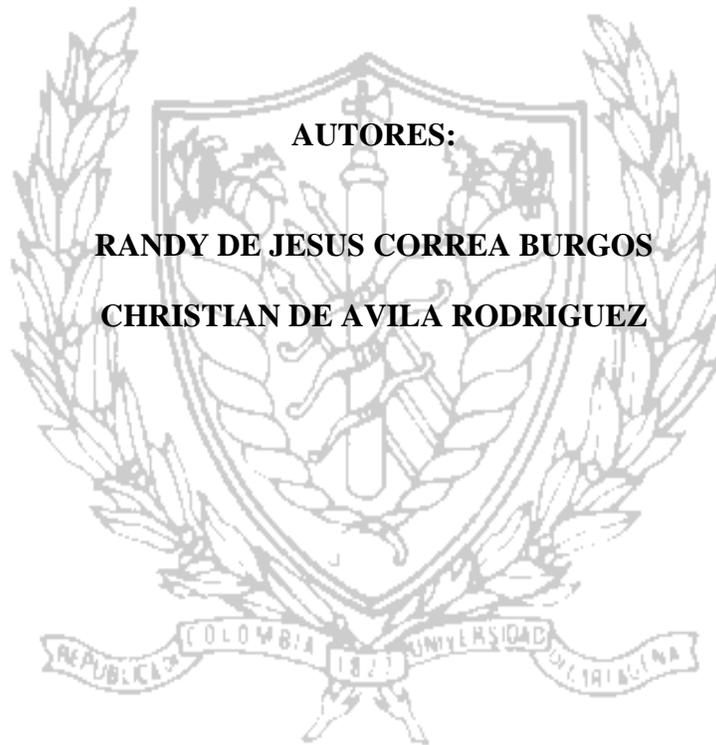


**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS SECTORES:  
CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR, CANAPOTE, EL  
CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA CIUDAD DE  
CARTAGENA**



**AUTORES:**

**RANDY DE JESUS CORREA BURGOS**

**CHRISTIAN DE AVILA RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL**

**CARTAGENA D. T. Y H.**

**2014**

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS SECTORES:  
CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR, CANAPOTE, EL  
CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA CIUDAD DE  
CARTAGENA**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE VÍAS Y TRANSPORTE (INVITRA)  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRÁNSITO**

**AUTORES:**

**RANDY DE JESUS CORREA BURGOS**

**CHRISTIAN DE AVILA RODRIGUEZ**

**DIRECTOR:**

**ING. PEDRO GARDELA VÁSQUEZ**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PROGRAMA INGENIERIA CIVIL**

**CARTAGENA D. T. Y H.**

**2014**



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	X
1. OBJETIVOS.....	XIV
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	XIV
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	XIV
2. ALCANCE .....	XV
3. MARCO REFERENCIAL.....	17
3.1. MARCO TEÓRICO .....	17
3.1.1. Transporte.....	17
3.1.2. Movilidad .....	18
3.1.3. Aforos .....	18
3.1.4. Tránsito.....	19
3.1.5. Velocidad.....	20
3.1.6. Semaforización .....	21
3.1.7. Mototaxismo.....	23
3.1.8. Seguridad Vial .....	24
3.1.9. Accidentalidad Vial .....	25
3.1.10. Ptv Vissim .....	26
3.2. ANTECEDENTES .....	28
3.3. ESTADO DEL ARTE .....	30
4. METODOLOGÍA .....	33
4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	33
4.1.1. Revisión Bibliográfica.....	34
4.1.2. Inspección Visual .....	35
4.1.3. Aforos Vehiculares.....	35
4.1.4. Aforos Peatonales.....	36
4.1.5. Estudios de Velocidades.....	36
4.1.6. Inventarios de Señalización.....	38



4.2.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO .....	39
4.3.	MODELACIÓN EN PTV VISSIM .....	40
4.3.1.	Desarrollo de la Red Vial .....	40
4.3.2.	Definición de Parámetros .....	40
4.3.3.	Calibración Del Modelo Y Modelación Del Área De Estudio En El Software PTV VISSIM.....	41
4.4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	41
4.4.1.	Análisis de Longitud de Cola y Demora Promedio .....	42
4.4.2.	Estimación de los Niveles de Servicio .....	42
5.	RESULTADOS .....	42
5.1.	INSPECCIÓN VISUAL E IDENTIFICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO	42
5.2.	CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO .....	44
5.2.1.	Sector 1: Av. Pedro de Heredia Cra 17, Castillo De San Felipe .....	44
5.2.2.	Sector 2: Av. Pedro de Heredia Cra 14, C.C. Mall Plaza.....	51
5.2.3.	Sector 3: Av. Pedro De Heredia. Cra 32 - Calle 41, India Catalina .....	59
5.2.4.	Sector 4: Av. Santander Cra 1 - Calle 41 Las Tenazas.....	65
5.2.5.	Sector 5: Cra 14 - Calle 47, Semáforo Tórices.....	73
5.2.6.	Sector 6: Cra 3 - Calle 70, Entrada al Aeropuerto.....	80
5.3.	MODELACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN PTV VISSIM .....	87
5.3.1.	Datos de Entrada.....	87
5.3.2.	Datos de Salida .....	89
5.3.3.	Resultados de la Simulación.....	93
5.4.	DISEÑOS CONCEPTUALES Y POSIBLES SOLUCIONES A LA SITUACIÓN ACTUAL .....	97
5.4.1.	Sector 1: Av. Pedro de Heredia Cra 17, Castillo De San Felipe y Sector 2: Av. Pedro de Heredia Cra 14, C.C. Mall Plaza.....	97
5.4.2.	Sector 3: Av. Pedro De Heredia. Cra 32 - Calle 41, India Catalina .....	101
5.4.3.	Sector 4: Av. Santander Cra 1 - Calle 41 Las Tenazas.....	105



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

5.4.4.	Sector 5: Cra 14 - Calle 47, Semáforo Tórices.....	108
5.4.5.	Sector 6: Cra 3 - Calle 70, Entrada al Aeropuerto.....	112
6.	CONCLUSIONES .....	115
7.	RECOMENDACIONES .....	117
	BIBLIOGRAFÍA .....	119



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Desviaciones estándares de velocidades puntuales para distintos tipos de tránsito y vías.....	37
Tabla 2 Valores de z para varios niveles de confianza.....	37
Tabla 3 Niveles de servicio para una intersección con semáforos. ....	42
Tabla 4 Sitios de estudio.....	43
Tabla 5 Inventario Sector Pie Del Cerro .....	45
Tabla 6 Inventario Sector Pie Del Cerro - Mall Plaza.....	52
Tabla 7 Inventario Sector India Catalina.....	59
Tabla 8 Inventario Sector las Tenazas.....	66
Tabla 9 Inventario Sector Tórices .....	74
Tabla 10 Inventario Sector Crespo .....	81
Tabla 11 Datos De entrada Sector 1 y 2 .....	87
Tabla 12 Datos De entrada Sector 3 .....	88
Tabla 13 Datos De entrada Sector 4 .....	88
Tabla 14 Datos De entrada Sector 5 .....	88
Tabla 15 Datos De entrada Sector 6 .....	89
Tabla 16 Parámetros de evaluación en VISSIM 7.0.....	89
Tabla 17 Resumen de resultados de simulación sectores 1 y 2 .....	93
Tabla 18 Longitud de cola observada y estimada Sector 1 y 2 .....	93
Tabla 19 Resumen de resultados de simulación sector 3. ....	94
Tabla 20 Longitud de cola observada y estimada Sector 3. ....	94
Tabla 21 Resumen de resultados de simulación sector 4. ....	94
Tabla 22 Longitud de cola observada y estimada Sector 4. ....	95
Tabla 23 Resumen de resultados de simulación sector 5. ....	95
Tabla 24 Longitud de cola observada y estimada Sector 5. ....	95
Tabla 25 Resumen de resultados de simulación sector 6. ....	96
Tabla 26 Longitud de cola observada y estimada Sector 6. ....	96



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Parque automotor matriculado por tipo de vehículo 2008 – 2013 en Cartagena-----	XII
Ilustración 2 Panorama del fenómeno del mototaxismo en el sector India Catalina. Cartagena – Colombia-----	24
Ilustración 3 Área De Estudio -----	XV
Ilustración 4 Localización de los sitios de estudio.-----	43
Ilustración 5 vista general del sitio de estudio 1 -----	46
Ilustración 6 11 Movimientos controlados por los semáforos Sector Castillo de San Felipe -----	47
Ilustración 7 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector Castillo de San Felipe -----	47
Ilustración 8 vista general del sitio 2 de estudio.-----	53
Ilustración 9 vista general del sitio 2 de estudio.-----	53
Ilustración 10 Sector de estudio -----	54
Ilustración 11 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector Mall Plaza. -----	54
Ilustración 12 Ubicación de las estaciones de aforos sector Mall Plaza. -----	55
Ilustración 13 Vista general del Sector India Catalina. -----	60
Ilustración 14 Movimientos controlados por los semáforos Sector India Catalina. -----	61
Ilustración 15 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector India Catalina-----	61
Ilustración 16 Localización de las estaciones de aforo sector India Catalina.-----	62
Ilustración 17 Vista general del Sector Las Tenazas. -----	66
Ilustración 18 Sector de estudio -----	67
Ilustración 19 Sector de estudio -----	68
Ilustración 20 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector India Catalina-----	68
Ilustración 21 Localización de las estaciones de aforo sector Las Tenazas -----	69
Ilustración 22 Sitio de estudio 5 Tórices -----	74
Ilustración 23 Sector de estudio Tórices-----	75
Ilustración 24 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector Tórices-----	76
Ilustración 25 Localización de las estaciones de aforo sector Tórices-----	77
Ilustración 26 Sitio de estudio 6 Barrio Crespo -----	81
Ilustración 27 Sector de estudio Tórices-----	82
Ilustración 28 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Barrio Crespo-----	83



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Ilustración 29 Localización de las estaciones de aforo Barrio Crespo-----83

Ilustración 30 Localización de los links de evaluación para la simulación de los Sectores 1 y 2. ---90

Ilustración 31 Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 3 -----90

Ilustración 32 Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 3 -----91

Ilustración 33 Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 4. -----91

Ilustración 34 Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 5. -----92

Ilustración 35 Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 6. -----92

Ilustración 36 Descripción situación actual sector 1 y 2-----98

Ilustración 37 Solución planteada por los autores para el sector 1 y 2 de estudio-----99

Ilustración 38 Solución peatonal para flujo libre.----- 100

Ilustración 39 Solución propuesta por TRANSCARIBE S.A. ----- 101

Ilustración 40 Descripción Sector 3 Situación actual ----- 102

Ilustración 41 Solución planteada para el sector 3 del estudio ----- 104

Ilustración 42 Solución peatonal para flujo libre.----- 105

Ilustración 43 Descripción de la situación actual del sector 4----- 106

Ilustración 44 Solución Planteada por autores sector 4----- 107

Ilustración 45 Solución peatonal para flujo libre.----- 108

Ilustración 46 Descripción de la situación actual del sector 5----- 109

Ilustración 47 Solución planteada por autores sector 5 ----- 110

Ilustración 48 Solución peatonal para flujo libre.----- 111

Ilustración 49 situación actual del sector 6 en estudio----- 112

Ilustración 50 Cambios Viales Propuestos para el sector 6 ----- 113

Ilustración 51 Solución peatonal para flujo libre.----- 114



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

## LISTA DE ANEXOS MAGNETICOS

- Anexo A.** Aforos Vehiculares
- Anexo B.** Composición Vehicular
- Anexo C.** Resultados De La Simulación
- Anexo D.** Simulaciones En Vissim 7.0
- Anexo E.** Estudio De Velocidades



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

## RESUMEN

De manera frecuente los sectores de una de una ciudad presentan situaciones de inseguridad operacional, debido al comportamiento inapropiado por parte de los usuarios que transitan e intervienen en la operación del sitio de intersección, el mal estado de la calzada o calzadas, entre otros factores. El tráfico vehicular en Cartagena se ha convertido en un problema para la ciudad por motivos como: insuficiente infraestructura vial, crecimiento del parque automotor, las diferentes obras que se realizan en las vías de la ciudad, mototaxismo y desorden en la organización de las rutas de buses entre otras, que generan grandes colas y demoras en el tráfico. Dadas estas, situaciones de riesgo, el presente documento, tiene como objetivo central diseñar un plan conceptual de movilidad vehicular para puntos críticos de los sectores *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaître* de la ciudad de Cartagena, Colombia. Mediante estudios de caracterización del flujo vehicular , utilizando herramientas informáticas adecuadas para mejorar la movilidad del sector y de la ciudad; Este tipo de conflictos presentes en estos puntos viales generan todo un conjunto de inconvenientes como inseguridad, largas colas de espera, obstaculización de la vía, invasión de andenes etc... que terminan afectando el nivel operacional o de servicio de los puntos, en consecuencia, Los resultados muestran que es posible establecer modelos que reflejen virtualmente las condiciones e incidencias que se presentan en la movilidad dentro del flujo de tráfico mixto en la ciudad. Además se proponen lineamientos técnicos para la adecuada solución de los mismos, orientando así el desarrollo de este tipo de proyectos en la ciudad de Cartagena Bolívar, de tal manera, que se brinde una mayor seguridad, al usuario más vulnerable de la vía: El Peatón.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

## ABSTRACT

Often the sectors of a city present situations of operational insecurity, due to the inappropriate behavior by users who are involved in the operation of the site of intersection, the poor state of the road or roads, among other factors. Vehicular traffic in Cartagena has become a problem for the city for reasons such as: inadequate road infrastructure, growth of the fleet, the different works that are performed in the ways of the city, mototaxismo and disorder in the organization of bus routes among others, causing large queues and delays in traffic. Given these risk situations, this document, has as a central objective design a conceptual plan of vehicular mobility for critical points of the sectors Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El Cabrero, Chambacú and Daniel Lemaitre of the city of Cartagena, Colombia. Through studies of characterization of the flow vehicles, using appropriate tools to improve the mobility of the sector and of the city; This type of conflict present in these vials points generate a whole set of problems such as insecurity, long queues of waiting, obstruction of the pathway, invasion of platforms etc. that end up affecting the level operational or service points, as a result, the results show that it is possible to establish models which virtually reflect conditions and incidents that occur in mobility within joint in the city traffic flow. In addition proposed technical guidelines for the proper solution of the same, thus guiding the development of this type of project in the city of Cartagena Bolívar, in such a way, that provide a safer, more vulnerable users of the road: the pedestrian.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la movilidad urbana ha cobrado vital importancia para los gobiernos y la ciudadanía en general. El concepto de movilidad urbana es muy amplio y abarca diversas instancias, desde los peatones hasta los sistemas integrados de transporte masivo. Sin embargo, puede sintetizarse diciendo que la movilidad urbana *“comprende todos los elementos asociados al desplazamiento de personas y bienes a través del espacio urbano. Las ciudades son espacios dinámicos y en este sentido la movilidad posibilita el flujo para que ésta pueda operar adecuadamente”* (Saldarriaga, 2007). El concepto de movilidad debe ser considerado en el conjunto de la dinámica urbana y desde luego, en el marco institucional, pues es importante la relación entre las políticas de desarrollo urbano y las políticas de transporte.

Entre las estrategias generales del desarrollo urbano que deben definir el modelo de ciudad que se desea, la estrategia de movilidad urbana debe calificar la circulación y el transporte público, creando oportunidades de desplazamientos en la ciudad y atendiendo las distintas necesidades de la población.

La mayor parte de las ciudades de América Latina, incluyendo las principales ciudades colombianas, enfrentan problemas que repercuten en los desplazamientos cotidianos de sus habitantes, afectando así la movilidad. *“Los problemas más complejos están asociados a la mala calidad del transporte público, el alto nivel de congestión, contaminación y accidentalidad, lo cual se traduce en inversiones muy altas, tanto en tiempo como en dinero, en la pérdida de vidas o en discapacidad para una parte de la población”* (Montezuma, 2007).

En el contexto nacional Cartagena es la sexta economía del país luego de Bogotá, Medellín, Cali, Barraquilla y Bucaramanga (DANE, 2012). Uno de los problemas más grandes que asume la ciudad es el concepto de movilidad, es decir, la capacidad que tienen sus habitantes para trasladarse de un lugar a otro con el ánimo de llegar a tiempo y en



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

excelentes condiciones (Cartagena Como Vamos, 2012). *“La movilidad en Cartagena es bastante deficiente pues no se cuenta con una excelente flota de buses urbanos que permitan el traslado eficaz y eficiente de la ciudadanía. Las rutas establecidas por las compañías de transporte urbano no son las mejores, en ocasiones no llegan a los sectores menos favorecidos o se retrasan en arribo a dichos puntos de llegada”* (Castro, 2011).

El principal problema no es sólo un asunto de desplazamiento; la inmovilidad puede traer consecuencias serias sobre el desarrollo y crecimiento económico de las ciudades y por ende del país, pues al no haber posibilidad de movilización, la productividad se ve limitada, *“el incremento del número de vehículos que circulan en las ciudades trae consigo efectos negativos sobre el medio ambiente por la emisión de gases contaminantes”* (Contraloría General de La República De Colombia, 2012). Para contrarrestar el problema se han implementado medidas que intentan reducir la cantidad de vehículos que circulan como el Pico y Placa, día sin moto, entre otras; dichas medidas han sido adoptada no sólo en otras ciudades del país sino también por países de habla hispana como Venezuela y México.

En la ciudad de Cartagena este escenario se articula con el incremento desproporcional del parque automotor matriculado en la misma ciudad, el cual experimentó una curva ascendente al pasar de 73.192 vehículos a más de 86.141 entre 2012 y 2013 Sin embargo, al desagregar esta cifra se identifica que más del 28% del crecimiento del parque automotor - entre 2012 y 2013- lo representan las motocicletas, mientras que las busetas y buses sólo aportan el 0.8% (Cartagena Como Vamos, 2014).

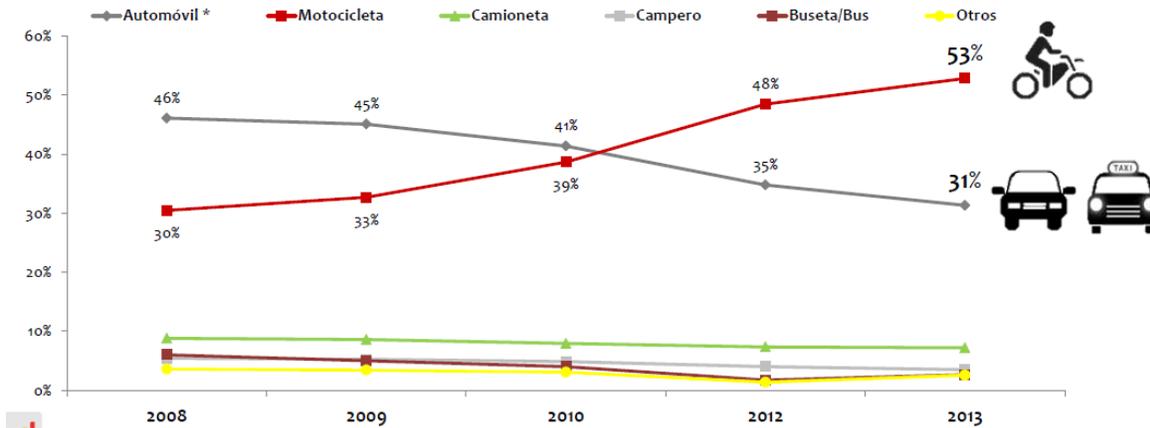


Ilustración 1 Parque automotor matriculado por tipo de vehículo 2008 – 2013 en Cartagena

Fuente: (Cartagena Como Vamos, 2014)

Al examinar la situación en materia de infraestructura vial en la Ciudad de Cartagena, cuya extensión es de más de 653Km, se encuentra –como señala el informe presentado por Cartagena Cómo Vamos-, que entre 2011 y 2012 se pasó de tener del 45% de estas vías en mal estado a más del 52% en 2012” (Jimenes molinello, 2012). En los últimos años Cartagena ha tenido un crecimiento importante y notorio que ha involucrado la ejecución de proyectos enmarcados en los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial del Distrito como el Sistema Integrado de Transporte Masivo TRANSCARIBE, el túnel semideprimido de Crespo, el mejoramiento de la Transversal 54 entre otros proyectos que se ejecutan en la actualidad.

El objetivo de esta investigación Diseñar un plan conceptual de movilidad vehicular y peatonal para puntos críticos de los sectores *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaitre* de la ciudad de Cartagena, Colombia. Mediante estudios de caracterización y utilizando herramientas informáticas adecuadas para mejorar la movilidad del sector y de la ciudad a partir de información primaria. Identificando falencias en materias de movilidad e identificando puntos críticos de los



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

sectores donde la movilidad se ve afectada y con base a la información recolectada diseñar soluciones conceptuales adecuadas para cada uno de los problemas obtenidos. Ante este panorama surge la pregunta ¿los diseños conceptuales productos de la evaluación de puntos críticos en las zonas de estudio, son alternativas de solución a los problemas de movilidad de los sectores?

El presente estudio brinda un soporte técnico al establecer y estudiar los principales problemas y algunos aspectos asociados a la movilidad en la ciudad de Cartagena, Colombia en puntos estratégicos de los sectores *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaitre*. Relacionando la demora ocasionada por el comportamiento de distintos vehículos dentro del flujo vehicular con los puntos en los cuales se afectan la movilidad en dichos sectores. En este estudio se implementó una metodología de modelación que incluyó el flujo masivo de vehículos en el tráfico vehicular, observando parámetros como velocidad y volumen vehicular para diferentes tipos de vehículos en días típicos y atípicos.

El desarrollo de este proyecto, perteneciente a la línea de investigación de tránsito, complementa los trabajos realizados en el pasado por el grupo de investigación de vías y transporte (**INVITRA**) de la Facultad de Ingeniería de la universidad de Cartagena. La información de campo fue recolectada mediante aforos, estudios de velocidades e inventarios de señalización en los sectores *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaitre*, teniendo en cuenta la metodología expuesta en los manuales para estudios de tránsito y transporte (Secretaría de Tránsito y Transporte de Santafé de Bogotá, 1998). Posteriormente, como guía en el desarrollo del modelo de simulación del tráfico en los sitios de estudio mencionados anteriormente, se utilizó el manual del programa VISSIM 7.0. Los resultados muestran que es posible establecer un modelo que refleje virtualmente los puntos donde se afecta la movilidad del flujo de tráfico mixto presente en los sectores de la ciudad.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan conceptual de movilidad vehicular para puntos críticos de los sectores *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaitre* de la ciudad de Cartagena, Colombia. Mediante estudios de caracterización y utilizando herramientas informáticas adecuadas para mejorar la movilidad del sector y de la ciudad.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar las deficiencias de movilidad vehicular en los sectores *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaitre* de la ciudad de Cartagena.
- ✓ Identificar principales factores que influyen en la movilidad vehicular de los sectores en estudio.
- ✓ Plantear el diseño de soluciones conceptuales de movilidad vehicular en los puntos críticos encontrados.



## 2. ALCANCE

Esta investigación identificó los puntos críticos en materia de movilidad sobre las vías principales de los sectores *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaître* de la ciudad de Cartagena, Colombia, con presencia de tráfico vehicular y peatonal, mediante una caracterización realizada a través de conteos vehiculares, estudios de velocidades e inventarios de señalización, tomando una muestra aleatoria representativa, para la recolección de información.



**Ilustración 2 Área De Estudio**

**Fuente:** (Midas Cartagena)

La recolección de datos se realizó durante el los meses de julio y agosto del 2014, durante lapsos del día, teniendo en cuenta condiciones normales de tráfico, y eventos especiales que se desarrollaron en la ciudad.

