escenario de aceptación intermedia.
4	Al menos dos tarjetas	Por modo	Aceptación intermedia con tasas por modo de transporte.
5	Tres tarjetas	General	Escenario de aceptación conservadora.
6	Tres tarjetas	Por modo	Aceptación conservadora con tasas por modo de transporte.

2.7.1 Tasas de transferencia utilizadas en cada escenario

Tabla 5.

Resumen tasas de transferencia utilizadas en cada Escenario.

ESCENARIO	TASA GENERAL
≥1 tarjeta	88,08%
≥2 tarjetas	60,43%
3 tarjetas	16,80%

Tabla 6.

Tasas de transferencia potencial al sistema de cable aéreo según modo de transporte y criterio de elección.

Modo	≥1 tarjeta	≥2 tarjetas	3 tarjetas
Bus	91,8%	67,2%	19,7%
Moto particular	78,9%	33,3%	5,3%
Carro particular	63,6%	45,4%	9,1%
Caminar	100%	100%	100%
Taxi	100%	88%	20%
Transporte informal	92,9%	61,4%	20%

Cada escenario incorpora un nivel distinto de captación, desde enfoques más conservadores hasta otros más flexibles, permitiendo así representar distintos comportamientos de adopción del sistema según las condiciones evaluadas en las tarjetas de elección.

- **Análisis de la demanda estimada**

Las tasas de transferencia modal obtenidas para cada escenario y modo de transporte fueron aplicadas a los viajes correspondientes de la matriz origen–destino del Área Metropolitana de Bucaramanga. Es decir, la tasa estimada para cada grupo de usuarios se multiplicó por el número de viajes registrados en la matriz para el modo respectivo, como transporte público colectivo, transporte informal, motocicleta o automóvil particular. Posteriormente, los viajes potencialmente transferibles fueron agregados para obtener la demanda estimada por estación, tanto para un día

hábil como para la hora de máxima demanda. Los escenarios contruidos evidencian que la estimación de la demanda está directamente relacionada con el nivel de aceptación del sistema. Los valores más altos se presentan en los escenarios que incluyen a los usuarios que eligieron el cable aéreo en al menos una de las tarjetas, mientras que las estimaciones más conservadoras corresponden a quienes mantuvieron esta elección en las tres tarjetas evaluadas.

La aplicación de tasas diferenciadas por modo de transporte permite identificar el aporte de cada grupo de usuarios a la demanda potencial total y reconocer diferencias en su disposición al cambio modal. Este análisis facilita la comparación de los escenarios planteados y proporciona una base técnica para seleccionar el escenario más representativo para la evaluación de la demanda potencial del proyecto.

- **Demanda estimada por estación**

La demanda estimada por estación para cada uno de los seis escenarios analizados se presenta en el **Apéndice D**, considerando la tasa de transferencia asociada a cada caso. Los resultados se desagregan para el día típico y la hora pico, con el fin de comparar el comportamiento de la demanda bajo diferentes niveles de aceptación del sistema.

La aplicación de las tasas de transferencia en los seis escenarios permitió evaluar la demanda potencial del sistema de cable aéreo bajo distintos niveles de aceptación del servicio y combinaciones de elección modal. Los resultados muestran variaciones en la demanda total, sin modificar de forma significativa la distribución espacial de los flujos.

En todos los escenarios, las estaciones Café Madrid y Portal Norte concentran los mayores volúmenes de demanda, tanto en día típico como en hora pico, debido a su mayor capacidad de generación y atracción de viajes. En contraste, la estación Colorados presenta una participación menor, lo que refleja una influencia relativa más baja dentro de la movilidad analizada.

Los escenarios con mayores tasas de transferencia incrementan la demanda total, mientras que los más restrictivos reducen los flujos estimados. No obstante, la jerarquía entre estaciones se mantiene estable, evidenciando un patrón espacial robusto. Asimismo, la hora pico conserva una distribución similar al día típico, aunque con mayor concentración de viajes, asociada principalmente a actividades laborales y educativas. En conjunto, los resultados evidencian la sensibilidad de la demanda frente a las tasas de transferencia y aportan elementos para seleccionar el escenario más representativo en la evaluación del proyecto.

2.8 Discusión.

La comparación de los escenarios evidencia que la demanda potencial del sistema varía en función de las tasas de transferencia utilizadas. Los escenarios basados en una única elección del cable aéreo presentan los mayores volúmenes de demanda, mientras que aquellos que consideran únicamente usuarios con elecciones consistentes generan estimaciones más conservadoras.

Tabla 7.

Comparación de Escenarios.

