

**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO EN LA MOVILIDAD VEHICULAR DEL ÁREA
METROPOLITANA DE BUCARAMANGA POR LA ENTRADA EN USO DE LA
TRONCAL METROPOLITANA NORTE-SUR.**

**ALEYDI BIBIANA HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ
DIANA PATRICIA PINTO PINTO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO EN LA MOVILIDAD VEHICULAR DEL ÁREA
METROPOLITANA DE BUCARAMANGA POR LA ENTRADA EN USO DE LA
TRONCAL METROPOLITANA NORTE-SUR.**

**ALEYDI BIBIANA HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ
DIANA PATRICIA PINTO PINTO**

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil

**Director
YERLY FABIÁN MARTÍNEZ ESTUPIÑAN
Ingeniero Civil. Ms.C**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino y fortalecerlo de amor, vida y bendiciones para poder cumplir mis metas y sueños.

A mis padres Manuel A. Hernández y Rosalba Fernández, por brindarme todo su amor, comprensión y apoyo incondicional, por creer en mí y aconsejarme con su admirable sabiduría. Espero que este triunfo sea el principio de muchas alegrías que les quiero regalar.

A toda mi familia, por ser un pilar en mi vida.

A mi compañera de trabajo de grado Diana Pinto por su compromiso, comprensión y responsabilidad en todo momento.

A todos mis amigos por su generosa amistad, por el tiempo compartido y los gratos momentos vividos.

A la Universidad Industrial de Santander y a la escuela de Ingeniería Civil por su formación íntegra y profesional.

Bíbiana Hernández.

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por haberme dado la vida, haberme bendecido con una familia como la que me dio, por guiarme por el camino correcto para lograr cumplir mis metas.

A mi madre Mariela Pinto Hernández: Por tu apoyo incondicional, por cada voz de aliento y motivación que me brindas cada día, por tu paciencia, tu entrega, tu dedicación, por el infinito amor que me brindas cada día, y por no dejarme caer en los momentos críticos, eres el motor de mi vida y sin ti mami no hubiera sido posible lograr mis sueños.

A mi padre Jose Pinto Gualdron: Por tu apoyo, tus enseñanzas, tus correcciones, tus palabras de motivación, por guiarme por el buen camino, por tu infinito amor de padre, y por no dejarme caer en los momentos críticos, papi sin tu ayuda llegar aquí hubiese sido muy difícil.

A mi novio Jorge Alirio Figueroa Ardila: por tu apoyo, tu paciencia, tu bondad, tu humildad, y tu infinito amor, amor gracias por ayudarme a levantar de cada caída, por estar en cada momento de angustia y estrés, por recordarme cada día quien soy y cuáles son mis ideales y por estar hay siempre.

A mis dos hermanos: por ser mi fuente de alegría y motivación cada día, para continuar luchando por mis metas, gracias por estar hay siempre.

A mi compañera de proyecto: Bibiana Hernández, por tu esfuerzo y dedicación para lograr este gran logro.

A mis amigos y compañeros: con quienes compartir miles de momentos inolvidables, de risas y chistes, de estrés, gracias por haberme tenido tanta paciencia y comprenderme.

A la universidad Industrial de Santander y en especial a la facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, por abrirme sus puertas del conocimiento para mi aprendizaje.

Solo me queda por decir mil y mil gracias a todos, los quiero y aprecio mucho.

Diana Patricia Pinto Pinto

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo, en especial a:

Ms. C. Yerly Fabián Martínez E., Ingeniero Civil, director del proyecto, por su gran colaboración, orientación y dedicación durante todo este tiempo.

El Grupo de Investigación GEOMÁTICA, Gestión y optimización de sistemas, UIS.

A la escuela de Ingeniería Civil (UIS) y a toda su planta de profesores por su formación ética y profesional.

A la Universidad Industrial de Santander, por abrir sus puertas para formarnos como profesionales íntegros.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. SITUACIÓN ACTUAL DEL TRÁFICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.	17
1.1 PRINCIPALES CAUSAS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR	19
1.2 IMPACTOS NEGATIVOS QUE GENERA LA MOVILIDAD EN LA CIUDAD	19
1.3 ESTRATEGIAS PARA SOLUCIONAR LA MOVILIDAD VEHICULAR	20
2. TRONCAL METROPOLITANA NORTE-SUR.	22
2.1 IMPACTO EN LAS VÍAS ALEDAÑAS A LA TRONCAL METROPOLITANA N-S	23
3. MODELO DE ASIGNACIÓN DEL TRÁFICO	25
3.1 MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO	28
3.2 PROCEDIMIENTO REALIZADO EN TransCAD	28
3.3 PUNTOS DE CONTROL	29

3.4 INDICADORES DEL TRÁFICO	30
3.5 GRADO DE EFECTIVIDAD	30
4. RESULTADOS	31
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
5. CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	42

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evolución de los viajes motorizados 2005-2025.	18
Figura 2. Troncal Metropolitana N-S, Área Metropolitana de Bucaramanga	24
Figura 3. Localización puntos de control	30

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Puntos de control	29
Tabla 2. Indicadores agregados del tráfico.	34
Tabla 3. Flujo vehicular y tiempo de viaje en las vías principales del AMB	35

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. NIVEL DE CONGESTIÓN SIN EL FUNCIONAMIENTO DE LA TRONCAL METROPOLITA N-S (2025).	42
ANEXO B. NIVEL DE CONGESTIÓN CON EL FUNCIONAMIENTO DE LA TRONCAL METROPOLITA N-S (2025).	43
ANEXO C. MODELADO SIN TRONCAL NS	44
ANEXO D. MODELADO TRONCAL NS	45
ANEXO E. RESULTADOS SIN TRONCAL N-S	46
ANEXO F. RESULTADOS TRONCAL N-S	47

RESUMEN

TITULO: DETERMINACIÓN DEL IMPACTO EN LA MOVILIDAD VEHICULAR DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA POR LA ENTRADA EN USO DE LA TRONCAL METROPOLITANA NORTE-SUR^{*}

AUTORES: ALEYDI BIBIANA HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ
DIANA PATRICIA PINTO PINTO^{**}

PALABRAS CLAVE: Flujo vehicular, Malla vial, Puntos de control, Movilidad, TransCAD.

El incremento acelerado del parque automotor en el área metropolitana de Bucaramanga, ha generado múltiples problemáticas en la movilidad, altos costos operacionales, aumento del tiempo de viaje y deterioro en la infraestructura vial. Por tal motivo, el presente artículo pretende determinar el impacto que causará la eventual puesta en funcionamiento de la Troncal Metropolitana Norte-Sur y analizar cómo será la redistribución del flujo vehicular que circula por las principales vías del AMB. Para ello, se realizó la estimación del flujo vehicular que transitará por este eje vial, con base en información secundaria y utilizando herramientas de modelación en transporte como lo es, el software TransCAD, con el fin de establecer la afectación de la Troncal N-S sobre las vías aledañas. Esto se logró utilizando el método de Equilibrio Estocástico del Usuario (SUE), que permitió calcular los indicadores agregados del tráfico en siete puntos de control establecidos y por consiguiente determinar el grado de efectividad alcanzado en cada uno de ellos. Según los resultados obtenidos, es posible afirmar que la implementación de la troncal N-S en la red vial de la ciudad, reduce algunos problemas de movilidad; disminuyendo el tiempo de desplazamiento, la distancia recorrida y redistribuyendo el flujo vehicular en las diferentes rutas.