El alcance técnico de esta investigación, se enmarca en el estudio de simulación de un sistema vial, usando como herramienta el software PTV VISSIM, esta simulación se aplica sobre las los puntos críticos identificados en los sectores anteriormente mencionados de la ciudad de Cartagena de Indias, la simulación se realizó para la hora pico de máxima demanda en condiciones normales de tráfico vehicular y peatonal; esta



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

modelación y evaluación del flujo de transporte en estos sectores permitió determinar su funcionamiento, las características del tráfico que circula en la actualidad. Finalmente, se estableció si existían soluciones viables a la problemática presentada en los diferentes puntos críticos identificados y se plantearon si existían.

Esta investigación servirá como base para futuros proyectos en materia de movilidad que se realicen en la ciudad de Cartagena y en toda la región.

Este estudio no abarcó la red vial completa de los barrios *Crespo, Marbella, Tórices, Paseo Bolívar, Canapote, El cabrero, Chambacú y Daniel Lemaître* de la ciudad de Cartagena se realizó en sectores de la Av. Santander, Cra. 1, Cra. 14, Cra. 17, Calle 60, Calle 61 y Calle 70 de los barrios en mención. En el presente proyecto se realizó y se presenta la micro simulación y planteo de soluciones conceptuales de los puntos críticos de movilidad identificados mediante el software PTV VISSIM.



### 3. MARCO REFERENCIAL.

#### 3.1. MARCO TEÓRICO

A continuación se realizará una breve descripción de los fundamentos teóricos que se utilizarán en la investigación a realizar.

##### 3.1.1. Transporte

El concepto de transporte se utiliza para describir el acto y consecuencia de trasladar algo de un lugar a otro. También *“permite nombrar a aquellos artilugios o vehículos que sirven para tal efecto, llevando individuos o mercaderías desde un determinado sitio hasta otro”* (WordPress, 2008).

Para realizar un pronóstico del comportamiento del transporte, se deben diferenciar subgrupos tradicionalmente asociados al concepto de oferta y demanda, entre ellos encontramos: *el transporte público y el transporte privado*. El primero es un servicio regulado por el Estado, que se presta al público en general para el desplazamiento de bienes y personas, por operadores privados fundamentalmente, en vehículos adecuados para tal fin, por el cual se cobra una tarifa. Y el segundo son los desplazamientos que realizan las personas en sus propios vehículos.

La forma de trasladar personas o mercancías que se encuentran en lugares distantes a su destino en la razón del transporte. Los desplazamientos que se realizan tanto por vehículos de servicio público como privado, en un ámbito urbano o traspasando fronteras de dos o más municipios a esta forma de transportar se le denomina *transporte urbano e interurbano*, para trasladarse de un lugar a otro no necesariamente se debe realizar por medio de un vehículo motorizado es por ello existe el concepto de *transporte no motorizado* definido como aquel desplazamiento que realizan las personas a pié, o utilizando medios de transporte como la bicicleta, en vehículos de tracción animal o humana.



Para que el transporte se presente de una manera ordenada y eficiente existen algunos lugares diseñados para los vehículos denominados *estacionamiento* que son lugares públicos o privados requeridos por los vehículos en el origen y en el destino del viaje.

### 3.1.2. Movilidad

El concepto de movilidad, hace referencia a una nueva forma de abordar los problemas de transporte desde un marco integral, el cual busca hacer equitativo el uso de la malla vial por los diferentes actores, puesto que se considera un recurso escaso que nunca podrá crecer al ritmo que crece el parque automotor, con el fin de facilitar las nuevas necesidades de desplazamiento de las personas y de las mercancías, en una ciudad o región. *“En general, los desplazamientos de las personas y de las mercancías se han tornado cada vez más difíciles de realizar y de solucionar por parte de las administraciones locales, y todo parece indicar que el fenómeno seguirá creciendo en el futuro”* (Flechas, 2006).

En estas condiciones, se requieren esfuerzos innovadores que superen y complementen medidas como las enfocadas a ampliar las infraestructuras, regular el estacionamiento, cambiar la actitud de los usuarios, promover un mayor uso de medios alternativos, etc.

### 3.1.3. Aforos

Los aforos vehiculares y peatones son conteos de vehículos y personas que pasan por determinados puntos identificados previamente. *“Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda”* (GARBER Nicholas & HOEL Lester, 2004). Generalmente este tipo de estudios se realiza de forma manual denominándolos *aforos manuales*, este tipo de estudios se usan por lo habitual para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados. La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados



pueden durar hasta 24 horas. El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales. Durante periodos de tránsito alto, es necesaria más de una persona para efectuar los aforos. *“La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona”* (Pajaro Allen & Quezada Rafael, 2012).

#### 3.1.4. Tránsito

Es la acción de transitar, de pasar de un lugar a otro. *“Cuantifica el número de vehículos o personas o toneladas que pasan por una sección o tramo de vía en un periodo de tiempo determinado -Veh/hora, ton/hora, peatones/hora-”* (Flechas, 2006). Al realizar la acción de transitar se presenta muchas veces un fenómeno denominado **Congestión del tránsito** que es técnicamente, la situación que se crea cuando el volumen de demanda de tránsito en uno o más puntos de una vía excede el volumen máximo que puede pasar por ellos. También se dice que hay congestión cuando la interacción vehicular es tan intensa que impide que los usuarios de una vía puedan circular por ella cómodamente y sin demoras excesivas. *“Para que se produzca la congestión, es preciso que haya un aumento del volumen de demanda o una disminución del volumen máximo posible, con respecto a la situación que existía cuando no había congestión. Estos cambios pueden ocurrir a lo largo de la vía o a lo largo del tiempo. El primer caso sucede cuando el volumen máximo posible en el punto de la vía considerado es menor que el que existe corriente arriba de este punto en la vía o vías que conducen hasta allí el volumen de demanda. En ese punto ocurre lo que se suele llamar “embotellamiento” Cuando el volumen de demanda empieza a rebasar el volumen máximo posible, la congestión se inicia en el punto de “embotellamiento”, pues de otro modo empezaría corriente arriba. Ejemplos frecuentes de este caso son el comienzo de una pendiente fuerte o*



*curva cerrada, o bien la confluencia de dos o más corrientes vehiculares en el punto considerado. El segundo caso sucede, por ejemplo, cuando aumenta la demanda de viajes, inesperadamente o no, o cuando el mal tiempo o cualquier otra circunstancia reduce la velocidad de la corriente vehicular y/o alarga las brechas entre vehículos” (Crespo Carlos, 1999).*

**3.1.4.1. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).** Se define como el tráfico medio que recorre la vía por un día durante un cierto período de tiempo, que generalmente es un año, una semana, un mes.

### **3.1.5. Velocidad**

De forma general la velocidad es una magnitud física de carácter vectorial que expresa el desplazamiento de un objeto por unidad de tiempo. Se la representa por  $\vec{v}$  o  $V$ . Las dimensiones utilizadas son [L] longitud / [T] tiempo. Su unidad en el Sistema Internacional es el m/s. En virtud de su carácter vectorial, para definir la velocidad deben considerarse la dirección del desplazamiento y el módulo, al cual se le denomina celeridad o rapidez (Wikipedia, 2014).

Dentro de las velocidades en vehículos tenemos que se presentan las velocidades máxima y mínimas. Siendo **la velocidad máxima de los vehículos** como su nombre lo indica la máxima velocidad que puede alcanzar cualquier vehículo o motocicleta y está regulada de la siguiente forma:

- ✓ 30 km/h en zonas residenciales
- ✓ 50 km/h en vías urbanas y travesías.
- ✓ 100 km/h en autovías y carreteras convencionales con al menos dos carriles en cada sentido o provistas de arcén de más de 1,50 metros de ancho.
- ✓ 120 km/h en autopistas.
- ✓ 90 km/h en el resto de las carreteras.

Por lo general en las vías las limitaciones de velocidad más frecuentes son de velocidad máxima, también pueden aparecer señalizaciones de límite de velocidad



mínima, que obliga a conducir a una velocidad igual o superior a la que indica la señal desde la propia señal hasta una nueva señal de "fin de velocidad mínima" u otra que indique "velocidad máxima" con el mismo valor o inferior de allí parte en concepto de *La velocidad mínima de los vehículo*. Estas señalizaciones son frecuentes en las carreteras que disponen de carril para vehículos lentos a la derecha del carril principal, reservándose el carril principal a los vehículos que circulan por encima de una determinada velocidad, señalizada como velocidad mínima.

Al hablar de velocidad en estudios de movilidad, tránsito y transporte se presentan los conceptos de velocidad media de viaje, velocidad de operación, y velocidad puntual. Siendo la *velocidad media de viaje* aquella velocidad utilizada por un vehículo en un trecho de vía determinada por la longitud del trecho, por el tiempo medio gastado en recorrerlo, incluyendo los tiempos en que los vehículos están detenidos. La *velocidad de operación* es la velocidad más alta con que el vehículo puede recorrer una vía atendiendo las limitaciones impuestas por el tráfico, bajo las condiciones favorables de tiempo. No puede exceder la velocidad de proyecto. Y por último la *velocidad puntual* es la velocidad instantánea registrada de un vehículo cuando pasa por un punto determinado o sección de vía.

### 3.1.6. SemafORIZACIÓN

El semáforo es un aparato de funcionamiento electromagnético proyectado de modo específico para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones en las vías, con indicaciones visuales en el camino. Su finalidad principal es la de permitir el paso, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible. Se recomienda que la cara de todo semáforo debe tener por lo menos tres lentes: Rojo, ámbar, y verde; y cuando más, cinco lentes: Rojo, ámbar, flecha de frente, flecha izquierda y flecha derecha.

Se consideran Intersecciones semaforizadas las que están reguladas permanente o mayoritariamente mediante sistemas de luces que establecen las prioridades de paso



por la intersección. La semaforización de intersecciones puede ser un instrumento eficaz para la reducción de la congestión, la mejora de la seguridad o para apoyar diversas estrategias de transporte, la utilización de estos presenta unas ventajas y desventajas que enunciaremos a continuación.

Entre las principales ventajas encontramos:

- ✓ El uso de estos hace ordenada la circulación del tránsito y, en ciertos casos, llega a aumentar la capacidad de la calle.
- ✓ Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- ✓ Con espaciamientos favorables se pueden sincronizar para mantener la circulación continua, o casi continua, a una velocidad constante en una ruta determinada.
- ✓ Permiten interrumpir periódicamente el tránsito intenso de una arteria para permitir el paso de vehículos y peatones de las vías transversales.
- ✓ En la mayoría de los casos representan una economía considerable con respecto al control por medio de policías de tránsito.

Cuando se presenta que el proyecto o la operación de semáforos son deficientes, pueden existir las siguientes desventajas:

- ✓ Se incurrirá en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.
- ✓ Producen demoras injustificadas a cierto número de usuarios, en especial cuando se tratan de volúmenes pequeños de tráfico.
- ✓ Producen reacción desfavorable en el público con la consiguiente falta de respeto tanto a las señales, semáforos o hacia las autoridades.
- ✓ El excesivo número de accidentes del tipo de alcance, por cambios sorpresivos de color.
- ✓ Pérdida innecesaria de tiempo en algunas horas de día en el que el volumen de tráfico es pequeño y no se precisa de semáforos.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

- ✓ Aumento de la frecuencia o la gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, en especial cuando existen focos fundidos.
- ✓ El uso de semáforos portátiles causa confusión en algunos conductores.

Se debe tener en cuenta que en intersecciones rurales, la aparición intempestiva de semáforos produce por lo general accidentes, cuando no existen avisos previos adecuados.

### **3.1.7. Mototaxismo**

El mototaxismo es una actividad informal y una variable muy importante a tener en cuenta en este estudio debido a importancia que este transporte cumple en la ciudad de Cartagena. Este consiste en el uso de motocicletas para el transporte de pasajeros a cambio de una tarifa establecida por el conductor que varía según el recorrido. Este fenómeno surge en respuesta a la carencia de una estructura de movilidad que priorice el transporte público y ofrezca una alternativa real y eficiente al uso del transporte por parte de los habitantes.



**Ilustración 3 Panorama del fenómeno del mototaxismo en el sector India Catalina.  
Cartagena – Colombia**

**Fuente: (Suarez Christian & Alies Abraham, 2013)**

En países en vía de desarrollo el fenómeno del “Mototaxismo” se originó por la necesidad de la población de movilizarse desde sus hogares, donde muchas veces no se presenta una infraestructura vial adecuada, motivo por el cual no puede entrar el servicio individual y colectivo de buses, hasta los sitios de trabajo y/o estudio. El hecho de que las motocicletas sean un vehículo ligero, rápido y fácil de maniobrar, favorece que el usuario pueda recorrer el trayecto en menor tiempo. (Suarez Christian & Alies Abraham, 2013)

### **3.1.8. Seguridad Vial**

La seguridad vial es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, a través del conocimiento y



cumplimiento de las leyes y reglamentos, bien sea como conductor, peatón o pasajero, para usar correctamente las vías públicas, previniendo los accidentes de tránsito.

### **3.1.9. Accidentalidad Vial**

Los accidentes viales son una de las principales causas de muerte a nivel mundial debido a situaciones como la imprudencia, la falta de respeto a las leyes viales, el mal estado de las vías, la no existencia de leyes y demás contribuyen a generar esta situación.

Los accidentes viales involucran siempre a vehículos, ya sean estos (autos, camiones, bicicletas, autobuses u otros). En algunos casos, los accidentes viales toman lugar entre dos o más vehículos diferentes, mientras que en otros casos enfrentan a un vehículo con un transeúnte o peatón (quien siempre queda en inferioridad de condiciones en comparación con el vehículo). Normalmente, cuando se sucede algún tipo de accidente vial se producen heridos y, en ocasiones en las cuales el siniestro es grave o muy violento, muertes. Además, también se generan diferentes tipos de daños materiales a los vehículos involucrados, sean estos participantes directos o no.

Una de las causas más importantes de accidentes viales es la imprudencia o la inconciencia de los conductores o responsables de los vehículos. Hechos como conducir a altas velocidades, no respetar las luces en rojo, no dar paso a peatones, intentar pasar vehículos en lugares no permitidos, conducir bajo el efecto de narcóticos o alcohol, no seguir las reglas de vialidad tanto en espacios urbanos como rurales son sin duda faltas de gravedad que pueden generar accidentes de altísimo peligro no sólo para los que conducen sino también para los que se mueven con el mismo vehículo (es decir, acompañantes) e incluso para otros individuos que no actúan de manera irresponsable pero que se encuentran en el mismo espacio.



### 3.1.10. Ptv Vissim

Es una herramienta de software para la simulación microscópica y multimodal del tránsito, desarrollada por la empresa **PTV – Planung Transport Verkehr AG** en Karlsruhe, Alemania. El acrónimo deriva del alemán “Verkehr In Städten - Simulation” (en castellano “Simulación de tránsito en ciudades”). El fundamento teórico de VISSIM se sitúa en la universidad de Karlsruhe en los años 80 y su primera aparición como herramienta comercial en entorno Windows de Microsoft fue en el año 1992, con la versión 2.03. Actualmente lidera el mercado mundial. Este programa ha sido orientado paso a paso en el tiempo y basado en estudios de comportamiento de tránsito de los conductores para la modelación del tráfico urbano. Además del tráfico individual, se pueden modelar tráfico sobre rieles y de servicio público. Este se evalúa bajo diferentes condiciones externas como la composición del tráfico, distribución de carriles intersecciones controlados por semáforos y reglas de prioridad.

El paquete de simulación VISSIM consiste internamente de dos programas el simulador de tráfico y el generador de estado de señales. La simulación genera una animación en tiempo real de las operaciones del tránsito e internamente una generación de archivos de salida con acumulación de datos estadísticos tales como tiempos de viajes y longitudes de cola.

VISSIM usa el modelo del comportamiento psicofísico del conductor desarrollado por Wiedemann (1974). Los vehículos siguen uno a otro en un proceso de oscilación. Cuando un vehículo más rápido se acerca a un vehículo más lento en un solo carril se ajusta su separación. El punto de acción o de reacción consciente depende de la diferencia de velocidad, la distancia y el comportamiento del conductor. En conexiones de multi-carril se verifica si los vehículos manejan cambiando de carriles. Si ese es el caso, ellos verifican la posibilidad de



encontrarlos espacios aceptables en carriles vecinos. “*El seguimiento de vehículos y el cambio de carril forman un conjunto integrado en el modelo de tránsito.*” (PTV VISION, 2006).

#### **3.1.10.1. Aplicaciones De Vissim (Camargo & Sánchez, 2007).**

A continuación enunciaremos algunas de las aplicaciones más usadas de la herramienta informática Vissim.

- ✓ Puede ser utilizado para simular las intersecciones controladas con señales de seda el paso, pare, intersecciones semaforizadas con controlador de tiempos fijos o con semáforos actuando con programa VAP que dan un orden lógico a la intersección.
- ✓ Se utiliza para evaluar y controlar la viabilidad y el impacto de integrar sistemas de transporte masivo en redes urbanas y para este caso en particular solucionar problemas de movilidad.
- ✓ Vissim permite comparar de manera fácil y rápida posibles alternativas de solución para el mejoramiento de una intersección o un tramo de una vía específica.
- ✓ Permite evaluar el transporte público optimizando tiempos de viajes y demoras.
- ✓ Permite realizar análisis de capacidad y pruebas de los sistemas de prioridad de tránsito.
- ✓ Análisis de los sistemas de gerencia de tránsito tales como control alternativo de rutas, control de circulación, rutas de peaje, control de acceso y carriles especiales.
- ✓ Análisis de la vulnerabilidad de redes grandes con la opción alternativa de rutas usando la asignación dinámica.
- ✓ Simulación de áreas de tráfico calmado incluyendo a todos los usuarios relevantes del camino.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Simulación y visualización del pasajero que fluye en un centro multimodal de tránsito o modelo en 3D.

### 3.2. ANTECEDENTES

Los problemas generados por la movilidad no son sólo la congestión o la mala comunicación, como pareciera deducirse del tratamiento prioritario que dan a estos asuntos los medios de comunicación. Hay un gran número de impactos ambientales y sociales que produce el transporte motorizado, que tienen una fuerte y negativa repercusión en la calidad de vida de las personas. Todos juntos suponen de forma conjunta una significativa pérdida de habitabilidad de las ciudades.

Para mencionar solo algunos casos análogos donde se ha presentado problemas similares de movilidad resulta importante mencionar entre ellos, la ciudad de Buenos Aires, Argentina que en el área metropolitana de Buenos Aires presenta conflictos de transporte y de deterioro de la calidad de vida de sus habitantes. Sus principales problemas son la caída en la movilidad y la accesibilidad de su población, la degradación de las condiciones ambientales, los congestionamientos crónicos y los altos índices de accidentes.

Esta situación es producto de numerosos factores políticos, sociales y económicos, así como de decisiones tomadas en décadas pasadas relacionadas con las políticas urbanas, de transporte y de tránsito. En los últimos años, la tendencia en la región fue la adaptación paulatina de su infraestructura hacia el uso eficiente del automóvil, por medio de la ampliación y el mejoramiento del sistema vial para garantizar buenas condiciones de fluidez para este modo de transporte.

Con independencia de las acciones que puedan ser tomadas en el corto plazo para tratar de solucionar los problemas más urgentes, es claro que el principal inconveniente del área metropolitana de Buenos Aires reside en la falta de gestión y planificación unificada de su sistema de transporte (Banco De Desarrollo De America Latina, 2011).



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Otro caso importante se presenta en la ciudad de Medellín, Colombia donde en un estudio que se realizó debido a una problemática presentada en la carrera 58C entre las calles 54 y 55, alrededores de la plaza minorista, donde el creciente comercio ha obligado a los propietarios de estos locales a habilitar nuevas rutas de acceso al parqueadero contiguo a la plaza. Donde se presentan serios problemas de movilidad debido a la gran cantidad de vehículos que se presentan en la zona y el conflicto presentado debido al control en el acceso y salida de vehículos desde la central minorista de abastos ubicada en estas intersecciones dentro de este proyecto se analizaron varios factores como: el recorrido de las rutas de transporte urbano 006 y 039, de la empresa Trasconor, y con ello proponer cambios en su recorrido para mejorar las condiciones de circulación de la carrera 58C entre las calles 54 y 55 y a su vez optimizar las condiciones de operación de dicha ruta, además se analizó las cargas viales existentes y su distribución en la maya vial Evaluar el impacto generado por el acopio de taxis ubicado en la carrera 57 entre calles 55 y 57, y proponer alternativas de solución, con la realización de este estudio se buscó proponer un ordenamiento de circulación en las vías aledañas a la plaza minorista, más concretamente en la carrera 58C entre calles 54 y 55 con el fin de comunicar más efectivamente los parqueaderos 1 y 2 de dicha centro de comercio (Secretaria de Transporte Y Transito de Medellín, 2008).



### 3.3. ESTADO DEL ARTE

Interesados en presentar una panorámica sobre la compleja relación entre movilidad, aumento de la motorización e incremento demográfico, el autor del artículo “*Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo*” (Gakenheimer, 1998), focalizó su análisis en una amplia variedad de megaciudades pertenecientes al mundo en desarrollo, que a su vez exhiben explosivas tasas de crecimiento poblacional y expansión urbana, analizó temáticas como la conveniencia o inconveniencia de controlar el tamaño de las urbes, la disfuncionalidad entre diseño urbano y nuevas tecnologías y los dilemas asociados a la motorización en ciudades de ingresos dispares. El texto incluye además un balance respecto a las fortalezas y debilidades de ciertas innovaciones concretas en materia de administración pública de la movilidad.

Algunas investigaciones realizadas anteriormente han documentado los efectos ocasionados en la movilidad por el flujo masivo de motocicletas y de vehículos en algunas vías de la ciudad de Cartagena.

Para citar solo algunas se encontró el caso de la investigación titulada “*Estudio para medir la influencia de las motocicletas en la operación de las principales arterias de la ciudad de Cartagena*” (Tapia de Oro & Tatis, 2004), con la realización de este estudio se determinó la incidencia de las motocicletas en la operación de las principales arterias de Cartagena, analizando aspectos como el aumento en las tasas de accidentalidad, la velocidad de las motocicletas con relación a otros tipos de vehículos como automóviles y buses de transporte público, y el seguimiento de las normas de tránsito por parte de los conductores de las motocicletas. Sus resultados indicaron que la principal causa de accidentes en motocicleta es el exceso de velocidad, y la razón por la cual la tasa de accidentalidad creció de 12 a 13 % entre 2003 y 2004, está relacionada con la aparición de un fenómeno conocido como “mototaxismo” que incremento el volumen de motocicletas en las vías de la ciudad.



Además, en el estudio titulado “*Incidencia del mototaxismo en la movilidad de la Av. Pedro de Heredia en Cartagena Colombia*” (Guárdela Vásquez, Torres Ortega, & Gárces Del Castillo, 2009), se evaluó la incidencia del mototaxismo en la movilidad de la Av. Pedro de Heredia, a través de la revisión de los indicadores de accidentalidad de Cartagena desde el año 2002, los resultados de esta investigación mostraron que el aumento desmesurado de motocicletas generado por la actividad del mototaxismo durante la última década ha incidido de forma directa en la movilidad, reduciendo la capacidad de esta vía, y aumentando la tasa de accidentalidad de 13 a 38% entre 2002 y 2007.

