

**ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA POR LA
CONSOLIDACIÓN DEL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA**

**FABIO ANDRES SUAREZ RIZO
EDISON FABIAN VELANDIA RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2013

**ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA POR LA
CONSOLIDACIÓN DEL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA**

**FABIO ANDRES SUAREZ RIZO
EDISON FABIAN VELANDIA RODRIGUEZ**

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Civil**

**DIRECTOR
YERLY F. MARTINEZ ESTUPIÑAN
MSc (c) en Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2013**

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación lo dedicamos a nuestros padres por ser el pilar fundamental en nuestra formación como personas integrales, dándonos ejemplos dignos de superación y entrega, igualmente familiares, amigos y profesores, porque en gran parte gracias a ustedes hoy podemos ver alcanzada nuestra meta, ser Ingenieros civiles al servicio del país.

TABLA DE CONTENIDO

NOMENCLATURA.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1. CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA EL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA.....	18
2. MODELO DE TRANSPORTE PARA EL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA CON LA INFRAESTRUCTURA METROPOLITANA EXISTENTE.....	20
2.1 AUTOPISTA FLORIDABLANCA - PIEDECUESTA (VÍA NACIONAL BUCARAMANGA - BOGOTÁ).....	21
2.2 CIRCUNVALAR DE PIEDECUESTA.....	21
2.3 ANILLO VIAL EXTERNO METROPOLITANO.....	22
2.4 TRANSVERSAL DE GUATIGUARÁ.....	22
2.5 CIRCUNVALAR DE GUATIGUARÁ.....	23
2.6 CIRCUNVALAR DE MENSULÍ.....	23
2.7 TNS (TRONCAL NORTE – SUR).....	23
2.8 TRANSVERSAL DE TABLANCA.....	24
3. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN.....	24
3.1 ESCENARIO 1.....	24
3.2 ESCENARIO 2.....	24
3.3 ESCENARIO 3.....	24

3.4	ESCENARIO 4.....	25
3.5	ESCENARIO 5.....	25
3.6	ESCENARIO 6.....	25
3.7	ESCENARIO 7.....	25
4.	RESULTADOS.....	25
5.	CONCLUSIONES.....	27
6.	RECOMENDACIONES.....	30
	BIBLIOGRAFÍA.....	30
	ANEXOS.....	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Jerarquía de la red vial del Macroproyecto.....</i>	19
Tabla 2.	<i>Puntos de control.....</i>	26
Tabla 3.	<i>Orden de proyectos a ejecutar.....</i>	26

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Tratamientos Urbanísticos. Macroproyecto de Interés Social Nacional Pienta, estructura financiera del Macroproyecto y sistema general del reparto de cargas, DOMÍNGUEZ & CÍA. LTDA, Junio de 201319
- Figura 2. *Malla vial y proyectos planteados en el PMM junto con la zona de asignación de tráfico del Área Metropolitana de Bucaramanga... ..20*

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	<i>Perfiles viales.....</i>	<i>32</i>
Anexo 2.	<i>Indicadores agregados de tráfico.....</i>	<i>35</i>
Anexo 3.	<i>Flujo vehicular en los puntos de control.....</i>	<i>36</i>
Anexo 4.	<i>Vista de la asignación de tráfico en cada uno de los escenarios planteados.....</i>	<i>37</i>

RESUMEN

TÍTULO: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA POR LA CONSOLIDACIÓN DEL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA.*

AUTOR(ES): Fabio Andrés Suarez Rizo.
Edison Fabian Velandia Rodríguez. **

PALABRAS CLAVES: Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional PIENTA, Área Metropolitana de Bucaramanga, infraestructura vial, modelo de transporte, escenarios de simulación, método estocástico, indicadores de tráfico, movilidad.

Este proyecto de investigación presenta un estudio de medición del impacto en la infraestructura vial del Área Metropolitana de Bucaramanga por la consolidación del Macroproyecto de Vivienda Nacional PIENTA. Se consideró el planteamiento de diferentes escenarios, que incluyen una selección de los proyectos planteados en el Plan Maestro de Movilidad que inciden directamente en el funcionamiento del Macroproyecto.

El análisis fue realizado mediante el uso de un modelo de transporte con la ayuda de un software de simulación como es TransCad y la información obtenida de los estudios de movilidad y transporte realizados entre los años 2010 y 2012 por el Grupo de Investigación GEOMATICA, donde se caracterizaron los viajes dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga. Para la asignación de tráfico se usó el Método Estocástico del usuario el cual tiene en cuenta las variables capacidad, tiempo de recorrido, alpha y beta, que permite obtener los resultados referentes a indicadores de tráfico como son VHT, VDT, entre otros.

Con los resultados obtenidos de cada escenario, se observó que no hay una disminución importante en los puntos más críticos de movilidad del Área Metropolitana, debido a que no se están desarrollando proyectos complementarios que incrementen la capacidad vehicular de los principales corredores viales.

Basados en la información brindada por los indicadores de tráfico, se concluyó que el escenario 3 que plantea ejecutar la Transversal de Guatiguará y el Anillo vial externo metropolitano es el que produce un mayor beneficio al usuario, lo cual nos permite afirmar que no siempre la ejecución de un mayor número de proyectos viales serán la mejor solución a los problemas de movilidad.

De igual forma nos permitió identificar los proyectos viales que se deben priorizar dentro el Área Metropolitana de Bucaramanga que generen un menor impacto y un mejor nivel de servicio en la infraestructura vial.

* Proyecto de Grado.

** Facultad de Ingenierías FisicoMecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Yerly Fabián Martínez Estupiñan.

ABSTRACT

TITLE: ESTIMACIÓN DEL IMPACTO EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA POR LA CONSOLIDACIÓN DEL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA.*

AUTHORS: Fabio Andrés Suarez Rizo
Edison Fabian Velandia Rodríguez. **

KEY WORDS: Macroproject of National Housing PIENTA, Metropolitan Area of Bucaramanga, road infrastructure, transport model, simulation scenarios, stochastic method, traffic indicators, movility.

This research presents a measurement study of impact in road infrastructure of Metropolitan Area of Bucaramanga by consolidation of Macroproject of National Housing PIENTA. Approach was considered different scenarios, which include a selection of the projects proposed in the Movility Master Plan that directly affect the operation of Macroproject.

The analysis was performed by using a transport model with the help by a software of simulation such as TransCAD and the information obtained from the movility and transport studies conducted between 2010 and 2012 by the Research Group GEOMATICA, where characterized trips within the Metropolitan Area of Bucaramanga. For traffic shaping used a Stochastic Method user which takes into account capacity variables, travel time, alpha and beta, giving the results concerning traffic indicators such as VHT, VDT, among others.

With the results of each scenario, we observed that there is not a significant decrease in the critical points of mobility of Metropolitan Area, because no additional projects are being developed to increase the vehicular capacity of the main road corridors.

Based on information provided by traffic indicators concluded that scenario 3 run posed Transversal de Guatiguará and the Anillo vial externo metropolitano is the one that produces a greater benefit to the user, which allows us to say that the execution is not always of a greater number of road projects will be the best solution to the problems of mobility.

Similarly we identified road projects to be prioritized within the Metropolitan Area of Bucaramanga that generate less impact and a better level of service to road infrastructure.

* Graduation Project.

** Faculty of Physical Mechanical Engineering, School of Civil Engineering. Yerly Fabián Martínez Estupiñan.

NOMENCLATURA

AMB Área Metropolitana de Bucaramanga

MISN Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional PIENTA

PBOT Plan Básico de Ordenamiento Territorial

PMM Plan Maestro de Movilidad

TNS Troncal Norte – Sur

VDT Indicador de Tráfico de Distancia Recorrida

VHT Indicador de Tráfico Tiempo de Viaje

VIP Vivienda de Interés Prioritario

VIS Vivienda de Interés Social

ZAT Zona de Asignación de Tráfico

INTRODUCCIÓN

El Área Metropolitana de Bucaramanga es el área urbana más importante de la región nororiental del país, conformada por: Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta; actualmente el municipio de Piedecuesta es uno de los municipios con mayor disponibilidad de suelo urbanizable y de mayor crecimiento demográfico.

La población del municipio de Piedecuesta creció desde el último censo realizado en 2005 al año 2013 cerca del 26%³; este crecimiento es causado por el poblamiento acelerado de la meseta y el alto costo de la vivienda que se generó en Bucaramanga por la escases de oferta habitacional, por lo cual los nuevos proyectos de construcción se trasladaron a los municipios periféricos del AMB.

El Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional PIENTA (MISN), nace como solución a la

³ Estudio de Tráfico y Sistema de Movilidad, Macroproyecto de Interés Social Nacional Pienta Valle de Guatiguará, Piedecuesta Santander, pag 14.

problemática actual del país en cuanto al déficit habitacional para los estratos más vulnerables de la sociedad. El MISN PIENTA está ubicado en el Valle de Guatiguará del Municipio de Piedecuesta, departamento de Santander, localizado al sur del área metropolitana de Bucaramanga, a una altura entre los 800 a 1050 msnm⁴; delimitado al sur por el Río de Oro, al oriente por el Cerro de La cantera, al occidente por el valle de Palogordo y al norte por el escarpe de la Mesa de Ruitoque. Con la culminación de este Macroproyecto se intervendrán aproximadamente 125 Hectáreas⁵ y se espera dar vivienda a más de 72.000⁶ personas, más de la mitad de la población actual del municipio de Piedecuesta.

⁴ Formulación de la unidad de ejecución 1- Macroproyecto de interés social Pienta. Piedecuesta, Santander. Área Metropolitana de Bucaramanga, pag 3.

⁵ Estudios ambientales Macroproyecto de Interés Social Nacional “Pienta”, pag 24.

⁶ Formulación de la unidad de ejecución 1 - Macroproyecto de interés social Pienta. Piedecuesta, Santander. Área Metropolitana de Bucaramanga, pag 9.

En la primera fase de ejecución del MISN Pienta se construirán 18.000⁷ viviendas, destinadas el 26% a Viviendas de Interés Prioritario (VIP), 27% a Viviendas de Interés Social (VIS) y el 47%⁸ restante a viviendas de estratos superiores.

Así mismo, como no estaba prevista la expansión urbana hacia el Sur del Área Metropolitana de Bucaramanga principalmente en el municipio de Piedecuesta, el sistema vial existente no tiene las dimensiones y características adecuadas para soportar eficientemente el transporte público y particular, no cuentan con áreas peatonales adecuadas ni ciclorutas y a esto se une que aún no cuentan con estudios definitivos que permitan evaluar y priorizar proyectos de infraestructura vial para mitigar el impacto que pueda producir el desarrollo de un proyecto de la

⁷ Estudio de Tráfico y Sistema de Movilidad, Macroproyecto de Interés Social Nacional Pienta Valle de Guatiguará, Piedecuesta Santander, pag 29.

⁸ Formulación de la unidad de ejecución 1 - Macroproyecto de interés social Pienta. Piedecuesta, Santander. Área Metropolitana de Bucaramanga, pag 6.

magnitud del Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional PIENTA.

Es claro que debido a la actual carencia de urbanización en el sector donde se construirá el MISN Pienta, no existe a la fecha una infraestructura vial con la capacidad para atender la demanda de viajes producida por el Macroproyecto, esencial para garantizar la movilidad y conectividad al sistema regional y nacional. Con base en esta necesidad se plantearon en el Plan Maestro de Movilidad 2011-2030 y en el Plan Básico de Ordenamiento territorial de Piedecuesta una serie de alternativas viales con perfiles acordes al funcionamiento esperado, diseñados para soportar todos los modos de transporte. Es por ello que se hace necesario verificar si los alineamientos planteados logran satisfacer las necesidades futuras de capacidad y nivel de servicio que exige el MISN Pienta.

1. CARACTERIZACIÓN DE LA OFERTA DE INFRAESTRUCTURA VIAL PARA EL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA

En su primera fase de ejecución el Macroproyecto de Vivienda Pienta generará 140.789⁹ viajes desde y hacia el proyecto; por esta razón se estableció la necesidad de plantear un esquema vial que tuviera la capacidad de atender esta demanda de transporte ofreciendo un nivel de servicio acorde a los resultados y recomendaciones del estudio de tráfico realizado por el Grupo de Investigación GEOMATICA entre los años 2009 y 2011.

Debido a que algunas de las vías de los planes viales aún no cuentan con estudios definitivos, su trazado y perfiles se estimaron con base en la cartografía del PMM y el PBOT de Piedecuesta, por ende no fueron dimensionadas para un desarrollo

⁹ Estudio de Tráfico y Sistema de Movilidad, Macroproyecto de Interés Social Nacional Pienta Valle de Guatiguará, Piedecuesta Santander, pag 30.

urbano de las características y escala del Macroproyecto.

En la infraestructura vial interna del Macroproyecto se identifican dos ejes principales de segundo orden: Anillo Interno, recorre de norte a sur el proyecto desde la Transversal de Guatiguará hacia el anillo central de Piedecuesta y que se espera cuente con un perfil de 33m, transporte público, ciclorutas, sirviendo de corredor alimentador del sistema integrado de transporte masivo; Par Vial Este, cruza de oriente a occidente la Unidad de Ejecución 1 conectando la Transversal de Guatiguará con el anillo central de Piedecuesta que a su vez cumplirá con las mismas características, especificaciones y diseños del Anillo Interno. Estos elementos se complementaran con el Par Vial Oeste, una vía de tercer orden con un perfil propuesto de 22 m, paralela al Par Vial Este; y las Vías de acceso a cada una de las manzanas y Edificaciones que se construirán en el Macroproyecto que permiten la circulación vehicular en ambos

sentidos, satisfaciendo así la demanda de transporte de la población.

Considerando que el 21%¹⁰ de los viajes que se generan corresponden a desplazamientos dentro del Macroproyecto, se plantea la construcción de 7.7 Km de ciclorutas incluyendo circulación peatonal y arborización, las cuales permitirán acceder a todas las unidades residenciales y elementos del espacio público.

Tabla 1. Jerarquía de la red vial del Macroproyecto.

Jerarquía vial	Nombre	Perfil
Malla vial metropolitana	Transversal de Guatiguará	PV-3 (44 m)
	Anillo Central de Piedecuesta	PV-3 (44 m)
Malla vial intermedia o zonal	Par vial Oeste	PV-5 (33 m)
	Anillo Interno	PV-5 (33 m)
	Par vial Este	PV-10 (22 m)

Fuente: Estudio de Tráfico y Sistema de Movilidad, Macroproyecto de Interés Social Nacional Pienta Valle de Guatiguará, Piedecuesta Santander, pag 66.

Figura 1. Asignación de perfiles.



Fuente: Estudio de Tráfico y Sistema de Movilidad, Macroproyecto de Interés Social Nacional Pienta Valle de Guatiguará, Piedecuesta Santander, pag 66.

¹⁰ Formulación de la unidad de ejecución 1 - Macroproyecto de interés social Pienta. Piedecuesta, Santander. Área Metropolitana de Bucaramanga, pag 22.

2. MODELO DE TRANSPORTE PARA EL MACROPROYECTO DE VIVIENDA PIENTA CON LA INFRAESTRUCTURA METROPOLITANA EXISTENTE

“Los modelos de transporte son representaciones matemáticas que simplifican el comportamiento de los sistemas de transporte, con el fin de mejorar la planeación y la toma de decisiones en este sector. En particular, el modelo de asignación de tráfico permite estimar la distribución del flujo vehicular en una red de transporte, previo conocimiento de la demanda y los costos de viaje en la red”.¹¹

El montaje del modelo de simulación de tráfico se realizó mediante el uso de una malla vial, la cual contaba con la información de la infraestructura vial existente, una zona de asignación de tráfico (ZAT) que dividía el Área Metropolitana de Bucaramanga en sectores para facilitar así su análisis y a su vez una matriz de la demanda

de viajes del Área Metropolitana de Bucaramanga incluyendo los generados por el Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional Pienta.

Figura 2. Malla vial y proyectos planteados en el PMM junto con la zona de asignación de tráfico del Área Metropolitana de Bucaramanga.



Fuente: Elaboración propia.

¹¹ ORTUZAR, J. DE D. y WILLUMSEN, L.G. (2001). Modelling Transport. John Willey&Sons LTD, West Sussex, Inglaterra, pag 2.

En el análisis del modelo de transporte se adoptó un algoritmo de asignación que incluyera las variables contempladas por el usuario de la red vial de transporte al momento de seleccionar sus rutas viaje, tales como tiempo de viaje, distancia recorrida y densidad del flujo vehicular; con base en lo anterior se optó por utilizar el algoritmo de asignación del Equilibrio Estocástico del Usuario, el cual tiene en cuenta el tiempo de recorrido, capacidad de la vía y los parámetros de ajuste alfa y beta.