^{*} Proyecto de grado

^{**} Facultad de Ingenierías fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Yerly Fabián Martínez Estupiñán

ABSTRACT

TITLE: DETERMINATION OF IMPACT ON VEHICULAR MOBILITY BUCARAMANGA METROPOLITAN AREA BY USING THE ENTRY INTO NORTH-SOUTH METROPOLITAN CORE *

AUTHORS: ALEYDI BIBIANA HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ
DIANA PATRICIA PINTO PINTO **

KEYWORDS: Vehicular flow, Street network, Control points, Mobility, TransCAD.

The accelerated growth of the quantity of vehicles in the Metropolitan area of Bucaramanga has generated various mobility problems, high operational costs, longer trip times and deterioration of the roads infrastructure. Hence, the present article pretends to determinate in impact caused by the eventual implementation of the North-South trunk route and to analyze how will be de redistribution of the vehicular flow that circulates through the principal road of the AMB. That so, it is done the estimation of the vehicular flow that will move through this corridor, based on secondary information and using transport modeling tools, such as the software Trans CAD; with the main purpose of establishing the affectation of the N-S road on the nearby roads. This was made using the Stochastic User Equilibrium (SUE) Method, which allowed to calculate the aggregated indicators of the traffic in seven established control points and consequently to determinate the grade of effectiveness reached by each one of the points. According to the gotten results, it is possible to affirm that the implementation of the N - S road reduces some mobility problems of the city; making shorter the trip times, the overall distance and distributing the vehicular flow on different routes.

* Project of grade

** Fisicomecancias Faculty of Engineering. School of Civil Engineering. Director Yerly Fabián Martínez Estupiñan

INTRODUCCIÓN

El crecimiento del área Metropolitana de Bucaramanga impulsa el desarrollo económico, social e innovador de la región, pero a su vez trae impactos negativos especialmente en la movilidad debido al aumento descontrolado del parque automotor, deterioro de la malla vial, invasión del espacio público, incremento del tiempo de viaje y en general congestión vehicular. Situación que se refleja en el aumento de vehículos, de acuerdo con los datos de la dirección de tránsito de Bucaramanga para el año 2015 por las vías del área metropolitana circulan 551.888 vehículos de los cuales 135.395 son carros y 310.487 motos. Cifras que junto al déficit de la malla vial, la descoordinación y la escasa planeación por parte de las autoridades de transporte, generan las principales causas de la ineficiente movilidad.

Debido a las múltiples problemáticas que genera el caos vehicular en la ciudad de Bucaramanga se presentó una propuesta en el año 2001 que buscaba mejorar y dar solución a los diferentes problemas que traería el crecimiento de la población y por ende del parque automotor en el área metropolitana de Bucaramanga.

Dicho proyecto que se presentó como alternativa es la Troncal Norte – Sur que “comprende la Carrera 15 con Boulevard Santander, continúa hacia el occidente por la Calle 23 hasta la Carrera 10 y por esta hasta el intercambiador de conexión con la Avenida Quebrada Seca y la Carrera 9. Se extiende hacia el sur por la Carrera 9 hasta la Calle 45, punto en el cual se proyecta una intersección a desnivel, y luego por el Viaducto de la Carrera 9 hacia el Barrio Balconcitos donde se encuentra otra intersección a desnivel para conectar a la carrera 2W del Barrio Mutis. Esta última se conecta con la Transversal Central Metropolitana (Ciudad Bolívar), hasta enlazar por medio de un intercambiador la Meseta de

Bucaramanga con la Mesa de Malpaso en la Intersección de la Calle 105 con la redoma de Colegio INEM. Posteriormente toma la ruta paralela a la cañada La Chiquita, se une a la proyectada Transversal del Bosque por medio de una rotonda hasta terminar en el Anillo Vial Floridablanca – Palenque, con una longitud total aproximada de 8 km, permitiendo de esta forma ofrecer una alternativa adicional a la actual autopista Bucaramanga – Floridablanca para la comunicación Norte – Sur y viceversa”¹.

¹ CONSORCIO DISEÑOS VIALES URBANOS. Estudios y diseños definitivos de la Troncal Metropolitana de Bucaramanga, Informe Ejecutivo, 2008, p. 2.

1. SITUACIÓN ACTUAL DEL TRÁFICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA.

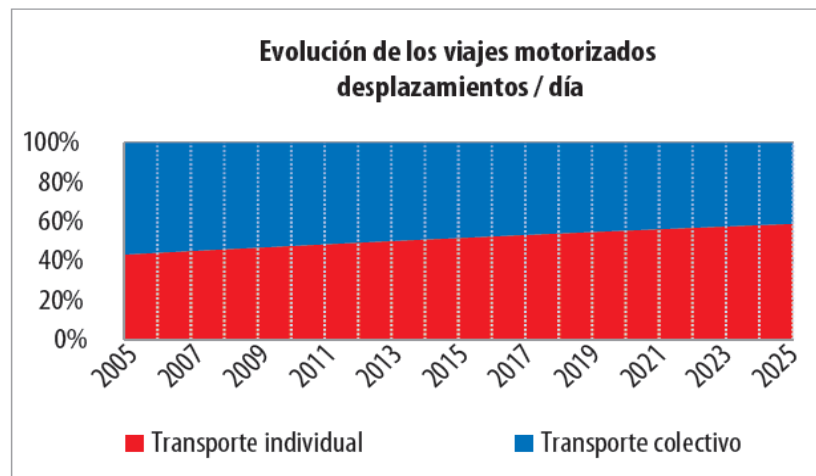
El área metropolitana de Bucaramanga se caracteriza por la integración económica de los diferentes sectores comerciales, por el crecimiento social, tecnológico y demográfico. Este último factor aumenta considerablemente con el tiempo y cuenta con una población de 1'014.088 habitantes (Proyección DANE 2005-2020). Aunque la ciudad tiene un constante desarrollo urbanístico, la infraestructura de transporte presenta especificaciones geométricas inadecuadas para manejar el alto nivel de demanda del flujo vehicular en el AMB.

Lo anterior trae como consecuencia congestión vehicular, apropiación del espacio público, accesibilidad limitada en zonas específicas entre otros. Por otro lado “la mayoría de los viajes que se realizan a diario en el área metropolitana tienen como origen o destino la ciudad de Bucaramanga, a la vez que el flujo vehicular en las vías metropolitanas presenta un marcado comportamiento radial, de tipo centrípeto –con centro en Bucaramanga–, al inicio de la jornada laboral (8:00 y 12:00), y centrífugo, al final (12:00 y 18:00), con la mayor demanda de tráfico entre 7:00 y 8:00 de la mañana. De acuerdo con los estudios adelantados por la Alcaldía de Bucaramanga y la UIS (201 I), se identificó que la mayor parte de los viajes en la región se realizan en transporte público colectivo, seguido del transporte particular (automóvil o motocicleta), y por último, del Sistema Integrado de Transporte Masivo Metrolínea. Sin embargo, el crecimiento acelerado del parque automotor particular de Bucaramanga durante los últimos cinco años (manifestado en un incremento de 60% de su tasa de motorización) permite

concluir que la repartición modal en la región se invertiría en el año 2025, como se muestra en la Figura 1².

