

**ALTERNATIVA DE CONEXIÓN VIAL, ENTRE LA VIA BUCARAMANGA-GIRÓN
SECTOR MUTIS Y EL ANILLO VIAL DE FLORIDABLANCA**

LUIS GABRIEL LÓPEZ DÍAZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FALCULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**ALTERNATIVA DE CONEXIÓN VIAL, ENTRE LA VIA BUCARAMANGA-GIRÓN
SECTOR MUTIS Y EL ANILLO VIAL DE FLORIDABLANCA**

LUIS GABRIEL LÓPEZ DÍAZ

Trabajo de grado la para optar el título de Ingeniero Civil

Director:

CLAUDIA PATRICIA BAEZ TRUJILLO

Ingeniera Civil

Codirector:

HERNÁN PORRAS DÍAZ

PhD. en Ingeniería de Telecomunicaciones

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FALCULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

DEDICATORIA

*“A mi madre Omaira Díaz,
a mis hermanos Santiago y Sara”*

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. ANTECEDENTES	15
2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR EN ESTUDIO	19
2.1. UBICACIÓN DEL SECTOR	19
2.2. PRINCIPALES PROBLEMÁTICAS DEL SECTOR	20
2.3. CLASIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL SECTOR	21
2.4. ESTRATIFICACIÓN URBANA DEL SECTOR	23
3. ESTUDIO FASE 1 DE LAS ALTERNATIVAS VIALES	24
3.1. ADQUISICIÓN DE LA CARTOGRAFÍA EXISTENTE DE LA ZONA	24
3.1.1. Cartografía Básica del POT	24
3.1.2. Fotogrametría del sector en estudio	25
3.2. ESTUDIO DE TRÁNSITO	27
3.3. RECONOCIMIENTO AÉREO DE LA ZONA	28
3.4. VELOCIDAD DE DISEÑO	29
3.5. ESTUDIOS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	29
3.5.1. Velocidad a flujo restringido	31
3.6. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS	32
3.6.1. Trazado de la línea de ceros en el terreno	32
3.6.2. Alternativa 1	32

3.6.3. Alternativa 2	33
3.6.4. Alternativa 3	34
3.7. ANÁLISIS PRELIMINAR DE IMPACTO AMBIENTAL	35
3.8. EVALUACIÓN ECONÓMICA PRELIMINAR	37
3.8.1. Afectación predial	37
3.8.2. Infraestructura asociada a la construcción de las alternativas	39
3.8.2.1. Intercambiador – Alternativa 1	39
3.8.2.2. Puente – Alternativa 2 y 3	40
3.8.2.3. Túnel – Alternativa 3	40
3.8.2.4 Perfil vial tipo 3	41
3.8.3. Análisis económico preliminar	42
3.8.3.1. Alternativa 1	42
3.8.3.2. Alternativa 2	42
3.8.3.3. Alternativa 3	43
3.8.4. Selección de la alternativa	44
4. DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE LA ALTERNATIVA 2	45
4.1. DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES	45
4.2. PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA	45
4.3. CURVAS VERTICALES	46
4.4. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA	46
4.5. MOVIMIENTO DE TIERRAS	47
4.6. CALCULO DE VOLÚMENES	48
5. CONCLUSIONES	49

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	50
BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Troncal Norte – Sur (TNS)	17
Figura 2. Panorámica de la zona de estudio	19
Figura 3. Sección típica de la Transversal Metropolitana frente al terminal	21
Figura 4. Mapa Geotécnico del Área Metropolitana de Bucaramanga	22
Figura 5. Mapa de estratificación del área metropolitana	23
Figura 6. Cartografía de la zona en estudio	25
Figura 7. Recorridos del dron para tomar una imagen UAV	26
Figura 8. Superposición de 5 imágenes UAV de la zona	28
Figura 9. Croquis de la Alternativa 1 TNS Tramo 2 Mutis - Anillo Vial	33
Figura 10. Croquis de la Alternativa 2 Terminal – Servipetrol,	34
Figura 11. Croquis de la Alternativa 3 Terminal – Transversal del Bosque,	35
Figura 12. Afectación predial entre el K1+00 y K2+00 de la Alternativa 1	38
Figura 13. Afectación predial entre el K2+280 y K2+340 de las Alternativa 2 y 3	38
Figura 14. Intercambiador propuesto por la Alternativa 1 TNS Tramo 2	39
Figura 15. Perfil longitudinal del túnel propuesto por la Alternativa 3 Mutis- Transversal el Bosque	41
Figura 16. Perfil tipo 3, sentido por la izquierda.	41
Figura 17. Perfil vial tipo 3	47
Figura 18. Sección Transversal tipo 3	47
Figura 19. Taludes en terraplén y corte, K0+ 440	48
Figura 20. Volumen de tierra en Terraplén y corte	48

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación de viajes origen-destino, para las conexiones intermunicipales,	15
Tabla 2. Zonificación Geotécnica.	22
Tabla 3. Velocidades de diseño según el tipo de vía y el terreno.	29
Tabla 4. Nivel de servicio según la velocidad a flujo restringido.	31
Tabla 5. Área de afectación predial estimada de cada alternativa.	39
Tabla 6. Precio estimado de la Alternativa 1.	42
Tabla 7. Precio estimado de la Alternativa 2 Mutis-Servipetrol.	42
Tabla 8. Precio estimado de la Alternativa 3 Mutis-Transversal del Bosque.	43
Tabla 9. Tabla comparativa de alternativas	44
Tabla 10. Parámetros de diseño para curvas simples, Fuente: Manual de Diseño Geométrico Colombiano.	45
Tabla 11. Parámetros para el diseño de curvas verticales.	46
Tabla 12. Especificaciones del perfil tipo 3.	46

RESUMEN

TÍTULO: ALTERNATIVA DE CONEXIÓN VIAL, ENTRE LA VÍA BUCARAMANGA-GIRÓN SECTOR MUTIS Y EL ANILLO VIAL DE FLORIDABLANCA*

AUTOR: LUIS GABRIEL LÓPEZ DÍAZ**

PALABRAS CLAVE: Pre-factibilidad, Línea pendiente, Congestión vehicular.

DESCRIPCIÓN:

La interacción entre los municipios que conforman el Área Metropolitana, en materia de transporte, día a día se ve afectada por el crecimiento poblacional e industrial que se da en el municipio de Bucaramanga, los habitantes y la industria se han ido expandiendo a zonas aledañas a la capital santandereana, contribuyendo a la multiplicidad de funciones en las vías metropolitanas, este proyecto de investigación presenta el estudio de pre-factibilidad, para una alternativa vial de conexión entre el sector Mutis y el Anillo Vial de Floridablanca, se analizaron distintas alternativas incluyendo la propuesta por el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga. Mediante la evaluación de diferentes parámetros como estudio de la línea pendiente (línea de ceros), afectación predial y demás variables, finalmente se obtuvo dos opciones favorables para la conexión vial, las cuales están contenidas en el presente artículo y serán evaluadas junto con la propuesta inicial de la Troncal Norte-Sur tramo 2, bajo los parámetros establecidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Se pretende analizar las tres alternativas para la conexión entre sector Mutis y el Anillo Vial, para contribuir a mitigar la congestión vehicular del área metropolitana, por último se presenta la opción más favorable para contribuir a disminuir la congestión vehicular del área metropolitana de Bucaramanga.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingeniería Civil. Director: Claudia Báez Trujillo

ABSTRACT

TITLE: ALTERNATIVE OF VIAL CONNECTION, BETWEEN THE VIA BUCARAMANGA-GIRÓN MUTIS SECTOR AND THE FLORIDABLANCA ROAD RING*

AUTHOR: LUIS GABRIEL LÓPEZ DÍAZ**

KEYWORDS: Pre-feasibility, slope line, vehicular congestion.