Escenario	Tasa de transferencia (%)	Demanda diaria total	Demanda horaria total
Escenario 1	Tasa 88.08%	49.3	6.2
Escenario 2	Tasas modo ≥ 1 tarjeta	63.3	5.7
Escenario 3	Tasa 60.43%	40.6	4.9
Escenario 4	Tasas modo ≥ 2 tarjeta	28.2	3.8
Escenario 5	TASA 16.8%	26.9	2.7
Escenario 6	Tasas modo 3 tarjetas	8.9	1.8

2.8.1 *Resultados de demanda potencial*

A partir de los escenarios evaluados, se identificó que la demanda potencial del sistema de cable aéreo presenta variaciones importantes en función de la tasa de transferencia considerada. El escenario más optimista corresponde al Escenario 1, asociado a una tasa global de elección del 88,08 %, con una demanda estimada de 49.281 viajes diarios y 6.217 viajes en la hora de máxima demanda. Estos valores representan aproximadamente el 61,5 % de los viajes diarios y el 83,9 % de los viajes horarios registrados en el área de estudio.

Por su parte, el escenario más pesimista corresponde al Escenario 6, en el cual se consideran únicamente los usuarios que eligieron el cable aéreo en las tres tarjetas de elección. Bajo este criterio, la demanda estimada es de 8.848 viajes diarios y 1.851 viajes en la hora de máxima demanda, equivalentes al 11,0 % y 25,0 % del total de viajes del sector, respectivamente.

Para efectos de la evaluación en fase de prefactibilidad, se considera que el Escenario 3 representa una condición más realista y conservadora, al adoptar una tasa de transferencia intermedia del 60,43 %. En este escenario, el sistema de cable aéreo podría captar aproximadamente 40.600 viajes diarios y 4.861 viajes en la hora de máxima demanda, lo que equivale al 50,7 % de los viajes diarios y al 65,6 % de los viajes horarios del área de estudio.

En consecuencia, la demanda potencial del sistema puede expresarse mediante un intervalo realista entre los escenarios 3 y 1, correspondiente a una captación aproximada entre 40.600 y 49.281 viajes diarios, y entre 4.861 y 6.217 viajes en la hora de máxima demanda. Este rango permite reconocer la incertidumbre asociada a la elección modal y ofrece una base más flexible para las etapas posteriores de análisis del sistema propuesto.

Conclusiones

La demanda potencial estimada para el sistema de cable aéreo en el norte de Bucaramanga se ubica, en un escenario realista, en aproximadamente 40.600 viajes diarios y 4.861 viajes durante la hora de máxima demanda. Estos valores indican que el sistema podría asumir cerca del 50,7 % de los viajes diarios y el 65,6 % de los viajes horarios registrados en el área de estudio. No obstante, al considerar un intervalo entre los escenarios realista y optimista, la captación potencial podría variar entre 40.600 y 49.281 viajes diarios, y entre 4.861 y 6.217 viajes en hora pico.

La aplicación de encuestas de preferencias declaradas, complementada con herramientas de análisis estadístico, permitió organizar, depurar y analizar la información recolectada, facilitando la identificación de niveles de aceptación, disposición a pagar y preferencias de los potenciales usuarios frente al sistema de cable aéreo. Esto demuestra que la combinación de estas herramientas constituye una metodología adecuada para la estimación preliminar de la demanda en proyectos de transporte urbano aún no implementados.

Las estimaciones de demanda obtenidas en la presente investigación se fundamentan en la información proveniente de la Encuesta de Movilidad Origen–Destino del Área Metropolitana de Bucaramanga del año 2022, la cual constituyó la principal fuente para la caracterización de la movilidad en el área de estudio. No obstante, considerando las dinámicas de crecimiento urbano y los cambios en los patrones de desplazamiento de la población, se hace necesario contar con una encuesta de movilidad más actualizada, con el fin de mejorar la precisión de las estimaciones y fortalecer los procesos de planificación y evaluación de futuros proyectos de transporte.

Referencias Bibliográficas

- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2021). *Encuesta Origen-Destino de Hogares del Área Metropolitana de Bucaramanga*
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2022). Actualización Plan Maestro Metropolitano de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2022–2037. AMB.
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2023, 17 de agosto). *Metrolínea y Transcolumbia habilitarán seis nuevas rutas en la modalidad de integración para el norte de Bucaramanga*. AMB. <https://www.amb.gov.co/metrolinea-y-transcolumbia-habilitaran-seis-nuevas-rutas-en-la-modalidad-de-integracion-para-el-norte-de-bucaramanga/>
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). Wiley.
- Dirección de Tránsito de Bucaramanga. (2024). *Informe de gestión: Cuarto trimestre 2024*. Alcaldía de Bucaramanga.
- Kocur, G., Adler, T., Hyman, W., & Aunet, B. (1982). *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment* [Final report]. Resource Policy Center, Thayer School of Engineering, Dartmouth College.
- Metro de Medellín. (s. f.). *Sistema integrado de transporte masivo*. Metro de Medellín.
- Metrolínea. (2022, 9 de febrero). *Nueva ruta AN3 de Metrolínea se estrenará en el Portal Norte Ciudad Jardín*. Metrolínea. <https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/nueva-ruta-an3-de-metrolinea-se-estrenara-en-el-portal-norte-ciudad-jardin-1833>
- Metrolínea. (2023, 17 de agosto). *El SITM Metrolínea y Transcolumbia inician integración en el Norte de Bucaramanga*. Metrolínea. <https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/el-sitm-metrolinea-y-transcolumbia-inician-integracion-en-el-norte-de-bucaramanga-2074>
- ONU-Habitat. (2018). *Metrocable Medellín: Estudio de caso*. ONU-Habitat.