Los múltiples arcos que componen la malla vial son transitados por los diferentes modos de transporte entre estos el Individual, el transporte público colectivo (TPC), el sistema integrado de transporte masivo (SITM), el transporte de carga entre otros. Estos tienen un impacto significativo en la región debido a que fomentan el progreso económico, la conectividad, el intercambio comercial y social entre los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta. El transporte público y privado influye en gran medida en la movilidad, son los principales causantes de los trancones debido a los grandes volúmenes vehiculares y a la descoordinada planeación y operación del tráfico. En consecuencia las altas tasas de los viajes motorizados ocasionan que la demanda sea superior a la oferta aumentando los niveles de congestión durante ciertas horas del día.

Figura 1. Evolución de los viajes motorizados 2005-2025.



Fuente: Plan maestro de movilidad Bucaramanga 2010-2030, UIS

² . CASTILLO RANGEL, Miguel Andrés; MARTÍNEZ ESTUPIÑAN, Yerly Fabián y PORRAS DÍAZ, Hernán. Modelo de asignación de tráfico y su uso en la priorización de proyectos viales del área metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p. 3.

1.1 PRINCIPALES CAUSAS DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR

El uso permanente de los diferentes modos de transporte son de carácter esencial, para el desplazamiento de personas y mercancías en la región, pero a medida que avanza el crecimiento de la ciudad y su población la movilidad se convierte en un problema radical que afecta los ámbitos sociales, culturales y económicos del territorio. Por consiguiente trae consecuencias como la congestión vehicular, que es causada por diversos factores como: Inadecuada funcionalidad de la red viaria, baja integración de los modos que conforma el sistema de transporte, inconvenientes en la inversión de nuevas infraestructuras y en el mantenimiento de las existentes, finalmente deficiencia en la planeación de estrategias y proyectos viales coordinados por los diferentes entes de transporte.

Por lo tanto, para reducir los problemas de congestión vehicular se debe optar por un “mayor grado de convergencia y control de la ejecución de las disposiciones en materia social, de seguridad, de protección, medioambiental, y de normas de servicios mínimos y derechos de los usuarios”³

1.2 IMPACTOS NEGATIVOS QUE GENERA LA MOVILIDAD EN LA CIUDAD

La movilidad urbana afecta arraigadamente la calidad de vida de los habitantes, el medio ambiente y el desarrollo competitivo de la ciudad. En consecuencia se enuncia los impactos negativos que genera la movilidad como: Aumento en los costos monetarios anuales para las personas, el gobierno y el ambiente, amplificación de las externalidades negativas (contaminación local, cambio climático, accidentes de tránsito, congestión vehicular y ruido), mayor consumo de

³ COMISIÓN EUROPEA, Libro Blanco de la Comisión Europea: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible, Luxemburgo: © Unión Europea, 2011, p. 10.

recursos en la movilidad (consumo del espacio, el tiempo recorrido y la energía utilizada en los desplazamientos), disgregación en los sectores económicos y sociales, afectación indirecta en la salud (inconvenientes psicológicos), rechazo al transporte público por lento e inseguro.

1.3 ESTRATEGIAS PARA SOLUCIONAR LA MOVILIDAD VEHICULAR

La movilidad es vital para la innovación y creación de ciudades descontaminadas, equitativas, sustentables y productivas, por lo tanto es indispensable implementar estrategias y proyectos viales que fomente el desarrollo económico, social y sostenible de la región para lograr una eficiente movilidad con: accesibilidad universal, infraestructura vial (intercambiadores, puentes y distribuidores viales) enfocada a agilizar y optimizar los diferentes modos de transporte, una adecuada gestión de tránsito, inversiones inteligentes y una seguridad vial integra. A continuación se presentan algunas estrategias y proyectos que buscan solucionar la movilidad en la ciudad.

-“Desarrollar e implantar el transporte inteligente a largo plazo, flexible e íntegro con: diferentes modelos de gestión y tarificación, relación de transporte/usuario, predicción del tráfico, mejora en la gestión del transporte, información al viajero, optimización de la red vial y servicios ofrecidos”⁴

-“La planeación de la estructura urbana, la salud pública, la competitividad, la seguridad y la gobernanza debe incluir al menos: verificaciones ambientales, uso de energías renovables, recuperación de espacios para peatones y ciclistas, inversiones ecológicas y medios de transporte eficientes. Además de la armonización legislativa local en las acciones públicas y privadas, que incluya el

⁴ HOUGHTON J.; REINERS J., and LIM C., Transporte inteligente: Cómo mejorar la movilidad en las ciudades, IBM Instituto del valor de negocio. Estados Unidos de America: © Copyright IBM Corporación, 2009. p. 7.

compromiso de todos con el desarrollo de sistemas sustentables de movilidad urbana.

-Los agentes implicados en el transporte urbano, incluyendo todos los niveles de gobierno, los operadores y proveedores del servicio, el sector privado y la sociedad civil (incluidos los usuarios del transporte) estén comprometidos con la gobernanza y el desarrollo de los sistemas de movilidad urbana. (ONU-Hábitat, 2013b).

-Promover infraestructura vial que considere una red viaria completa, donde se disponga de los diversos modos de movilidad motorizada y no motorizada, considerando condiciones de diseño y accesibilidad universal”⁵.

⁵ ONU-Hábitat: El Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015, México p.1-100.

2. TRONCAL METROPOLITANA NORTE-SUR.

La Troncal metropolitana N-S es un eje vial muy importante que tiene una extensión aproximadamente de 13 kilómetros (Figura 2). Con una infraestructura moderna integrada por varios intercambiadores, puentes elevados, túneles, tramos de doble calzada con tres carriles en cada sentido y el viaducto de la novena. Algunos de los intercambiadores que hacen parte de esta ruta son: el de la carrera 9 con calle 45, el Mutis y el de la calle 105 intersección con el CAI del colegio INEM entre otros.

Por consiguiente esta arteria vial conectara el nororiente con el suroccidente, “partiendo desde la intersección Carrera 15 con Boulevard Santander, continúa hacia el occidente por la Calle 23 hasta la Carrera 10 y por esta hasta el intercambiador de conexión con la Avenida Quebrada Seca y la Carrera 9. Se extiende hacia el sur por la Carrera 9 hasta la Calle 45, punto en el cual se proyecta una intersección a desnivel, y luego por el Viaducto de la Carrera 9 hacia el Barrio Balconcitos donde se encuentra otra intersección a desnivel para conectar a la carrera 2W del Barrio Mutis. Esta última se conecta con la Transversal Central Metropolitana (Ciudad Bolívar), hasta enlazar por medio de un intercambiador la Meseta de Bucaramanga con la Mesa de Malpaso en la Intersección de la Calle 105 con la redoma de Colegio INEM. Posteriormente toma la ruta paralela a la cañada La Chiquita, se une a la proyectada Transversal del Bosque por medio de una rotonda hasta terminar en el Anillo Vial Floridablanca – Palenque”⁶.

⁶ CONSORCIO, DISEÑOS VIALES URBANOS: Op. Cit. p 2.