Para el estudio del impacto en la infraestructura vial del AMB se plantea un modelo de transporte que permita relacionar las vías existentes y las alternativas propuestas por el Plan Maestro de Movilidad del área metropolitana de Bucaramanga (PMM) para la ejecución de la primera fase del Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional PIENTA, que se describen a continuación:

Autopista Floridablanca - Piedecuesta (Vía Nacional Bucaramanga - Bogotá):

Es la vía existente, de primer nivel, que conecta los municipios de Floridablanca y Piedecuesta. La vía cuenta con carriles mixtos ya que sobre ella corre el Sistema de Transporte Masivo Metrolínea que actualmente llega hasta la intersección de la autopista con la transversal Guatiguará y vehículos privados. Así mismo debido a su carácter de vía nacional es un corredor relevante para el transporte de carga y la economía de la región. Su perfil de diseño propuesto fue el tipo 1, de ancho mínimo de 64 m y longitud aproximada de 13 kilómetros; aunque en la actualidad este corredor no cumple con todas las especificaciones requeridas para este tipo de vía, como carriles paralelos, ciclorruta y andenes.

Circunvalar de Piedecuesta:

Vía metropolitana propuesta paralela al Rio de Oro, en sentido oriente-occidente que comunica al municipio

de Girón con Piedecuesta y que intercepta la Autopista Bucaramanga-Piedecuesta (Vía nacional de Bucaramanga-Bogotá), permitiendo unir directamente la puerta Norte con la sur del Área Metropolitana. Su función es generar un nuevo anillo vial más externo de carácter regional para el Área Metropolitana en su costado sur occidental. Los diseños iniciales parten de un perfil tipo 9 de 23 m y de longitud aproximada de 21 kilómetros.

Anillo vial Externo Metropolitano:

Vía Metropolitana de primer orden que comunica Girón con Piedecuesta, y que intercepta con la Autopista Bucaramanga-Piedecuesta o vía nacional de Bucaramanga-Bogotá. El perfil propuesto para esta vía es el tipo 2 de ancho mínimo 60 m, incluyendo carriles paralelos y ciclorutas, que posibilitara a largo plazo la inclusión del sistema de transporte público masivo consolidándose como eje de desarrollo de los Valles de Guatiguará, Palogordo y Llano

Grande. El trazado final de la vía aún se encuentra en estudios pero se espera que a mediano plazo y por su importancia en la movilidad del área metropolitana de Bucaramanga, cuente con por lo menos dos calzadas y dos carriles en ambos sentidos.

Transversal de Guatiguará:

La transversal de Guatiguará representa el eje principal de conexión del Macroproyecto Pienta con Piedecuesta y el área metropolitana. Es una vía de carácter Metropolitano de orden secundario; su trazado parte desde la Circunvalar de Mensulí, atravesando la Autopista de Bucaramanga-Piedecuesta hasta conectar con la Circunvalar de Guatiguará. Tiene una longitud aproximada de 4.9 kilómetros. En el Plan Maestro De Movilidad se propone un perfil vial tipo 3 (PV-3) de 44 m de longitud (más antejardines de 5 m a cada lado del perfil), con separador central, dos calzadas de dos carriles mixtos y un carril exclusivo para el sistema de

transporte masivo Metrolínea cada una, además contara con zonas verdes y ciclorruta. Este corredor se diseñó para soportar un flujo importante de tráfico, por eso se espera que el nivel de servicio de esta vía sea muy bueno para permitir satisfacer la demanda de transporte del Macroproyecto.

Circunvalar de Guatiquará:

Es una vía Metropolitana de categoría Secundaria que conecta la autopista Bucaramanga-Piedecuesta con la Circunvalar Palogordo-Piedecuesta. Tiene una longitud aproximada de 6.4 kilómetros, para su diseño se propone un perfil tipo 5 de 33 metros, con dos calzadas de tres carriles y la posibilidad de servir como corredor alimentador del sistema integrado de transporte masivo. Su trazado definitivo aún se encuentra en estudios.

Circunvalar de Mensulí:

Es una vía de carácter metropolitano, que se constituirá como alternativa vial a la Autopista Floridablanca -

Piedecuesta, lo que permitirá disminuir los niveles de congestión vehicular en esta importante arteria vial, desviando el tráfico proveniente de la vía Bogotá-Bucaramanga desde la entrada al municipio de Piedecuesta conectándose directamente con la Transversal Oriental en Floridablanca. El perfil propuesto para esta vía es el tipo 2 de 60 m de ancho, con dos calzadas centrales y dos calzadas paralelas, ciclorruta, zonas verdes, andenes y antejardines.

TNS (Troncal Norte – Sur):

La TNS será una arteria vial a Largo plazo que permitirá conectar de Norte a Sur el Área Metropolitana de Bucaramanga; en su trazado se incluirá al viaducto de la novena, que en la actualidad avanza en un 60% de su construcción. Para el estudio de la movilidad y transporte para el Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional PIENTA, se tendrá en cuenta los tramos 3 y 4 de esta vía entre Floridablanca y Piedecuesta, de una longitud aproximada de 13,5 kilómetros. El perfil propuesto por el

Plan Maestro De Movilidad es el tipo 3, de 43 metros de ancho más antejardines; el perfil de la vía incluye un carril exclusivo para el sistema de transporte masivo Metrolinea, ciclorruta y zonas verdes.

Transversal de Tablanca:

Es una vía de carácter metropolitano y su trazado se encargara de conectar la circunvalar de Mensulí con la circunvalar de Guatiguará, el perfil propuesto por el PMM, para esta vía será un perfil tipo 5 de 33[m] de ancho.

Para un mayor detalle de los perfiles viales ver anexo 1.

3. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN

Con el fin de identificar las alternativas viales que al ser ejecutadas ofrecerán las mejores condiciones de operación al desarrollo de este Macroproyecto de vivienda y a su vez permitirán mitigar el impacto negativo que pueda generarse en el área metropolitana

de Bucaramanga, se identificaron siete escenarios con base en las propuestas viales mencionadas en el capítulo anterior.

Estos escenarios se establecieron en base a la proximidad que estas vías tienen con el Macroproyecto y las conexiones entre ellas dando como resultado los siguientes escenarios:

Escenario 1

- ✓ Autopista Floridablanca-Piedecuesta [13,2 Km].

Escenario 2

- ✓ Autopista Floridablanca-Piedecuesta [13,2 Km] incluyendo al Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional PIENTA.

Escenario 3

- ✓ Transversal de Guatiguará [4,9 Km].
- ✓ Anillo vial externo metropolitano sector Tres Esquinas- Llano Grande [18,2 Km].

- ✓ Autopista Floridablanca-Piedecuesta [13,2 Km].

Escenario 4

- ✓ Circunvalar de Mensulí [13,1 Km]
- ✓ Transversal de Guatiguará [4,9 Km]
- ✓ Transversal de Tablanca [1,5 Km]
- ✓ Autopista Floridablanca-Piedecuesta [13,2 Km]

Escenario 5

- ✓ Circunvalar de Guatiguará [6,4 Km]
- ✓ TNS (tramo 4 Circunvalar de Guatiguará-anillo vial central de Piedecuesta) [3,6 Km]
- ✓ Autopista Floridablanca-Piedecuesta [13,2 Km]

Escenario 6

- ✓ TNS (tramo 4 Circunvalar de Guatiguará-anillo vial central de Piedecuesta) [3,6 Km]
- ✓ TNS (tramo 3 anillo vial-circunvalar de Guatiguará) [9,9 Km]

- ✓ Autopista Floridablanca-Piedecuesta [13,2 Km]

Escenario 7

- ✓ Circunvalar de Mensulí [13,1 Km]
- ✓ Transversal de Guatiguará [4,9 Km]
- ✓ Transversal de Tablanca [1,5 Km]
- ✓ Anillo vial externo metropolitano sector Tres Esquinas- Llano Grande [18,2 Km]
- ✓ TNS (tramo 4 Circunvalar de Guatiguará-anillo vial central de Piedecuesta) [3,6 Km]
- ✓ TNS (tramo 3 anillo vial-circunvalar de Guatiguará) [9,9 Km]
- ✓ Autopista Floridablanca-Piedecuesta [13,2 Km]

4. RESULTADOS

Para el análisis de los resultados obtenidos en el modelo de asignación de tráfico se tuvieron en cuenta algunos puntos críticos de movilidad en la infraestructura vial existente como puntos de control, con el fin de

comparar la variación de flujo vehicular en cada uno de los escenarios, en la siguiente tabla se presentan dichos puntos:

Tabla 2. Puntos de control.