DESCRIPTION:

The interaction between the municipalities that make up the Metropolitan Area in terms of transportation, day by day is affected by the population and industrial growth that occurs in the municipality of Bucaramanga, inhabitants and industry have been expanding to areas bordering The capital of Santander, contributing to the multiplicity of functions in the metropolitan areas, this research project presents the pre-feasibility study, for a connecting road link between the Mutis sector and the Floridablanca Ring Road, different alternatives were analyzed including Proposed by the Master Plan for Mobility of the Metropolitan Area of Bucaramanga. By means of the evaluation of different parameters such as study of the slope line (zero line), property damage and other variables, finally two favorable options were obtained for the road connection, which are contained in this article and will be evaluated together with the proposal Of the North-South section, under the parameters established by the Manual of Geometric Design of Highways of the National Highway Institute (INVIAS). It is intended to analyze the three alternatives for the connection between the Mutis sector and the Ring Road, in order to contribute to the mitigation of vehicular congestion in the metropolitan area. Finally, the most favorable option is presented to contribute to reduce vehicular congestion in the metropolitan area of Bucaramanga.

* Trabajo de grado

** Faculty of Engineering Physical Mechanical. School of Engineering Civil Director: Claudia Báez Trujillo

INTRODUCCIÓN

La interacción entre los municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga, en materia de transporte, día a día se ve afectada por el crecimiento poblacional e industrial, porque estas dos se han ido expandiendo a zonas aledañas a la capital santandereana [1], contribuyendo a la multiplicidad de funciones en las vías metropolitanas, como son: el tránsito de mercancías, el transporte público y el transporte privado, entre otros factores, que generan la necesidad de crear nuevos tramos viales que garanticen una conectividad óptima desde y hacia la ciudad de Bucaramanga, minimizando el impacto negativo a la movilidad por la congestión vehicular.

Este documento contiene antecedentes, problemáticas, estudio de pre-factibilidad, entre otros aspectos, para el análisis de 3 alternativas para la construcción de la conexión vial entre el Sector Mutis y el Anillo vial de Floridablanca, dentro de las cuales se encuentra la evaluación de la alternativa actual proyectada como Troncal Norte-Sur (TNS) tramo 2, propuesta por el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga y dos alternativas más, siguiendo las mismas consideraciones y especificaciones ya propuestas para su funcionamiento, como el tipo de perfil vial y restricción de tránsito de carga.

La elección se hizo teniendo como guía principal las pautas para un estudio de Fase 1, del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS, pautas como: línea de pendiente, impacto ambiental, análisis económico preliminar, entre otros aspectos.

Habiendo identificado la alternativa vial que presenta mejores resultados, se elaboró su diseño geométrico preliminar, asegurando el cumplimiento del Manual

de Diseño Geométrico de Carreteras y el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga.

1. ANTECEDENTES

Las propuestas en general de los planes maestros de movilidad, buscan definir las conexiones viales requeridas con los municipios del área metropolitana de Bucaramanga, para un escenario a futuro del 2030 al 2040 [2]. En este sentido, se plantean algunas alternativas para facilitar la interacción metropolitana.

La construcción de nuevas vías de conexión metropolitana, mejoran la calidad de vida de los usuarios, pues aumentan las posibilidades de elección de ruta para llegar a un destino definido, un ejemplo de ello sería la posibilidad de generar más rutas para acceder a un mismo destino, es decir, una persona que desea desplazarse de Floridablanca a Piedecuesta, podría elegir entre la Autopista Piedecuesta o la TNS, se tendrían dos opciones para hacer el viaje, algo que en la actualidad no es posible; al tener más corredores viales se podría cubrir de una manera más equilibrada la demanda de usuarios.

El principal destino de los habitantes del área metropolitana, es la ciudad de Bucaramanga. Esta premisa se observa en la siguiente tabla.

Tabla 1. Relación de viajes origen-destino, para las conexiones intermunicipales,

		Destino			
		B/manga	F/blanca	Girón	Piedecuesta
Origen	B/manga	83,04%	60,72%	42,3%	38,85%
	F/blanca	9,73%	29,10%	13,8%	6,39%
	Girón	2,73%	5,37%	41,2%	1,28%
	Piedecuesta	4,51%	4,81%	2,7%	53,48%

Los motivos de viaje más representativos son: trabajo con un 53% y estudio con un 37% de desplazamientos asociados. En cuanto a los modos de viaje la opción más usada es el desplazamiento en caminata y la segunda es el transporte público, seguidas del transporte privado y el uso de la bicicleta [2].

Con base en lo anterior, surge la necesidad de proponer la vía de conexión Troncal Norte – Sur (TNS), contenida en el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga [1], como una posible vía que unirá a los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Piedecuesta, con una longitud cercana a 24 km. La Troncal Norte-Sur (TNS), será una vía metropolitana secundaria para unir cabeceras municipales y su uso estará limitado a vehículos particulares y transporte público, máximo rutas pretroncales, el tránsito de carga pesada estará prohibido.

La TNS está conformada por cuatro tramos a lo largo de la misma, en sentido norte-sur inicia en la carrera 9 cerca a la alcaldía de Bucaramanga y termina en el municipio de Piedecuesta, el estudio del tramo 2 está contenido en este artículo, exactamente entre el Terminal de Transportes y el Anillo Vial.

Figura 1. Troncal Norte – Sur (TNS)



Fuente: Google Earth.

De norte a sur en la figura 1: municipio de Bucaramanga y Floridablanca, el tramo 3 se extiende hasta la transversal de Guatiguará y de ahí hasta el municipio de Piedecuesta es el tramo 4, para una descripción más detallada consultar el Plan Maestro de Movilidad del Área metropolitana de Bucaramanga.

El tramo 2 (Mutis-Anillo Vial) de la TNS, presenta dos categorías de infraestructura vial, la existente, que deberá ser adecuada según lo establecido en el plan maestro de movilidad y la infraestructura vial nueva, la cual es necesaria para conectar todos los tramos de la TNS.

La Troncal Norte-Sur, planteada por el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) y que está contenida en los planes maestros de movilidad, presenta alta densificación poblacional a lo largo del tramo 2, se observa que este tramo proyectado es inviable ya que su construcción representaría problemas sociales y económicos. Por tal razón se busca una alternativa diferente que genere un menor impacto, siempre y cuando las modificaciones al tramo sean en beneficio de la economía municipal, los usuarios y la comunidad aledaña al corredor, que finalmente es el objetivo del presente estudio de pre-factibilidad, encontrar la alternativa que represente mayor beneficio para el sector.