Este proyecto vial es una alternativa para solucionar los problemas de movilidad en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana. El funcionamiento de la troncal trae múltiples ventajas como: Disminución en el tiempo de viaje de algunas rutas, ahorro en los costos de operación vehicular, aumento en la conectividad vial y la accesibilidad, implementación de nueva infraestructura vial ofreciendo comodidad y seguridad para los usuarios. En general la articulación de esta ruta fomenta el desarrollo económico y social del área metropolitana.

Por otro lado el proyecto tiene afectaciones negativas como son: Generar Impacto ambiental, desplazamiento del comercio y la urbanización existe según el área de afectación del proyecto, alteración en los terrenos privados, entre otros.

2.1 IMPACTO EN LAS VÍAS ALEDAÑAS A LA TRONCAL METROPOLITANA N-S

Para identificar las vías aledañas más afectadas por la entrada en funcionamiento de la troncal N-S, se realizó un análisis del tránsito que consistió en estudiar la variabilidad de este, mediante una comparación del flujo vehicular en diferentes rutas y para varios años (2015, 2020, 2025, 2030). Además se examinó el nivel de congestión en cada vía según los resultados obtenidos en TransCAD antes y después de incorporar la troncal a la malla vial (Anexos).

Las principales vías afectadas del área metropolitana de Bucaramanga por la entrada en funcionamiento de la Troncal Norte-Sur se basa en los siguientes ejes fundamentales; Carrera 15, Carrera 27, Carrera 33, Av. Floridablanca, Vía a Girón y Anillo vial. Según el plan de ordenamiento territorial (POT), estas se clasifican en: vías primarias que conforman la Carrera 15 y Av. Floridablanca, como vías arteria tipo V-0 y V-2, vías secundarias: carrera 27, Vía a Girón y Carrera 33, como vías arteria tipo V-2, V-1 y la última hace parte de la red vial

local tipo V-4. Las rutas mencionadas previamente son transitas por el transporte público y privado de la región, por lo tanto abarcan la mayor parte de la demanda vehicular del área metropolitana generando altos grados de congestión vehicular y perjudicando directamente la movilidad en la red vial.

La incorporación de la troncal N-S a la red vial trae impactos positivos y negativos en las vías aledañas anteriormente descritas. Posteriormente se enuncia algunos de estos:

Impactos Positivos: Estructura la distribución homogénea del flujo vehicular mejorando la movilidad y evitando la congestión vehicular de las algunas vías aledañas, disminuye el tiempo de viaje según el origen y destino de los usuarios, incrementa la accesibilidad eficiente a las diferentes rutas.

Impactos Negativos: se afecta el ámbito social (alteración de la cultura, la vida y el trabajo de los habitantes), disminuye la oferta de productos y servicios debido al desplazamiento comercial, además se desvaloriza las edificaciones y los terrenos a lo largo de las vías afectadas (Carrera 5, Carrera 27, Carrera 33, Av. Floridablanca, Vía a Girón y Anillo vial).

Figura 2. Troncal Metropolitana N-S, Área Metropolitana de Bucaramanga



Fuente: Adaptada de Google earth.

3. MODELO DE ASIGNACIÓN DEL TRÁFICO

“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, con previo conocimiento de la demanda y los costos de viaje en la red”⁷.

El programa TransCAD implementa los siguientes métodos de asignación del tráfico:

-“Método de asignación todo o nada (All or nothing) es el más simple de todos, ya que los flujos son asignados a la ruta más corta que conecta cada par O-D; la búsqueda de las rutas más cortas se hace con el algoritmo de Dijkstra”⁸.

-“El método de asignación estocástica (SHOCH) distribuye los flujos entre múltiples caminos alternativos que conectan los pares O-D, la proporción de viajes que es asignada a cada camino particular es igual a la probabilidad de elegir ese camino; el algoritmo que resuelve este método es conocido en la literatura como el algoritmo de Dial, cuyo procedimiento implementa el modelo Logit de elección de ruta con parámetro θ ”⁹.

⁷ ORTÚZAR, J. de D. y WILLUMSEN, L.G. Modelling Transport. John Willey&Sons LTD, West Sussex, Inglaterra 2001

⁸ AHUJA, R. K.; MAGNANTI, T. L., and ORLIN J. B., Networks flows: Theory, algorithms, and applications. First edition. New Jersey: Prentice Hall, 1993, p. 108.

⁹ SHEFFI Y.; Urban Transportation Networks: Equilibrium analysis with mathematical programming methods, First edition. Massachusetts Institute of Technology. New Jersey Prentice Hall, 1984, p. 313.

-“Método de asignación incremental (Incremental): asigna la matriz O-D en varias etapas; en cada etapa, una porción fija del total de la demanda es asignada, con base en el algoritmo todo o nada, después de cada etapa, los tiempos de viaje en cada arco son recalculados con base en los volúmenes asignados a cada arco.

-Método de asignación con restricción de capacidad (Capacity Restraint), permite aproximarse a una solución de equilibrio mediante la iteración entre asignaciones de todo o nada, recalculando los tiempos en función de la relación existente entre el volumen asignado y la capacidad”¹⁰.

-“Método de asignación de equilibrio del usuario (User Equilibrium) utiliza un proceso iterativo para alcanzar una solución convergente, en la cual no es posible mejorar el tiempo de viaje al cambiar de ruta; en cada iteración, los flujos en los arcos de la red son computados incorporando el efecto de las restricciones de capacidad y la dependencia entre el tiempo o la demora y el volumen de tráfico; el problema de equilibrio de usuario es resuelto aplicando el algoritmo de Frank-Wolfe.

-El método de asignación óptimo del sistema (System Optimun) minimiza el tiempo total de viaje de la red; este método tiene gran aplicación en el análisis de sistemas inteligentes de transporte ya, que desde el punto de vista del comportamiento del usuario este método no resulta muy realista”¹¹.

-Método de equilibrio estocástico del usuario (Stochastic User Equilibrium o SUE en inglés): de acuerdo con Ortúzar y Willumsen (2001) este método incluye la distribución de flujos entre las rutas que conectan dos puntos esto se produce por la variabilidad de la percepción de los costes de ruta, además los efectos de

¹⁰ CALIPER CORPORATION, Travel Demand Modeling with TransCAD 4.8. User's Guide, Caliper Corporation. Massachusetts: Newton, 2005, p. 162.

¹¹ PATRIKSSON M., The Traffic Assignment Problem: Models and methods, Linköping Institute of Technology. Sweden: Linköping, 1994, p. 152.

restricciones de capacidad. En realidad, ambos tipos de efectos desarrollan su papel correspondiente en la elección de ruta. Por lo tanto este método busca las condiciones de equilibrio para que cada usuario elija la ruta de menos coste de viaje percibido: en otras palabras, bajo condiciones de SUE ningún usuario puede reducir el coste propio percibido de recorrido y por tanto todos quedan sobre su recorrido factible.

En este orden los métodos que no se basan en el equilibrio son: asignación todo o nada, asignación estocástica, asignación con restricción de capacidad y asignación incremental, se descartaron estos sistemas por que no emplean todas las rutas de origen-destino que ofrece la red vial, además muchos es estos no son acordes con la realidad, presentando falencias en la obtención de resultados y generando grandes inconvenientes a la hora de analizarlos.

Por otro lado los métodos de equilibrio son: óptimo del sistema, equilibrio de usuario y equilibrio estocástico del usuario. El primero se excluyó porque es un sistema poco realista y no favorable, entonces se optó por escoger entre los dos últimos teniendo como referencia las definiciones descritas, los parámetros empleados y el algoritmo utilizado de cada método.