Por su parte en el estudio realizado en la Av. Pedro de Heredia de la ciudad de Cartagena denominado “*análisis de la incidencia del tráfico mixto con motocicleta en la movilidad sobre la avenida Pedro de Heredia de la ciudad de Cartagena de indias d. t. y c. mediante estudios primarios y modelación con software ptv Vissim*” (Suarez Christian & Alies Abraham, 2013), se identificó a las motocicletas como el vehículo de mayor presencia en el flujo vehicular superando en algunos periodos de estudio a los automóviles. Se encontró también que a pesar de la restricción en la circulación de motocicletas en el Día Sin Moto, existe un volumen apreciable de estos vehículos que se desplaza en estos sectores de la ciudad hecho que se puede explicar teniendo en cuenta la aversión al riesgo de algunos conductores a infringir las normas y reglamentaciones de tránsito, principalmente los que ejercen la actividad del Mototaxismo.

Diferentes estrategias para el control del tráfico urbano se han presentado a lo largo del tiempo. En el artículo científico denominado “*control de tráfico vehicular usando anfis*” (Pedraza, Hernández, & López, 2012) se presenta el diseño de un modelo de tráfico vehicular, el cual examinó el tráfico existente en una vía a través de una serie de semáforos. A partir de este modelo se sincronizaron los tiempos de duración y de desfase de los semáforos, utilizando para ello el Sistema de Inferencia Difusa Basado en Redes Adaptativas (ANFIS). El modelo fue simulado y los resultados se evaluaron a nivel macroscópico con el modelo de tiempos fijos, que funciona actualmente en la



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

ciudad de Bogotá-Colombia, se obtuvo que al comparar la velocidad promedio de los 40 vehículos en los dos modelos puede observarse un comportamiento estable para el modelo ANFIS y una velocidad promedio mayor, aproximadamente un 85% con respecto al modelo de tiempos fijos. Al analizar los resultados se observó que el control de los semáforos con el modelo ANFIS fue más óptimo, ya que la densidad vehicular se reduce, permitiendo atender una mayor cantidad de vehículos en una misma distancia al compararse con el sistema de tiempos fijos. Se observó que la red adaptativa del modelo ANFIS se entrena durante 10 periodos, con lo que se alcanza un tiempo corto de ejecución. A medida que los periodos de entrenamiento de la red se aumentaron no se observó una mejora significativa en la velocidad de circulación vehicular y en cambio sí un aumento significativo en el tiempo de ejecución.

Entidades gubernamentales también se han dado a la tarea de realizar estudios de movilidad en la ciudad de Cartagena entre estos resaltamos el realizado en el año 2012 denominado “*Identificación y propuestas de solución en cinco puntos críticos de accidentalidad de peatones en la ciudad de Cartagena*” (Fondo De Prevención Vial, 2012) , en este estudio se identificó cinco (5) puntos críticos o tramos críticos de mayor accidentalidad vial con peatones en la ciudad de Cartagena y con base a ellos se plantearon alternativas de solución aplicables en el corto y mediano plazo que contribuyen a reducir los accidentes de tránsito. Con la realización de este estudio se concluyó que la infraestructura peatonal es inexistente en sectores o se presentan superficies deficientes y no accesibles, las condiciones generales de deterioro del espacio público y redes de servicio público (delincuencia) que afectan directamente la seguridad vial y social, en algunos sectores se presenta obstrucción de paso peatonal e invasión del espacio peatonal (aceras, rampas y cebras), el ascenso y descenso de pasajeros en zonas peligrosas e inapropiadas, se presenta ausencia de dispositivos de control, fases peatonales inexistentes o insuficientes.



#### 4. METODOLOGÍA

El procedimiento expuesto en la presente metodología obedece a una investigación aplicada de campo, basada en la recopilación de datos en diversos sitios de estudio. El análisis de la información de tipo cuantitativa y cualitativa registrada en este documento de investigación, para lo cual se tomaron los datos necesarios en campo mediante estudios que se llevaron a cabo en las zonas indicadas y se analizaran luego en el laboratorio (sala de simulación), en el cual se planteó una hipótesis y con la información recopilada se realizó la modelación empleando el software PTV VISSIM, donde se logró establecer soluciones conceptuales a los puntos críticos identificados en la zona de estudio.

La selección de los sitios de estudio que comprenden los sectores **Crespo, Marbella, Tórices, Paseo bolívar, Canapote, el cabrero, Chambacú y Daniel Lemaître de la ciudad de Cartagena**, obedeció a la presencia masiva de vehículos y un alto tráfico vehicular de estos sectores, y al parqueo de estos vehículos en puntos estratégicos a lo largo de la vía, que reducen el número de carriles efectivos para la operación del tránsito y afectan la movilidad del sector.

El marco de la investigación se dividió en varias etapas:

##### 4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En esta etapa se realizó la recolección de la mayor cantidad posible de información relacionada con el desarrollo de la investigación se inició desde el mes de marzo del año 2014. Seguido se describirá los diferentes métodos para la toma de información primaria en campo y la recolección de información secundaria. Las fuentes de información que se tuvieron en cuenta fueron:

- ✓ Bases de Datos en las cuales se encuentre suscrita la Universidad de Cartagena.
- ✓ Revistas científicas de trayectoria reconocida y de fácil disponibilidad en la red, estas deben ser especializadas en temas concernientes a movilidad urbana, seguridad vial y urbanismo.



- ✓ Publicaciones oficiales de entidades como la Corporación Fondo de Prevención Vial (CFPV), Cartagena Como Vamos (CCV) y, la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).
- ✓ Secretaria de planeación distrital y oficina de alumbrado público de la ciudad de Cartagena.

#### **4.1.1. Revisión Bibliográfica**

Para iniciar la investigación se buscó información bibliográfica en las instalaciones de la Universidad de Cartagena en donde se encontraron las siguientes tesis de grados:

- ✓ Diseño Preliminar y Modelación de las Intersecciones de los Accesos a los barrios San José de Los Campanos y la Carolina con la Doble Calzada Transversal del Caribe (Ruta Nacional 90) realizada por MARIA JOSE MERCADO Y ALEJANDRA SILVA
- ✓ modelación del tránsito vehicular en el sector bomba el amparo - sao la plazuela, Cartagena por medio del software ptv vissim realizado por: ALLEN MAURICIO PÁJARO ZAPARDIEL Y RAFAEL ANTONIO QUEZADA NARVAEZ
- ✓ Análisis de la Incidencia del Tráfico mixto con motocicleta en la movilidad sobre la Avenida Pedro de Heredia de la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C. mediante estudios primarios y modelación con software PTV VISSIM realizado por: ABRAHAM ALIES Y CHRISTIAN SUAREZ

Además se hizo una petición al Fondo de prevención vial de estudios realizados en cuanto a movilidad en la ciudad de Cartagena. Se obtuvo el siguiente informe:

- ✓ Identificación y propuestas de solución en cinco puntos críticos de accidentalidad de peatones en la ciudad de Cartagena realizado por: FONDO DE PREVENCIÓN VIAL

De todos estos estudios se obtuvo fundamento teórico para el presente documento.



#### **4.1.2. Inspección Visual**

Inicialmente se realizó un recorrido a lo largo de la zona de estudio que permitió identificar de manera preliminar los puntos donde se ve afectada la movilidad (**puntos críticos**), y teniendo en cuenta estos se elaboró un esquema de los tramos e intersecciones con su geometría general, los movimientos vehiculares y el cuadro de fases donde se relaciona la secuencia de los diferentes movimientos realizados por los vehículos.

#### **4.1.3. Aforos Vehiculares**

La toma de información de los volúmenes de tránsito se empleó el método de conteo manual, que permitirá obtener información detallada sobre la clasificación vehicular (Motos, Autos, Buses, etc.), movimientos direccionales de las intersecciones y accesos, dirección de recorrido, uso de carriles y obediencia a los dispositivos para el control del tránsito en los sitios de estudio.

Para realizar el proceso de conteos se tuvo en cuenta el esquema de cada tramo e intersección estudiada, el cual incluye la geometría básica, la identificación de todos los movimientos vehiculares, permitidos o no, y las fases de los semáforos, en caso de ser una intersección controlada por este tipo de dispositivo, así como las ubicaciones de los puntos de control. El personal de campo consistió en un número de (4) aforadores por cada sitio de estudio repartiéndose la toma de información de acuerdo con los movimientos que se generan en el punto.

Los aforos vehiculares se realizaron días típicos correspondientes a un día de semana entre el los días lunes y jueves y días atípicos entre viernes y sábado, en los horarios de seis (6:00) a once (11:00), y de dieciséis (16:00) a veinte (20:00) horas del día, en todas las estaciones definidas para tal fin, para de esta manera se pudo determinar la hora pico de máxima demanda de cada uno de los puntos críticos.



La información de campo se registró en períodos de 15 minutos, clasificándola de acuerdo con el tipo de movimiento (directo, giro a derecha y giro a izquierda), y de acuerdo con el tipo de vehículo (Motos, Autos, Buses y Camiones), a medida que van entrando al tramo o intersección objeto de estudio. Los registros se realizaron en forma individual anotando con números para cada tipo de vehículo.

En el Anexo A se encuentran todos los formatos de campo debidamente diligenciados para el registro de los volúmenes vehiculares.

#### 4.1.4. Aforos Peatonales

Se realizó la identificación por puntos y se tomó la recomendación que se da por parte de la juntas de investigación del transporte de la academia nacional de ciencias de los Estados Unidos en el manual Highway Capacity Manual (HCM) con un número mínimo de **250 peatones cruzando la intersección por hora**; debido a que el volumen peatonal en las observaciones realizadas en los puntos identificados y propuestos para el estudio eran despreciables.

#### 4.1.5. Estudios de Velocidades

Para la obtención de los datos de las velocidades se empleó el estudio de velocidad puntual, que permitió obtener información detallada sobre la velocidad a flujo libre y la velocidad de acercamiento de motocicletas, automóviles, buses, camiones y todos los vehículos que se encuentren en las zonas. El tamaño de la muestra a tomar ( $n$ ), necesario para no rebasar el error tolerable de la media aritmética de las velocidades, se obtendrá por medio de la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ mínimo de observaciones} = \left( \frac{\text{Constante } Z * \text{Desviación estándar}}{\text{Error máximo tolerable}} \right) \quad (1)$$

El error máximo tolerable de la media aritmética de las velocidades, se limitó a 2 km/h con un nivel de confianza de 99,7 %. Se empleó una desviación estándar de 8 km/h (Tabla 1) y una constante  $z$  de 3 (Tabla 2), sustituyendo estos valores en la



Ecuación 1 se obtuvo un total de ciento cuarenta y cuatro (144) aproximadamente ciento cincuenta (150) observaciones.

**Tabla 1 Desviaciones estándares de velocidades puntuales para distintos tipos de tránsito y vías.**

Tipo de Tránsito	Tipo de Vía	Desviación Estándar (Km/h)
Rural	Dos carriles	8.5
Rural	Cuatro carriles	6.8
Intermedio	Dos carriles	8.5
Intermedio	Cuatro carriles	8.5
Urbano	Dos carriles	7.7
Urbano	Cuatro carriles	7.9
<b>Valor redondeado</b>		<b>8</b>

**Fuente:** (Secretaria de Tránsito y Transporte de Santafe de Bogotá, 1998)

**Tabla 2 Valores de z para varios niveles de confianza**

Nivel de confianza (%)	Valor de la constante z
68.3	1
90	1.64
95	1.96
95.5	2
99	2.58
99.7	3

**Fuente:** (Secretaria de Tránsito y Transporte de Santafe de Bogotá, 1998)

El método empleado para la toma de datos se basó en la medida del tiempo de recorrido de una distancia fija. Teniendo en cuenta la apreciación de la velocidad máxima de los



vehículos que se observaron, se tomó una longitud base de 75 m. Esta distancia se midió a media cuadra de cada sitio de estudio, evitando la influencia de los semáforos.

El personal de campo consistió en dos personas por punto los cuales se encargaron de observar y tomar los resultados del proceso, el personal se dotó de un cronometro y cinta métrica, con los cuales se midieron los tiempos que tardaron los vehículos en recorrer la longitud base. Cada observador se capacitó previamente, explicándole el alcance del estudio y la importancia que la información de campo tomada correspondiera efectivamente a la realidad.

Los estudios de velocidad se realizaron, durante la hora pico de máxima demanda bajo las condiciones más críticas, en cada sector, bajo condiciones estándares y con pavimento seco.

#### **4.1.6. Inventarios de Señalización**

La información concerniente a los dispositivos para el control del tránsito se realizara un inventario de señalización vial y de semáforos, que permitirá obtener datos sobre la ubicación, cantidad y estado de estos elementos, a lo largo de los sitios de estudio.

El personal de campo requerido consistió de dos (2) inspectores dotados de una (1) cinta métrica, que identificaron el tipo, cantidad y estado de los elementos de señalización, localizándolos según su distancia a ciertos puntos de referencia. Cada inspector se capacitó previamente, suministrándole la mayor información relacionada con la codificación de los diferentes dispositivos que regulan el tránsito. El inventario vial se realizó los días lunes, martes y miércoles, 21, 22 y 23 de julio de 2014 respectivamente, bajo condiciones climatológicas favorables.

En los Anexos D se ejemplifica un formato de campo debidamente diligenciado para la inspección visual de la señalización.



## 4.2. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO

Una vez obtenida la información primaria y secundaria necesaria para el desarrollo del proyecto se digitalizó y se procesó, para facilitar la interpretación y la entrada de datos requeridas para la simulación, donde se tuvo en cuenta los siguientes datos:

- ✓ Composición vehicular
- ✓ Longitudes de cola
- ✓ Velocidad media de cada tipo de vehículo
- ✓ Tiempo de demora de los vehículos
- ✓ Se estableció una hora pico representativa con el máximo volumen vehicular
- ✓ Capacidad y niveles de servicio

La reducción de los datos recolectados en campo se llevó a cabo procesando toda la información en hojas de cálculo electrónicas que facilitaron su tratamiento y posterior análisis. El ordenamiento de estos valores en tablas y gráficos permitió hacer una descripción cuantitativa de las condiciones observadas en los sitios de estudio

Para la representación de los resultados se crearon gráficas correspondientes de los datos mencionados anteriormente y se realizará la modelación de los puntos críticos con el cual se plantearon las soluciones

Para la información obtenida de los aforos vehiculares se realizaron los siguientes cálculos:

- ✓ ***Volumen horario máximo de tránsito.*** Permite determinar el máximo volumen de tránsito registrado durante el período del estudio, y a través de éste se identificó cuál fue la hora pico. Se expresa en vehículos por hora.
- ✓ ***Volumen horario mínimo de tránsito.*** Permite determinar el mínimo volumen de tránsito registrado durante el período del estudio, y a través de éste se identificó cuál fue la hora de menor demanda. Se expresa en vehículos por hora.
- ✓ ***Volumen total de tránsito.*** Se determinó para todo el período del estudio o del día, por tipo de vehículo. Se expresa en vehículos dividido por el período del estudio.



- ✓ **Composición vehicular.** Se calculó en forma porcentual tanto para todo el período del estudio, como para los períodos picos de la mañana y de la tarde. Se expresa en porcentaje.

### 4.3. MODELACIÓN EN PTV VISSIM

A partir de los datos obtenidos mediante las fases de recopilación, procesamiento y análisis de la información primaria y secundaria, se desarrolló el modelo base que representa las condiciones actuales del diseño y operación del tramo o punto crítico objeto de estudio. A continuación se describe los pasos implicados en el desarrollo del modelo base.

#### 4.3.1. Desarrollo de la Red Vial

Para el desarrollo de la red vial se emplearon los planos suministrados por la secretaria de planeación distrital de Cartagena de indias como imagen de fondo del modelo. Luego, tomando como guía esta imagen, se crearon los enlaces y conectores necesarios para representar exactamente los atributos físicos de los sitios de estudio.

#### 4.3.2. Definición de Parámetros

Los datos de entrada del modelo se definieron mediante los siguientes parámetros:

- ✓ **Vehículos:** Se indicaron las características técnicas de cada tipo de vehículo observado en el estudio.
- ✓ **Distribución de velocidad:** Se definieron los valores máximos y mínimos de la velocidad así como la distribución entre estos valores para cada categoría de vehículos presente en el modelo, según los valores obtenidos en campo se realizó una media de velocidades para realizar el modelo de las condiciones actuales del sector.
- ✓ **Volumen y composición vehicular:** Se indicó el volumen y la composición vehicular presente en la hora de máxima demanda según los resultados obtenidos en campo.



### **4.3.3. Calibración Del Modelo Y Modelación Del Área De Estudio En El Software PTV VISSIM**

Con base en la información recolectada se procedió a la calibración del modelo a las condiciones presentes en los sectores de estudio, según el modelo widermann que está basado en la percepción y reacción de los conductores en las diferentes situaciones de tránsito presentadas en la vida real.

Para replicar las condiciones observadas en los sitios de estudio, se comparó el modelo con las condiciones reales, realizando ajustes a parámetros como la distribución de velocidad deseada, distancia mínima lateral y de seguridad así como los comportamientos característicos de conducción.

Tomando estos parámetros como datos de entrada del modelo, se llevó a cabo la simulación durante un tiempo total de 3600 segundos, obteniendo como datos de salida la máxima longitud de cola, el promedio de longitud de colas, la estimación de las demoras, los retrasos y las paradas promedio por vehículo, así como los volúmenes vehiculares por movimiento para todas las categorías de vehículos.

El proceso de calibración del modelo consistió en comparar los valores estimados con los observados en campo, modificando los parámetros y corriendo la simulación hasta lograr un error tolerable entre los datos. Para comprobar la validez del modelo, se compararon los valores promedio de longitud de colas obtenidos en la simulación con los valores de las longitudes de colas observados en campo.

### **4.4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

Después de haber realizado un total de 10 simulaciones, se procedió a realizar un análisis de los resultados de la siguiente forma:



#### 4.4.1. Análisis de Longitud de Cola y Demora Promedio

Usando la información que arroja el modelo, se examinó las longitudes de colas y las demoras por vehículo como criterio para evaluar los niveles de servicio de los sitios de estudio en este caso las intersecciones.

#### 4.4.2. Estimación de los Niveles de Servicio

Para evaluar el nivel de servicio ofrecido por las intersecciones (puntos críticos}, se utilizó las técnicas del “Highway Capacity Manual” (TRB, 2000), en el que se establece el nivel de servicio por la demora promedio que sufren los vehículos en ella (Tabla 3).

**Tabla 3 Niveles de servicio para una intersección con semáforos.**

Nivel de Servicio	Demora Promedio (Seg.)
A	< 10
B	10.1 – 20
C	20.1 – 35
D	35.1 – 55
E	55.1 – 80
F	> 80

Fuente: (TBR, 2000)

## 5. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados que se obtuvieron en los diferentes estudios realizados durante la ejecución de la presente investigación.

### 5.1. INSPECCIÓN VISUAL E IDENTIFICACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

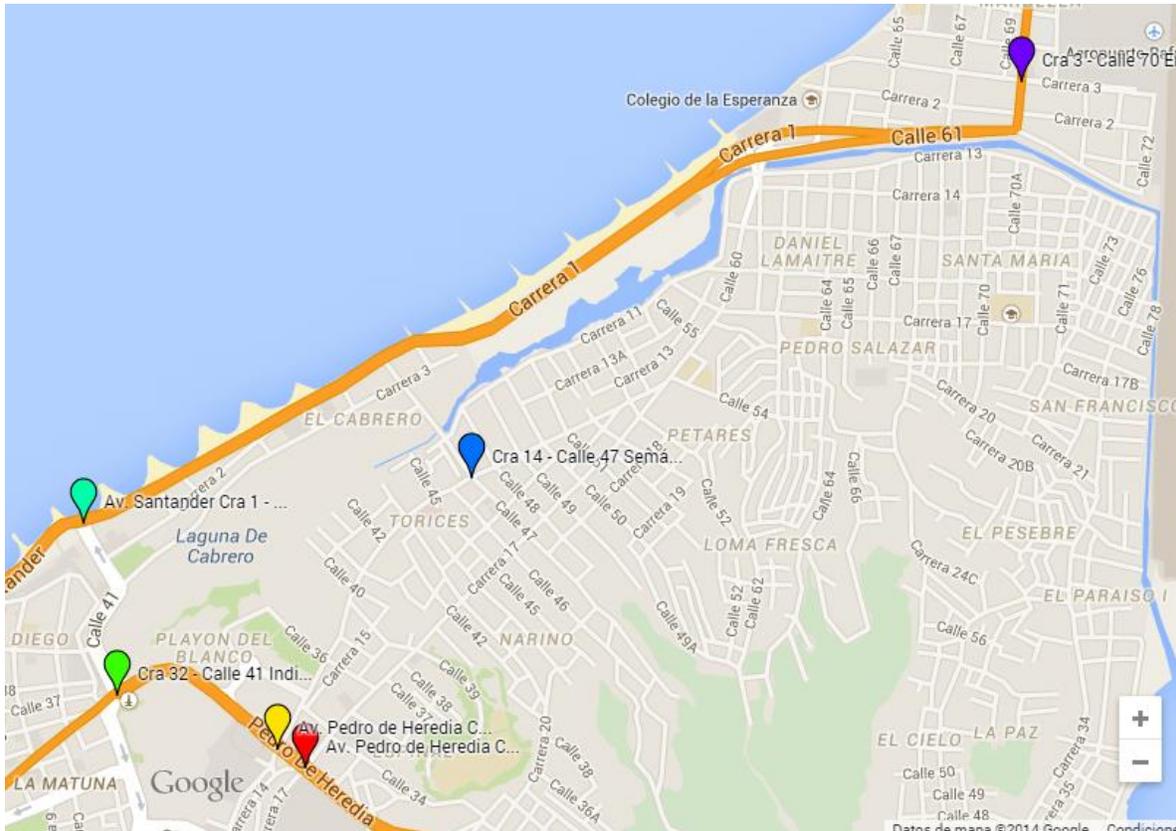
Los sitios en los que se involucra y se presenta un flujo masivo vehicular, de los sectores CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR, CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE de la ciudad de Cartagena con base en la inspección visual realizada por los investigadores, se relacionan en la Tabla 4 y su localización general se muestra en la ilustración 3.



**Tabla 4 Sitios de estudio.**

ID	Localización	Punto de referencia
1	Av. Pedro de Heredia Cra 17	Castillo De San Felipe
2	Av. Pedro de Heredia Cra 14	C.C. Mall Plaza
3	Cra 32 - Calle 41	India Catalina
4	Av. Santander Cra 1 - Calle 41	Las Tenazas
5	Cra 14 - Calle 47	Semáforo Tórices
6	Cra 3 - Calle 70	Entrada al Aeropuerto

**Fuente:** Autores



**Ilustración 4 Localización de los sitios de estudio.**

**Fuente:** Google maps (Modificado Por Autores)



## 5.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

La caracterización de cada sitio de estudio se realizó para determinar qué aspectos pueden influir en la movilidad tales como aspectos físicos y operacionales, con base en la información disponible y la recolectada en los estudios de campo.

Para realizar la caracterización del componente operativo se tuvo en cuenta la cuantificación de las variables de tránsito vehicular que demandan cada uno de los puntos o tramos considerados, el tipo de regulación y las características de los sistemas de control de tránsito que posee.

El aspecto físico contempla las condiciones actuales de cada sitio. Involucra el tipo y estado de pavimento, inventario de señalización vertical y horizontal, geometría de las vías entre otros detalles que se consideran relevantes para este tipo de estudio.

### 5.2.1. Sector 1: Av. Pedro de Heredia Cra 17, Castillo De San Felipe

A continuación se ilustran las características principales de la intersección ubicada en la avenida Pedro de Heredia sector pie del cerro, frente al castillo de San Felipe de barajas.

#### 5.2.1.1. Descripción General

El sitio de estudio que se denomina No. 1, se localiza en un importante sector de la ciudad conocido como pie del cerro en la Av. Pedro de Heredia o Cra 17 y el castillo de San Felipe de barajas.