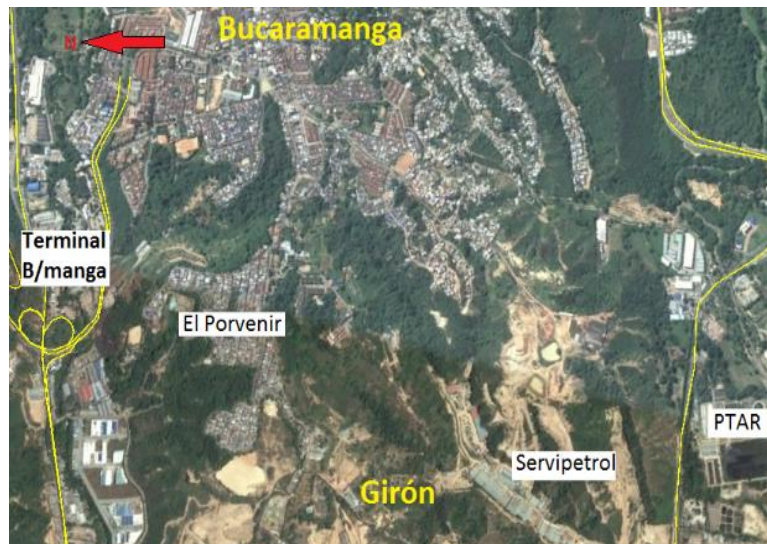
2. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR EN ESTUDIO

Con el propósito de obtener un contexto de los aspectos geográficos, geotécnicos y sociales de la zona donde está ubicada la TNS tramo 2, se presenta la siguiente información:

2.1. UBICACIÓN DEL SECTOR

El sector en estudio se encuentra ubicado entre los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, está limitado en el oriente por el barrio Provenza, en el sur por el Anillo Vial, al occidente por el barrio El Porvenir y al norte por la Vía Bucaramanga-Girón (ver figura 2).

Figura 2. Panorámica de la zona de estudio



Fuente: Google Earth.

2.2. PRINCIPALES PROBLEMÁTICAS DEL SECTOR

El aumento de los tiempos de viaje intermunicipales causados por la congestión vehicular, y el mal estado de la infraestructura vial en algunos sectores del área metropolitana, impactan negativamente la calidad de vida de la población del Área Metropolitana [1].

La congestión vehicular generada por el tráfico de vehículos de carga, la contaminación generada por los mismos, la inseguridad en las zonas donde se efectúan actividades relacionadas con las operaciones de cargue y descargue o de estacionamiento de estos vehículos, producen el deterioro de los espacios urbanos [2], son algunos de los problemas presentes a diario en el sector de estudio, en las principales vías como: el Anillo Vial de Floridablanca, la Vía Bucaramanga-Girón y la Transversal Metropolitana, todos estos factores participan directamente en el aumento de los riesgos de accidentalidad en la zona y la congestión vehicular.

En el municipio de Girón se presentan diversas situaciones que afectan la movilidad vehicular sobre el Anillo Vial, sectores como el rincón de Girón, con altos índices de accidentalidad, gran parte de ellos producto del tránsito de vehículos de carga y el desacato de las señales de tránsito, dificultan el tráfico normal de vehículos a lo largo de todo el corredor y de la Vía Bucaramanga-Girón, vías que proporcionan el mayor número de vehículos al sector Mutis que hace parte de la zona en estudio.

En miras de mejorar la problemática de congestión en horas pico de la zona comprendida entre el municipio de Floridablanca y Girón, se recomienda la estructuración de nueva infraestructura vial en el sector, que aliviane la sobrecarga operacional de las vías existentes, mejorando el tránsito público y privado.

Todas las vías metropolitanas secundarias planteadas por el área metropolitana, tienen propiedades similares en su funcionamiento al de una vía rápida, permitiendo los vehículos de carga para distribución interna, limitándolos a tres ejes y carga menor a 15 Ton [2], esto para evitar la multiplicidad de funciones en la nueva red vial y el mal uso del espacio.

La Troncal Norte-Sur (TNS), se conecta con la Transversal Metropolitana la cual es una vía existente, la TNS mantiene la misma geometría horizontal de la Transversal Metropolitana y continua sin tener ninguna afectación.

Figura 3. Sección típica de la Transversal Metropolitana frente al terminal

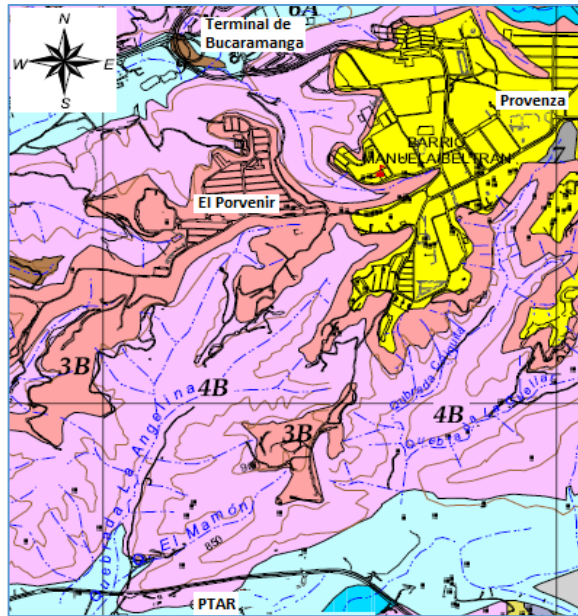


Fuente: Google Earth.

2.3. CLASIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL SECTOR

Para conocer las propiedades mecánicas del suelo del sector en estudio, es necesario recurrir a un mapa geotécnico del Área metropolitana de Bucaramanga.

Figura 4. Mapa Geotécnico del Área Metropolitana de Bucaramanga



Fuente: CDMB

En la siguiente tabla están representados los suelos de mayor presencia en el sector de estudio.

Tabla 2. Zonificación Geotécnica.

3B	Escarpes de la Meseta de Bucaramanga
4B	Miembro organo afectado por procesos erosivos

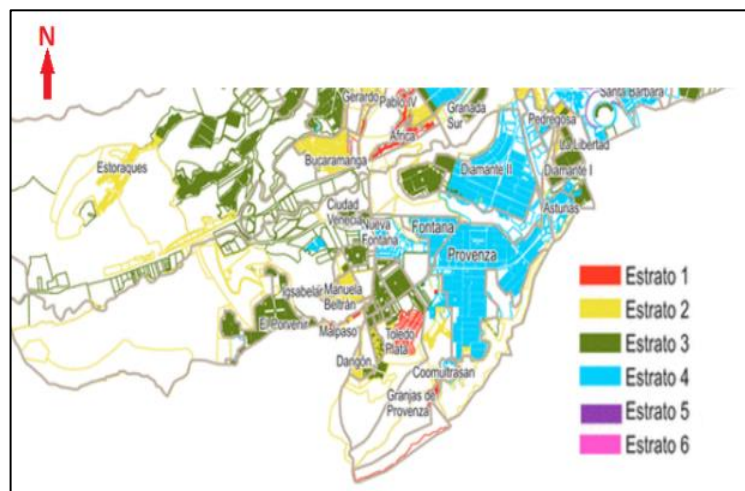
La CDMB califica al suelo 3B y 4B, como uno de amenaza por deslizamiento y erosión, el cual actualmente ha sido controlado con escalonamientos y con la técnica conocida como concreto lanzado, esto se debe hacer para controlar la erosión que también es favorecida por las lluvias del área metropolitana, como sugerencia para futuras obras ingenieriles en la zona, consultar la Guía de Caracterización General del Escenario de Riesgo por Erosión y Remoción en Masa de la meseta de Bucaramanga, de la CDMB.

Por otra parte el relleno sanitario El carrasco, que está ubicado al oriente de la cabecera municipal de Girón y en la parte inferior de la figura 2, dado a su alto contenido de materia orgánica y desechos, hacen inestable el terreno, por lo cual no es conveniente trazar una alternativa vial por dicha zona.

2.4. ESTRATIFICACIÓN URBANA DEL SECTOR

Para conocer el grado económico de los habitantes del sector, se recurre a un mapa de estratificación del área metropolitana, esto con el fin de conocer un estimado del valor de los predios de la zona.

Figura 5. Mapa de estratificación del área metropolitana



Fuente: Vanguardia Liberal.