PUNTO DE CONTROL	CONECTIVIDAD
Viaducto La Flora	Norte-Sur
Puente de Provenza	Oeste-Este
Carrera 9	Norte-Sur
Calle 45	Oeste-Este
Viaducto García	Norte-Sur
Cadena	Norte-Sur
Puente El Palenque	Oeste-Este
Puente La Rioja	Oeste-Este

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para los indicadores de tráfico en cada uno de los escenarios simulados, presentaron pequeñas variaciones en relación a las condiciones actuales de la malla vial incluyendo el Macroproyecto Pienta, teniendo como resultado para el escenario 2 un VTT= 1,08E+15, VDT= 1,32E+06, para el escenario 3 el VTT= 1,02E+15 y VDT= 1,49E+06, siendo este el de

mayor variación, para una información más detallada dirigirse al Anexo 2.

Observando los datos obtenidos de los flujos vehiculares en cada uno de los puntos de control en los sectores más críticos de movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga como lo es el viaducto García Cadena, en el escenario 2 se obtuvo un valor de 5613,42 vehículos y para el escenario 3 se obtuvieron 5397,37 vehículos, lo cual no demuestra una gran disminución en relación a la magnitud de viajes generados por el funcionamiento del Macroproyecto Pienta. En el Anexo 3 se puede encontrar una información más completa.

De acuerdo a los resultados arrojados se realizó una priorización de los proyectos planteados por el Plan Maestro de Movilidad, mostrados a continuación:

Tabla 3. Orden de proyectos a ejecutar.

1	Transversal de Guatiguará
2	TNS Tramo 4

3	Anillo vial externo metropolitano
4	Circunvalar de Mensulí
5	Circunvalar de Guatiguará
6	TNS Tramo 3
7	Transversal de Tablanca

Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas donde se muestra la asignación de flujo para cada uno de los escenarios se presentan en el Anexo 4.

5. CONCLUSIONES

Al finalizar esta investigación se logró medir el impacto de los viajes generados sobre la infraestructura vial existente así como en los futuros proyectos viales que se tienen planteados construir por el Plan Maestro de Movilidad en los próximos años a partir de la utilización de un modelo de transporte para el Área Metropolitana de Bucaramanga con la implementación del Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional Pienta en el Valle de Guatiguará, municipio de Piedecuesta. De igual

forma esta investigación se establece como una herramienta de gran utilidad en la planeación y mejoramiento del transporte en el Área Metropolitana de Bucaramanga ya que da una idea a las entidades públicas sobre cuáles son los proyectos de mayor prioridad que deben ser ejecutados.

Para un funcionamiento óptimo del Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional Pienta el municipio deberá garantizar la conectividad mediante la ejecución de los dos corredores viales principales como los son la Transversal de Guatiguará y el Anillo Central de Piedecuesta (TNS Tramo 4), cumpliendo con los perfiles viales y trazados de diseño planteados en el Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Los estudios realizados por la Universidad Industrial de Santander basados en conteos realizados entre los años 2009 y 2011 fueron de gran ayuda a la hora de caracterizar la oferta y la demanda del sistema de transporte para el modelo de

asignación de tráfico. Es por esto que la veracidad y calidad de los resultados obtenidos están altamente ligados a la información existente de los sectores en estudio. Cabe señalar la importancia de la fidelidad y periodicidad con la que se debe realizar estos conteos y toma de información para obtener así un mayor y mejor conocimiento del transporte en la región.

Con los resultados obtenidos de cada uno de los escenarios planteados, se observó que al ejecutar los proyectos de infraestructura vial en materia de niveles de congestión vehicular, tiempos de recorrido y distancia recorrida, no se presentó una disminución importante en los puntos más críticos de movilidad en la malla vial del Área Metropolitana de Bucaramanga, debido a que no se están desarrollando proyectos complementarios que aumenten la capacidad vehicular de los principales corredores viales existentes que puedan ser receptores del parque automotor que se generará por el funcionamiento del Macroproyecto de

Vivienda de Interés Social Nacional Pienta.

Teniendo en cuenta la matriz de demanda que contiene los orígenes y destinos de todos los viajes generados en el Área Metropolitana de Bucaramanga y en el Macroproyecto, se observa que los patrones de viaje en la mayoría de ellos tienen como destino la ciudad de Bucaramanga por ser el núcleo central de toda actividad económica, política y social de la región, por lo cual la situación actual de movilidad se mantiene sobre los principales corredores viales que conectan el sur con el norte del Área Metropolitana de Bucaramanga ya que continúan sin tener ningún cambio en materia de aumento de la capacidad vehicular ni mejora en el tipo de intersecciones. Realizando una comparación detallada de los puntos de control dentro de la malla vial metropolitana especialmente en el municipio de Floridablanca se pudo analizar que el escenario 7 que incluye la circunvalar de Mensulí y demás proyectos planteados por el PMM, provocan una

recarga vehicular sobre la autopista Floridablanca - Bucaramanga, generando así un mayor flujo sobre el viaducto García Cadena y el viaducto la Flora, debido que al llegar al municipio de Floridablanca los vehículos no cuentan con otras alternativas viales para continuar con su recorrido y llegar a su destino final que es Bucaramanga, por lo que están obligados a pasar necesariamente por estos dos tramos críticos, mientras que el escenario 3, al no tener la circunvalar de Mensulí como opción de ruta para los vehículos que se dirigen hacia Bucaramanga, el flujo se desvía por el anillo vial externo metropolitano lo cual se ve reflejado en una disminución de densidad de flujo vehicular en puntos críticos como el viaducto García Cadena y el viaducto la Flora.

Basados en la información brindada por los indicadores de tráfico VTT, VDT (indicador de tráfico tiempo de viaje e indicador de tráfico de distancia recorrida) y el flujo total, se concluyó que el escenario que

produce el menor impacto en la infraestructura vial y el mejor comportamiento en cuanto a tiempos de viaje, niveles de congestión y servicio es el escenario 3 que muestra una decremento en el VTT de 5.35%, aunque la distancia recorrida por el usuario se incrementara en 12,26% respecto al escenario base con el Macroproyecto PIENTA (Escenario 2), provocando que el flujo en puntos críticos de la malla vial actual del Área Metropolitana de Bucaramanga tales como el viaducto García Cadena pasara de tener un flujo de 5613,42 a 5397,37 vehículos con una reducción de 3,85%.

Por otro lado en el escenario 7 que comprende todos los proyectos que inciden directamente sobre el Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional Pienta, no se obtuvieron los indicadores de tiempo y distancia recorrida más favorables, ni presento una variación relevante en el flujo vehicular en los puntos de control, lo cual nos permite afirmar que no siempre la ejecución de un

mayor número de proyectos viales serán la mejor solución a los problemas de movilidad.

Como conclusión final de este proyecto de investigación y según los corredores viales planteados ejecutar por el Plan Maestro de Movilidad, las primeras inversiones en infraestructura vial se deben realizar en la Transversal de Guatiguará y el Anillo vial externo metropolitano, que cuentan con las mejores características de diseño tales como los perfiles, velocidad de diseño, y trazado; pues lograrán que la demanda de transporte generada a raíz de la consolidación del Macroproyecto de Vivienda de Interés Social Nacional Pienta presente un mejor comportamiento en el flujo vehicular.

6. RECOMENDACIONES

Para próximas investigaciones en el área se recomienda tener información actualizada y más detallada de la red vial, parque automotor y modos de transporte, con el fin de llegar a caracterizar de forma integral el

transporte en la región. Asimismo para el análisis de futuros proyectos es importante resaltar el uso de diferentes herramientas de modelación de transporte para obtener así resultados más cercanos a la realidad y predecir con mayor certeza su comportamiento.