Con énfasis en lo anterior y de acuerdo con Ortúzar y Willumsen (2001) la diferencia entre el equilibrio estocástico del usuario y el equilibrio de usuario es que en el modelo SUE cada conductor define el coste de viaje individualmente en lugar de utilizar una sola definición de costes aplicables a todos los conductores.

Finalmente se eligió e implementó el método de equilibrio estocástico del usuario (SUE) para asignar el tráfico en el software TransCAD debido a que este, es un método más completo que arroja resultados coherentes y realistas. Además para dicha asignación se adoptó la “función de costos del Bureau of Public roads, definida en (1) y donde t_k , $t_{k,ff}$, t_k , x_k , q_k , α_k , β_k son, respectivamente, el costo

de viaje ,el tiempo de flujo libre, el flujo vehicular, la capacidad y los parámetros alfa y beta que ajustan la función de costos del elemento K-ésimo de la red.

$$t_k = t_{k,ff} * \left(1 + \alpha_k * \left(\frac{x_k}{q_k}\right)^{\beta_k}\right) \quad (1)$$

3.1 MATRIZ DE ORIGEN Y DESTINO

Para definir la demanda de viajes realizados en transporte privado, se adoptó la matriz origen – destino, desarrollada por la UIS (2005), que a su vez, se obtuvo a partir de proyección al año 2010 de los viajes en hora pico registrados en la encuesta origen – destino del área metropolitana de Bucaramanga en 2005. Dado que la matriz adoptada estaba expresada en número de viajes, fue necesario convertirla a número de vehículos empleando una tasa de ocupación de 1,5 pasajeros por vehículo, según lo establecido por la Alcaldía de Bucaramanga – UIS (2011)¹².

3.2 PROCEDIMIENTO REALIZADO EN TransCAD

El presente estudio consistió en cargar en el programa TransCAD la red vial, las zonas de asignación del tráfico (TAZ), para enlazar las zonas con la red vial se creó como máximo tres centroides para cada zona; estos se conectaron a los nodos de la red mediante unos elementos denominados conectores. Además se asignó la Matriz de origen y destino para diferentes años 2015, 2020, 2025 y 2030. El siguiente paso a realizar fue, establecer el tráfico mediante el método de

¹² CASTILLO RANGEL, Miguel Andrés; MARTÍNEZ ESTUPIÑAN, Yerly Fabián y PORRAS DÍAZ, Hernán. Op. Cit. p. 6-7.

asignación equilibrio estocástico del usuario (SUE) y finalmente se ejecutó el programa para recopilar los resultados arrojados para posteriormente analizarlos.

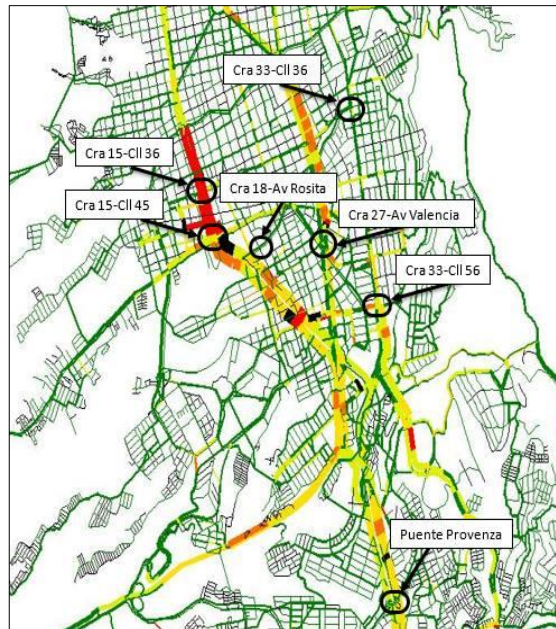
3.3 PUNTOS DE CONTROL

Para analizar el impacto de la troncal N-S se tomaron como referencia siete puntos de control, que están distribuidos a lo largo del eje vial según la Tabla 1. La ubicación específica de estos se encuentran en la intersección de las vías más importantes de la ciudad como se muestra en la Figura 3. Además cuentan con una serie de atributos como por ejemplo el tiempo viaje, distancia recorrida, conteos reales entre otros. Los conteos reales hacen referencia a los datos de los viajes motorizados tabulados directamente en las vías y fueron recopilados por el grupo de investigación Geomática –UIS.

Tabla 1. Puntos de control

Punto de control	Ubicación
1	Cra 15- Cll 36
2	Cra 15 - Cll 45
3	Cra 18-Av Rosita
4	Cra 27-Av Valencia
5	Cra 33- Cll 36
6	Cra 33- Cll 56
7	Puente Provenza

Figura 3. Localización puntos de control



Fuente: Software TransCAD

3.4 INDICADORES DEL TRÁFICO

Para cada punto de control y para diferentes años, se calcularon los indicadores agregados del tráfico. Estos son la distancia recorrida (VKmT) y el tiempo de viaje (VHT) de los vehículos particulares consignados en la matriz origen – destino y expresados respectivamente, en kilómetros y horas.

3.5 GRADO DE EFECTIVIDAD

Para los puntos de control se calculó la reducción porcentual de cada indicador del tráfico VKmT Y VHT. La magnitud de la reducción de los indicadores, en el orden señalado, definió el grado de efectividad de los distintos escenarios en cada uno de los años.

4. RESULTADOS

Mediante la ejecución del programa TransCAD se estudió el flujo de la troncal N-S y sus vías aledañas. Se utilizó este programa porque es una “plataforma que integra las propiedades de un SIG y las capacidades de modelación del transporte. Es ideal para solventar muchos de los problemas que se plantean en la planificación del modelo de transporte incluyendo un análisis detallado de redes, transporte de pasajeros, modelos de demanda y planificación del transporte, ruteo de vehículos y logística, organización del territorio y modelos de localización con datos en tiempo real”¹³.

El método empleado por el software es un algoritmo de asignación del equilibrio estocástico del usuario, este emplea parámetros como: tiempo de viaje, capacidad vehicular, ajuste del tiempo de viaje por congestión, iteraciones, convergencia entre otros. Estos se relacionan en la matriz O-D de acuerdo a las diferentes rutas que tiene la red vial.

Mediante la aplicación del método anteriormente descrito se obtuvieron tablas de resultados donde se comparan los datos de la distancia recorrida (VKmT), tiempo de viaje (VHT), flujo vehicular y se realizó un previo análisis de estos.

Para realizar el análisis del impacto que causara la troncal N-S en las vías aledañas se establecieron siete puntos de control: Cra15-CII 36, Cra 15-CII 45, Cra 18-AvRosita, Cra 27-AvValencia, Cra 33-CII 36, Cra 33-CII 56. Estos se fijaron de acuerdo a conteos reales, a la influencia del proyecto vial en estudio y se cuantificaron para el total de la malla vial, los indicadores agregados del tráfico

¹³ CALIPER, TransCAD: Planificación del Transporte Software. Módulos de aplicación [online]. Copyright © 2015 Caliper Corporation. [Citado 28 de mayo de 2015]. Available from Internet: <URL: <http://www.caliper.com/TransCAD/introduccion.htm>>

son: distancia recorrida (VKmT), tiempo de viaje (VHT) expresados en Kilómetros y horas. La distancia recorrida es un indicador que arroja el programa TransCAD mediante la matriz O-D. VKmT mide la distancia recorrida de los vehículos que circulan por la red vial, desde un origen hasta un destino determinado. Por consiguiente VKmT aumenta, cuando la ruta de viaje tiene un trayecto más largo o disminuye si el mismo viaje se hace por un vía con mejores condiciones de movilidad y estructuración vial. El VHT es un indicador que calcula el tiempo de recorrido de los vehículos que transitan por la malla vial, este aumenta o disminuye según la distancia y la ruta de desplazamiento.