EL tramo está conformado por dos calzadas de dos carriles sentido sur - centro cada una y un carril sentido Centro - Sur que no se encontraba en funcionamiento durante el presente estudio, esta vía se divide en una glorieta que se encuentra en la intersección a la altura de la cra 17 ubicada en el costado occidental del castillo de San Felipe. La actual configuración considera el funcionamiento del sistema de transporte público masivo TRANSCARIBE que entrará en operación en los próximos años. La operación actual es temporal y



hace parte del plan de manejo de tránsito que se adoptó para las obras. En la Tabla 5 se presenta un resumen de algunos aspectos importantes de las características del sitio y la imagen de la ilustración 5 muestra una vista general del sitio.

**Tabla 5 Inventario Sector Pie Del Cerro**

Ítem	Características
<b>Sitio de Estudio</b>	1
<b>Señalización vertical</b>	Existe: si
	Estado: Bueno
<b>Señalización Horizontal</b>	Existe: si
	Estado: Regular
<b>Paso Peatonal</b>	A nivel Señalizado (cebras)
<b>Condición y operación</b>	
<b>Pavimento</b>	Tipo: Rígido
	Estado: Bueno
<b>Carriles</b>	Numero: Entre 2 y 3 carriles
	Ancho: 3 Metros
<b>Centros Atractivos</b>	Sitios Turísticos, Entidades gubernamentales, establecimientos comerciales, estación de transporte informal
<b>Dispositivos</b>	Semáforos

**Fuente:** Autores



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

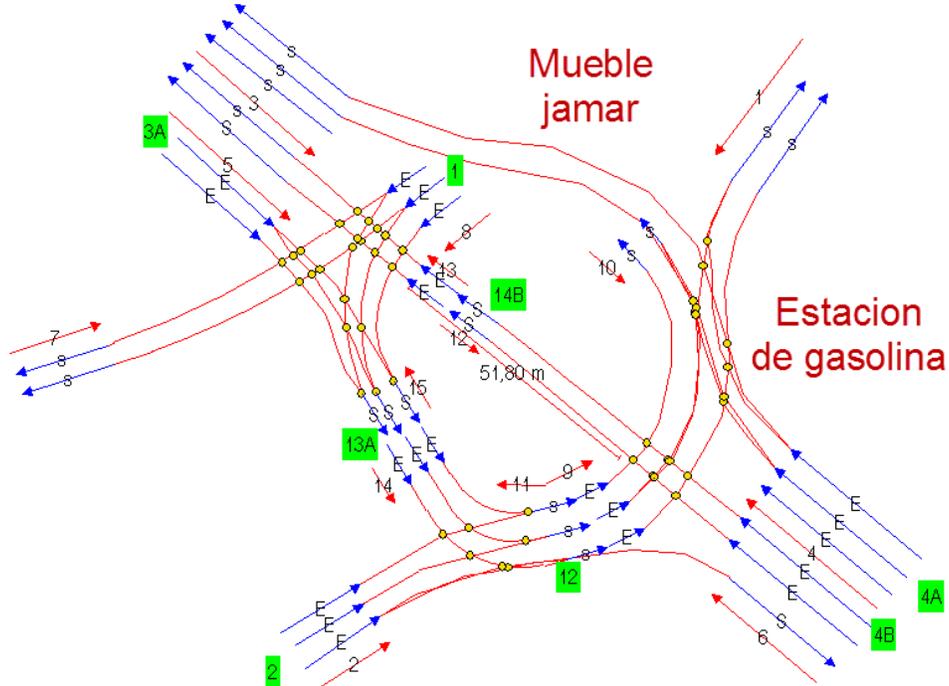


**Ilustración 5** vista general del sitio de estudio 1

**Fuente:** Autores

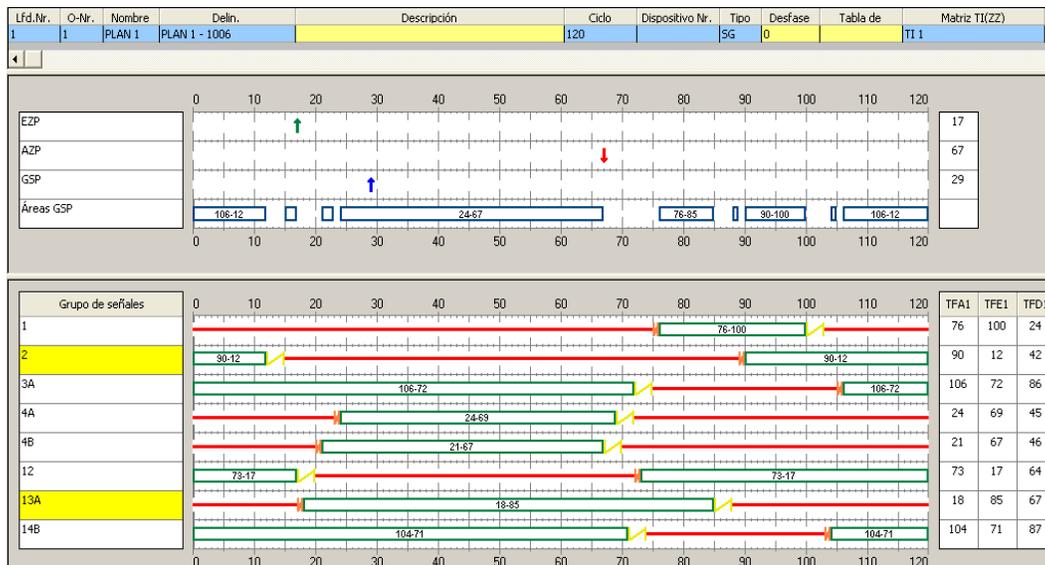
**5.2.1.2. Dispositivos para el Control de Tránsito**

Los semáforos ubicados en el tramo controlan el movimiento vehicular y peatonal como se muestra en la Figura 18, operan con un ciclo de 120 segundos y su plan semafórico con para la hora pico de máxima demanda vehicular; en la ilustración 7 se muestra el diagrama de los tiempos de fase de los semáforos.



**Ilustración 6 11 Movimientos controlados por los semáforos Sector Castillo de San Felipe**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



**Ilustración 7 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector Castillo de San Felipe**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



### 5.2.1.3. Volúmenes Vehiculares

El análisis de la variación horaria del volumen vehicular en las 4 estaciones del sector pie del cerro reveló que la hora pico de máxima demanda para este tramo se encuentra en el período de 16:00 – 17:00 horas del día atípico, con un valor de **5736** vehículos mixtos/hora. Respecto al volumen vehicular se puede observar en la Figura 1 que durante los periodos de aforo de la mañana y el medio día no existe mayor fluctuación, es decir este se mantiene aproximadamente uniforme, mientras que en el período de la tarde se presenta un pico muy marcado.

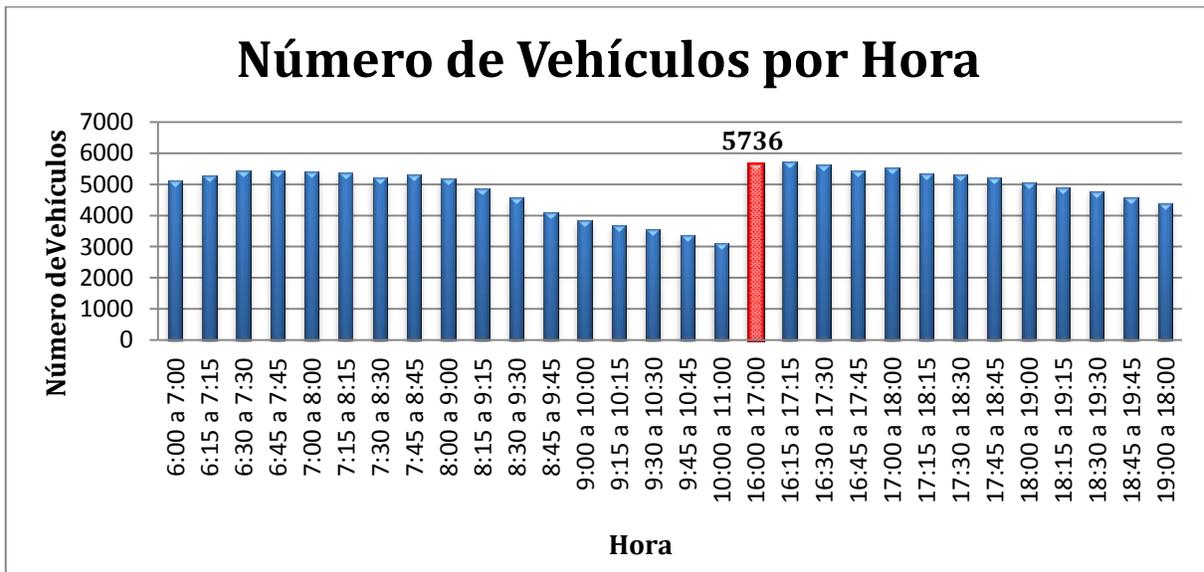
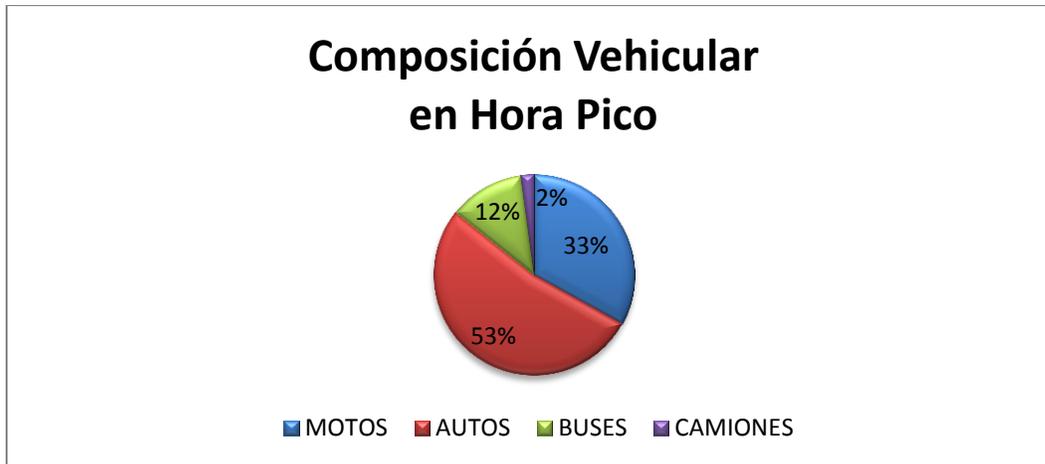


Figura 1 Variación horaria del volumen de tránsito en Sector 1 Castillo de San Felipe para día de máxima demanda vehicular.

Fuente: Autores

Como se observa en la figura anterior la variación del volumen de tránsito para la hora de máxima demanda corresponde para el periodo comprendido entre las 16:15 a 17:15 con un total de **5736** vehículos mixtos en la intersección y la hora de mínima demanda comprendida entre las 10:00 a 11:00 con un total de **3129** vehículos mixtos.



**Figura 2 Composición vehicular para la hora de máxima demanda Sector 1 Castillo de San Felipe.**

**Fuente:** Autores

La Figura 2 ilustra la variación horaria del volumen vehicular para el período de máxima demanda definido anteriormente el volumen total máximo observado corresponde a las automóviles con un 53% del total de vehículos en la intersección esto quiere decir que hay un total de 3040 vehículos/hora, seguido por las motos con 33% lo que equivale a 1893 vehículos/hora, luego los buses con 12% lo que equivale a 688 vehículos/hora y por último los camiones con un 2% del total de vehículos en la intersección lo que equivale a 115 vehículos/hora. La tendencia de los datos muestra que durante el período de aforo de la mañana existe un incremento en el volumen vehicular en las primeras horas posiblemente debido a que en ese periodo inician las jornadas laborales y este sector es un paso obligado hacia el centro de la ciudad desde la zona sur, a medida que avanza el día el volumen vehicular va disminuyendo en el sector de estudio. Finalmente, en el período de la tarde se presenta un incremento en el volumen vehicular lo que indica una afluencia mayor de pasajeros en esas horas. En cuanto se observa que buses y camiones, se puede observar que mantienen un comportamiento aproximadamente uniforme en todos los periodos del estudio (**Ver anexo A aforos Vehiculares**).



#### 5.2.1.4. *Velocidades*

El estudio de velocidad se realizó como velocidad puntual que permitió conocer cuál es la velocidad de acercamiento de motocicletas, automóviles, buses, camiones como complemento a los resultados de los aforos mencionados anteriormente, durante la hora de máxima demanda identificada en los estudios vehiculares, obteniendo de esta manera resultados característicos de velocidad por tipo de vehículo. Como resultado general se resalta que la velocidad promedio de aproximación más alta corresponde a las motocicletas que, seguida de los autos, buses y camiones en hora pico, en las siguientes figuras se ilustran los resultados obtenidos en el estudio de velocidad para la hora pico de máxima demanda.

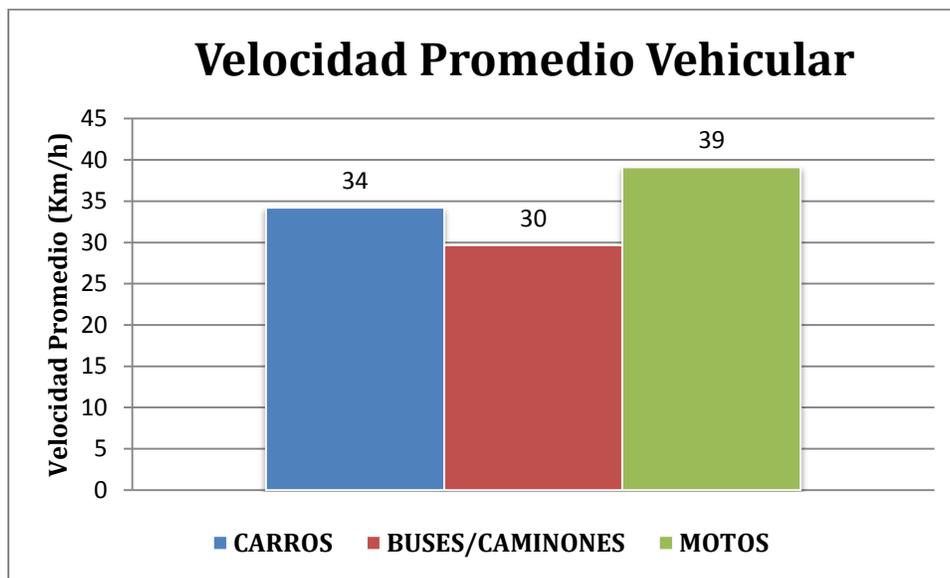


Figura 3 Velocidad promedio vehículos en sentido Av. Pedro de Heredia – Centro

Fuente: Autores

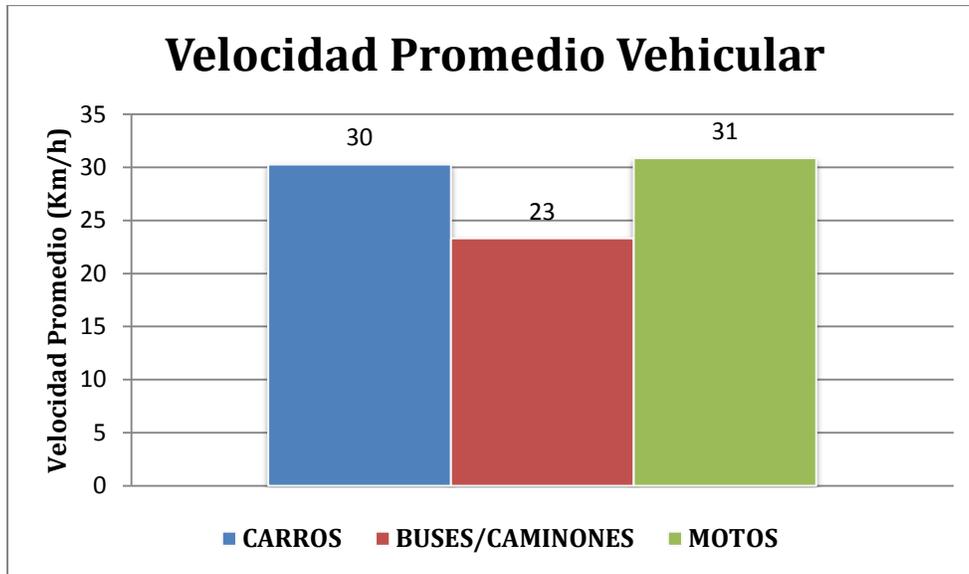


Figura 4 Velocidad promedio vehículos en sentido Castillo de San Felipe - P.B.  
Fuente: Autores

### 5.2.2. Sector 2: Av. Pedro de Heredia Cra 14, C.C. Mall Plaza

A continuación se ilustran las características principales de la intersección ubicada en la avenida pedro de Heredia sector pie del cerro, frente al castillo de San Felipe de barajas.

#### 5.2.2.1. Descripción General

El sitio de estudio que se denomina No. 1, se localiza en un importante sector de la ciudad conocido como pie del cerro en la Av. Pedro de Heredia o Cra 17 y el castillo de San Felipe de barajas.

EL tramo está conformado por dos calzadas de Cinco (4) carriles en la parte izquierda de la av. Pedro de Heredia sentido sur – centro y Tres (2) Carriles en la parte derecha de la misma avenida sentido sur – centro y una calzada sentido centro – sur que no se encontraba en funcionamiento durante el presente estudio, además esta intersección se encuentra alimentada por una calzada con un flujo vehicular proveniente del barrio Tórices, paseo bolívar y alrededores con dos carriles en sentido Norte - Nororiente. La actual configuración aún no considera el funcionamiento del sistema de transporte



público masivo TRANSCARIBE que entrará en operación en los próximos años. La operación actual es temporal y hace parte del plan de manejo de tránsito que se adoptó para las obras. En la Tabla 6 se presenta un resumen de algunos aspectos importantes de las características del sitio y la imagen de la ilustración 4 y 5 muestra una vista general del sitio.

**Tabla 6 Inventario Sector Pie Del Cerro - Mall Plaza**

Ítem	Características
Sitio de Estudio	2
Señalización vertical	Existe: si
	Estado: Bueno
Señalización Horizontal	Existe: si
	Estado: Regular
Paso Peatonal	A nivel Señalizado (cebras)
Condición y operación	
Pavimento	Tipo: Rígido
	Estado: Bueno
Carriles	Numero: Entre 5, 3 y 2 carriles
	Ancho: 3 Metros
Centros Atractivos	Sitios Turísticos, Entidades gubernamentales, establecimientos comerciales, Estación de transporte informal
Dispositivos	Semáforos

Fuente: Autores



**Ilustración 8** vista general del sitio 2 de estudio.

**Fuente:** Autores



**Ilustración 9** vista general del sitio 2 de estudio.

**Fuente:** Autores

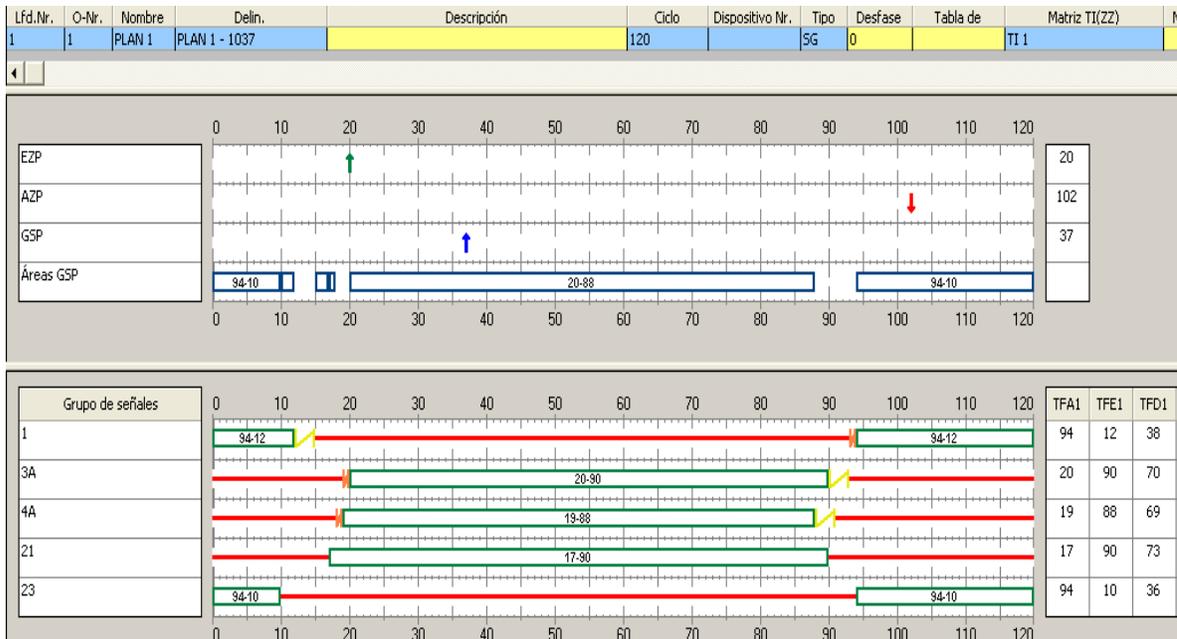
#### **5.2.2.2. Dispositivos para el Control de Tránsito**

Los semáforos ubicados en el tramo controlan el movimiento vehicular y peatonal como se muestra en la Figura 18, operan con un ciclo de 120 segundos y su tiene 5 planes semafórico, para la hora pico de la mañana, de la tarde, nocturno, madrugada y fines de semana. En la ilustración 11 se muestra el diagrama de los tiempos de fase de los semáforos para la hora pico de máxima demanda para este sector.



**Ilustración 10 Sector de estudio**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



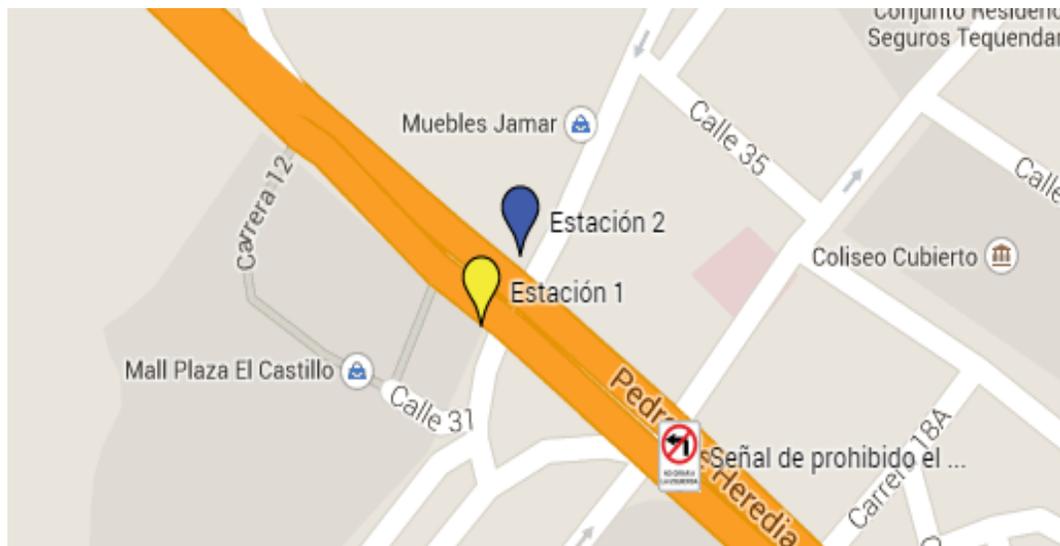
**Ilustración 11 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector Mall Plaza.**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



### 5.2.2.3. *Volúmenes Vehiculares*

El análisis de la variación horaria del volumen vehicular en las 2 estaciones del sector pie del cerro reveló que la hora pico de máxima demanda para este tramo se encuentra en el período de 16:00 a 17:00 horas, con un valor de 5.793vehículos mixtos/hora en el día atípico. La ilustración 12 muestra la localización de las estaciones de aforo. Respecto al volumen vehicular se puede observar en la Figura 5 que durante los periodos de aforo de la mañana y el medio día no existe mayor fluctuación, es decir este se mantiene aproximadamente uniforme, mientras que en el período de la tarde se presenta un pico muy marcado.