BIBLIOGRAFÍA

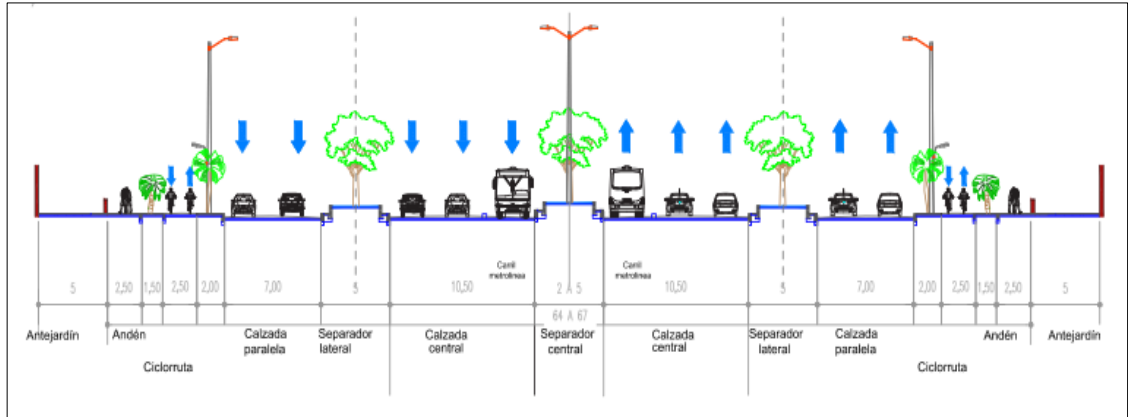
- [1] ACEVEDO, J. y otros. (2009). El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040. Universidad de los Andes, Bogotá.
- [2] Alcaldía de Bucaramanga- Plan de ordenamiento territorial de Bucaramanga (2008), Bucaramanga, Colombia.
- [3] Alcaldía de Bucaramanga - Universidad Industrial de Santander. (2011). Inventario vial de Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia.
- [4] Alcaldía de Bucaramanga - Universidad Industrial de Santander. (2011). Plan

- maestro de movilidad, Bucaramanga 2010 – 2030. Bucaramanga, Colombia.
- [5] Área Metropolitana de Bucaramanga – Fonade. (2000). Plan de desarrollo metropolitano, Bucaramanga, Colombia.
- [6] De Cea, J. and Fernandez, J.E. Transit Assignment Models, The State of the Art. HANDBOOK IN TRANSPORT, D.A. Hensher, and K.J Button. Ed. Pergamon Press, Oxford. 2000.
- [7] Fehr & Peers Transportation Consultants. (2010). Medicinio country travel demand model, user's guide.
- [8] MACROPROYECTO CIUDADELA DEL VALLE, Estudio de tráfico y sistema de movilidad. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Grupo ODINSA S.A.
- [9] METODOLOGÍA PARA PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS VIALES A ESCALA LOCAL APLICADA A LA IX REGION DE ARAUCANIA. Javier Cárdenas-Josefina, Universidad de Santiago de Chile.
- [10] ORTUZAR, J. DE D. y WILLUMSEN, L.G. (2001). Modelling Transport. John Willey&Sons LTD, West Sussex, Inglaterra.
- [11] Transportation Research Board. (2000). Highway Capacity Manual. National Research Council. Washington D.C., Estados Unidos de América.
- Via Internet:
- [1] Nptel, Traffic assignment models. [En línea]. [S.F.] Disponible en: http://www.sectra.cl/Indicadores_de_Movilidad/indicadores_movilidad.html.(Citado el 19/11/12).

ANEXOS

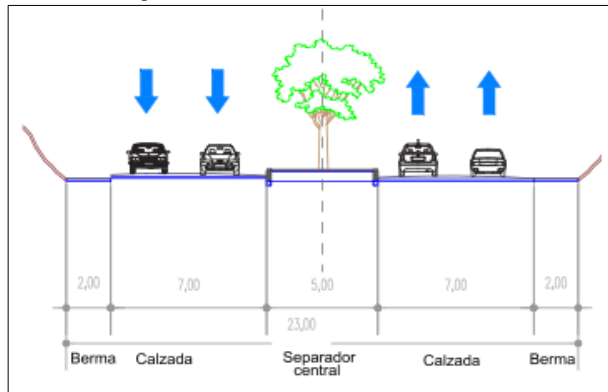
Anexo 1. Perfiles viales.

Perfil tipo 1



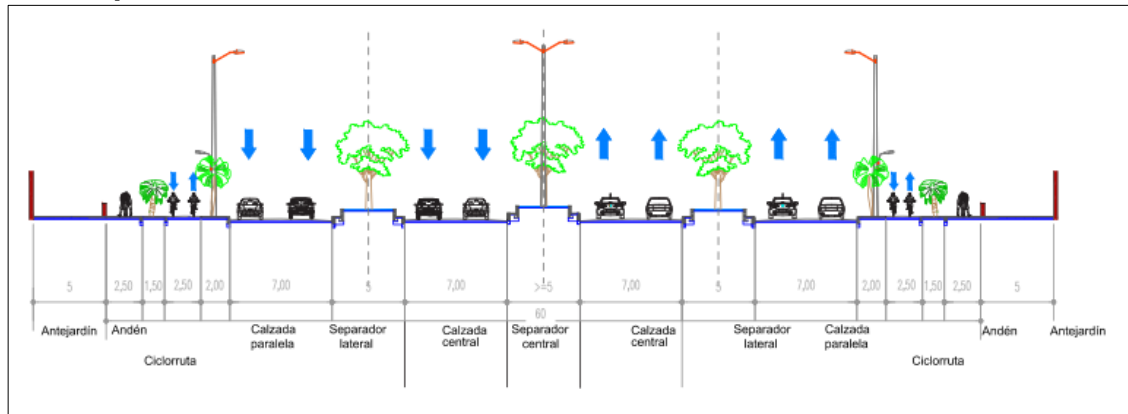
Fuente: Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030, pag 54.

Perfil tipo 9



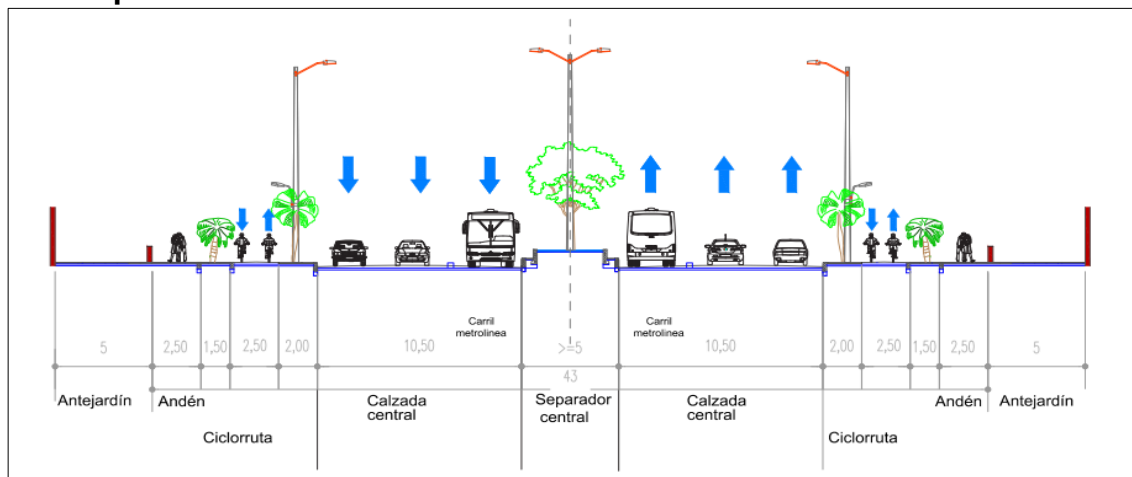
Fuente: PMM AMB 2011-2030, pag 62.

Perfil tipo 2



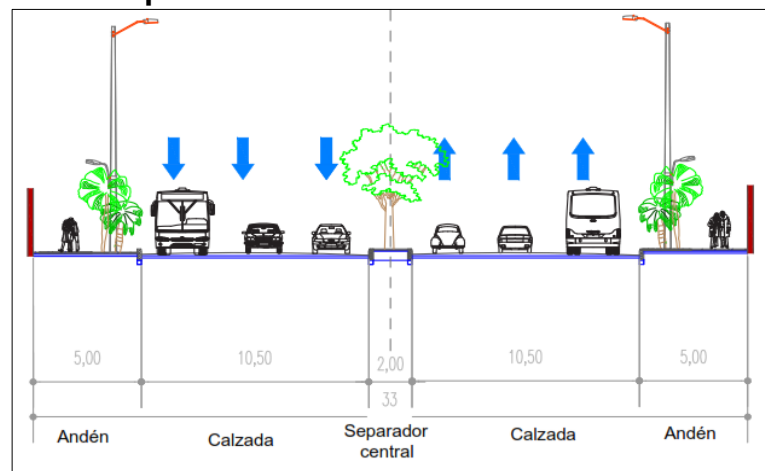
Fuente: PMM AMB 2011-2030, pag 55.