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestra la distancia recorrida, el tiempo de viaje y el porcentaje de reducción (%VKmT, % VHT). Estos indicadores se determinaron respecto a la malla vial global y para los años 2015, 2020, 2025 y 2030. Según los datos de esta tabla se analiza que los indicadores VkmT y VHT disminuyen con el funcionamiento de la troncal N-S, es decir que los valores de la columna con troncal son menores a los valores de la columna sin troncal. Por consiguiente se calcula el porcentaje de reducción para estimar la disminución de cada indicador agregado del tráfico. Esto se puede contemplar para el año 2015 donde el VHT sin troncal tiene un valor de 7030,56 y con troncal 6833,93 mostrando un porcentaje de reducción del 2,80%.

Por lo tanto la incorporación de la troncal N-S a la red vial del AMB es una ruta alternativa para disminuir y solucionar problemas de movilidad en la región.

Las principales vías beneficiadas por la entrada en funcionamiento de la troncal N-S son la carrera 15, carrera 27, carrera 33, Av. Floridablanca, Vía a Girón y el Anillo vial entre otras. Estas presentan un aumento en la capacidad de la demanda

del tránsito, excediendo el volumen máximo que puede llevar y aumentando en las horas pico: 7-8 am, 12-2 pm, 6-8 pm. Por consiguiente se hizo un estudio del flujo vehicular a corto y largo plazo, mediante el modelado de la troncal N-S y la zona de afectación en el programa TransCAD. Para esto se consideró una matriz origen-destino con datos recopilados del flujo en el horario de 7-8 am que por lo general en este tiempo es donde más tráfico se presenta.

En la Tabla 3, se observa el flujo y el tiempo de viaje para los puntos de control comprendidos entre la Cra15-Cll 36, Cra 15-Cll 45, Cra 18-AvRosita, Cra 27-AvValencia, Cra 33-Cll 36, Cra 33-Cll 56 y el Puente Provenza del área Metropolitana de Bucaramanga.

Para todos puntos de control se compara el flujo que transita cuando la red vial se encuentra sin Troncal N-S y cuando esta entra en funcionamiento. Por lo tanto el flujo se distribuye en la red de transporte debido a la articulación de la troncal, esto quiere decir que los vehículos están tomando esta vía como una ruta alterna de origen y destino. Para el caso de los puntos de control donde el flujo aumenta con la puesta en marcha de la troncal N-S. Se analiza que esto se presenta porque los vehículos toman la ruta más corta y menos congestionada según el destino al que se dirigen. Por ejemplo la columna de flujo sin troncal para el año 2030 por la Cra 15-Cll 36 se estimó de 2051 Veh/hora y con troncal un flujo de 17955 Veh/hora presentando un porcentaje de reducción del 12% en dirección N-S. Este descenso se presenta debido a que la troncal se encuentra trabajando como medio alternativo a las vías principales con un tiempo de viaje menor. Lo anterior ocurre en la mayoría de los puntos de control.

Es importante resaltar que según los datos analizados la troncal metropolitana N-S, tiene una afectación significativa en algunas vías aledañas a esta, en cuanto al tiempo de viaje, distancia recorrida y flujo vehicular entre otros. Además esta vía brinda mayor seguridad, comodidad y factibilidad para los diferentes destinos por

que presenta un diseño moderno compuesto por una estructuración de puentes y diversos intercambiadores que facilitan la conexión con las vías que se vincula con cada uno de estos, convirtiéndose en un trayecto viable y completo.

Tabla 2. Indicadores agregados del tráfico.

Año	Indicador	Sin Troncal N-S	Con Troncal N-S
2015	VHT	7.030,56	6.833,93
	% VHT	---	2,80%
	VKmT	196.317,79	193.023,19
	% VKmT	---	1,68%
2020	VHT	12.170,87	11.628,47
	% VHT	---	4,46%
	VKmT	312.715,71	310.025,73
	% VKmT	---	0,86%
2025	VHT	29.205,40	28.101,73
	% VHT	---	3,78%
	VKmT	581.783,35	570.650,85
	% VKmT	---	1,91%
2030	VHT	329.980,66	302.456,86
	% VHT	---	8,34%
	VKmT	1.296.806,69	1.244.632,26
	% VKmT	---	4,02%

Tabla 3. Flujo vehicular y tiempo de viaje en las vías principales del AMB

Año	Punto de control	Conectividad	Flujo (Veh/h)			Tiempo de viaje (min)		
			sin troncal	Con troncal	% Variación	sin troncal	Con troncal	% Variación
2015	Crr 15- CL 36	N-S	1221,57	1013,33	-17,05	0,09	0,09	-3,05
2020			1406,53	1135,47	-19,27	0,09	0,09	-2,47
2025			1635,58	1386,68	-15,22	0,09	0,09	-5,50
2030			2051,21	1794,79	-12,50	0,10	0,10	-5,32
2015		S-N	1032,86	1122,33	8,66	0,09	0,09	0,24
2020			1425,89	1370,84	-3,86	0,09	0,09	0,41
2025			2270,11	1900,74	-16,27	0,12	0,10	-16,42
2030			2377,16	2938,21	23,60	0,11	0,20	79,97
2015	Crr 15 -CL 45	N-S	2494,14	1842,00	-26,15	0,11	0,07	-36,01
2020			2934,74	2177,16	-25,81	0,12	0,08	-31,87
2025			2818,32	2468,74	-12,40	0,13	0,10	-21,84
2030			3497,00	2754,16	-21,24	0,18	0,12	-35,18
2015		S-N	1868,29	2507,17	34,20	0,16	0,21	33,68
2020			2591,26	2677,26	3,32	0,20	0,23	16,94
2025			2459,58	2902,11	17,99	0,20	0,28	37,21
2030			4494,11	2841,21	-36,78	0,59	0,26	-55,01
2015	Crr 18-Av Rosita	N-S	12,86	0,00	-100,00	0,38	0,38	0,00
2020			10,32	0,00	-100,00	0,38	0,38	0,00
2025			79,89	28,26	-64,62	0,38	0,38	0,00
2030			496,00	208,68	-57,93	0,38	0,38	-1,05
2015	Crr 27-Av	N-S	951,71	879,83	-7,55	0,19	0,19	-0,14