**Ilustración 12 Ubicación de las estaciones de aforos sector Mall Plaza.**

Fuente: (Google Inc.) Modificado por Autores

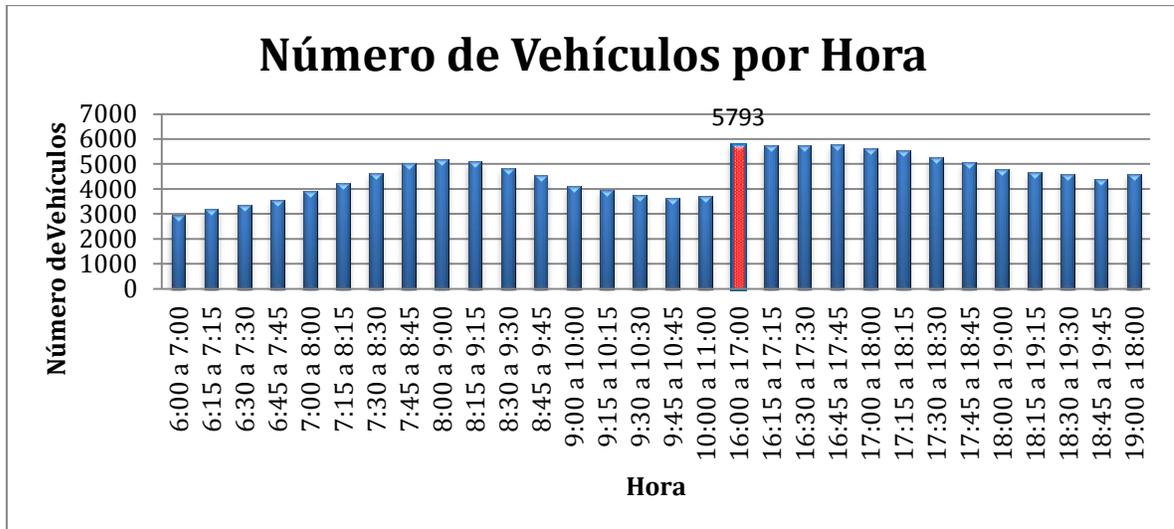


Figura 5 Variación horaria del volumen de tránsito en Sector 2 Mall Plaza Para día de máxima demanda vehicular.

Fuente: Autores

Como se observa en la figura anterior la variación del volumen de tránsito para la hora de máxima demanda corresponde para el periodo comprendido entre las 16:00 a 17:00 con un total de 5793 vehículos mixtos en la intersección.

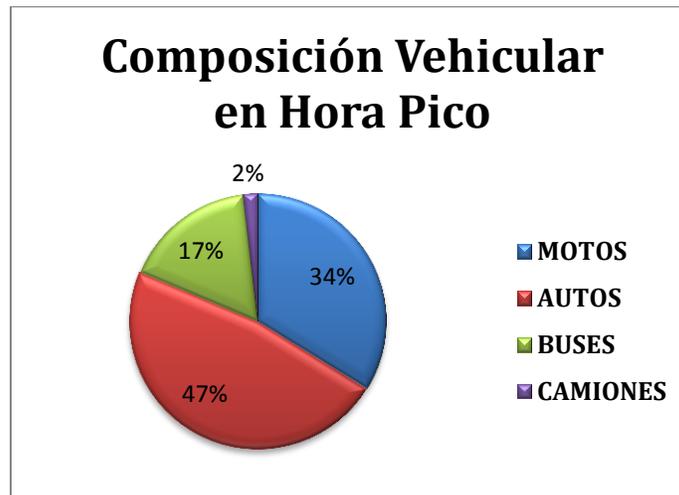


Figura 6 Composición vehicular para la hora de máxima demanda Sector2 Mall Plaza.

Fuente: Autores



La Figura 6 ilustra la variación horaria del volumen vehicular para el período de máxima demanda definido anteriormente el volumen total máximo observado corresponde a las automóviles con un 47% del total de vehículos en la intersección esto quiere decir que hay un total de 2723 vehículos/hora, seguido por las motos con 34% lo que equivale a 1970 vehículos/hora, luego los buses con 17% lo que equivale a 985 vehículos/hora y por último los camiones con un 2% del total de vehículos en la intersección lo que equivale a 115 vehículos/hora. La tendencia de los datos muestra que durante el período de aforo de la mañana existe un incremento exponencial leve en el volumen vehicular en las primeras horas posiblemente debido a que en ese periodo inician las jornadas laborales y este sector es un paso obligado hacia el centro de la ciudad desde la zona sur, a medida que avanza el día el volumen vehicular va disminuyendo en el sector de estudio. Finalmente, en el período de la tarde se presenta un incremento en el volumen vehicular lo que indica una afluencia mayor de pasajeros en esas horas. (**Ver anexo A aforos Vehiculares**).

#### 5.2.2.4. *Velocidades*

El estudio de velocidad se realizó como velocidad puntual que permitió conocer cuál es la velocidad de acercamiento de motocicletas, automóviles, buses, camiones como complemento a los resultado de los aforos mencionados anteriormente, durante la hora de máxima demanda identificada en los aforos vehiculares, obteniendo de esta manera resultados característicos de velocidad por tipo de vehículo. Como resultado general se resalta que la velocidad promedio de aproximación más alta corresponde a las motocicletas que, seguida de los autos, buses y camiones en hora pico, en las siguientes figuras se ilustran los resultados obtenidos en el estudio de velocidad para la hora pico de máxima demanda.

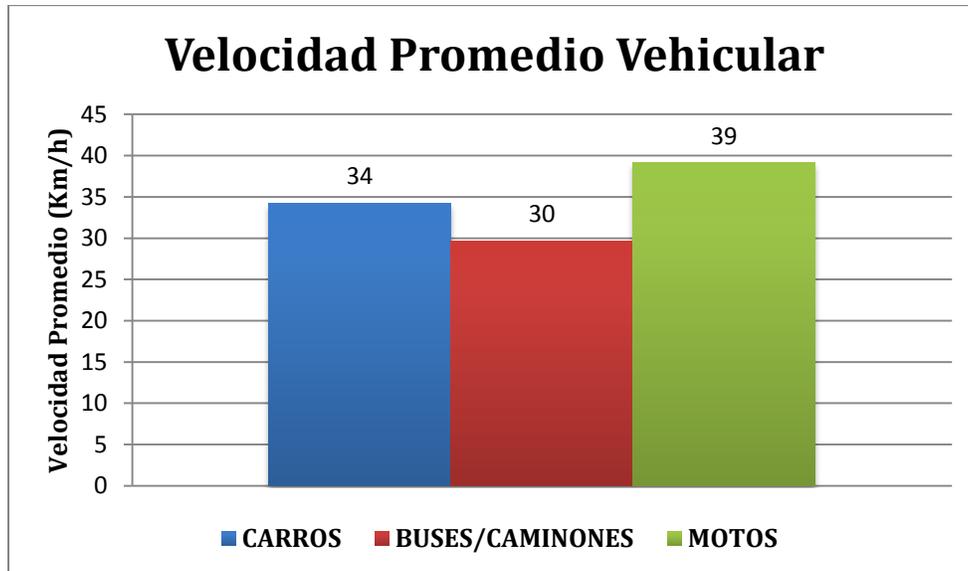


Figura 7 Velocidad promedio vehículos en sentido Av. Pedro de Heredia – Centro  
Fuente: Autores

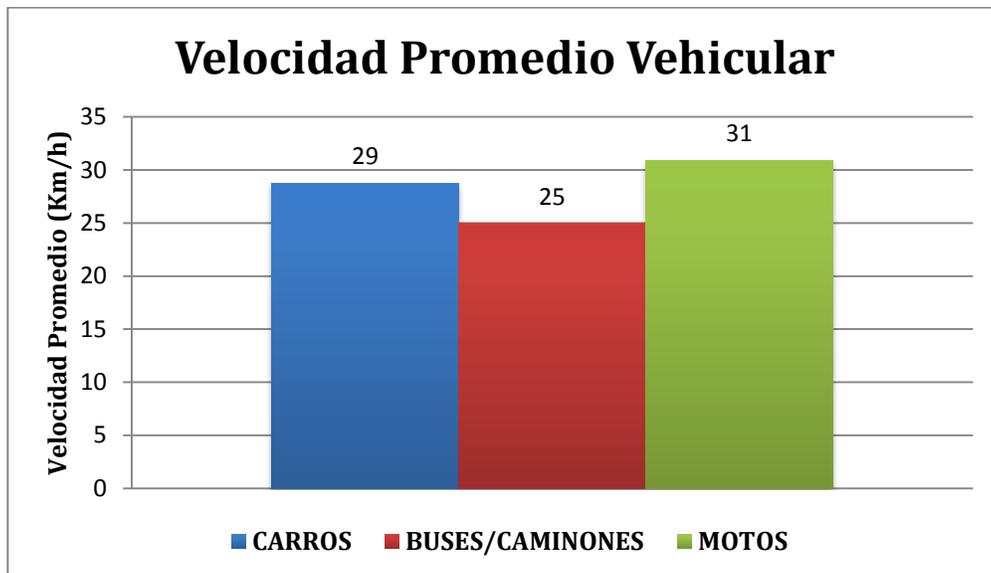


Figura 8 Velocidad promedio vehículos en sentido Tórices – Espinal  
Fuente: Autores



### 5.2.3. Sector 3: Av. Pedro De Heredia. Cra 32 - Calle 41, India Catalina

A continuación se muestran las características principales del sector India Catalina, que incluyen aspectos físicos y operacionales, con base en la información disponible y la recolectada en los estudios de campo.

#### 5.2.3.1. Descripción General

En este sector se localiza una de las más importantes intersecciones de la ciudad conocida como India Catalina, en el cruce de la Avenida Pedro de Heredia o Calle 32 y la Avenida Luis Carlos López o Carrera 11. Por su ubicación, a este punto concurre gran número de personas que usan el transporte público y transporte informal en mototaxi. Este sitio ha sido históricamente un polo generador y atractor de viajes debido a su cercanía de atractivos turísticos, instituciones académicas y financieras, centros comerciales, hoteles y establecimientos de comercio menor.

La intersección está conformada por cuatro accesos de una y hasta tres calzadas. Anteriormente la intersección operaba como glorieta y en la actualidad opera con semáforos. La nueva configuración considera el funcionamiento del sistema de transporte público masivo TRANSCARIBE que entrará en operación en los próximos años. La operación actual es temporal y hace parte del plan de manejo de tránsito que se adoptó para las obras. En la Tabla 7 se presenta un resumen de algunos aspectos importantes de las características del punto y la imagen de la ilustración 9 muestra una vista general hacia uno de los accesos de la intersección.

**Tabla 7 Inventario Sector India Catalina.**

Ítem	Características
Sitio de Estudio	3
Señalización vertical	Existe: si
	Estado: Bueno
Señalización Horizontal	Existe: si
	Estado: Regular
Paso Peatonal	A nivel Señalizado (cebras)
Condición y operación	



<b>Pavimento</b>	Tipo: Rígido y Flexible
	Estado: Bueno
<b>Carriles</b>	Numero: Entre 2 y 6 carriles por acceso
	Acceso Norte: 3 calzadas de 2 carriles cada una
	Acceso Sur: 2 calzadas de 2 carriles cada una
	Acceso Oeste: 2 calzadas de 2 carriles cada una Acceso Este: 2 calzadas de 3 carriles cada una
<b>Centros Atractivos</b>	Sitios Turísticos, Entidades gubernamentales, establecimientos comerciales, estación de transporte informal
<b>Dispositivos</b>	Semáforos peatonales

Fuente: Autores

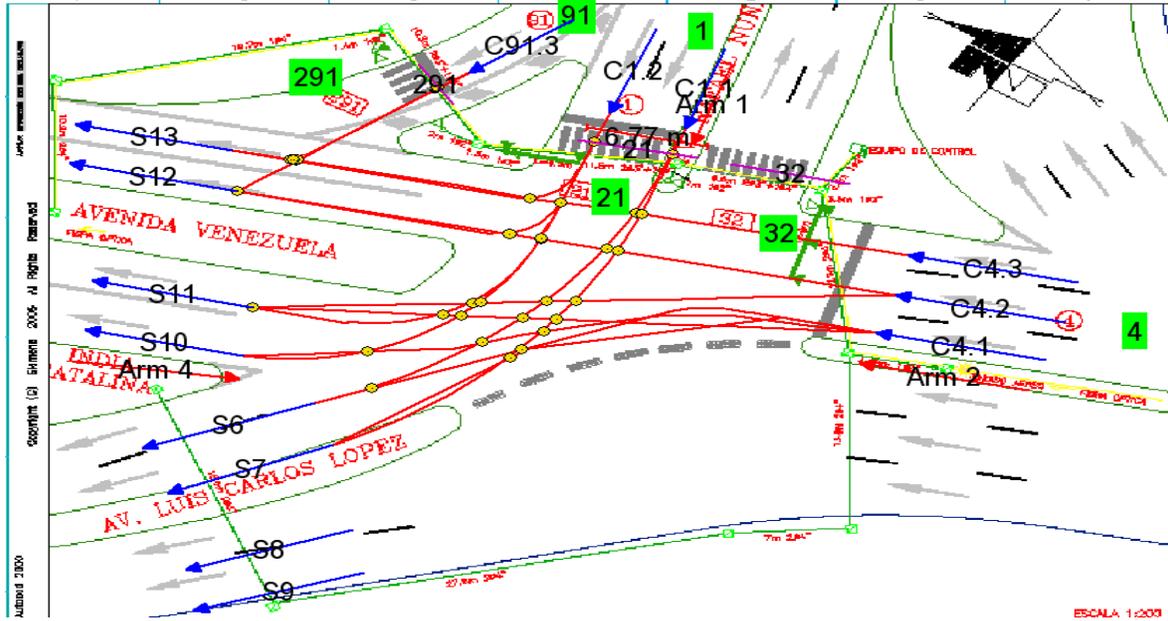


**Ilustración 13** Vista general del Sector India Catalina.

Fuente: (Suarez Christian & Alies Abraham, 2013)

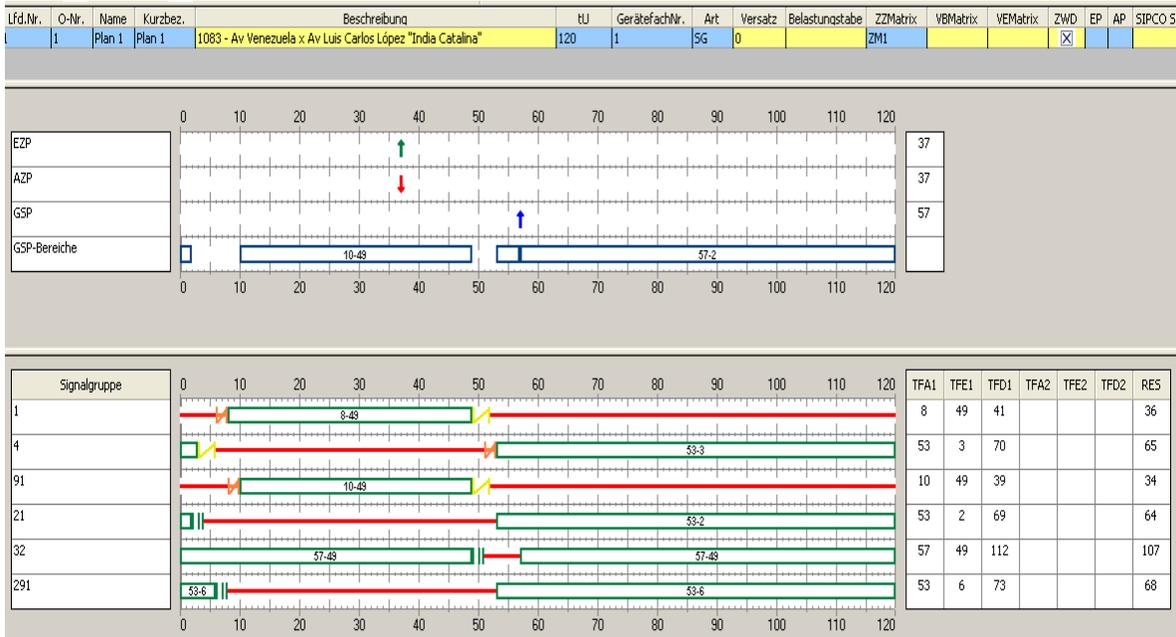
**5.2.3.2. Dispositivos para el Control de Tránsito**

La intersección opera en dos fases, con un ciclo de 120 segundos y su plan semafórico es uno solo para todo el día. En la Figura 31 se muestran los movimientos controlados por los semáforos en color rojo y los flujos libres en azul, y en la ilustración 15 se representa el diagrama del ciclo semafórico para la hora de máxima demanda.



**Ilustración 14 Movimientos controlados por los semáforos Sector India Catalina.**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



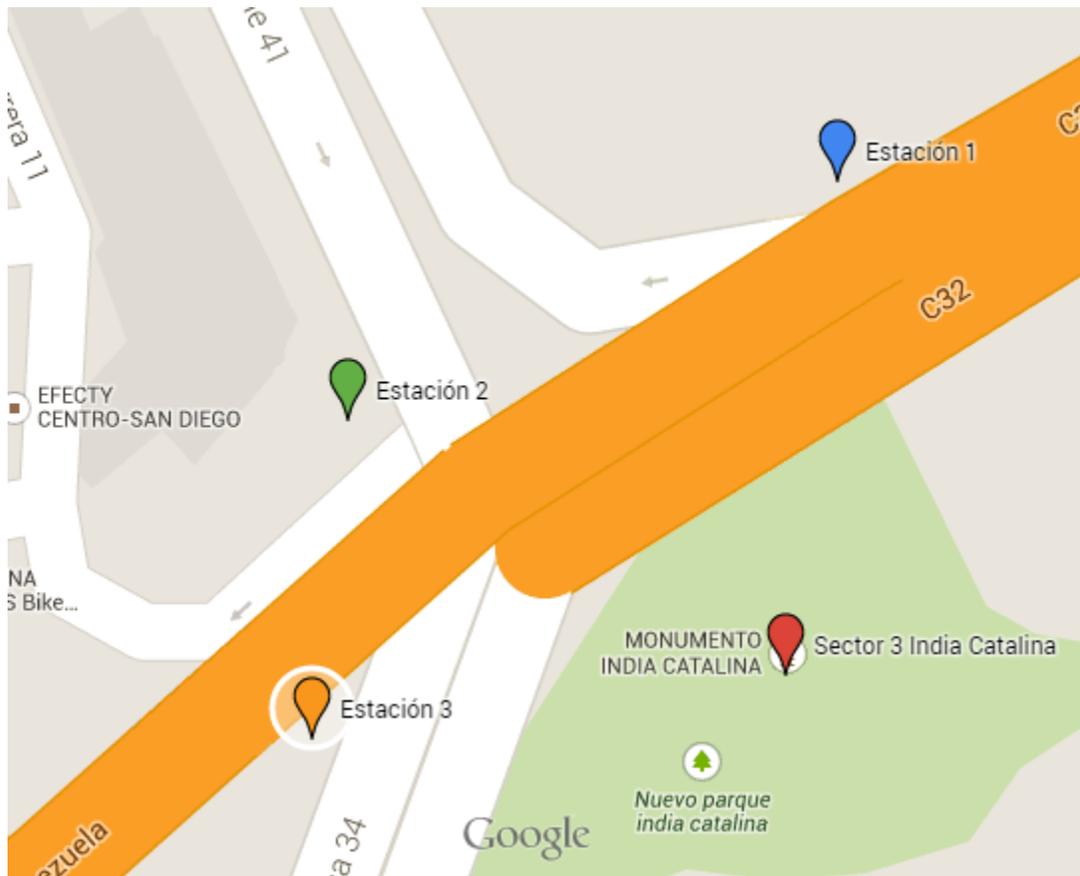
**Ilustración 15 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector India Catalina**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



### 5.2.3.3. *Volúmenes Vehiculares*

El análisis de la variación horaria del volumen vehicular en las 2 estaciones del sector pie del cerro reveló que la hora pico de máxima demanda para este tramo se encuentra en el período de 8:00 a 9:00 horas, con un valor de 5.328 vehículos mixtos/hora del día típico. La ilustración 16 muestra la localización de las estaciones de aforo. Respecto al volumen vehicular se puede observar en la Figura 9 que durante los periodos de aforo de la tarde y noche no existe mayor fluctuación, es decir este se mantiene aproximadamente uniforme, mientras que en el período de la mañana se presenta un pico muy marcado.



**Ilustración 16 Localización de las estaciones de aforo sector India Catalina.**

**Fuente: (Google Inc.) Modificado por autores**

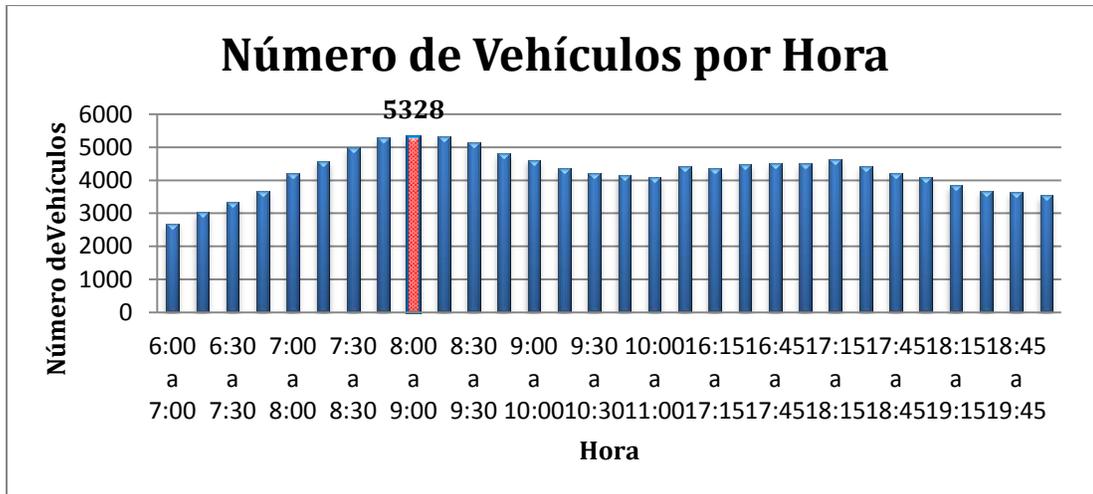


Figura 9 Variación horaria del volumen de tránsito en Sector 3 India Catalina Para día de máxima demanda vehicular

Fuente: Autores

En la figura anterior la variación del volumen de tránsito para la hora de máxima demanda corresponde para el periodo comprendido entre las 08:00 a 09:00 con un total de 5328 vehículos mixtos en la intersección y la hora de menor volumen vehicular corresponde al periodo comprendido entre las 6:00 a 7:00 horas con un total de 2.690 vehículos.