Se observa en la figura 5 que el estrato predominante en la zona es el estrato cuatro, debido a que la zona de influencia abarca gran parte del Barrio Provenza, seguido del estrato tres predominante en Barrios como Marianela y sectores como la comuna 11 y otros que no registran estratificación.

3. ESTUDIO FASE 1 DE LAS ALTERNATIVAS VIALES

A continuación se presenta el desarrollo del estudio de pre-factibilidad para la Troncal Norte Sur tramo 2, en el cual se evalúan 3 alternativas de conexión vial, las cuales se evaluaron siguiendo las pautas del Manual de Diseño Geométrico Colombiano, para un estudio fase 1, obteniendo como resultado la opción más conveniente para el trazado del corredor.

En un estudio Fase 1 o de pre-factibilidad, se identifica uno o varios corredores de ruta posibles, se realiza el pre-diseño aproximado de la carretera a lo largo de cada corredor y recurriendo a costos obtenidos en proyectos con condiciones similares, se realiza la evaluación económica preliminar [3].

3.1. ADQUISICIÓN DE LA CARTOGRAFÍA EXISTENTE DE LA ZONA

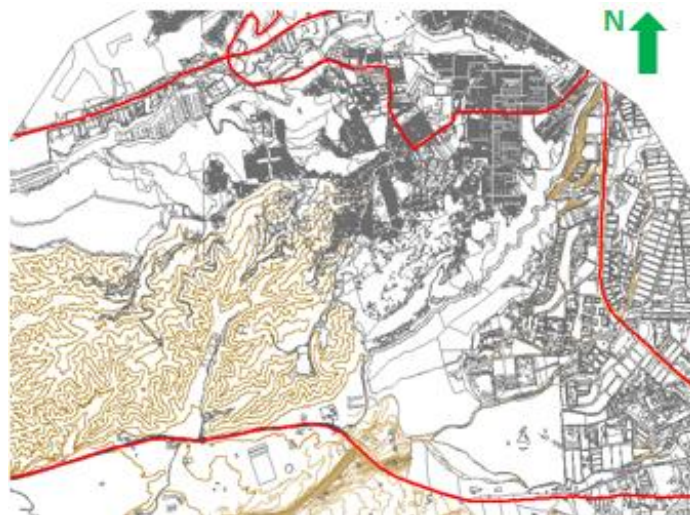
Para el desarrollo de un estudio de pre-factibilidad, es indispensable tener mapas topográficos, geológicos e imágenes fotogramétricas. Para obtener esta información se recurrió en primera instancia al Plan de Ordenamiento Territorial de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, como también información perteneciente al grupo de investigación Geomática.

3.1.1. Cartografía Básica del POT: Con base en información cartográfica se obtuvo la información referente a topografía del terreno, malla vial metropolitana, construcciones existentes, barrios pertenecientes a la zona, mapas geotécnicos del sector, entre otros. Dicha información fue extraída de los planes de ordenamiento territorial de los diferentes municipios del Área Metropolitana de

Bucaramanga, proporcionada por el grupo de investigación Geomática de la escuela de Ingeniería Civil.

El mapa topográfico de la zona presenta curvas de nivel detalladas con una separación entre curvas de 2 m, lo que permite una mejor interpretación de las características del terreno, el Manual de Diseño Geométrico dispone que la separación entre curvas de nivel para estudios de pre-factibilidad es de máximo 25 m.

Figura 6. Cartografía de la zona en estudio



Fuente: Planes de ordenamiento territorial.

Las curvas de nivel del terreno y demás información, fue entregada en archivo tipo shape, el cual fue depurado debido a deficiencias encontradas como: problemas en los valores de elevación, en los que, una curva de nivel podría presentar hasta tres valores distintos de elevación a lo largo de la misma, también se presentaban curvas de nivel partidas y discontinuas, entre otros problemas.

3.1.2. Fotogrametría del sector en estudio: Con el fin de actualizar y complementar, la información anteriormente mencionada, se hicieron vuelos con

vehículos aéreos no tripulados (UAV) por sus siglas en inglés, de los que se obtuvieron imágenes de la zona.

Figura 7. Recorridos del dron para tomar una imagen UAV



Fuente: Grupo de Investigación Geomática

Estas imágenes permiten la extracción de información de elevación, la cual debe ser depurada para obtener los valores reales de las cotas, ya que en el caso de zonas boscosas, las elevaciones capturadas son las pertenecientes a las copas de los árboles.

Las imágenes UAV suministradas por el grupo de investigación Geomática, fueron de vital importancia para identificar con mayor detalle las características de la zona, nuevas construcciones y alteraciones realizadas al terreno, con lo cual se realizó la actualización a las curvas de nivel la zona.

3.2. ESTUDIO DE TRÁNSITO

El estudio de tránsito para una nueva vía, se debe hacer con una proyección de la demanda de tránsito para los próximos 20 años a partir de la fecha de entrada en operación de la carretera, esto con el fin de determinar las condiciones de servicio aceptables para evitar problemas de congestión.

El inicio de la Troncal Norte-Sur (TNS) en sentido norte-sur es la carrera 9, por tal razón se tomaron los valores de las proyecciones de tránsito realizadas para el año 2030, tomadas para el Viaducto de la Novena, que hace parte del trazado de la TNS, siendo el inicio del tramo 2 (ver figura 1). El este estudio fue contratado por el AMB, al Consorcio Diseños Viales Urbanos y con base en estos flujos vehiculares proyectados para el 2030, se esperan

4.640 vehículos equivalentes en el sentido norte – sur y 4.871 vehículos equivalentes en el sentido sur-norte en la hora pico máxima.

El plan maestro de movilidad del área metropolitana, proyecta que el tránsito promedio diario (TPD), en cualquiera de sus vías urbanas secundarias no deberá ser mayor a 6000 vehículos [1].

La baja ocupación en los vehículos de transporte privado (en promedio 1.5 pasajeros por vehículo) y de transporte público en horas valle [2], afectan directamente el tránsito normal, por el uso ineficiente de la infraestructura vial. Por tal razón los vehículos más eficientes para suplir las necesidades de los usuarios en términos de transporte, son los del transporte público colectivo y masivo, ya que tiene la capacidad de transportar más pasajeros. Para el año 2005, los viajes diarios realizados desde Bucaramanga hacia las demás ciudades del área metropolitana, eran en promedio 9200 viajes diarios, y desde estos municipios

hacia la ciudad, se realizaban 12500 viajes. Se espera que en el año 2025 estos sean 3.8 veces mayores que los actuales [1].

3.3. RECONOCIMIENTO AÉREO DE LA ZONA

En la figura 8 se presentan las imágenes UAV, obtenidas del levantamiento en campo, en formato tipo TIF, las cuales están georreferenciadas con coordenadas magna Bogotá-Colombia. Este reconocimiento aéreo corrobora, las posibilidades de un corredor vial obtenido de la línea de ceros.

Figura 8. Superposición de 5 imágenes UAV de la zona



Fuente: Grupo de Investigación Geomática

3.4. VELOCIDAD DE DISEÑO

El plan maestro de movilidad describe a la Troncal Norte Sur, como una vía rápida, para el transitar de vehículos livianos, donde la velocidad para una vía secundaria está entre 40 y 70 km/h. La velocidad de diseño propuesta para la alternativa vial es de *60 km/h*, la cual fue sugerida por un consultor de la AMB basado en su experiencia, esta velocidad cumple a cabalidad con la normativa dispuesta en el Manual de Diseño Geométrico Colombiano del INVIAS, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Velocidades de diseño según el tipo de vía y el terreno.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

3.5. ESTUDIOS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Para conocer la calidad que ofrece una carretera se usa el concepto de nivel de servicio, siendo D el nivel mínimo permitido por Manual de Diseño Geométrico Colombiano [3].