ONU-Habitat. (2018, 22 de marzo). *Metrocable Medellín: estudio de caso*. ONU-Habitat.

Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2008). *Modelos de transporte*. Editorial Universidad de Cantabria.

Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport* (4th ed.). Wiley.

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing.

Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation* (2nd ed.). Cambridge University Press.

TransMilenio. (s. f.). *Abecé de TransMiCable*. TransMilenio.
<https://www.transmilenio.gov.co/comunicaciones/comunidades/transmicable/noticias-transmicable/abece-de-transmicable>

Apéndices

Apéndice A.

Tabulación_Encuestas_Final_Calculodelademanda.xlsx.

Apéndice B.

Tablas Datos de viajes_ArcGis_Calculodemuestra.xlsx.

Apéndice C.

Tarjetas de elección utilizadas como apoyo visual durante la aplicación de la encuesta.

B1-TP 1

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B1-TP 2

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B1-TP 3

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo +
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B2-TP 1

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B2-TP 2

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B2-TP 3

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo +
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B3-TP 1

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B3-TP 2

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B3-TP 3

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Transporte público	Cable aéreo +
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B1-TX 1

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo + Taxi
Tiempo	15 min	15 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B1-TX 2

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo + Taxi
Tiempo	15 min	15 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B1-TX 3

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B2-TX 2

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo + Taxi
Tiempo	15 min	15 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B2-TX 3

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B2-TX 4

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B3-TX 3

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B3-TX 4

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo + Taxi
Tiempo	15 min	15 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

B3-TX 5

Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.		
Variables	Taxi	Cable aéreo
Tiempo	15 min	10 min
Costo	\$ 3.000	\$ 4.500
Transbordos	0	0
Cantidad	5 personas	10 personas

	Estimación de la demanda de pasajeros para un sistema de transporte público por cable aéreo en el sector norte de Bucaramanga.	
Variables	Transporte Informal Moto 	Cable Aéreo 
Tiempo	5 min	10 min
Costo	\$3.000	\$4.000
Velocidad	0	0
Capacidad	5 min	10 min

	Estimación de la Detección de pasaportes para sus centros de transporte público por cities aéreas con el uso de la tecnología de Inteligencia.	
VARIABLES	Transporte Terrestre Automovil 	CABA AEREA 
Grupos	17 grupos	19 miles
Ciudad	5 ciudades	8 x 160
Transportación	2	0
Consumo	0 consumo	10 miles

Apéndice D.*Demanda y Tasa de transferencia en cada Escenario.*

Escenario	Tasa de transferencia (%)	Estación	Demanda diaria	Demanda horaria
Escenario 1	Tasa 88.08%	Café Madrid	22.443	2.343
Escenario 1	Tasa 88.08%	Colorados	3.557	1.121
Escenario 1	Tasa 88.08%	Portal Norte	23.281	23.281
Escenario 2	Tasas modo ≥ 1 tarjeta	Café Madrid	19.146	2.177
Escenario 2	Tasas modo ≥ 1 tarjeta	Colorados	5.662	978
Escenario 2	Tasas modo ≥ 1 tarjeta	Portal Norte	38.472	2.576
Escenario 3	Tasa 60.43%	Café Madrid	19.037	1.861
Escenario 3	Tasa 60.43%	Colorados	2.915	936
Escenario 3	Tasa 60.43%	Portal Norte	18.648	2.064
Escenario 4	Tasas modo ≥ 2 tarjeta	Café Madrid	12.989	1.449
Escenario 4	Tasas modo ≥ 2 tarjeta	Colorados	2.259	709
Escenario 4	Tasas modo ≥ 2 tarjeta	Portal Norte	12.964	1.603
Escenario 5	Tasa 16.8%	Café Madrid	13.662	1.100
Escenario 5	Tasa 16.8%	Colorados	1.901	643
Escenario 5	Tasa 16.8%	Portal Norte	11.334	978
Escenario 6	Tasas modo 3tarjetas	Café Madrid	5.448	710
Escenario 6	Tasas modo 3tarjetas	Colorados	2.528	496
Escenario 6	Tasas modo 3tarjetas	Portal Norte	872	645

Apéndice E.*Diseño metodológico.***Herramientas*****Demanda de pasajeros, para elección de alternativa***