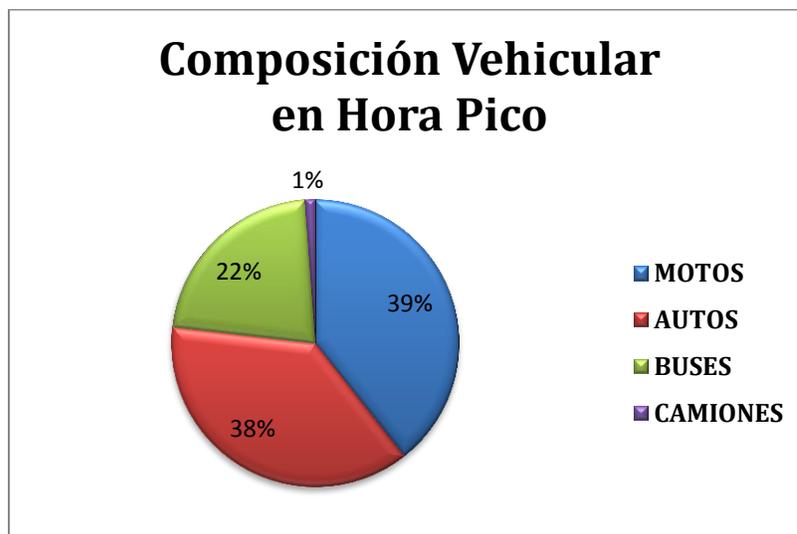


Figura 10 Composición vehicular para la hora de máxima demanda Sector 3 India Catalina.

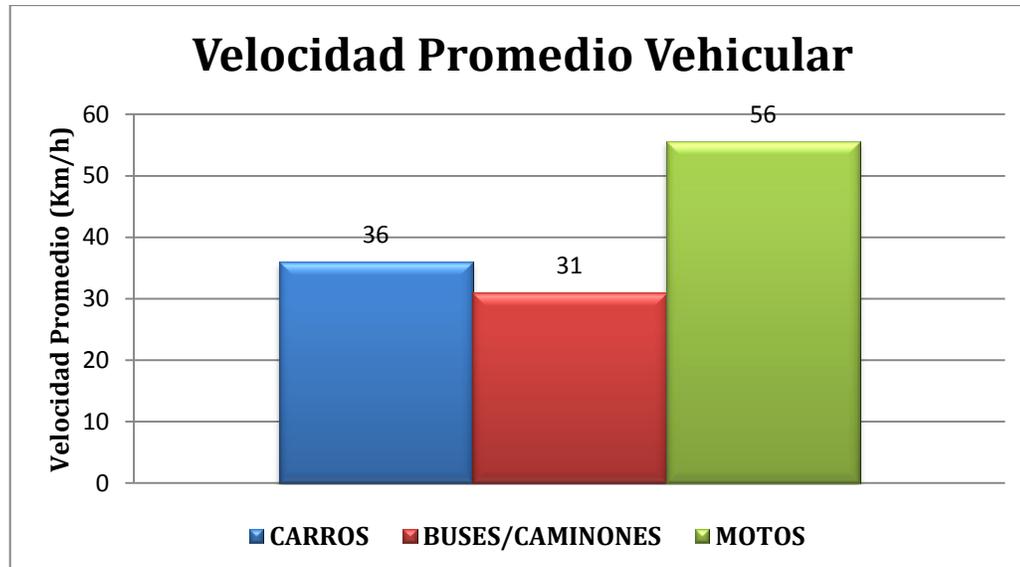
Fuente: Autores



La Figura 10 ilustra la variación horaria del volumen vehicular para el período de máxima demanda definido anteriormente el volumen total máximo observado corresponde a las motos con un 39% del total de vehículos en la intersección esto quiere decir que hay un total de 2078 vehículos/hora, seguido por las con automóviles 38% lo que equivale a 2025 vehículos/hora, luego los buses con 22% lo que equivale a 1172 vehículos/hora y por último los camiones con un 1% del total de vehículos en la intersección lo que equivale a 53 vehículos/hora. La tendencia de los datos muestra que durante el período de aforo de la mañana existe un incremento exponencial en el volumen vehicular en las primeras horas posiblemente debido a que en ese periodo inician las jornadas laborales, y jornadas escolares este sector es uno de los mayores centros atractores de viajes de la ciudad y es en este periodo es donde se presenta la hora pico de máxima demanda para este sector en el estudio, a medida que avanza el día el volumen vehicular va disminuyendo en el sector de estudio. Finalmente, en el período de la tarde se presenta un incremento en el volumen vehicular lo que indica una afluencia mayor de pasajeros en esas horas. (**Ver anexo aforos Vehiculares**).

#### 5.2.3.4. *Velocidades*

El estudio de velocidad se realizó como velocidad puntual que permitió conocer cuál es la velocidad de acercamiento de motocicletas, automóviles, buses, camiones como complemento a los resultados de los aforos mencionados anteriormente, durante la hora de máxima demanda identificada en los aforos vehiculares, obteniendo de esta manera resultados característicos de velocidad por tipo de vehículo. Como resultado general se resalta que la velocidad promedio de aproximación más alta corresponde a las motocicletas que, seguida de los autos, buses y camiones en hora pico, en las siguientes figuras se ilustran los resultados obtenidos en el estudio de velocidad para la hora pico de máxima demanda.



**Figura 11 Velocidad promedio vehículos en sentido Av. Pedro de Heredia – Av. Venezuela**

**Fuente:** Autores

#### **5.2.4. Sector 4: Av. Santander Cra 1 - Calle 41 Las Tenazas**

A continuación se muestran las características principales del sector India Catalina, que incluyen aspectos físicos y operacionales, con base en la información disponible y la recolectada en los estudios de campo.

##### **5.2.4.1. Descripción General**

El sitio de estudio número 4, se localiza en una de las entradas a los sitios turísticos de la ciudad como son las playas de Bocagrande, Marbella y en línea directa hacia el aeropuerto de la ciudad.

El tramo está conformado por dos calzadas de dos carriles sentido Nororiente - Norte cada una y dos calzadas carril sentido Centro - Norte, esta vía conecta el flujo vehicular que no ingresa al centro histórico de la ciudad y se dirige hacia Bocagrande y hacia el barrio creso. En la tabla 8 se presenta un resumen de algunos aspectos importantes de las características del sitio y la imagen de la ilustración 17 muestra una vista general del sitio.



**Tabla 8 Inventario Sector las Tenazas.**

Ítem	Características
Sitio de Estudio	4
Señalización vertical	Existe: si
	Estado: Bueno
Señalización Horizontal	Existe: si
	Estado: Regular
Paso Peatonal	A nivel Señalizado (cebras)
Condición y operación	
Pavimento	Tipo: Flexible
	Estado: Bueno
Carriles	Numero: 2 carriles por calzada (3 calzadas)
Centros Atractivos	Sitios Turísticos
Dispositivos	Semáforos peatonales

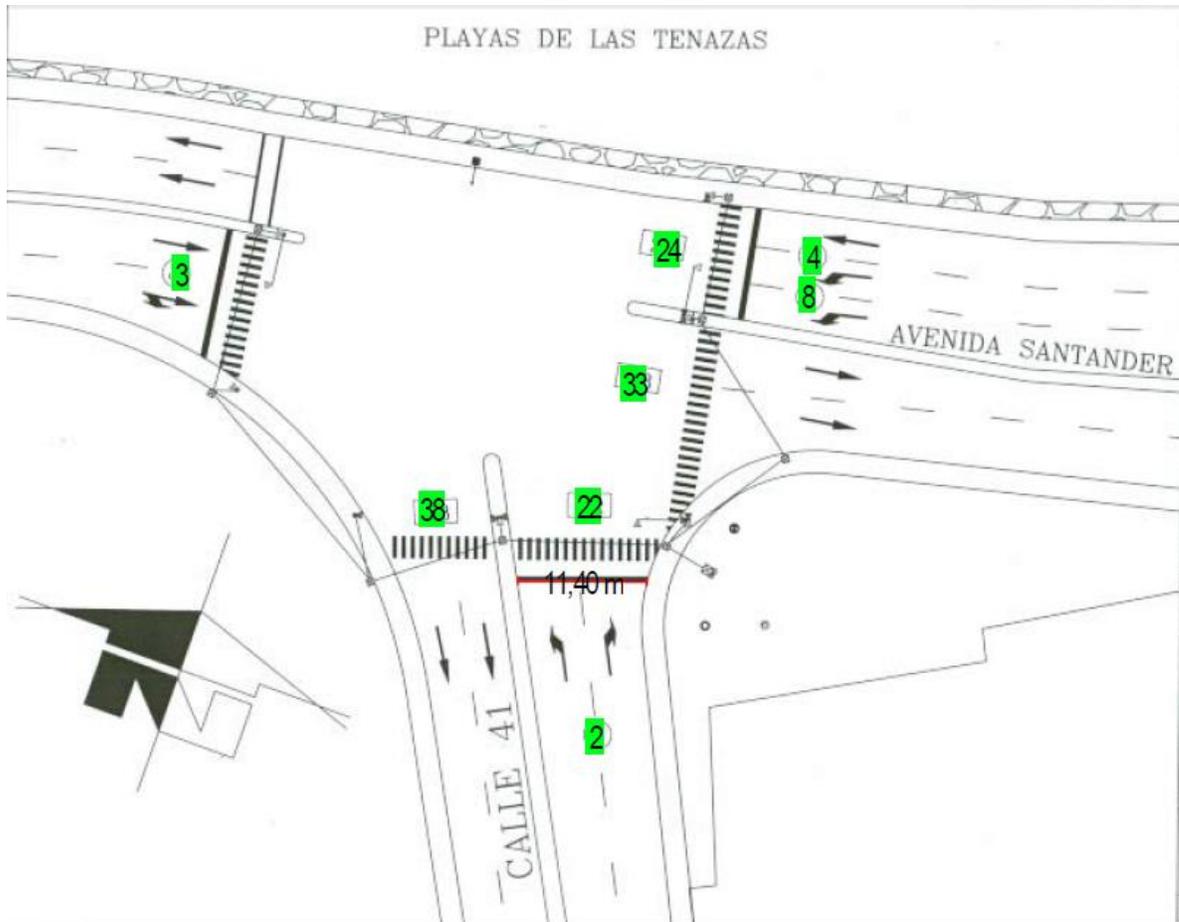
**Fuente:** Autores



**Ilustración 17 Vista general del Sector Las Tenazas.**

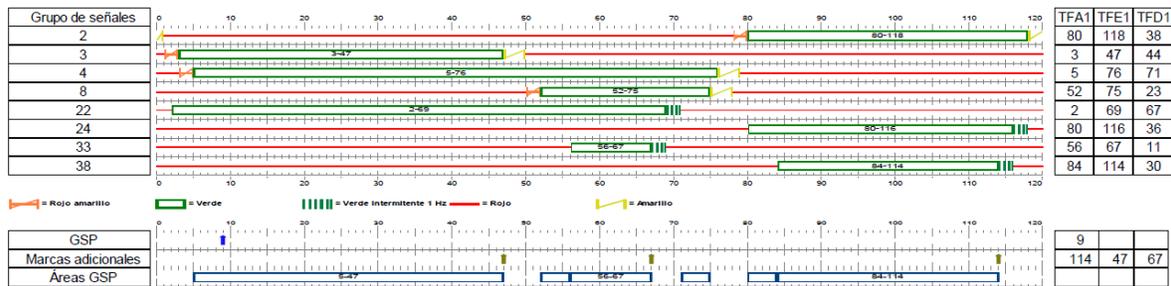
**Fuente:** Autores





**Ilustración 19 Sector de estudio**

Fuente: (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



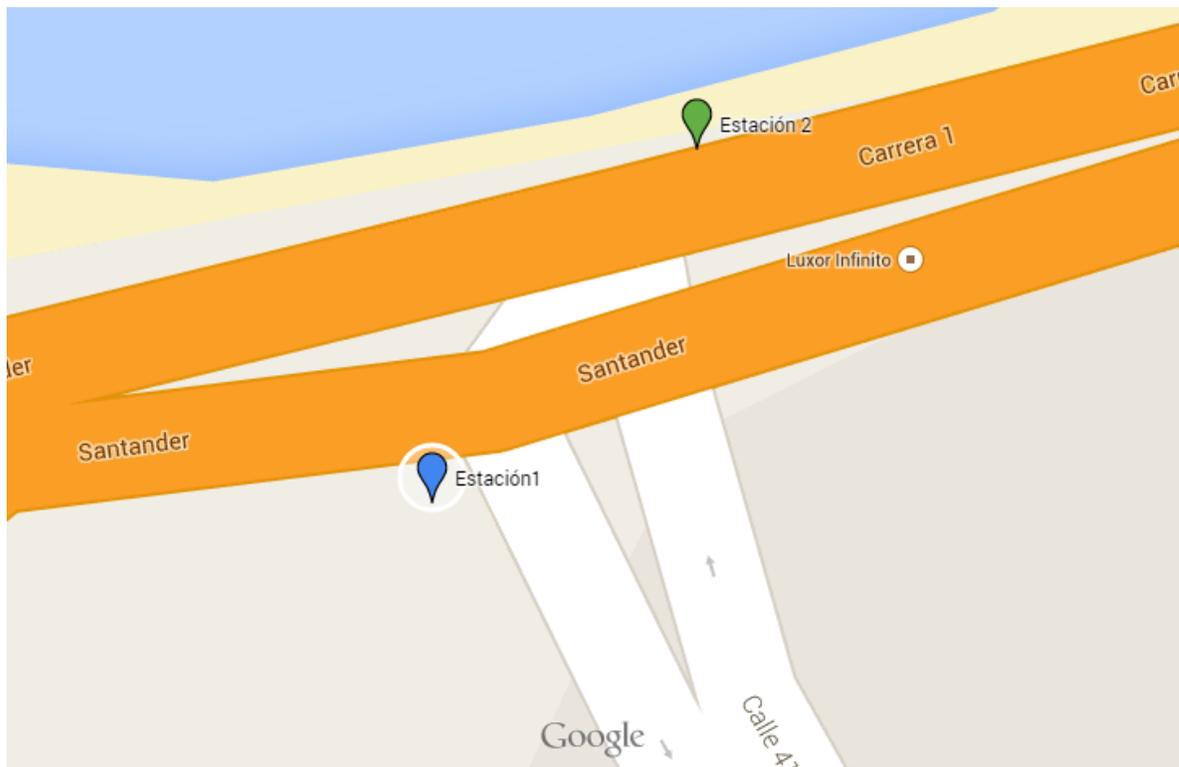
**Ilustración 20 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector India Catalina**

Fuente: (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



#### 5.2.4.3. *Volúmenes Vehiculares*

El análisis de la variación horaria del volumen vehicular en las 2 estaciones del sector las tenazas reveló que la hora pico de máxima demanda para este tramo se encuentra en el período de 17:15 a 18:15 horas del día típico, con un valor de 4684 vehículos mixtos/hora. La ilustración 21 muestra la localización de las estaciones de aforo. Respecto al volumen vehicular se puede observar en la Figura 12 que durante los periodos de aforo de la mañana y el medio día no existe mayor fluctuación, es decir este se mantiene aproximadamente uniforme, mientras que en el período de la tarde se presenta un pico muy marcado



**Ilustración 21 Localización de las estaciones de aforo sector Las Tenazas**

**Fuente: (Google Inc.) Modificado por autores**

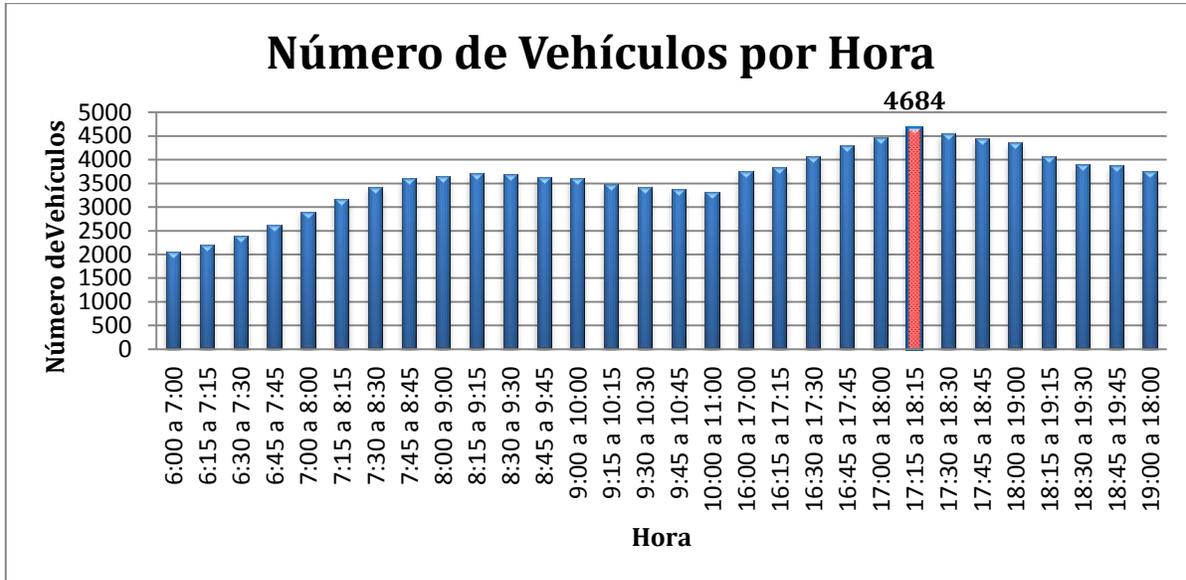


Figura 12 Variación horaria del volumen de tránsito en Sector 4 Las Tenazas para día de máxima demanda vehicular

Fuente: Autores

En la figura anterior la variación del volumen de tránsito para la hora de máxima demanda corresponde para el periodo comprendido entre las 17:15 a 18:15 con un total de 4684 vehículos mixtos en la intersección y la hora de menor volumen vehicular corresponde al periodo comprendido entre las 6:00 a 7:00 horas con un total de 2.049 vehículos.

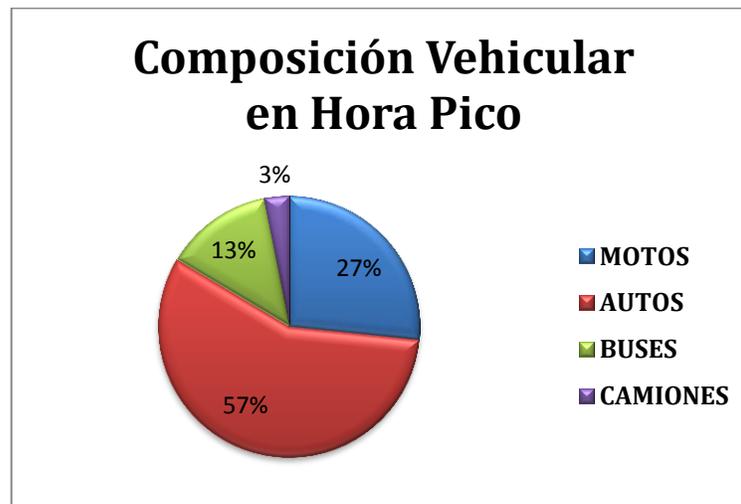


Figura 13 Composición vehicular para la hora de máxima demanda Sector 4 Las Tenazas.



**Fuente:** Autores

En la Figura anterior se ilustra la variación horaria del volumen vehicular para el período de máxima demanda definido anteriormente el volumen total máximo observado corresponde a los autos con un 57% del total de vehículos en la intersección esto quiere decir que hay un total de 2670 vehículos/hora, seguido por las con motos 27% lo que equivale a 1265 vehículos/hora, luego los buses con 13% lo que equivale a 609 vehículos/hora y por último los camiones con un 3% del total de vehículos en la intersección lo que equivale a 140 vehículos/hora. La tendencia de los datos muestra que durante el período de aforo de la media mañana existe un incremento exponencial en el volumen vehicular este sector en una de las entradas principales a uno de los mayores centros atractores de viajes de la ciudad (Bocagrande) y paso hacia el aeropuerto. Finalmente, en el período de la tarde se presenta un incremento en el volumen vehicular lo que indica una afluencia mayor de pasajeros en esas horas. (**Ver anexo A aforos Vehiculares**).

**5.2.4.4. Velocidades**

Las mediciones de velocidad se hicieron durante los mismos periodos de máxima demanda vehicular (hora pico) considerados en los aforos y se tomaron todas en los sentidos que se dirigen a la intersección semaforizadas las tenazas, para determinar las velocidades se utilizó la técnica de vehículo en movimiento. En las siguientes figuras se muestran las velocidades promedios por vehículos en cada sentido.

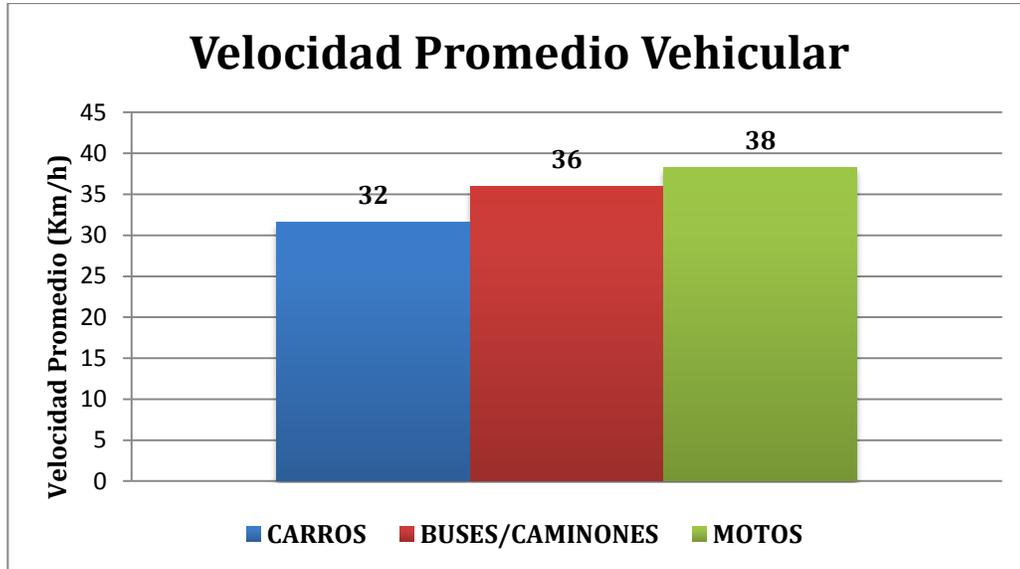


Figura 14 Velocidad promedio vehículos en sentido Centro - Marbella

Fuente: Autores

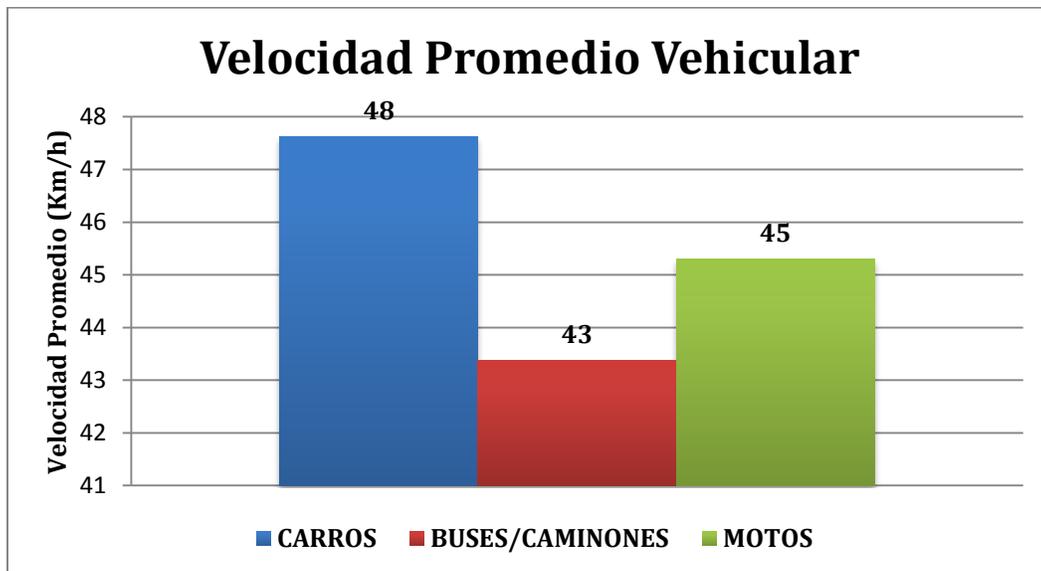
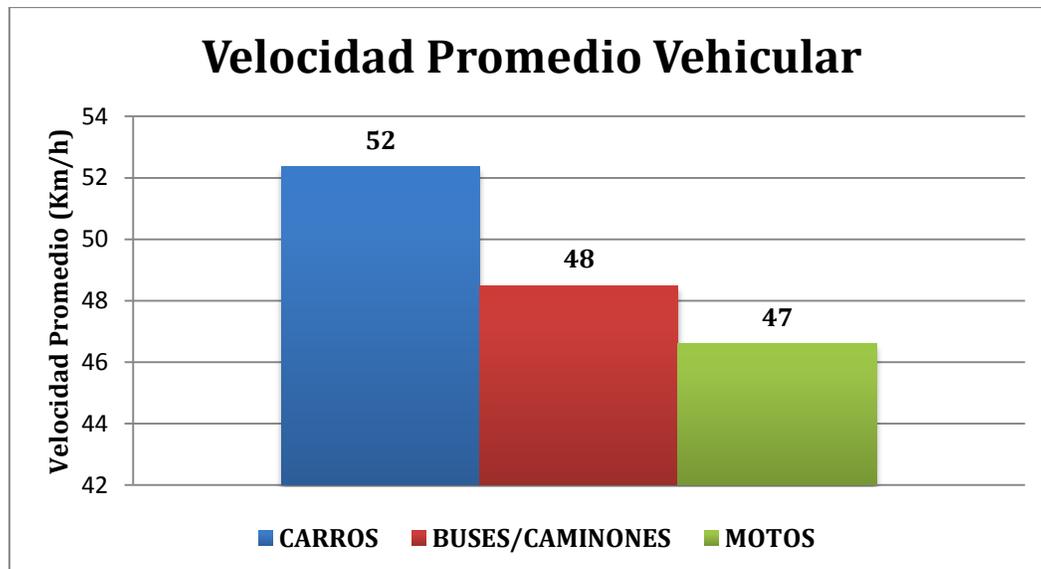


Figura 15 Velocidad promedio vehículos en sentido Bocagrande - Crespo

Fuente: Autores



**Figura 16 Velocidad promedio vehículos en sentido Crespo - Bocagrande**  
Fuente: Autores

#### 5.2.5. Sector 5: Cra 14 - Calle 47, Semáforo Tórices

A continuación se muestran las características principales del sector India Catalina, que incluyen aspectos físicos y operacionales, con base en la información disponible y la recolectada en los estudios de campo.