Año	Punto de control	Conectividad	Flujo (Veh/h)			Tiempo de viaje (min)		
			sin troncal	Con troncal	% Variación	sin troncal	Con troncal	% Variación
2020	Valencia		1218,00	1154,79	-5,19	0,19	0,19	-0,27
2025			1638,63	1519,42	-7,28	0,20	0,19	-1,18
2030			2397,05	1982,26	-17,30	0,23	0,21	-9,46
2015		S-N	1412,14	1271,50	-9,96	0,22	0,22	-0,05
2020			1787,32	1909,79	6,85	0,22	0,22	0,11
2025			2321,37	2084,37	-10,21	0,22	0,22	-0,35
2030			4020,21	3330,16	-17,16	0,24	0,23	-4,35
2015	Crr 33-CL 36	N-S	400,14	398,17	-0,49	0,16	0,16	0,00
2020			463,89	437,16	-5,76	0,16	0,16	-0,03
2025			641,47	584,11	-8,94	0,17	0,16	-0,16
2030			1499,11	1983,05	32,28	0,19	0,24	27,73
2015		S-N	513,29	546,00	6,37	0,17	0,17	0,01
2020			932,74	910,42	-2,39	0,17	0,17	-0,02
2025			1499,53	1419,63	-5,33	0,17	0,17	-0,28
2030		1770,74	1889,95	6,73	0,17	0,17	0,80	
2015	Crr 33-CL 56	N-S	503,86	515,67	2,34	0,14	0,14	0,02
2020			523,16	538,89	3,01	0,14	0,14	0,03
2025			584,74	579,95	-0,82	0,14	0,14	-0,01
2030			519,74	768,74	47,91	0,14	0,14	0,84
2015		S-N	1221,29	1253,67	2,65	0,14	0,14	0,09
2020			1820,21	1755,84	-3,54	0,15	0,15	-0,55
2025			2285,53	2323,68	1,67	0,16	0,16	0,66

Año	Punto de control	Conectividad	Flujo (Veh/h)			Tiempo de viaje (min)		
			sin troncal	Con troncal	% Variación	sin troncal	Con troncal	% Variación
2030			4161,37	3003,53	-27,82	0,31	0,19	-39,26
2015	Puente Provenza	N-S	1409,86	1391,17	-1,33	0,40	0,40	-0,05
2020			1554,95	1514,79	-2,58	0,41	0,41	-0,15
2025			1803,00	1750,58	-2,91	0,41	0,41	-0,29
2030			1724,84	1779,63	3,18	0,41	0,41	0,30
2015		S-N	3022,71	2898,17	-4,12	0,45	0,44	-2,53
2020			3589,53	3536,95	-1,46	0,52	0,51	-1,60
2025			4387,21	4557,42	3,88	0,70	0,75	7,64
2030			7262,89	8179,74	12,62	2,81	4,30	52,79

5. CONCLUSIONES

Se logró por medio del programa TransCAD, la modelación de la Troncal Metropolitana Norte-Sur y la asignación del flujo vehicular del área Metropolitana de Bucaramanga, observando que las principales vías afectadas por la puesta en funcionamiento de este eje vial serán; la Cra 27, Cra 33, Cra 15, Av. Florida Blanca, Anillo vial, Vía Girón.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 2, los indicadores agregados del tráfico: distancia recorrida (VKmT) y tiempo de viaje (KHT), disminuyen considerablemente para la malla vial global con la implementación de la Troncal Metropolitana N-S, debido a que esta sirve como una nueva ruta de origen y destino que toman los vehículos al considerarla como una alternativa más corta y eficiente para transitar. Por lo tanto se genera un impacto positivo en la movilidad, ya que el desmedido flujo vehicular que circula por las principales vías de la ciudad se distribuye mejor en la red vial.

Según los resultados recopilados en la tabla 3, con la articulación de la Troncal Metropolitana N-S a la malla vial, se presentan variaciones de aumento y disminución del flujo vehicular y el tiempo de viaje para un mismo punto de control. Esto sucede porque el software TransCAD por medio del método de asignación del tráfico, hace la redistribución de los vehículos por las diferentes vías y estos toman la ruta más corta y con menor grado de congestión para transitar.

El método de equilibrio estocástico del usuario (SUE), utilizado para obtener los resultados de la modelación es factible, porque realiza una simulación razonable de la distribución del flujo vehicular en las diferentes vías que componen la malla vial. Además busca que el usuario elija la ruta de viaje de menor costo posible,

utilizando parámetros de capacidad, desplazamiento, alfa y beta como valores que ajustan la función de incremento del tiempo de viaje por congestión.

BIBLIOGRAFÍA

AHUJA, R. K.; MAGNANTI, T. L., and ORLIN J. B., Networks flows: Theory, algorithms, and applications. First edition. New Jersey: Prentice Hall, 1993, p. 108.h

CALIPER CORPORATION: Travel Demand Modeling with TransCAD 4.8. User's Guide, Caliper Corporation. Massachusetts: Newton, 2005, p. 162.

CALIPER, TransCAD: Planificación del Transporte Software. Módulos de aplicación [online]. Copyright © 2015 Caliper Corporation. [Citado 28 de mayo de 2015]. Available from Internet: <URL: <http://www.caliper.com/TransCAD/introduccion.htm>>

CASTILLO RANGEL, Miguel Andrés; MARTÍNEZ ESTUPIÑAN, Yerly Fabián y PORRAS DÍAZ, Hernán. Modelo de asignación de tráfico y su uso en la priorización de proyectos viales del área metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. p 3.

COMISIÓN EUROPEA. Libro Blanco de la Comisión Europea: Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible, Luxemburgo: © Unión Europea, 2011, p. 10.

CONSORCIO, DISEÑOS VIALES URBANOS: Estudios y diseños definitivos de la Troncal Metropolitana de Bucaramanga. Área Metropolitana de Bucaramanga. 2008, p 2.

HOUGHTON J.; REINERS J., and LIM C., Transporte inteligente: Cómo mejorar la movilidad en las ciudades, IBM Instituto del valor de negocio. Estados Unidos de America: © Copyright IBM Corporación, 2009. p. 7.

ONU-Hábitat: El Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015, México p.1-100.