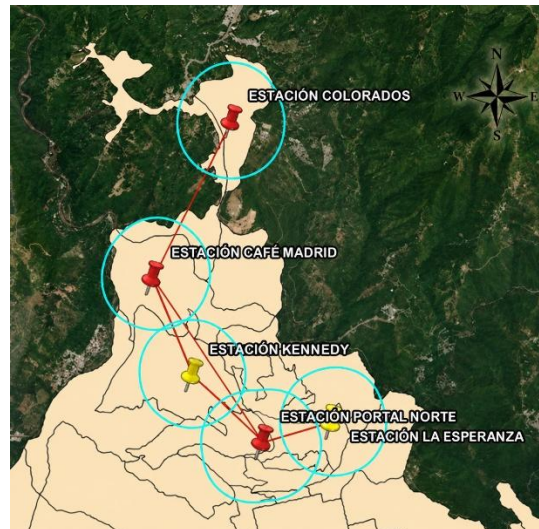
Para estimar la demanda potencial asociada a cada estación de las alternativas propuestas, se empleó información geográfica en formato shapefile de las Zonas de Análisis de Tráfico (ZAT) y la base de datos de viajes origen–destino del Área Metropolitana de Bucaramanga (Área Metropolitana de Bucaramanga [AMB], 2021).

El procesamiento se realizó en ArcMap, de ArcGIS Desktop, mediante herramientas de análisis espacial que permitieron relacionar las zonas de generación y atracción de viajes con las estaciones preliminares del sistema. Para ello, se construyeron buffers circulares de 500 metros alrededor de cada estación propuesta (ver Figura 4), definidos como área de influencia peatonal directa del sistema (Esri, s. f.). Esta distancia corresponde a un rango de caminata aceptable hacia estaciones de transporte público urbano, empleado en estudios de accesibilidad y planificación del transporte (Daniels & Mulley, 2013; Sarker et al., 2020).

Finalmente, las ZAT contenidas parcial o totalmente dentro de cada buffer se relacionaron con la matriz origen–destino, permitiendo estimar los viajes generados y atraídos por estación. Este procedimiento facilitó la comparación de alternativas de trazado y la identificación de los sectores con mayor potencial de demanda.

Figura 6.

Demanda de pasajeros, para elección de alternativa.



Nota. Procesamiento de la información realizado con el uso de la herramienta ArcMap de ArcGIS Desktop.

En el análisis se consideraron todos los modos de transporte de la matriz origen–destino para estimar el volumen total de viajes dentro del área de influencia de cada estación. Esto permitió obtener una visión integral de la movilidad en el norte de Bucaramanga e identificar los desplazamientos que podrían ser captados por el sistema de cable aéreo, sirviendo como base para comparar las alternativas y estimar la demanda potencial..

Las tablas 1 y 2 presentan la sumatoria de viajes origen–destino diarios y horarios dentro del área de influencia de cada estación propuesta, destacándose la Estación Norte y la Estación Kennedy como los sectores con mayor volumen de desplazamientos.

Tabla 8.

Sumatoria de viajes origen–destinos diarios.

Nº	Nombre estaciones	Frecuencia	Viajes origen diarios	Viajes destino diarios
1	Estación café Madrid	7	1.667	1.393

2	Estación Colorados	2	2.631	2.209
3	Estación Kennedy	9	8.683	8.634
4	Estación la Esperanza	11	4.269	3.397
5	Estación Norte	18	9.829	8.958

Tabla 9.

Sumatoria de viajes origen–destinos horarios.

Nº	Nombre estaciones	Frecuencia	Viajes origen horarios	Viajes destino horarios
0	Estación Café Madrid	5	316	122
1	Estación Colorados	2	554	79
2	Estación Kennedy	5	1.110	144
3	Estación la Esperanza	6	756	241
4	Estación Norte	12	1.281	700

Una vez obtenida la cantidad total de viajes dentro del área de influencia de cada estación, se realizó un análisis más detallado con base en los registros origen–destino (O–D), con el fin de identificar las principales relaciones de desplazamiento entre zonas.

Para ello, los datos fueron filtrados por cada par de Zonas de Análisis de Tráfico (ZAT) de origen y destino, considerando tanto los viajes que salen como los que llegan al entorno de cada estación. Este procedimiento permitió establecer la procedencia y destino de los desplazamientos, así como los flujos predominantes de movilidad en el norte de Bucaramanga.

Posteriormente, los resultados se agruparon por día y por hora con el fin de organizar y sistematizar la información contenida en la matriz origen–destino. La información fue consolidada en tablas de resumen elaboradas en Microsoft Excel, en las cuales se registró, para cada relación ZAT–ZAT, el número total de viajes desagregado por modo de transporte. Adicionalmente, se identificaron los barrios involucrados en cada relación de origen y destino, permitiendo reconocer

con mayor precisión los sectores donde se concentran los desplazamientos dentro del área de estudio. La base de datos utilizada para este análisis, así como las tablas de procesamiento, se presentan en el **Apéndice A** del presente documento.

Todo este procedimiento permitió identificar los sectores con mayor generación y atracción de viajes, proporcionando una caracterización de la dinámica de movilidad dentro del área de estudio y constituyendo un insumo fundamental para la evaluación comparativa entre las alternativas de trazado propuestas.

Con base en la metodología de preferencias declaradas empleada en el estudio, se plantearon diferentes escenarios hipotéticos de elección, los cuales representan distintos niveles de aceptación del sistema de cable aéreo y permiten evaluar el comportamiento potencial de los usuarios frente a esta alternativa de transporte.