Colombia no posee un manual estructurado para las carreteras multicarriles, por esta razón para hallar el nivel de servicio de una carretera de 6 carriles, 3 por

sentido, como debe ser según el plan maestro de movilidad de Bucaramanga una vía metropolitana secundaria, usamos la norma HCM 2000 [4].

$$C_{60} = n * C_i * F_p * F_{cb} * F_d * F_{pe} \quad (1)$$

Bajo condiciones ideales del tránsito y de la vía, las carreteras multicarriles tienen una capacidad de 2000 vehículos equivalentes por carril por hora [4].

n: 3 carriles por sentido.

C_i: 2000 vehículos equivalentes.

F_p: 0.78, presencia menor al 10% del tránsito pesado.

F_{cb}: 0.92, No hay presencia de berma.

F_d: 1.0, distribución por sentido 50/50.

F_{pe}: 0.93, para un tramo de 1 km y pendiente del 7%.

Remplazando los valores en la ecuación 1.

$$C_{60} = 3 * 2000 * 0.78 * 0.92 * 1.0 * 0.93 \quad (2)$$

$$C_{60} = 4004 \text{ vehiculos equivalentes.} \quad (3)$$

Capacidad proyectada (Q) del estudio de tránsito, sentido N-S= 4640 vehículos equivalentes y sentido S-N= 4871 vehículos equivalentes.

$$\frac{Q}{C_{60}}, \text{ para el sentido N-S} = \frac{4640}{4004} = 1.158 \quad (4)$$

$$\frac{Q}{C_{60}}, \text{ para el sentido S-N} = \frac{4871}{4004} = 1.217 \quad (5)$$

Relación Q/C60: Nivel de servicio E, porque la relación de demanda sobre capacidad es muy cercana a 1 [4].

3.5.1. Velocidad a flujo restringido: Es la velocidad de los vehículos, en la que se presenta el mayor volumen de tránsito. A mayor capacidad de la vía, mayor es la velocidad a flujo restringido.

$$V_i * F_u = V_1 \quad (6)$$

V1= Velocidad a flujo restringido [km/h].

Vi= 69 km/h, para una pendiente del 7%.

Fu= 0.50 para una relación Q/C60=1.

Remplazando los valores en la ecuación 6:

$$69 * 0.5 = 34.5 \text{ km/h}$$

Tabla 4. Nivel de servicio según la velocidad a flujo restringido.

Niveles de servicio	Velocidad V1 [km/h]
A	≥52
B	45-52
C	39-45
D	33-39
E	26-33
F	26

Según la velocidad del tránsito a flujo restringido, el nivel de servicio es el D, pero dado que está más próximo el valor de velocidad al nivel de servicio E y que la relación Q/C60 arroja también el nivel E, se concluye que para la sección horizontal de 3 carriles, con ese flujo vehicular para el año 2030, el nivel de servicio es el E.

Esto quiere decir por definición, que en hora pico el flujo vehicular es inestable, suceden pequeños congestionamientos. La velocidad cae hasta valores menores a 40 km/h, La demora de los conductores es mayor al 80% del total del tiempo de viaje [4].

Sin embargo esta solución proyecta una reducción en los índices de tiempo de viaje de 22% y 39%, en los escenarios tendenciales proyectados para la ciudad en los años 2020 y 2030, respectivamente [1].

3.6. DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS

Las tres alternativas viales para la conexión del sector Mutis en cercanías al terminal de Transportes de Bucaramanga y el Anillo Vial, deben cumplir las especificaciones de pendiente máxima contempladas en el Manual de Diseño Geométrico Colombiano del INVIAS, a continuación se presenta el croquis de las líneas de ceros de cada alternativa vial.

3.6.1. Trazado de la línea de ceros en el terreno: La línea de ceros es una línea que va a ras del terreno, conservando una pendiente específica, constante y uniforme, no se puede cruzar con las curvas de nivel, y si el eje de la vía, coincide con la línea de ceros, el movimiento de tierras sería muy bajo.

Las características del terreno lo clasifican como montañoso, pues presenta valores de pendientes transversales que oscilan entre el 25% y 40%, se hizo el trazado de la línea de ceros con una pendiente media máxima del 8%, dando como resultado una longitud entre curvas de 25m.

3.6.2. Alternativa 1: La vía en color fucsia de la figura 9, es la alternativa 1 planteada por el Área Metropolitana de Bucaramanga, por un segmento del tramo

2 de la TNS entre el sector mutis cerca al terminal de transportes y el anillo vial [2], debido a que su trazado preliminar ya fue realizado no fue necesario trazar la línea de ceros.

Figura 9. Croquis de la Alternativa 1 TNS Tramo 2 Mutis - Anillo Vial

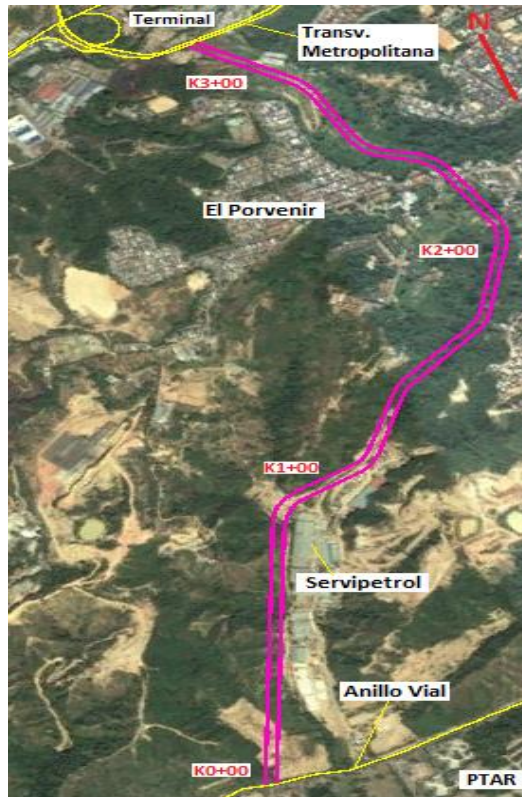


Fuente: Google Earth.

Tiene como punto de partida en sentido sur-norte, la Transversal del Bosque y como punto de llegada el cruce de la transversal metropolitana con la vía Bucaramanga – Girón, la longitud de este tramo es de 4 km aproximadamente.

3.6.3. Alternativa 2 La alternativa 2 tiene como punto de partida en sentido sur-norte, el Anillo Vial de Floridablanca frente a las bodegas de Servipetrol, se extiende por cerca de 3.1 km, finaliza en la Transversal Metropolitana, frente al Terminal de Transportes de Bucaramanga (ver figura 10).