Perfil tipo 3



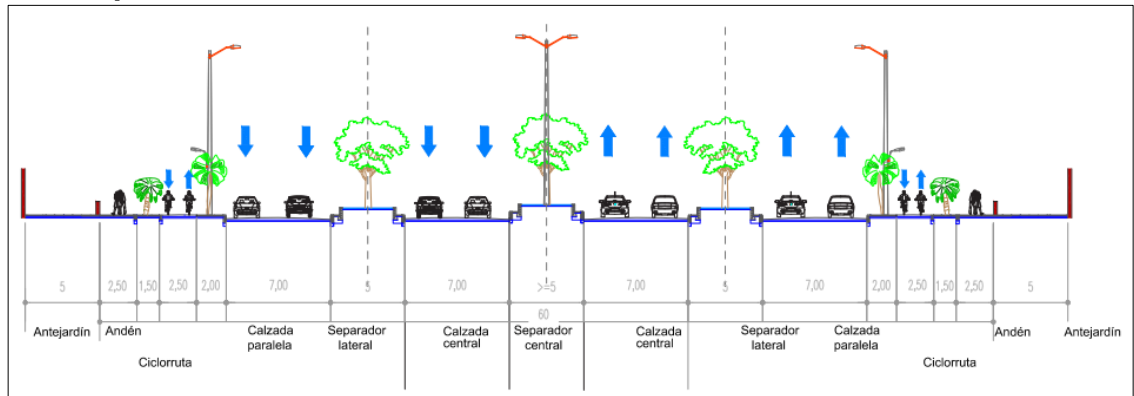
Fuente: PMM AMB 2011-2030, pag 56.

Perfil tipo 5



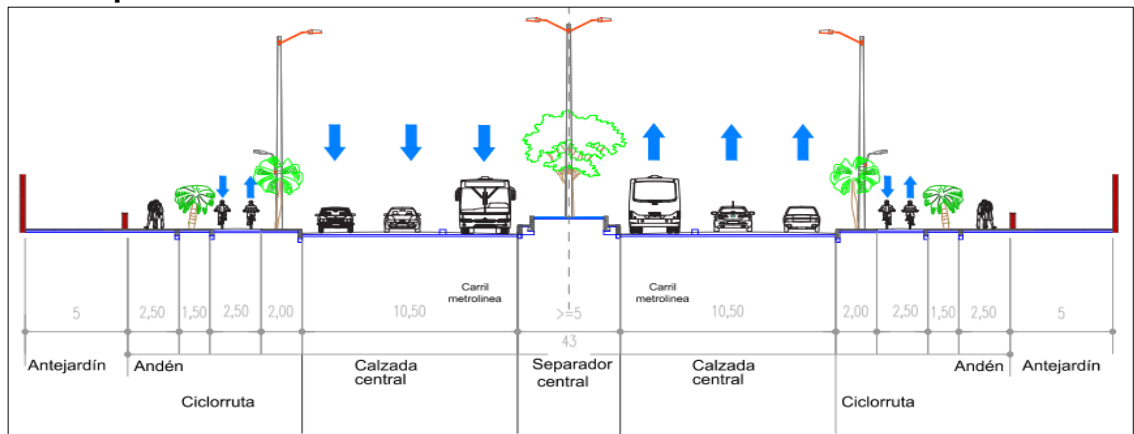
Fuente: PMM AMB 2011-2030, pag 58.

Perfil tipo 2



Fuente: PMM AMB 2011-2030, pag 55.

Perfil tipo 3



Fuente: PMM AMB 2011-2030, pag 56.

Anexo 2. Indicadores agregados de tráfico.

ESCENARIO	MODO DE TRANSPORTE	VTT	%VTT	VDT	%VDT	RMSE	%RMSE
BASE SIN MISN PIENTA	Privado	3,74E+05	-	1,56E+05	-	13,3	18,24
BASE CON MISN PIENTA	Privado	1,08E+15	-	1,32E+06	-	25,07	3,8
3	Privado	1,02E+15	↓ 5,35	1,49E+06	↑ -12,26	25,99	3,75
4	Privado	1,07E+15	↓ 1,25	1,41E+06	↑ -6,72	22,99	3,34
5	Privado	1,08E+15	↓ 0,33	1,31E+06	↓ 1,12	21,84	3,38
6	Privado	1,08E+15	↑ -0,01	1,37E+06	↑ -3,54	24,28	3,66
7	Privado	1,05E+15	↓ 2,79	1,52E+06	↑ -14,57	28,56	4,17

Fuente: Elaboración propia.

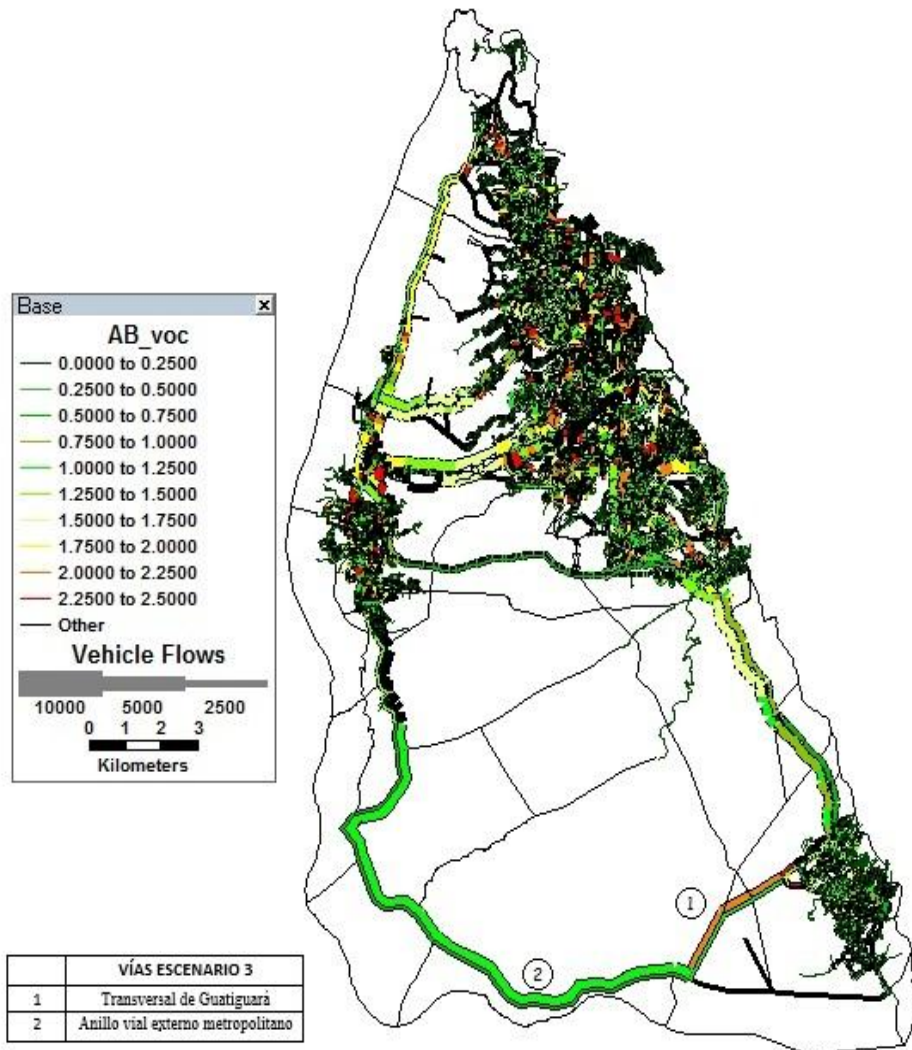
Anexo 3. Flujo vehicular en los puntos de control.