- En el escenario optimista, se asumió que todos los viajes del área de influencia serían atendidos por el sistema de cable aéreo.
- En el escenario pesimista, únicamente se consideraron los viajes realizados a pie.
- En el escenario realista, se incluyeron los viajes peatonales y aquellos realizados mediante transporte público masivo (TPM) y transporte público colectivo (TPC), además de un ajuste para otros modos de transporte.

Este análisis dado a conocer en la tabla 3 y tabla 4 permitió establecer la distribución espacial de los viajes asociados a cada estación y disponer de una base de información para la comparación de las alternativas de trazado, considerando las dinámicas de movilidad del norte de Bucaramanga.

Tabla 10.*Viajes en cada estación por día.*

Estación	Viajes día					
	Optimista		Pesimista		Realista	
	Origen - destino	Destino - origen	Origen - destino	Destino - origen	Origen - destino	Destino - origen
Estación café Madrid	12.586	11.326	1.214	1.224	5.880	5.468
Estación colorados	3.834	3.140	685	572	1.576	1.189
Estación Kennedy	19.040	19.010	746	1.255	7.431	10.452
Estación la esperanza	11.073	10.813	367	535	3.363	6.187
Estación portal norte	25.298	23.910	1.507	1.255	9.659	12.080

Tabla 11.*Viajes en cada estación por hora.*

Estación	Viajes hora					
	Optimista		Pesimista		Realista	
	Origen - destino	Destino - origen	Origen - destino	Destino - origen	Origen - destino	Destino - origen
Estación café Madrid	2.551	295	436	56	1.265	92
Estación colorados	1.201	131	436	56	551	68
Estación la esperanza	591	151	0	103	102	110
Estación portal norte	3.050	178	324	62	933	79
Estación Kennedy	2.648	339	103	62	720	103

Tamaño de la muestra

La estimación de la población en las zonas de influencia de las estaciones se realizó mediante análisis espacial en ArcGIS. Para ello, se delimitó el área urbana de Bucaramanga y se identificaron las áreas de influencia asociadas a cada estación propuesta del sistema de cable aéreo

(Esri, s. f.). Posteriormente, se calculó el área de cada zona y su participación porcentual respecto al total del área de estudio, lo que permitió distribuir proporcionalmente la población y asignar el tamaño de la muestra para la aplicación de encuestas.

El tamaño de la muestra se determinó mediante el procedimiento estándar para estimación de proporciones en poblaciones finitas, considerando nivel de confianza, margen de error y proporción esperada (Cochran, 1977). Para este estudio se adoptó un nivel de confianza del 95 %, equivalente a $Z = 1,96$, y un margen de error del 5 %, adecuado para estudios aplicados. La proporción esperada $p = 0,5$ se empleó ante la ausencia de información previa, ya que maximiza la varianza y permite obtener un tamaño de muestra conservador (Cochran, 1977).

A partir de estos parámetros, se aplicó la fórmula de tamaño de muestra para poblaciones finitas, la cual permite ajustar el número de encuestas necesarias en función del tamaño total de la población de estudio.

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

- n : tamaño de la muestra
- N : tamaño de la población
- Z : valor correspondiente al nivel de confianza (1,96 para 95%)
- p : proporción esperada (0,5)
- q : $1 - p$ (0,5)
- e : margen de error (0,05)

Este procedimiento es ampliamente utilizado en estudios estadísticos y de encuestas, garantizando que la muestra obtenida sea representativa y adecuada para el análisis de los resultados.

El tamaño de la muestra se determinó utilizando la fórmula para poblaciones finitas, la cual permite estimar el número de encuestas necesarias en función del tamaño de la población, el nivel de confianza y el margen de error.

A continuación, se presenta la distribución de la población en las zonas de influencia de las estaciones propuestas, así como la asignación del tamaño de la muestra, determinada de manera proporcional con base en el peso poblacional de cada sector.

Tabla 12.

Distribución de la población.

Nombre	Área [m²]	Participación del área (%)	Población	Tamaño de muestra
ESTACIÓN CAFÉ MADRID	971.455,8	1,8%	13.910	395
ESTACIÓN COLORADOS	626.190,6	1,2%	8.966	368
ESTACIÓN NORTE	1.231.175,2	2,3%	17.629	376
BUCARAMANGA	54.377.217,0	Totales	40.506	1.139

Instrumento de captura de información

Para la recolección de información primaria se diseñó y aplicó una encuesta estructurada con componente de preferencias declaradas, orientada a identificar el comportamiento potencial de los usuarios frente a la posible implementación de un sistema de transporte por cable aéreo en el norte de Bucaramanga. Este tipo de instrumento permite analizar decisiones ante escenarios hipotéticos, especialmente cuando la alternativa evaluada aún no existe o no se encuentra en operación (Kocur et al., 1982; Ortúzar & Willumsen, 2008).