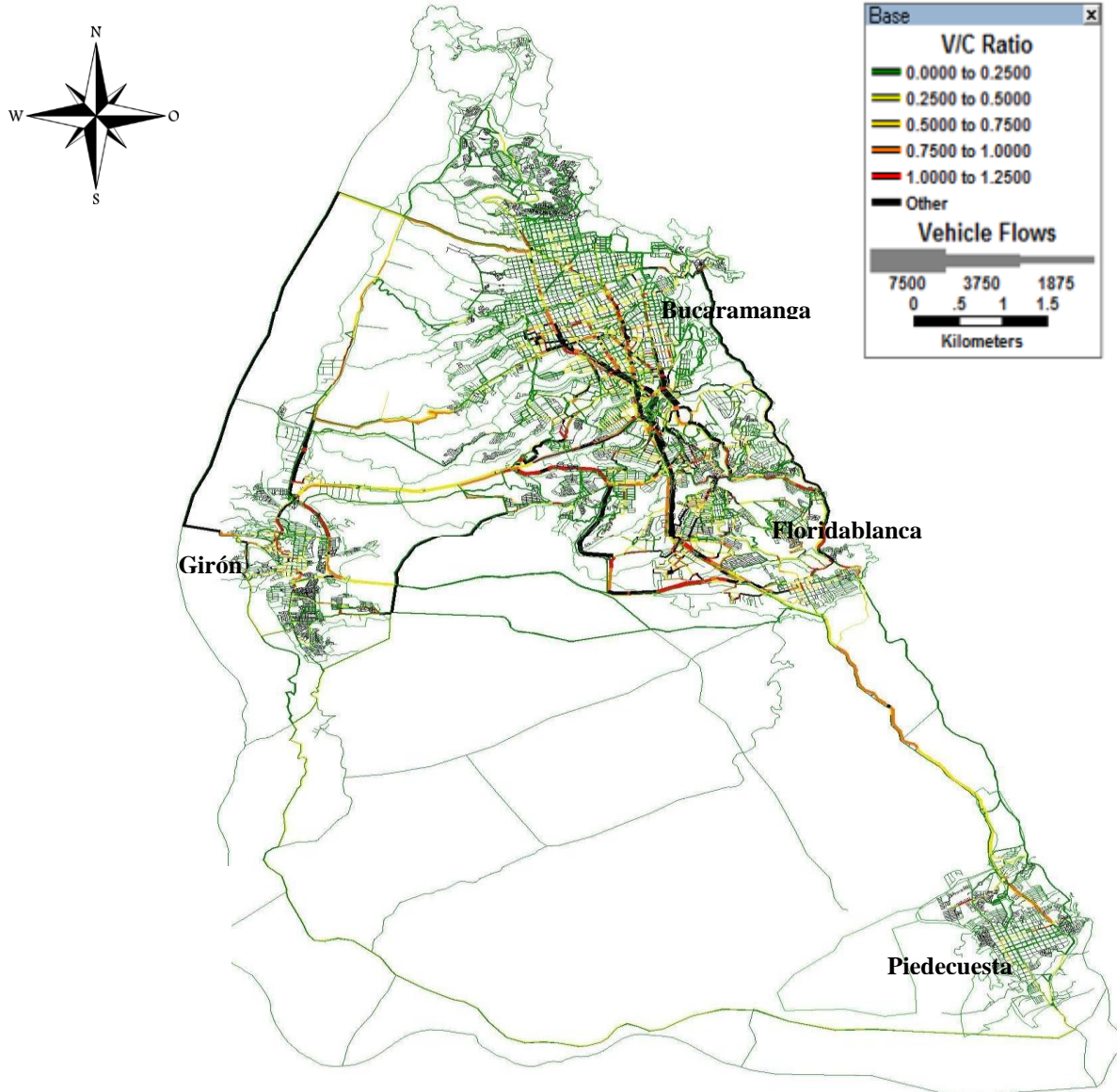
ORTÚZAR, J. de D. and WILLUMSEN, L. G: Modelling Transport. John Willey&Sons LTD, West Sussex. 2001.

PATRIKSSON M., The Traffic Assignment Problem: Models and methods, Linköping Institute of Technology. Sweden: Linköping, 1994, p. 152.g

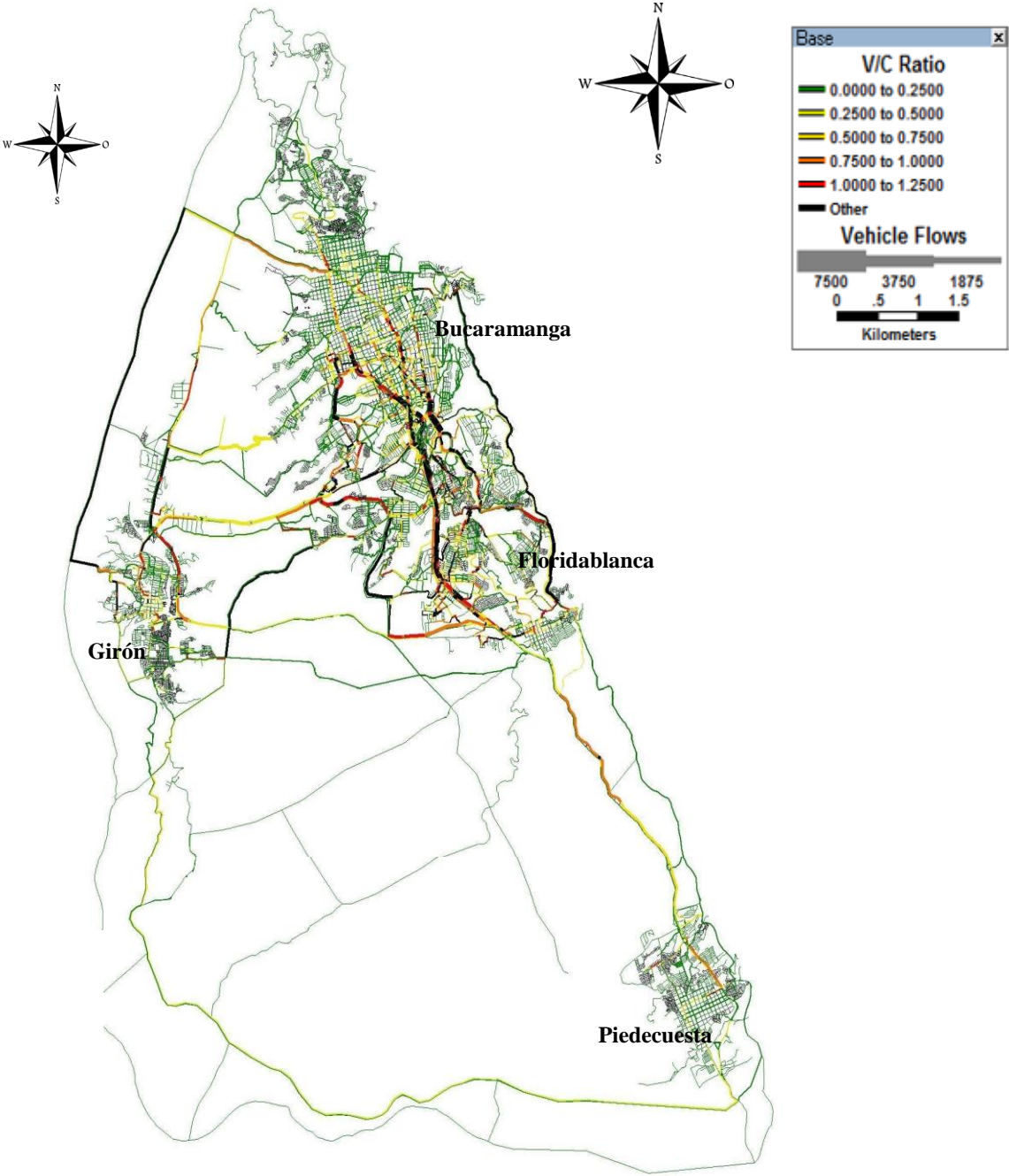
SHEFFI. Y.; Urban Transportation Networks: Equilibrium analysis with mathematical programming methods, First edition. Massachusetts Institute of Technology. New Jersey Prentice Hall, 1984, p. 313.

ANEXOS

Anexo A. Nivel de congestión sin el funcionamiento de la Troncal Metropolitana N-S (2025).



Anexo B. Nivel de congestión con el funcionamiento de la Troncal Metropolitana N-S (2025).



Anexo C. Modelado sin Troncal NS

(Ver documento adjuntos)

Anexo D. Modelado Troncal NS

(Ver documento adjuntos)

Anexo E. Resultados sin Troncal N-S

(Ver documento adjuntos)

Anexo F. Resultados Troncal N-S

(Ver documento adjuntos)