ESCENARIO	PUNTO DE CONTROL	CONECTIVIDAD	FLUJO VEHICULAR (veh/h)	% REDUCCION
			Privado	Privado
BASE SIN MISN PIENTA	Viaducto La Flora	Norte-Sur	2015	-
	Puente de Provenza	Oeste-Este	1868	-
	Carrera 9	Norte-Sur	385	-
	Calle 45	Oeste-Este	792	-
	Viaducto García Cadena	Norte-Sur	2840	-
	Puente El Palenque	Oeste-Este	519	-
	Puente La Rioja	Oeste-Este	188	-
BASE CON MISN PIENTA	Viaducto La Flora	Norte-Sur	4986,89	↑ -147,49
	Puente de Provenza	Oeste-Este	1811,74	↓ 3,01
	Carrera 9	Norte-Sur	386,84	↑ -0,48
	Calle 45	Oeste-Este	302,05	↓ 61,86
	Viaducto García Cadena	Norte-Sur	5613,42	↑ -97,66
	Puente El Palenque	Oeste-Este	2718,37	↑ -423,77
	Puente La Rioja	Oeste-Este	480,53	↑ -155,60
3	Viaducto La Flora	Norte-Sur	5000,68	↑ -0,28
	Puente de Provenza	Oeste-Este	2000,68	↑ -10,43
	Carrera 9	Norte-Sur	464,79	↑ -20,15
	Calle 45	Oeste-Este	240,26	↓ 20,46
	Viaducto García Cadena	Norte-Sur	5397,37	↓ 3,85
	Puente El Palenque	Oeste-Este	2641,37	↓ 2,83
	Puente La Rioja	Oeste-Este	1150,68	↑ -139,46
4	Viaducto La Flora	Norte-Sur	5051,21	↑ -1,29
	Puente de Provenza	Oeste-Este	1337,58	↓ 26,17
	Carrera 9	Norte-Sur	459,42	↑ -18,76
	Calle 45	Oeste-Este	320,74	↑ -6,19
	Viaducto García Cadena	Norte-Sur	5637,21	↑ -0,42
	Puente El Palenque	Oeste-Este	2680,32	↓ 1,40
	Puente La Rioja	Oeste-Este	1637,47	↑ -240,77
5	Viaducto La Flora	Norte-Sur	5023,47	↑ -0,73
	Puente de Provenza	Oeste-Este	1827,63	↑ -0,88
	Carrera 9	Norte-Sur	435,89	↑ -12,68
	Calle 45	Oeste-Este	194,63	↓ 35,56
	Viaducto García Cadena	Norte-Sur	5736,16	↑ -2,19
	Puente El Palenque	Oeste-Este	2661,63	↓ 2,09
	Puente La Rioja	Oeste-Este	437,89	↓ 8,87
6	Viaducto La Flora	Norte-Sur	4943,16	↓ 0,88
	Puente de Provenza	Oeste-Este	2046,53	↑ -12,96
	Carrera 9	Norte-Sur	409,47	↑ -5,85
	Calle 45	Oeste-Este	342,53	↑ -13,40
	Viaducto García Cadena	Norte-Sur	5662,53	↑ -0,87
	Puente El Palenque	Oeste-Este	3631,21	↑ -33,58
	Puente La Rioja	Oeste-Este	550,89	↑ -14,64
7	Viaducto La Flora	Norte-Sur	5026,21	↑ -0,79
	Puente de Provenza	Oeste-Este	2230,00	↑ -23,09
	Carrera 9	Norte-Sur	377,00	↓ 2,54
	Calle 45	Oeste-Este	281,58	↓ 6,78
	Viaducto García Cadena	Norte-Sur	5855,21	↑ -4,31
	Puente El Palenque	Oeste-Este	3330,21	↑ -22,51
	Puente La Rioja	Oeste-Este	1135,89	↑ -136,39

Fuente: Elaboración propia.

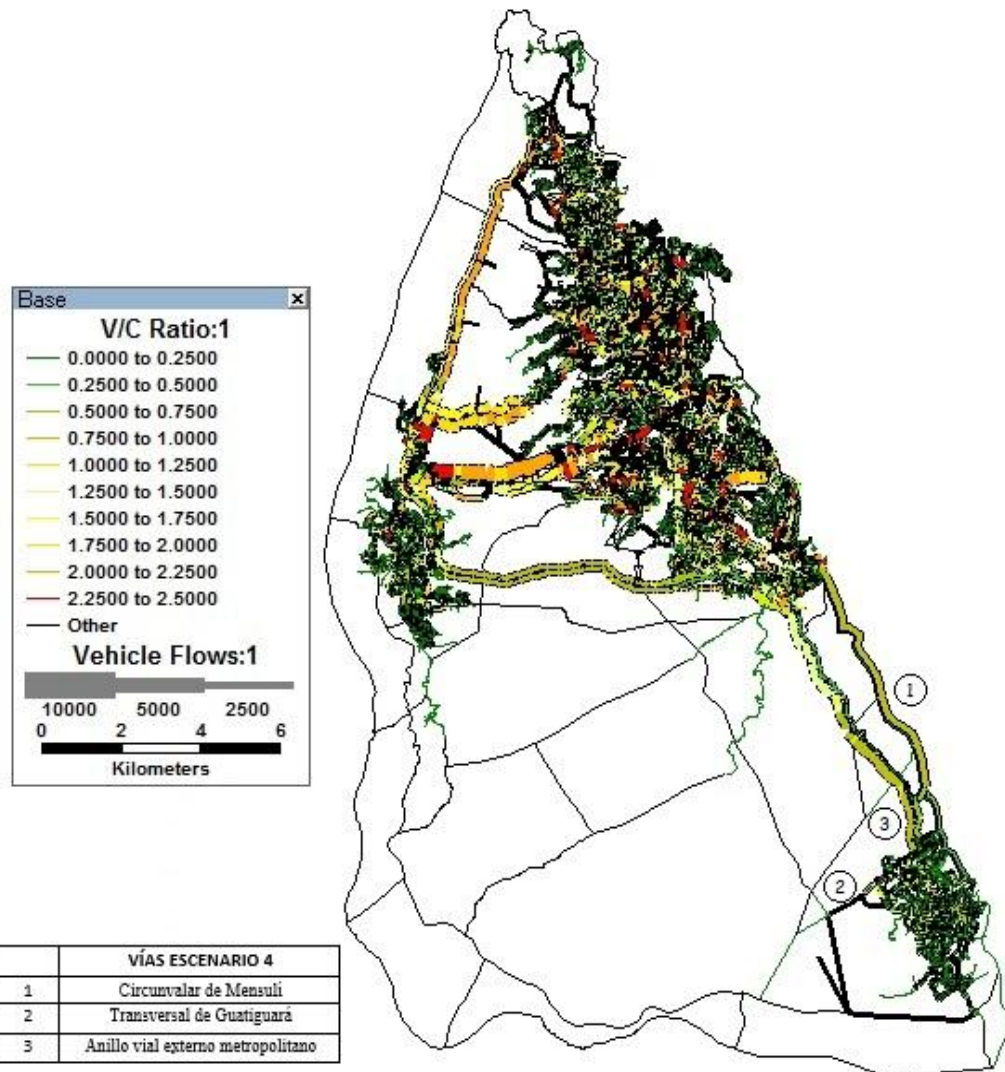
Anexo 4. Vista de la asignación de tráfico en cada uno de los escenarios planteados.

Escenario 3.



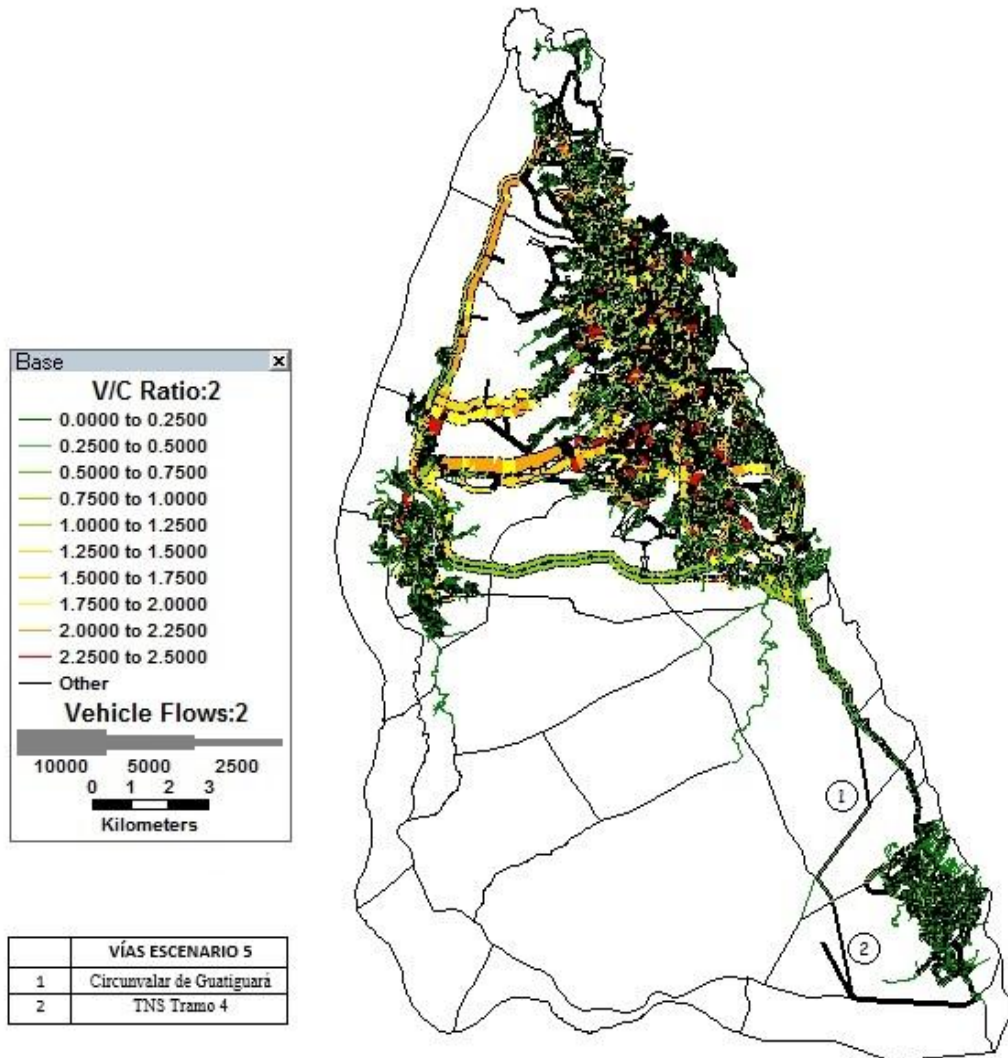
Fuente: Elaboración propia.