La encuesta se fundamentó en el enfoque de Direct Utility Assessment (DUA), el cual presenta situaciones simuladas para que los encuestados expresen su elección o nivel de preferencia. Esta metodología permite inferir la intención de uso del sistema a partir de atributos como tiempo de viaje, costo, accesibilidad, transbordos y calidad del servicio, estructurados de

forma controlada dentro de los escenarios de elección (Kocur et al., 1982; Ortúzar & Willumsen, 2008).

Variables

De acuerdo con la metodología de preferencias declaradas empleada, el diseño de la encuesta se basó en la identificación de variables que influyen directamente en la elección del modo de transporte. En este tipo de enfoques, las alternativas de viaje se describen mediante un conjunto de atributos o variables, cuyos efectos pueden ser analizados a través de escenarios experimentales (Ortúzar & Willumsen, 2008).

En este sentido, se definieron las siguientes variables relevantes para el análisis:

Tabla 13.

Variables de análisis.

Variable	Descripción	Tipo
Origen y destino	Lugar inicial y final del viaje	Cualitativa
Frecuencia de viaje	Número de viajes semanales	Cualitativa
Tiempo de ahorro	Tiempo esperado de reducción	Cuantitativa
Modo de transporte	Medio usado habitualmente	Cualitativa
Costo del viaje	Gasto aproximado del desplazamiento	Cuantitativa
Disposición de uso	Aceptación del cable aéreo	Cualitativa

Niveles y atributos

Con el fin de construir los escenarios hipotéticos de elección utilizados en la encuesta de preferencias declaradas, se definieron atributos y niveles asociados a los principales modos de transporte presentes en el área de estudio. Los atributos seleccionados corresponden a variables que influyen directamente en la elección modal de los usuarios, tales como el tiempo de desplazamiento, el costo del viaje, el número de transbordos y el tiempo de caminata (Ortúzar & Willumsen, 2008).

En el marco de la metodología de preferencias declaradas, cada alternativa se representa mediante atributos y niveles que permiten describir diferentes condiciones de viaje dentro de escenarios simulados. Este enfoque se relaciona con el método de Direct Utility Assessment (DUA), el cual permite presentar situaciones hipotéticas para analizar el comportamiento potencial de los individuos frente a diferentes alternativas de transporte (Kocur et al., 1982).

La definición de los niveles se realizó con base en las condiciones reales de movilidad del sector norte de Bucaramanga, a partir del reconocimiento de campo y la consulta de tarifas asociadas al transporte público, taxi, transporte informal y motocicleta. En particular, para el atributo costo se consideraron, además, referencias de sistemas similares de transporte por cable en Colombia, como el TransMiCable, con el fin de establecer rangos de precios coherentes con la realidad del transporte urbano (TransMilenio, s. f.).

Con base en lo anterior, se definió un valor de referencia de \$3.500 para el uso del cable aéreo, mientras que el costo integrado con el transporte público se estableció en \$6.000 para trayectos cortos. Asimismo, se determinó un valor promedio máximo de referencia de aproximadamente \$4.500, el cual fue utilizado como criterio para la estructuración de los escenarios de elección.

De esta manera, los escenarios permiten evaluar de forma consistente la influencia de cada variable en la decisión del usuario, evitando correlaciones entre ellas y facilitando su análisis.

La siguiente tabla presenta los atributos y niveles utilizados para la construcción de los escenarios de elección aplicados en la encuesta.

Tabla 14.*Tabla de niveles y atributos.*

N o	Factores	Niveles TP			Niveles Auto/Taxi			Niveles Moto			Niveles Transporte informal			Niveles Transporte Cable		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Tiempo (min)	15	20	25	10	15	20	5	10	15	10	15	20	10	15	20
2	Costo	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 9.100	\$ 10.000	\$ 13.000	\$ 5.000	\$ 7.000	\$ 10.000	\$ 4.000	\$ 5.000	\$ 6.000	\$ 3.000	\$ 3.800	\$ 4.500
3	No. De Transbordos	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
4	Caminata (min)	5	10	15	0	5	10	0	5	10	0	5	10	5	10	15

Diseño y estructuración de la encuesta

Una vez definidos los atributos y niveles, se diseñó una encuesta de preferencias declaradas basada en experimentos de elección. El instrumento incluyó cuatro componentes: caracterización de los patrones de viaje, escenarios de elección frente al cable aéreo, percepción y aceptación del sistema, e información sociodemográfica de los encuestados. Esto permitió analizar los factores que influyen en la posible elección del cable aéreo y facilitar el procesamiento estadístico posterior.

- **Prueba piloto**

En el proceso de diseño del instrumento, la encuesta fue sometida a una prueba piloto, realizada el lunes 6 de abril de 2026 en el área de estudio. A partir de esta aplicación preliminar, se evidenció que, si bien el transporte informal en vehículo particular había sido considerado dentro de los escenarios, los valores asignados al atributo costo no reflejaban adecuadamente las condiciones reales del servicio en la zona.

Por tal motivo, se realizaron ajustes en los niveles asociados al atributo costo, tomando como referencia la información recopilada durante la prueba piloto y las condiciones reales de viaje reportadas por los usuarios. Asimismo, se efectuaron mejoras menores en la redacción y presentación de algunas preguntas con el fin de facilitar su comprensión antes de la aplicación definitiva de la encuesta.