##### 5.2.5.1. Descripción General

El sitio de estudio número 4, se localiza en un importante sector de la ciudad con gran afluencia de transporte público y funciona como punto de retorno hacia la avenida pedro de Heredia.

El tramo está conformado por una calzada de dos carriles sentido Norte - Sur y una calzada con dos carriles sentido Noroccidente – Nororiente, esta vía conecta el flujo vehicular que va a ingresar a la arteria principal de la ciudad de Cartagena (Av. Pedro De Heredia). En la Tabla 9 se presenta un resumen de algunos aspectos importantes de las características del sitio y la imagen de la ilustración 22 muestra una vista general del sitio.



Tabla 9 Inventario Sector Tórices

Ítem	Características
Sitio de Estudio	5
Señalización vertical	Existe: si
	Estado: Regular
Señalización Horizontal	Existe: No
	Estado: No Existe
Paso Peatonal	Controlado por semáforos
Condición y operación	
Pavimento	Tipo: Rígido
	Estado: Malo
Carriles	Numero: 2 carriles por calzada (2 calzadas)
Centros Atractivos	Sitios Turísticos, Retorno a la Av. Pedro de Heredia
Dispositivos	Semáforos peatonales

Fuente: Autores

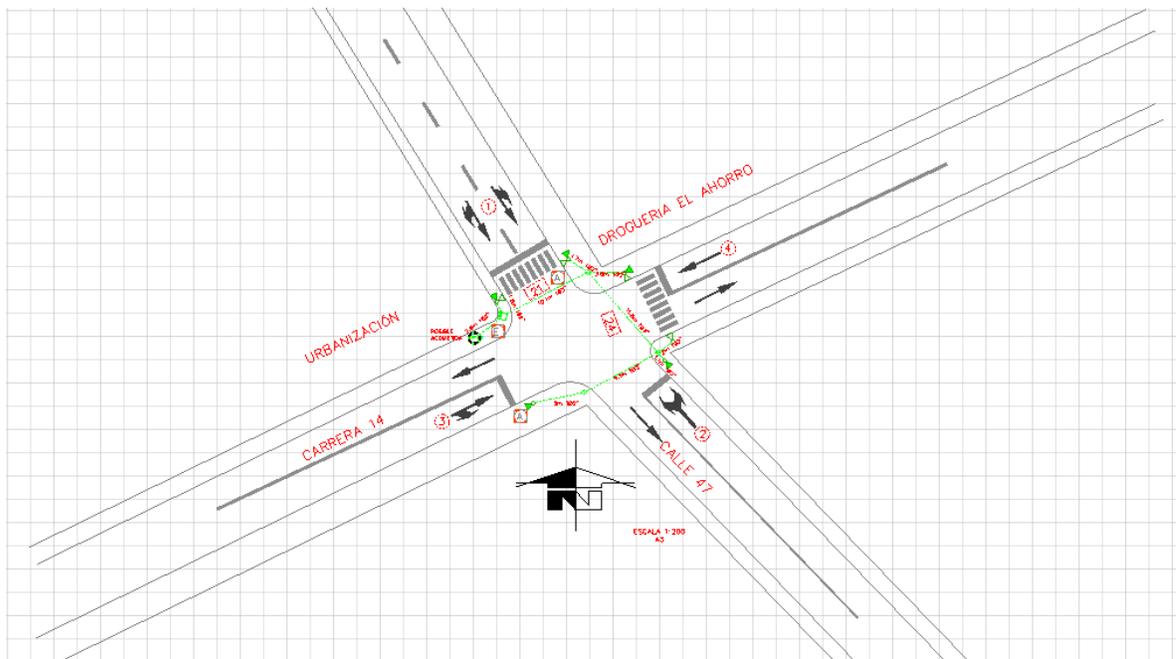


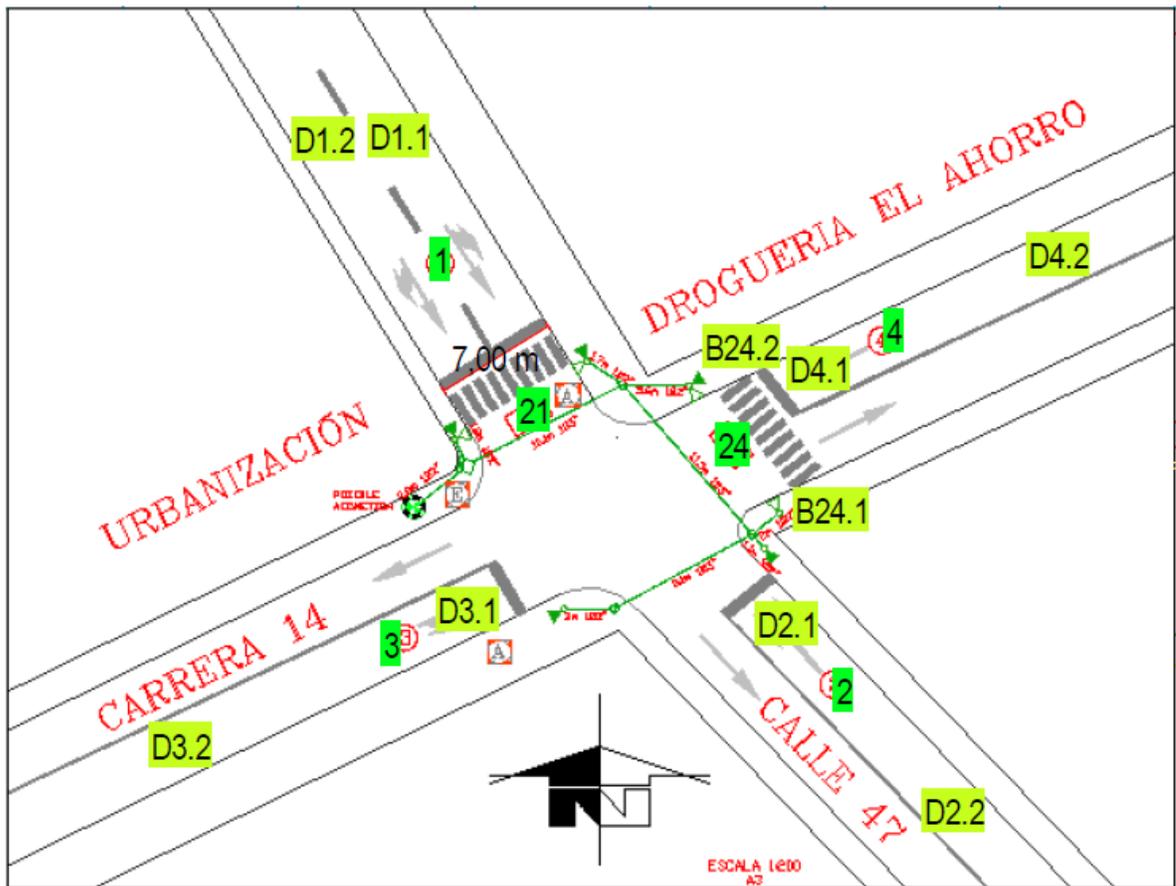
Ilustración 22 Sitio de estudio 5 Tórices

Fuente: (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



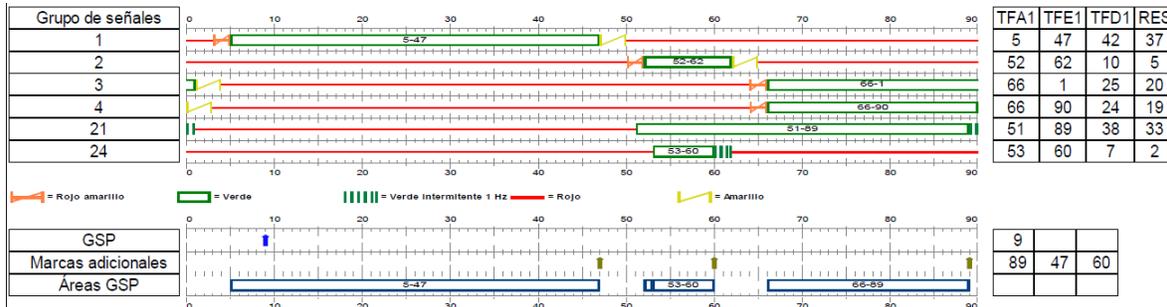
### 5.2.5.2. *Dispositivos para el Control de Tránsito*

La intersección opera en dos fases, con un ciclo de 90 segundos y su plan semafórico es uno solo para todo el día. En la ilustración 23 se muestran los movimientos controlados por los semáforos en color rojo y los flujos libres en azul, y en la ilustración 24 se representa el diagrama del ciclo semafórico.



**Ilustración 23 Sector de estudio Tórices**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)

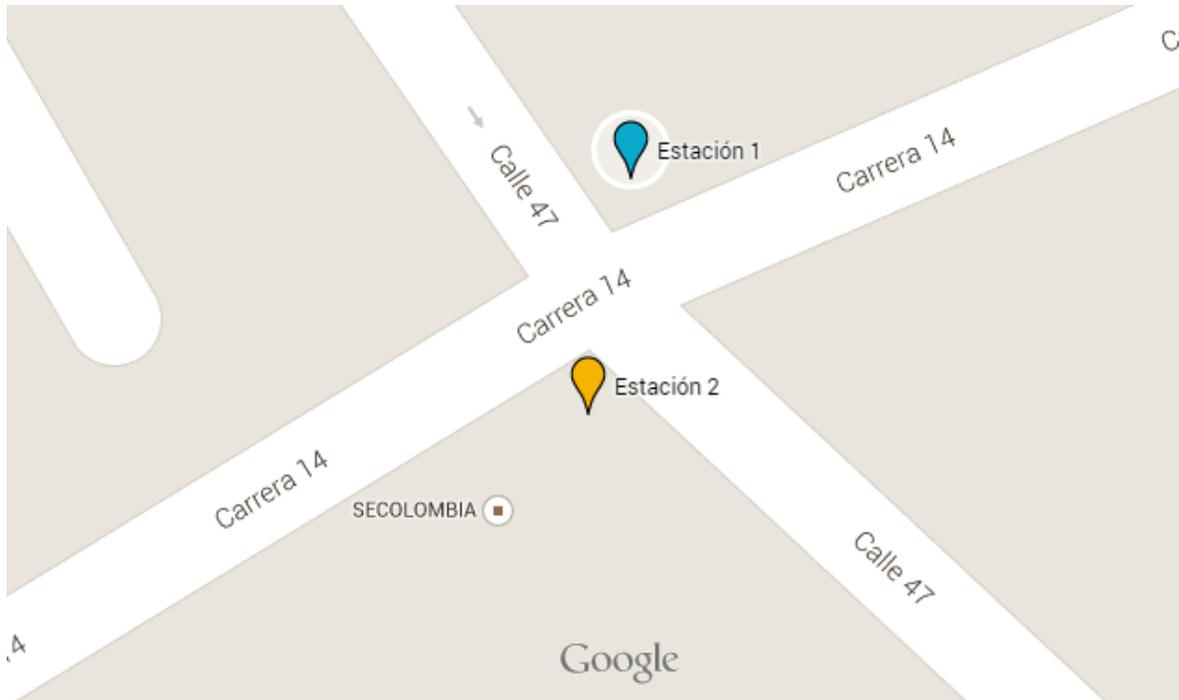


**Ilustración 24 Diagramas de tiempos de fase de semaforización Sector Tórices**

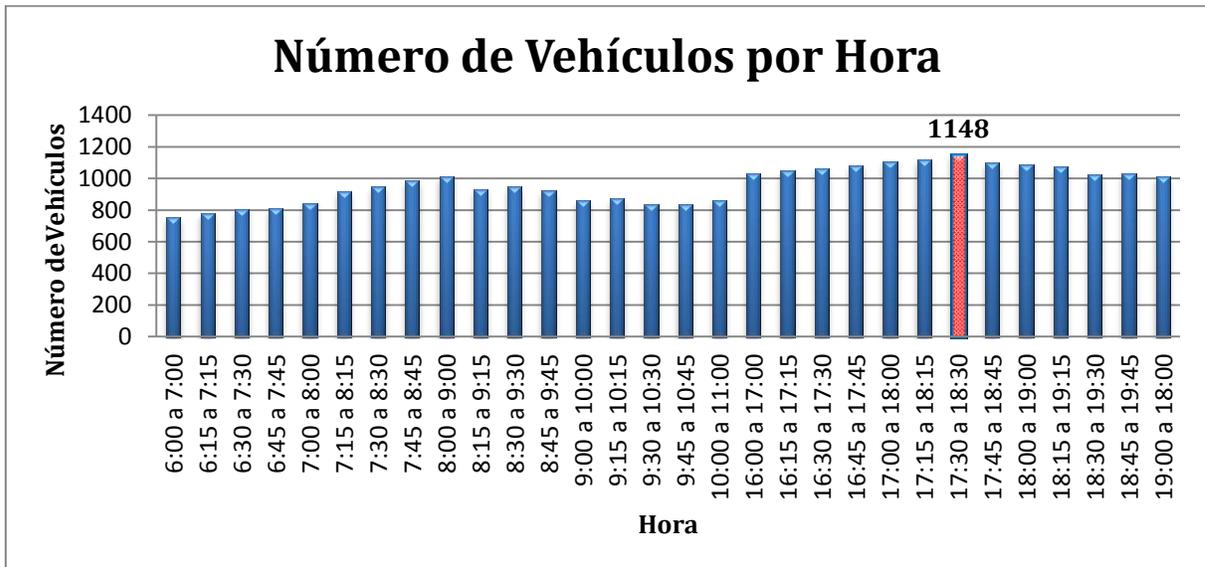
**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)

### 5.2.5.3. Volúmenes Vehiculares

El análisis de la variación horaria del volumen vehicular en las 2 estaciones del sector las tórices reveló que la hora pico de máxima demanda para este tramo se encuentra en el período de 17:30 a 18:30 horas del día atípico, con un valor de 1.148 vehículos mixtos/hora. La ilustración 25 muestra la localización de las estaciones de aforo. Respecto al volumen vehicular se puede observar en la Figura 17 que durante los periodos de aforo de la mañana y el medio día no existe mayor fluctuación, es decir este se mantiene aproximadamente uniforme, mientras que en el período de la tarde se presenta un pico muy marcado.



**Ilustración 25** Localización de las estaciones de aforo sector Tórices  
**Fuente:** (Google Inc.) Modificado por autores

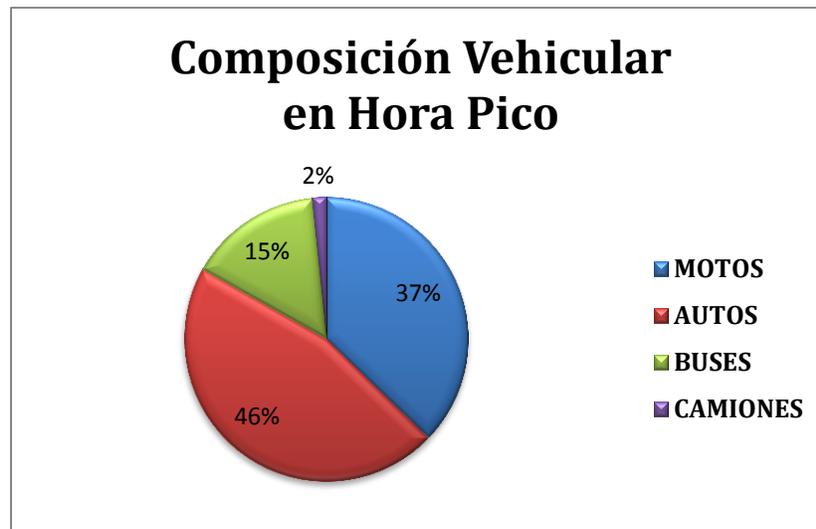


**Figura 17** Variación horaria del volumen de tránsito en Sector 5 Tórices para día de máxima demanda vehicular

**Fuente:** Autores



En la figura anterior la variación del volumen de tránsito para la hora de máxima demanda corresponde para el periodo comprendido entre las 17:15 a 18:15 con un total de 1148 vehículos mixtos en la intersección y la hora de menor volumen vehicular corresponde al periodo comprendido entre las 6:00 a 7:00 horas con un total de 752 vehículos.



**Figura 18 Composición vehicular para la hora de máxima demanda Sector 5 Tórices.**

**Fuente:** Autores

En la Figura 18 se ilustra la variación horaria del volumen vehicular para el período de máxima demanda definido anteriormente el volumen total máximo observado corresponde a los autos con un 46% del total de vehículos en la intersección esto quiere decir que hay un total de 528 vehículos/hora, seguido por las con motos 37% lo que equivale a 425 vehículos/hora, luego los buses con 15% lo que equivale a 172 vehículos/hora y por último los camiones con un 2% del total de vehículos en la intersección lo que equivale a 23 vehículos/hora. La tendencia de los datos muestra que durante el período de aforo de la media mañana existe un incremento exponencial en el volumen vehicular este sector un conector que funciona como alimentadora a la Av. Pedro de Heredia y retorno hacia la zona sur de la ciudad. Finalmente, en el período de la tarde se presenta un incremento en el volumen vehicular lo que indica una afluencia mayor de pasajeros en esas horas. (**Ver anexo aforos Vehiculares**)



#### 5.2.5.4. Velocidades

Las mediciones de velocidad se hicieron durante los mismos periodos de máxima demanda vehicular (hora pico) considerados en los aforos y se tomaron todas en los sentidos que se dirigen a la intersección semaforizadas las tenazas, para determinar las velocidades se utilizó la técnica de vehículo en movimiento. En las siguientes figuras se muestran las velocidades promedio por vehículos en cada sentido.

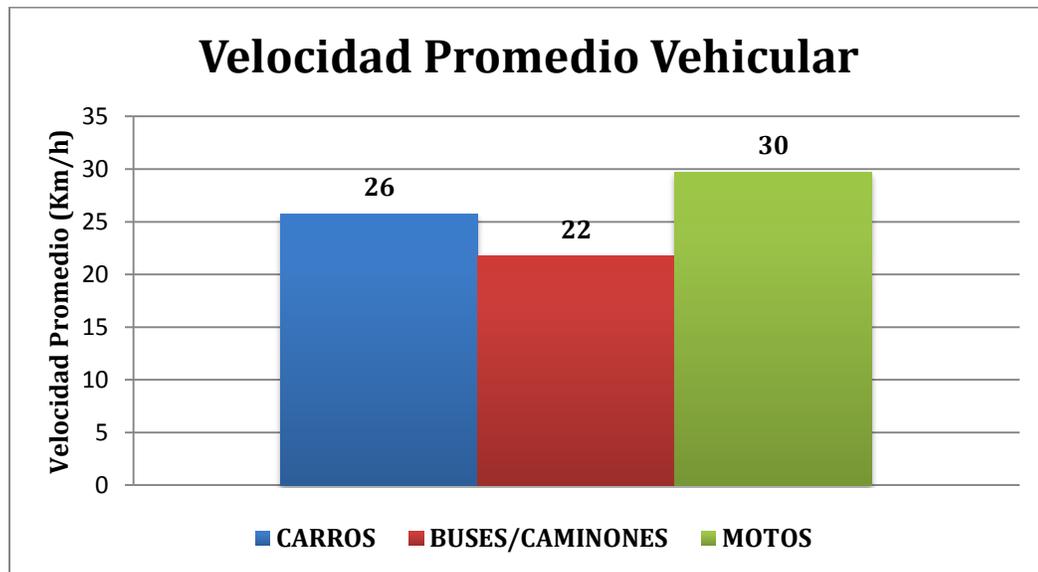


Figura 19 Velocidad promedio vehículos en sentido Santa Rita – Tórices – Santa Rita

Fuente: Autores

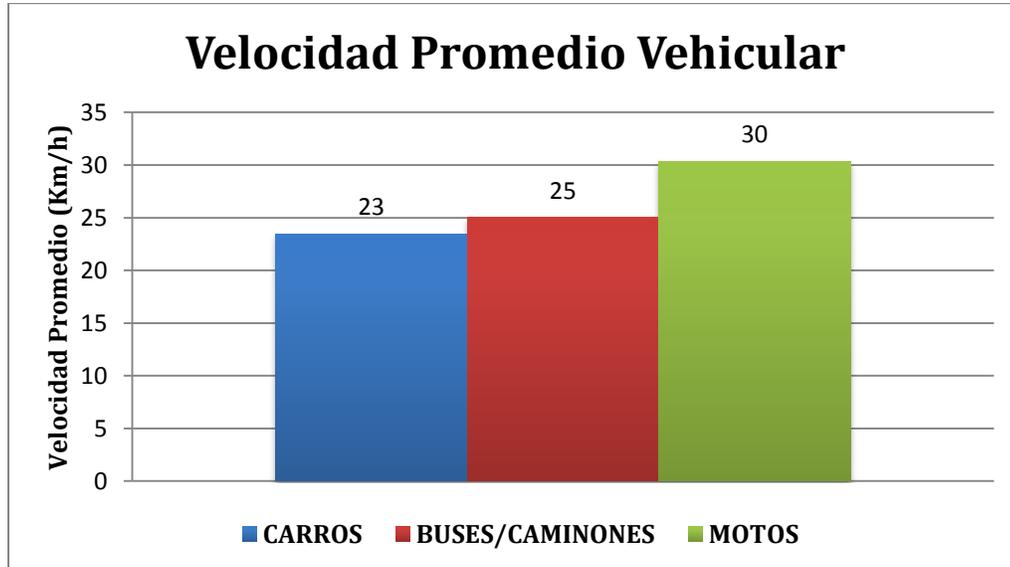


Figura 20 Velocidad promedio vehículos en sentido Marbella - Tórices

Fuente: Autores

### 5.2.6. Sector 6: Cra 3 - Calle 70, Entrada al Aeropuerto

A continuación se muestran las características principales del sector India Catalina, que incluyen aspectos físicos y operacionales, con base en la información disponible y la recolectada en los estudios de campo.