Figura 10. Croquis de la Alternativa 2 Terminal – Servipetrol,

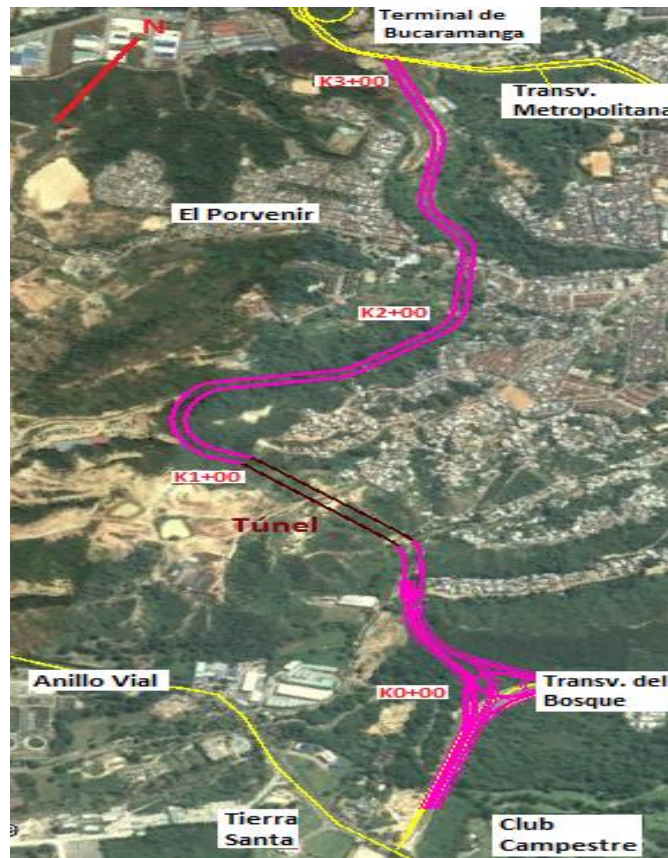


Fuente: Google Earth.

3.6.4. Alternativa 3: La alternativa 3, tiene como punto de partida en sentido sur-norte, la Transversal del Bosque al igual que el planteamiento realizado para la Alternativa 1.

Dadas las condiciones geográficas del terreno, para lograr que la alternativa 3 se una con la Transversal del Bosque, se plantea un túnel de una longitud aproximada de 480 m (ver figura 11). La longitud aproximada de todo el corredor es de 3.2 km.

Figura 11. Croquis de la Alternativa 3 Terminal – Transversal del Bosque,



Fuente: Google Earth.

Las alternativas 2 y 3 son similares, ya que a partir del K1+500 tienen el mismo eje de vía. Y en sentido sur- norte tienen el mismo punto de llegada, la Transversal Metropolitana frente al Terminal de Transportes de Bucaramanga.

3.7. ANÁLISIS PRELIMINAR DE IMPACTO AMBIENTAL

El análisis de impacto ambiental se refiere al efecto que tendrá la construcción de la nueva vía, sobre el medio ambiente y los ecosistemas presentes a lo largo del tramo proyectado. La intervención sobre las zonas boscosas se rige por los

lineamientos del capítulo 6, Desarrollo y aplicación de la gestión ambiental, de la Guía Ambiental Para Proyectos De Infraestructura del INVIAS.

Las especies de árboles, los afluentes y los ecosistemas presentes dentro del área metropolitana de Bucaramanga, son jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga (CDMB).

Una de las funciones de la CDMB, es la de otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la Ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente.

La actividad necesaria en las 3 alternativas de conexión vial, para la intervención de las zonas boscosas consiste en la limpieza del terreno natural de las áreas donde se construirá la obra vial que se encuentra cubierta por pastos y zonas arborizadas; esta limpieza comprende la tala de árboles, remoción de tronco, de raíces y donde se presenta de bosques continuos [5].

En zonas muy arborizadas la CDMB hace un cálculo de Biomasa que contempla variables como: número de árboles por especie, diámetro y altura, establece la tarifa económica por la afectación de la zona forestal o valor del permiso y si debe haber compensación de los arboles cortados.

Debido a que el sector en estudio se encuentra rodeados por áreas boscosas de aproximadamente 80 hectáreas, se concluye que para realizar un análisis ambiental preliminar, es necesario realizar un estudio exhaustivo del tema, que no está dentro de los alcances de la presente investigación. Sin embargo, se hace la observación de que la proyección del corredor está ubicada en distritos de manejo integrado (DMI) de los diferentes municipios.

El ministerio de Ambiente define por Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales (DMI), al espacio de la biosfera que, por razón de factores ambientales o socioeconómicos, se delimita para que dentro de los criterios del desarrollo sostenible se ordene, planifique y regule el uso y manejo de los recursos naturales renovables y las actividades económicas que allí se desarrollen, que para este caso son habitacional y de preservación natural.

3.8. EVALUACIÓN ECONÓMICA PRELIMINAR

Para determinar cuál de las 3 alternativas presentadas, es la más conveniente en el aspecto económico - constructivo, se hace un análisis financiero basado en diferentes parámetros obtenidos de información secundaria. Este es un análisis simplificado, que busca una aproximación de la realidad, con el fin de realizar la comparación de las tres alternativas y finalmente elegir la más adecuada.

3.8.1. Afectación predial: La afectación predial se da cuando un predio se requiere para la realización de una obra pública. En Colombia se rige por los siguientes pasos, se hace la oferta de compra por parte de la entidad interesada en la construcción de la nueva vía, es el primer paso para la adquisición predial de los inmuebles como se observa en la figura 12, el precio de adquisición será determinado por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), los catastros descentralizados, peritos privados o reglamentación urbanística municipal, lo más frecuente después de la oferta de compra es una etapa de negociación entre las dos partes y si esto no llega a buen término se procede a la expropiación del inmueble según lo establecido en los artículos 61 y 66 de la Ley 388 de 1997.

El valor aproximado por m², en zona de estrato 3, para la ciudad de Girón oscila en algunos casos entre 1'500.000 y 2'000.000 de pesos, valores aportados por un

funcionario de la alcaldía de Girón. Las principales áreas de afectación predial pertenecientes a cada una de las alternativas, se presentan en la figura 12 y 13.

Figura 12. Afectación predial entre el K1+00 y K2+00 de la Alternativa 1



Fuente: Grupo de investigación Geomática.

Figura 13. Afectación predial entre el K2+280 y K2+340 de las Alternativa 2 y 3



Fuente: Grupo de investigación Geomática.

En la tabla 5 se presenta el área de afectación estimada para cada una de las alternativas.

Tabla 5. Área de afectación predial estimada de cada alternativa.

Alternativa	Área [m ²]
1	31.340
2	1.519
3	1.519

3.8.2. Infraestructura asociada a la construcción de las alternativas: En este capítulo se presenta la infraestructura asociada al desarrollo de cada una de las alternativas propuestas.

3.8.2.1. Intercambiador – Alternativa 1: La alternativa 1, es decir la TNS tramo 2 plantea un intercambiador al lado del Colegio INEM, como se observa en la figura 13, cuyo precio estimado en el año 2008 fue de 36.667'121.920 \$ pesos colombianos.

Figura 14. Intercambiador propuesto por la Alternativa 1 TNS Tramo 2



Fuente: Grupo de investigación Geomática

La propuesta contemplada en el PMM del Área Metropolitana de Bucaramanga, interviene en la red vial ya existente, como parte de la Transversal Metropolitana y la rotonda de la calle 105 con la carrera 19 (ver figura 14), dicha rotonda se convertiría en un intercambiador vial.

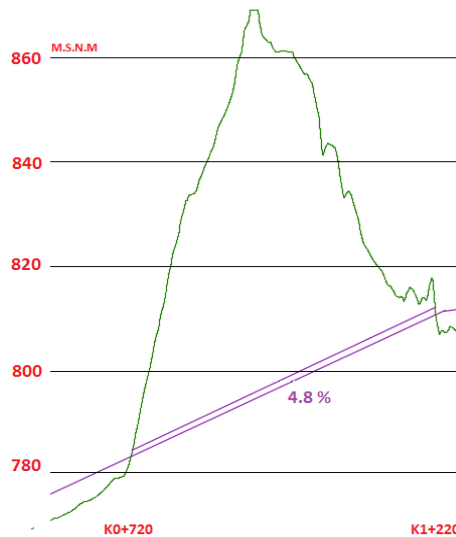
El intercambiador de los Bucaros, que costó cerca de *64 mil millones de pesos*, valor inicial según la Sociedad Santandereana de Ingenieros, presenta similitud al de la Alternativa 1 TNS figura 12, es por eso que para tener un valor más actual, tomaremos este para el análisis económico preliminar.