Figura 7

Fotografía implementación prueba piloto.

***Modelo de encuesta***

A continuación, se presenta el formato de la encuesta de preferencias declaradas diseñada para el estudio, en la cual se plantean escenarios de elección entre el transporte actual y el sistema de cable aéreo. El instrumento se estructura en bloques que incluyen información general del encuestado y escenarios de elección, en los cuales se comparan ambas alternativas.

Figura 8

Formato encuesta de Preferencias Declaradas para un Sistema de Cable Aéreo - Norte de Bucaramanga.

		ENCUESTA DE PREFERENCIAS DECLARADAS PARA UN SISTEMA DE CABLE AÉREO – NORTE DE BUCARAMANGA			
FECHA: d/m/año		HORA: Hora: Minutos		UBICACIÓN:	
ENCUESTADOR:				SUPERVISOR:	
DESCRIPCIÓN: Esta encuesta hace parte de un trabajo de investigación académica cuyo objetivo es analizar la demanda potencial de un sistema de cable aéreo como alternativa de transporte público en el norte de Bucaramanga. La información suministrada será utilizada únicamente con fines académicos y será tratada de manera confidencial y anónima.					
FASE 1. CARACTERIZACIÓN DEL VIAJE.			FASE 3. VALIDACIÓN Y PERCEPCIÓN.		
C1. Indique los puntos de inicio y fin de su viaje actual: Barrio / Sector de origen: _____ Barrio / Sector de destino: _____			V1. ¿Consideraría cambiar su medio de transporte actual por el sistema de cable? ☐ SÍ ☐ Depende de (especifique): _____ ☐ NO		
C2. ¿Cuántas veces a la semana realiza este viaje? ☐ 1 a 2 veces ☐ 3 a 5 veces ☐ 6 a 7 veces ☐ Ocasional (menos de una vez a la semana)			V2.1. ¿Cuál sería el motivo principal para ELEGIR el cable aéreo? ☐ Ahorro de tiempo ☐ Seguridad ☐ Comodidad ☐ Menor costo ☐ Otro: _____ V2.2. ¿Cuál sería el motivo principal para NO ELEGIR el cable aéreo? ☐ Costo elevado ☐ Desconfianza ☐ Lejanía ☐ Dificultad de acceso ☐ Otro: _____		
C3. ¿Cuál es el motivo principal de su viaje diario? ☐ Trabajo ☐ Trámites ☐ Estudio ☐ Ocio ☐ Compras ☐ Otro: _____ ☐ Salud			V3. ¿Estaría dispuesto(a) a realizar transbordos para utilizar el cable aéreo? ☐ Sí ☐ No ☐ Depende de (especifique): _____		
C4. ¿Cuál es el modo principal que usa para desplazarse normalmente? ☐ Bus ☐ Transporte informal (mototaxi, auto...) ☐ Moto particular ☐ Carro particular ☐ Taxi ☐ Caminar			V4. ¿Cuánto tiempo debería ahorrarse en su viaje actual para que el cable aéreo sea una opción competitiva para usted? ☐ Menos de 10 minutos ☐ Entre 20 y 30 minutos ☐ Entre 10 y 20 minutos ☐ Más de 30 minutos		
FASE 4. INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO					
C5. Indique el valor exacto del pasaje para este trayecto (en COP): \$ _____ Nota: Si utiliza vehículo propio, por favor indique el valor estimado (combustible + parqueo + mantenimiento) (en COP).			I1. Edad ☐ Menos de 18 ☐ 36 – 45 ☐ 18 – 25 ☐ 46 – 60 ☐ 26 – 35 ☐ Más de 60		
			I2. Nivel educativo. ☐ Primaria ☐ Universitario ☐ Secundaria ☐ Posgrado ☐ Técnico / Tecnólogo		
FASE 2. PREFERENCIAS DECLARADAS. A continuación, se presentarán tres escenarios hipotéticos de viaje donde se compara el modo de transporte que usted utiliza actualmente con una posible alternativa de cable aéreo. Por favor seleccione la opción que elegiría para realizar su viaje.			I3. Ocupación ☐ Estudiante ☐ Desempleado ☐ Empleado ☐ Hogar ☐ Independiente ☐ Otro: _____		
			I4. ¿Cuántas personas viven en su hogar? ☐ 1 – 2 ☐ 5 – 6 ☐ 3 – 4 ☐ Más de 6		
OBSERVACIÓN DEL ENCUESTADOR:					
1. Sexo ☐ Masculino ☐ Femenino					
2. Bloque aplicado: _____					
BLOQUE	FICHA	TRANSPORTE ACTUAL	CABLE AÉREO	NS/NR	

Los sistemas de transporte público por cable aéreo constituyen una alternativa eficiente y sostenible para zonas con limitaciones topográficas, al mejorar la accesibilidad, la conectividad y la integración con otros modos de transporte. En Colombia, experiencias como el Metrocable de Medellín y el TransMiCable de Bogotá han demostrado beneficios en términos de movilidad e integración territorial. Debido a su adaptación a terrenos de ladera y su articulación con las redes de transporte existentes, estos sistemas representan referentes importantes para evaluar la implementación de un cable aéreo en el norte de Bucaramanga (ONU-Habitat, 2018; Metro de Medellín, s. f.; TransMilenio, 2025; AMB, 2022).