Escenario 4.



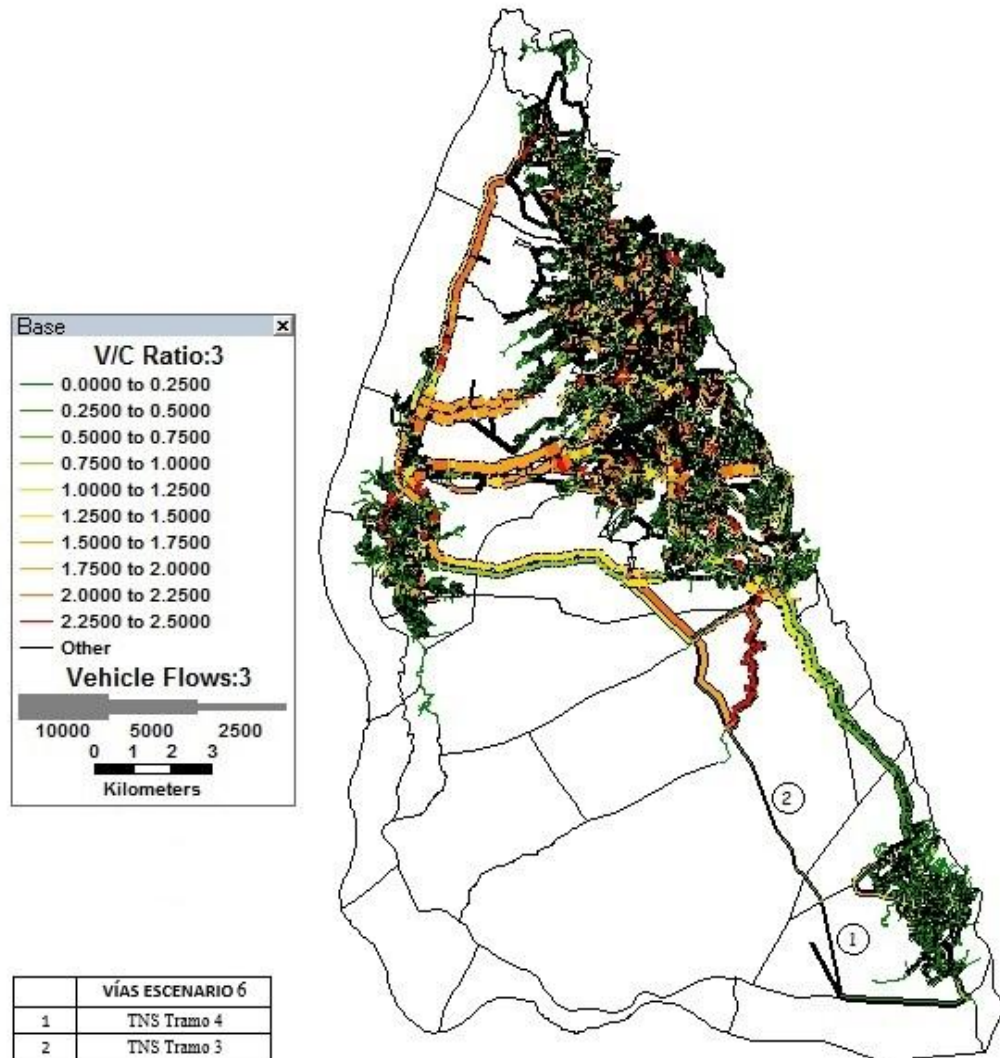
Fuente: Elaboración propia.

Escenario 5.



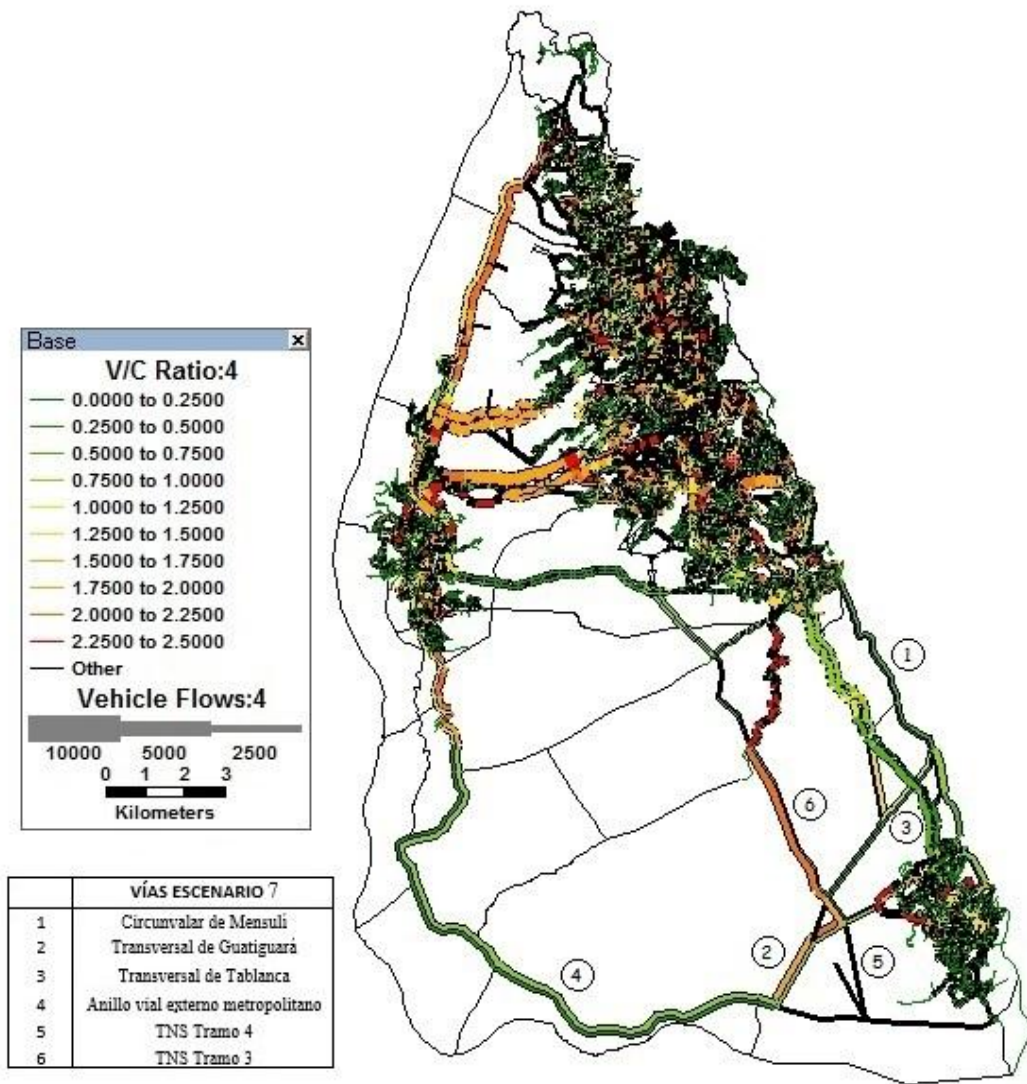
Fuente: Elaboración propia.

Escenario 6.



Fuente: Elaboración propia.

Escenario 7.



Fuente: Elaboración propia.