3.8.2.2. Puente – Alternativa 2 y 3: El alineamiento de la alternativa 2 y 3, en el K2+280 y K2+340, se cruza con la calle 104 (ver figura 13), para darle continuidad a esta calle se plantea la construcción de un puente que pase por encima de las alternativas 2 y 3.

El Departamento de Planeación Nacional (DPN), en su cartilla Construcción de Puentes Vehiculares para Vías Secundarias 2015, estipula que para un puente de dos carriles y de longitud de 45 m, el costo estimado es de *1.464'393.224 \$ pesos colombianos*. Este precio será usado para el análisis económico preliminar

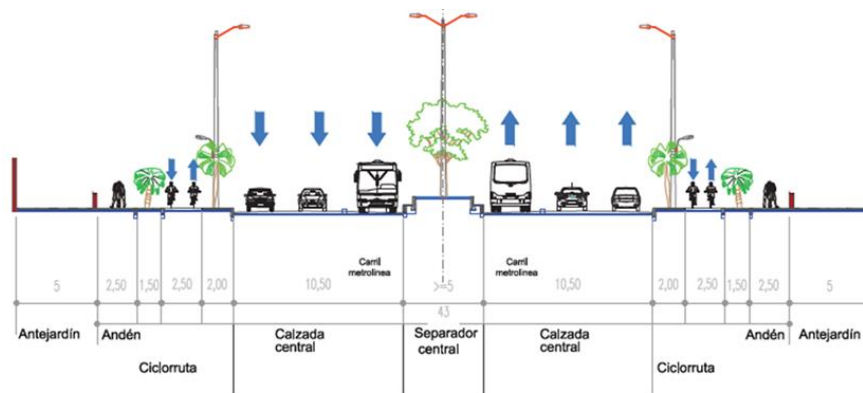
3.8.2.3. Túnel – Alternativa 3: Costo de metro lineal de túnel *25.000 \$ dólares* aproximadamente *75'000.000 \$ pesos Colombianos*, valor para ser usado en el análisis económico preliminar.

Figura 15. Perfil longitudinal del túnel propuesto por la Alternativa 3 Mutis-Transversal el Bosque



3.8.2.4 Perfil vial tipo 3: El Perfil vial tipo 3, propuesto por el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga, se usó para el planteamiento de las 3 alternativas aquí contenidas (ver figura 16).

Figura 16. Perfil tipo 3, sentido por la izquierda.



Separador central de mínimo 5 metros, ancho carril de tráfico máximo 3.5 metros, ancho ciclo ruta mínimo 2.5 metros, ancho andén mínimo 2.5 metros y antejardín mínimo 5 metros [1].

En la clasificación del IDU (Instituto de Desarrollo Urbano), el V-2A, es el perfil que más se asemeja al tipo 3 contenido en el PMM del Área Metropolitana. El valor del perfil V-2A por metro lineal= 5'374.665 \$ pesos colombianos, precio de la revista Construdata para la ciudad de Bogotá.

3.8.3. Análisis económico preliminar: A continuación se presenta el valor estimado de cada una de las 3 alternativas de conexión vial para el sector Mutis-Anillo Vial.

3.8.3.1. Alternativa 1

Tabla 6. Precio estimado de la Alternativa 1.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Exc. Mecánica [m3]	129818	\$ 9.382	\$ 1.217.952.476
Relleno Material [m3]	166696	\$ 22.230	\$ 3.705.652.080
Perfil V-2A [m]	3060	\$ 5.374.665	\$ 16.446.474.900
Intercambiador	1	\$ 64.000.000.000	\$ 64.000.000.000
Afe. predial [m2]	31340	\$ 1.500.000	\$ 47.010.000.000
			\$ 132.380.079.456

La Alternativa 1 tiene un costo estimado de 132.380.079.456 \$ y su precio proyectado en el 2008 para este tramo fue de 100.231.188.091 \$.

3.8.3.2. Alternativa 2

Tabla 7. Precio estimado de la Alternativa 2 Mutis-Servipetrol.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Exc. Mecánica [m3]	758420	\$ 9.382	\$ 7.115.496.440
Relleno Material [m3]	420018	\$ 22.230	\$ 9.337.000.140
Perfil V-2A [m]	3080	\$ 5.374.665	\$ 16.553.968.200
Puente calle 104	1	\$ 1.464.393.224	\$ 1.464.393.224
Afe.predial [m2]	1519	\$ 1.500.000	\$ 2.278.500.000
			\$ 36.749.358.004

La Alternativa 2 es la opción más económica con un costo estimado de 36.749.358.004 \$.

3.8.3.3. Alternativa 3

Tabla 8. Precio estimado de la Alternativa 3 Mutis-Transversal del Bosque.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Exc. Mecánica [m3]	460726	\$ 9.382	\$ 4.322.531.332
Relleno Material [m3]	571484	\$ 22.230	\$ 12.704.089.320
Perfil V-2A [m]	3240	\$ 5.374.665	\$ 17.413.914.600
Puente calle 104	1	\$ 1.464.393.224	\$ 1.464.393.224
Túnel [m]	980	\$ 75.000.000	\$ 73.500.000.000
Afe. predial [m2]	1519	\$ 1.500.000	\$ 2.278.500.000
			\$ 111.683.428.476

Esta alternativa tiene un costo estimado de 111.683.428.476 \$, siendo la segunda opción más económica.

3.8.4. Selección de la alternativa Con el fin de facilitar el análisis para escoger la mejor alternativa, se presenta la siguiente tabla, que resume los principales aspectos del estudio de pre-factibilidad realizado.

Tabla 9. Tabla comparativa de alternativas

Aspecto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud	4 km	3 km	3.2 km
Pendiente Promedio	3%	6.6 %	5.4%
Numero de curvas H	10	8	9
Tipo de Suelo	3A-Limos 4B-Escarpes	3A 4B-Escarpes	3A 4B-Escarpes
Nivel de servicio	Nivel E Congestión	Nivel E Congestión	Nivel E Congestión
Afectación predial	31.340 m2 Alta	1.519 m2 Baja	1.519 m2 Baja
Afectación ambiental	4 ha	6 ha	7 ha
Complejidad Inf.estructura	Alta	Media	Alta

Dado que la alternativa 2, presenta la infraestructura vial más sencilla, la menor longitud de recorrido y su valor estimado es el más económico, entre otros factores, se puede concluir que esta opción es la más viable.

4. DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE LA ALTERNATIVA 2

A continuación se presentan algunos factores empleados para realizar el diseño geométrico preliminar de la alternativa seleccionada.

4.1. DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

La velocidad de diseño fue estipulada en el desarrollo de la presente investigación y es de 60 km/h. Para el diseño de la alternativa, se utilizaron curvas circulares, con un peralte del 8 %. El diseño de las curvas horizontales cumple lo estipulado por la norma AASTHO 2011.

Tabla 10. Parámetros de diseño para curvas simples, Fuente: Manual de Diseño Geométrico Colombiano.