Esta estructura permitió analizar la posible disposición al cambio modal hacia el sistema de cable aéreo, teniendo en cuenta que cada usuario evaluó escenarios relacionados con su experiencia cotidiana de desplazamiento. Asimismo, la organización de las tarjetas facilitó la aplicación de la metodología de preferencias declaradas y del enfoque de Direct Utility Assessment, al representar de manera clara las condiciones simuladas de viaje y permitir identificar la influencia de cada atributo sobre la elección del usuario (Kocur et al., 1982; Ortúzar & Willumsen, 2008).

En el **Apéndice C** se presentan las tarjetas de elección utilizadas como apoyo visual durante la aplicación de la encuesta.

Aplicación de la encuesta

La aplicación de las encuestas se realizó de manera presencial en los sectores asociados a las estaciones preliminares seleccionadas para la Alternativa 1: Café Madrid, Colorados y Portal Norte. La cantidad de encuestas en cada sector fue definida a partir del tamaño muestral calculado según la población estimada dentro del área de influencia de cada estación.

Para garantizar la representatividad de la información recolectada, las encuestas se aplicaron en puntos estratégicos con alta afluencia de personas y concentración de actividades cotidianas. En el sector de Colorados, la recolección se realizó en zonas comerciales y de encuentro frecuente de la comunidad; en Café Madrid, se efectuó en el entorno del parque principal y espacios de concurrencia peatonal; mientras que, en Portal Norte, las encuestas se desarrollaron en las inmediaciones de la estación de transporte público, donde convergen usuarios de diferentes rutas y destinos.

Figura 9

Aplicación de la encuesta.



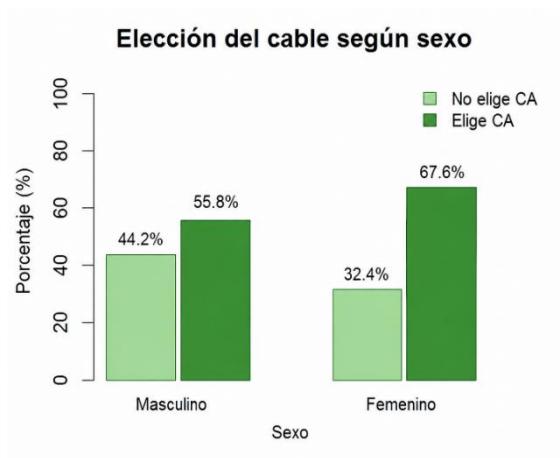
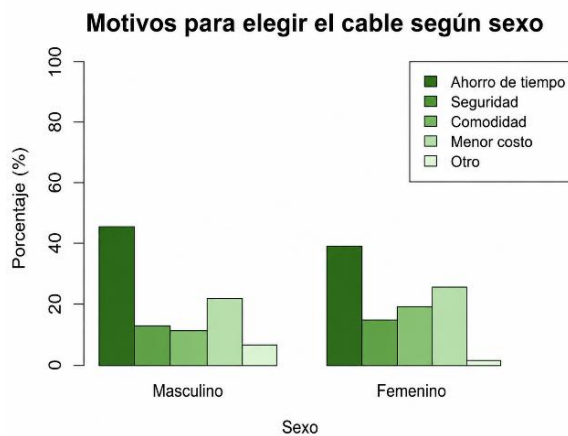
Apéndice F.*Resultados Instrumento Aplicado.***Figura 10.***Distribución de la elección del sistema de cable aéreo según sexo.***Figura 11.***Distribución Motivos para elegir el cable aéreo según sexo.*

Figura 12.

Distribución Motivos para no elegir el cable aéreo según sexo.

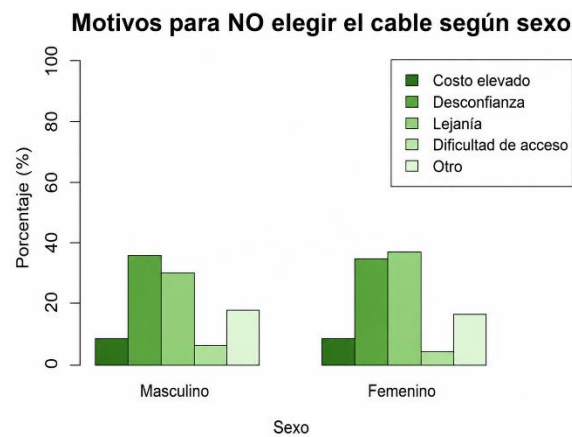


Figura 13.

Disposición a pagar según motivo principal de vía y Disposición a pagar según ocupación.