Parámetros con una Velocidad Especifica (VCH) igual 60 km/h	
Radio mínimo calculado (m) (R_c)	113.4
Radio mínimo redondeado (m) (R_c)	113
Ancho de carril (a) max (m)	3.5

4.2. PERFIL DEL EJE DE LA CARRETERA

El alineamiento vertical se diseña en base a la topografía del terreno que se muestra mediante un perfil longitudinal. La pendiente máxima del eje de la vía es de 8.6 %, en un tramo de aproximadamente 250 m de longitud.

4.3. CURVAS VERTICALES

Para la facilidad del diseño de las curvas verticales del proyecto se le asigna de una proporción simétrica, con forma cóncava y convexa; para el buen funcionamiento de la vía se deben seguir los criterios de operación, seguridad y drenaje [5].

Tabla 11. Parámetros para el diseño de curvas verticales.

Tipología	Parámetros de diseño
Pendiente Máxima Media del corredor (PM _{máx})	7% - 9%
Velocidad de la Tangente Vertical (VTV)	60 km/h
Distancia de Parada	85 m
Criterio de Seguridad	K _{mín} = 11 (convexa)
	K _{mín} = 18 (cóncava)
Criterio de Operación	Longitud mínima =36 m
Criterio de Drenaje	$K \leq 50$

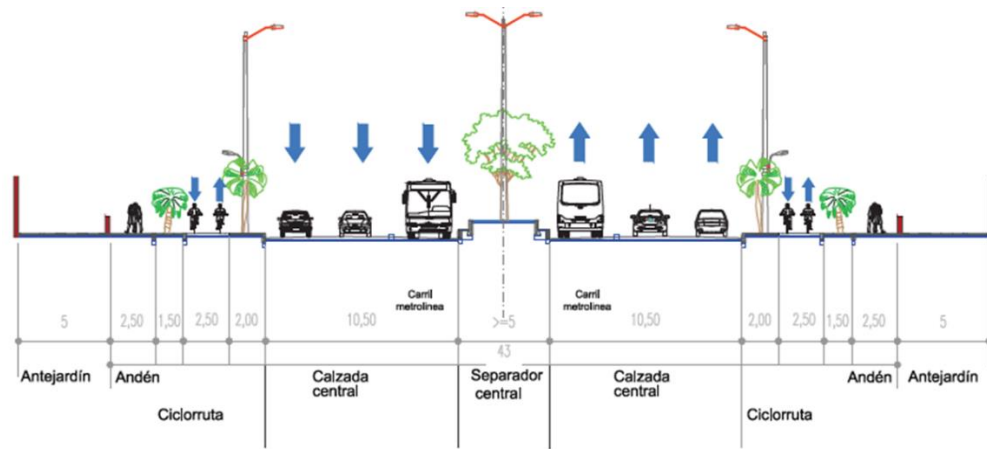
4.4. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

Según el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga, el perfil a usarse es el tipo 3, que tiene las siguientes características:

Tabla 12. Especificaciones del perfil tipo 3.

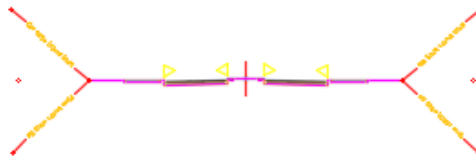
Acho total	Mínimo 44 m	Número de carriles	Mínimo 6
Separador Central	Mínimo 5 m	Acho carril	Máximo 3.5 m
Ancho andén	Mínimo 2.5m	Ancho ciclo ruta	Mínimo 2.5 m

Figura 17. Perfil vial tipo 3



Fuente: Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana

Figura 18. Sección Transversal tipo 3

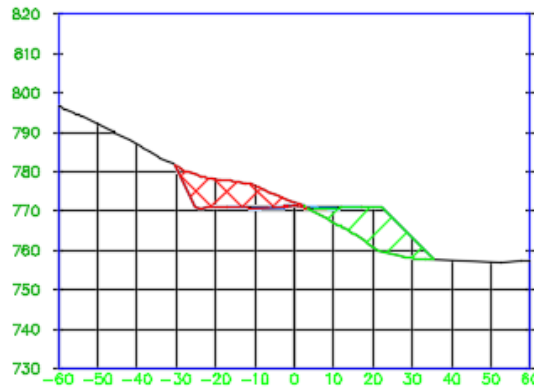


Fuente: AutoCAD Civil 3D

4.5. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Actividad en la cual se realizan los cálculos de cantidades de material de terraplén y excavación necesarios para la ejecución de la carretera [5].

Figura 19. Taludes en terraplén y corte, K0+ 440



Fuente: AutoCAD Civil 3D

4.6. CALCULO DE VOLÚMENES

En la tabla 13 se presentan las cantidades de volúmenes de tierra en terraplén y corte, de todo el diseño de la alternativa 2.

Figura 20. Volumen de tierra en Terraplén y corte

Movimiento de tierra en terraplén.	420.018 m3
Movimiento de tierra en corte.	758.420 m3

5. CONCLUSIONES

El Área metropolitana de Bucaramanga está en constante crecimiento, en aspectos como el poblacional, el industrial y de su parque automotor, estos factores influyen a que la demanda de usuarios supere a la oferta de infraestructura vial existente, por esto es necesaria la construcción de nuevos corredores viales que complementen las conexiones intermunicipales y distribuyan de una manera más equilibrada la cantidad de usuarios.

El nivel de servicio de la propuesta Troncal Norte-Sur tramo 2, es muy bajo y no cumple con las especificaciones mínimas del Manual de Diseño Geométrico de Colombia, esto quiere decir que el tránsito que circularía por la futura vía, supera la capacidad, por esto la Troncal Norte-Sur, no aporta una solución definitiva los problemas de movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga, Sin embargo esta solución proyecta una reducción en los índices de tiempo de viaje de 22% y 39%, en los escenarios tendenciales proyectados para la ciudad en los años 2020 y 2030, respectivamente.

Se identificó que la alternativa de conexión más viable es la numero 2, está propuesta tendría un impacto social muy bajo, porque está alejada de las zonas residenciales y afecta levemente los predios de los habitantes de la zona, también representa una distancia de recorrido menor de aproximadamente 800 m con respecto a la TNS tramo 2, reduciendo el tiempo de viaje de los usuarios. Presenta una infraestructura vial sencilla que la convierte en una vía económica.

A juicio del autor, la alternativa seleccionada brinda mejores beneficios y menores perjuicios.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

[1]. ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, Universidad Industrial de Santander. (2011). Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030. AMB, Colombia, p. 33-37.

[2]. ALCALDÍA DE FLORIDABLANCA, Universidad Industrial de Santander. (2011). Plan Maestro de Movilidad, Floridablanca 2011-2030. Floridablanca, Colombia.

[3]. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS), Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá, Colombia, 2008.

[4]. CERQUERA ESCOBAR, Flor Ángela, Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial, Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2007.

[5]. CAICEDO QUESADA, Nazly Karina y CASTELLANOS RODRÍGUEZ, Freddy Gonzalo, Diseño Geométrico Preliminar de la Ampliación a Doble Calzada de la Carretera Antigua Bucaramanga-Floridablanca, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2016.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA DE FLORIDABLANCA, Plan Maestro de Movilidad, Floridablanca 2011-2030. BUCARAMANGA: Universidad Industrial de Santander / Alcaldía de Floridablanca, 2011.

CAICEDO QUESADA, N. CASTELLANOS RODRÍGUEZ, F. Diseño geométrico preliminar de la ampliación a doble calzada de la carretera antigua Bucaramanga-Floridablanca. Proyecto de grado. Universidad Industrial de Santander. 2016

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS -INVIAS, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá, D.C: INVIAS, 2008.