#### 5.2.6.1. Descripción General

El sitio de estudio que se denomina No. 6, se localiza en uno de los más importantes sectores de la ciudad debido a que es la entrada principal al Aeropuerto Internacional Rafael Núñez ubicado en el barrio Crespo.

La intersección está conformada por el acceso nororiente por una calzada de dos carriles y en la entrada del aeropuerto se divide en dos calzadas dos calzadas con dos carriles y un separador y en el sentido Norte – Nororiente se conforma por una calzada de dos carriles.

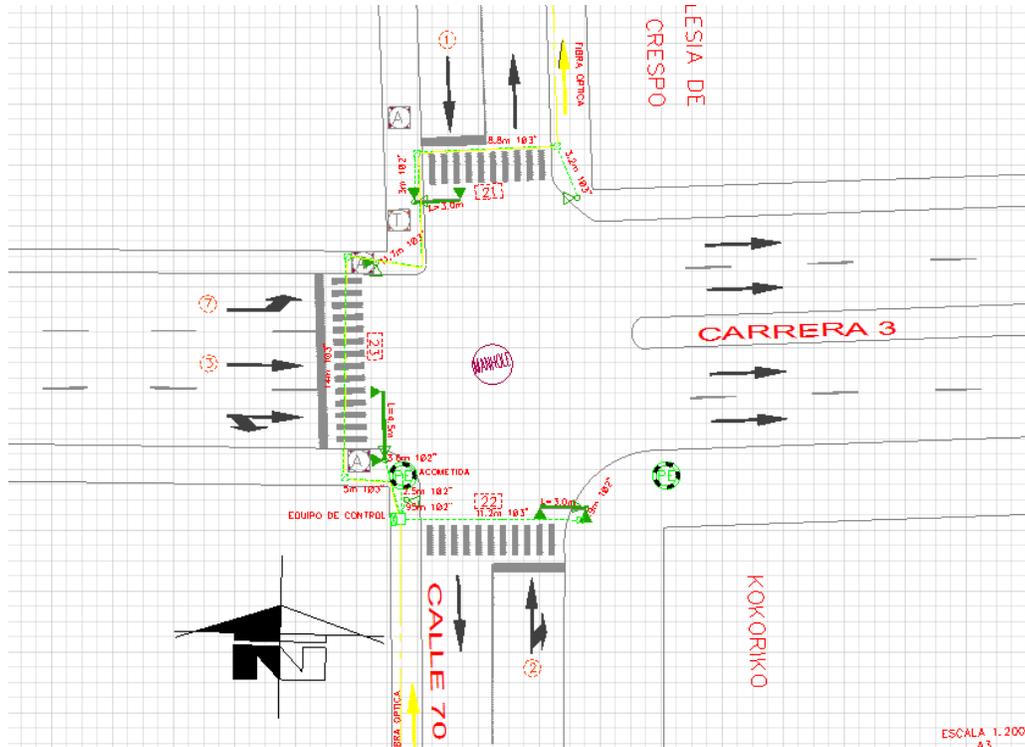
En la Tabla 10 se presenta un resumen de algunos aspectos importantes de las características del sitio y la imagen de la ilustración 26 muestra una vista general del Sitio.



**Tabla 10 Inventario Sector Crespo**

Ítem	Características
Sitio de Estudio	6
Señalización vertical	Existe: si
	Estado: Bueno
Señalización Horizontal	Existe: Si
	Estado: Bueno
Paso Peatonal	Controlado por semáforos
Condición y operación	
Pavimento	Tipo: Rígido
	Estado: Bueno
Carriles	Número: entre 2 y 3 carriles
	Ancho 3 metros
Centros Atractivos	Sitios Turísticos, Aeropuerto, establecimientos comerciales.
Dispositivos	Semáforos peatonales

Fuente: Autores

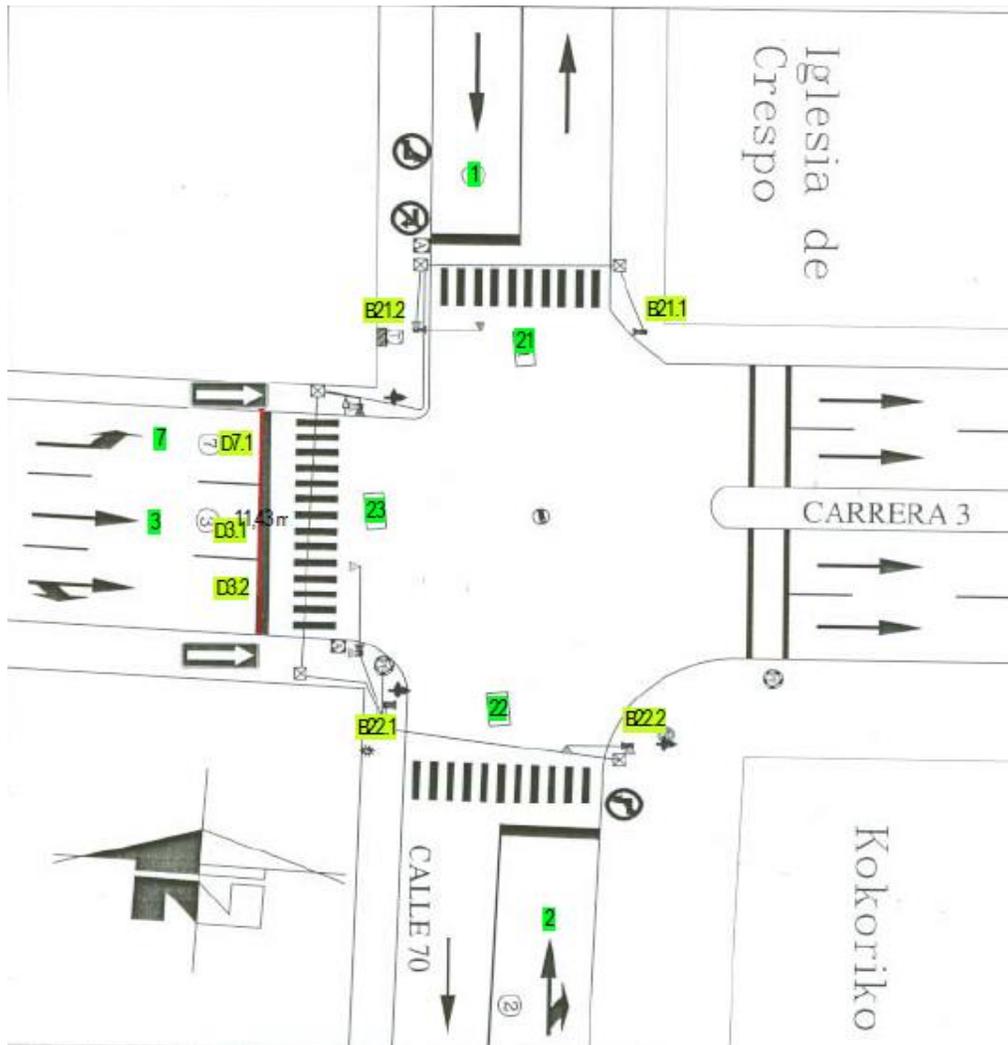


**Ilustración 26 Sitio de estudio 6 Barrio Crespo**  
Fuente: (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



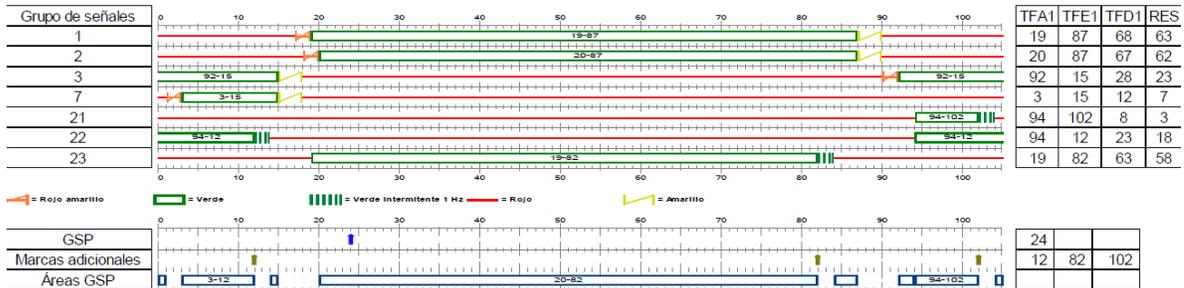
### 5.2.6.2. *Dispositivos para el Control de Tránsito*

La intersección opera en dos fases, con un ciclo de 120 segundos y su plan semafórico es uno solo para todo el día. En la ilustración 27 se muestran los movimientos controlados por los semáforos, y en la Figura 32 se representa el diagrama del ciclo semafórico.



**Ilustración 27 Sector de estudio Tórices**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)

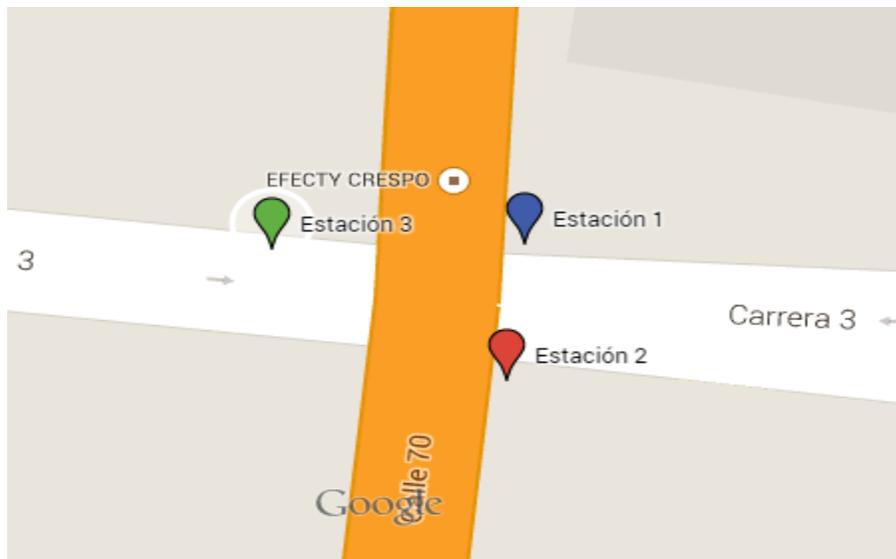


**Ilustración 28** Diagramas de tiempos de fase de semaforización Barrio Crespo

Fuente: (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)

### 5.2.6.3. Volúmenes Vehiculares

El análisis de la variación horaria del volumen vehicular en las 2 estaciones del sector barrio crespo veló que la hora pico de máxima demanda para este tramo se encuentra en el período de 8:15 a 9:15 horas del día atípico, con un valor de 2.364 vehículos mixtos/hora. La ilustración 29 muestra la localización de las estaciones de aforo. Respecto al volumen vehicular se puede observar en la Figura 21 que durante los periodos de aforo de la mañana y el medio día presenta un pico muy marcado. Mientras que en el período de la tarde se no existe mayor fluctuación, es decir este se mantiene aproximadamente uniforme.



**Ilustración 29** Localización de las estaciones de aforo Barrio Crespo

Fuente: (Google Inc.) Modificado por autores

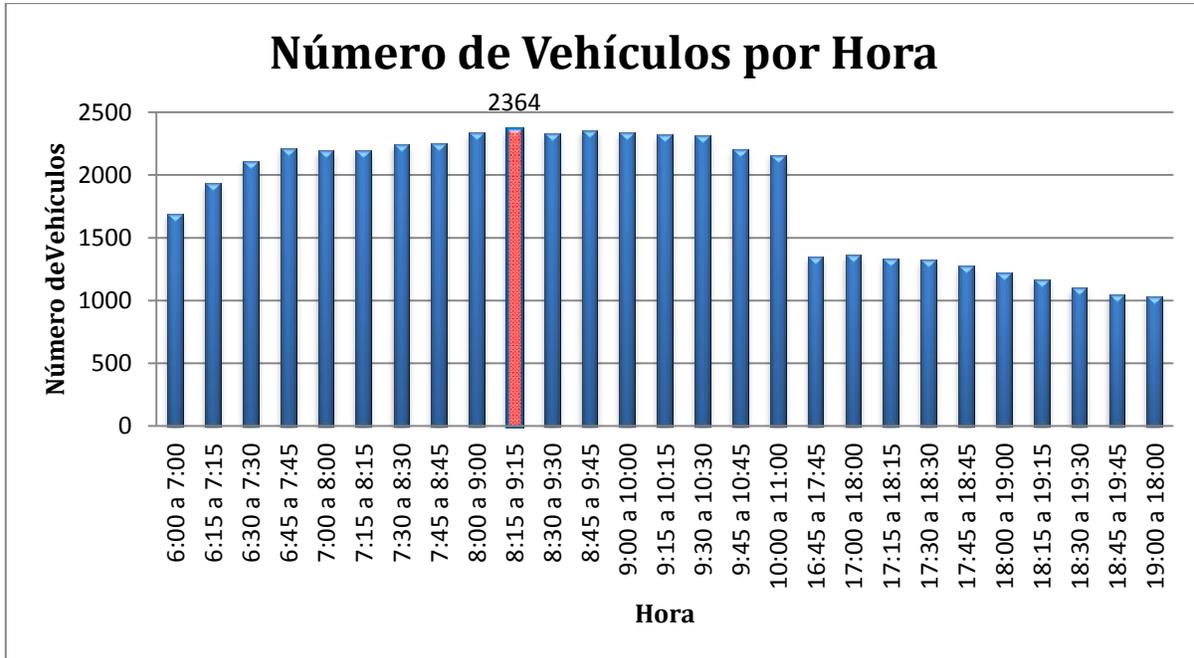


Figura 21 Variación horaria del volumen de tránsito en Sector 6 Entrada principal al aeropuerto barrio crespo para día de máxima demanda vehicular.

Fuente: Autores

En la figura anterior la variación del volumen de tránsito para la hora de máxima demanda corresponde para el periodo comprendido entre las 08:15 a 09:15 con un total de 2364 vehículos mixtos en la intersección y la hora de menor volumen vehicular corresponde al periodo comprendido entre las 19:00 a 18:00 horas con un total de 1028 vehículos.



**Figura 22** Composición vehicular para la hora de máxima demanda Sector 6 Barrio creso entrada al aeropuerto

Fuente: Autores

La Figura anterior ilustra la variación horaria del volumen vehicular para el período de máxima demanda definido anteriormente el volumen total máximo observado corresponde a los autos con un 63% del total de vehículos en la intersección esto quiere decir que hay un total de 1489 vehículos/hora, seguido por las motocicletas 29% lo que equivale a 686 vehículos/hora, luego los buses con 6% lo que equivale a 142 vehículos/hora y por último los camiones con un 2% del total de vehículos en la intersección lo que equivale a 47 vehículos/hora. La tendencia de los datos muestra que durante el período de aforo de la mañana existe un marcado incremento exponencial en el volumen vehicular en las primeras horas posiblemente debido a que en ese período inician las jornadas laborales, y jornadas escolares este sector es uno de los mayores centros atractores de viajes de la ciudad y es en este período es donde se presenta la hora pico de máxima demanda para este sector en el estudio, a medida que avanza el día el volumen vehicular va disminuyendo en el sector de estudio. Finalmente, en el período de la tarde se presenta un comportamiento semi uniforme en el volumen vehicular lo que indica una afluencia mayor de pasajeros en esas horas. (Ver anexo A aforos Vehiculares).



#### 5.2.6.4. Velocidades

Las mediciones de velocidad se hicieron durante los mismos periodos de máxima demanda vehicular (hora pico) considerados en los aforos y se tomaron todas en los sentidos que se dirigen a la intersección semaforizadas las tenazas, para determinas las velocidades se utilizó la técnica de vehículo en movimiento. En las siguientes figuras se muestran las velocidades promedios por vehículos en cada sentido

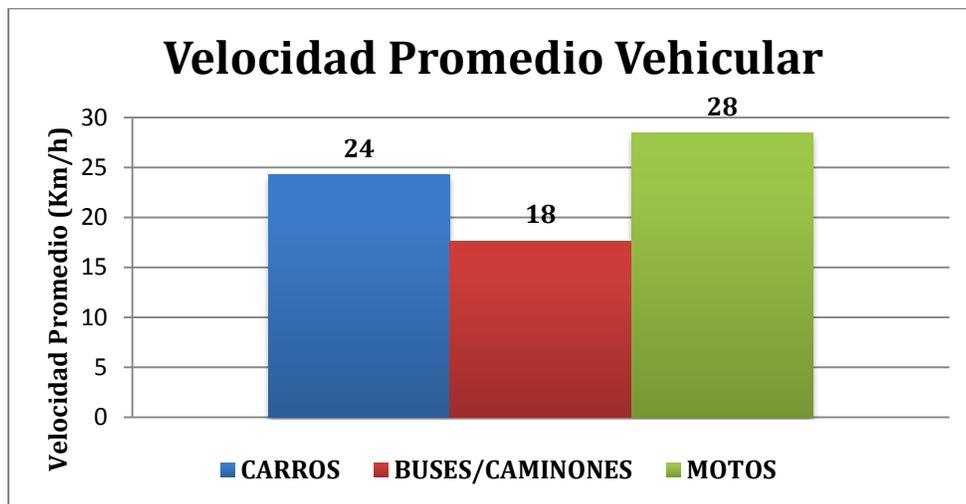


Figura 23 Velocidad promedio vehículos en sentido Crespo – Boquilla  
Fuente: Autores

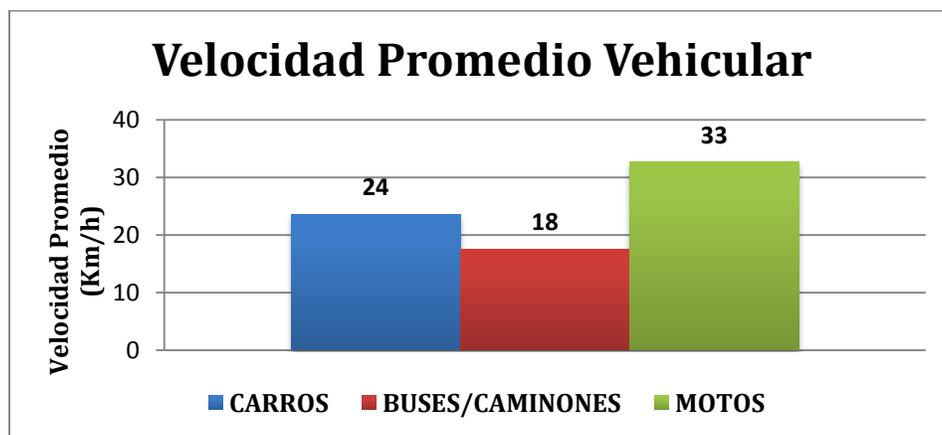


Figura 24 Velocidad promedio vehículos en sentido Boquilla – Crespo  
Fuente: Autores



### 5.3. MODELACIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO EN PTV VISSIM

A continuación se presenta la información relacionada con la modelación de los sitios de estudio correspondiente al estado actual de funcionamiento de los sectores La Castellana e India Catalina, haciendo énfasis en los datos de entrada y salida así como el análisis de los resultados arrojados por el software de micro simulación VISSIM.

#### 5.3.1. Datos de Entrada

La información de entrada requerida para desarrollar el modelo de simulación de cada sector para el con el mayor flujo vehicular por hora (hora pico), detallando la composición vehicular para el volumen total observado de vehículos mixtos/hora para este tiempo. Además, se hizo un promedio de las observaciones realizadas para cada sector y se tomó una velocidad media para cada tipo de vehículo para cada categoría de vehículo.

La información de entrada requerida para desarrollar el modelo de simulación de los sectores 1, 2, 3, 4, 5 y 6 en estudio para la hora de máxima demanda se presenta en las tablas que se muestran a continuación respectivamente, detallando la composición vehicular para el volumen total observado, en la hora en la hora de estudio. La velocidad media mostrada anteriormente es la utilizada en cada sector en cada sentido del volumen vehicular durante la hora pico de máxima demanda.

**Tabla 11 Datos De entrada Sector 1 y 2**

<b>Intersección Castillo Y Mall Plaza</b>			
<b>MOT.</b>	<b>AUT.</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
<b>2426</b>	<b>3527</b>	<b>906</b>	<b>129</b>
<b>Total Vehículos mixtos</b>			
<b>6988</b>			
<b>Porcentaje vehicular</b>			
<b>35%</b>	<b>50%</b>	<b>13%</b>	<b>2%</b>

**Fuente:** Autores



**Tabla 12 Datos De entrada Sector 3**

<b>India Catalina</b>			
<b>MOT.</b>	<b>AUT.</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
<b>1666</b>	<b>1425</b>	<b>593</b>	<b>65</b>
<b>Total Vehículos mixtos</b>			
<b>3749</b>			
<b>Porcentaje vehicular</b>			
<b>44%</b>	<b>38%</b>	<b>16%</b>	<b>2%</b>

**Fuente:** Autores

**Tabla 13 Datos De entrada Sector 4**

<b>Tenazas</b>			
<b>MOT.</b>	<b>AUT.</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
<b>1247</b>	<b>2667</b>	<b>627</b>	<b>143</b>
<b>Total Vehículos mixtos</b>			
<b>4684</b>			
<b>Porcentaje vehicular</b>			
<b>27%</b>	<b>57%</b>	<b>13%</b>	<b>3%</b>

**Fuente:** Autores

**Tabla 14 Datos De entrada Sector 5**

<b>Tórices</b>			
<b>MOT.</b>	<b>AUT.</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
<b>410</b>	<b>529</b>	<b>199</b>	<b>10</b>
<b>Total Vehículos mixtos</b>			
<b>1148</b>			
<b>Porcentaje vehicular</b>			
<b>36%</b>	<b>46%</b>	<b>17%</b>	<b>1%</b>

**Fuente:** Autores



**Tabla 15 Datos De entrada Sector 6**

<b>Crespo</b>			
<b>MOT.</b>	<b>AUT.</b>	<b>BUSES</b>	<b>CAMIONES</b>
<b>813</b>	<b>1791</b>	<b>176</b>	<b>66</b>
<b>Total Vehículos mixtos</b>			
<b>2846</b>			
<b>Porcentaje vehicular</b>			
<b>29%</b>	<b>63%</b>	<b>6%</b>	<b>2%</b>

**Fuente:** Autores

La información de entrada requerida para desarrollar el modelo de simulación de los sectores de estudio se encuentra detallada en el **Anexo B (Composición Vehicular)** detallando la composición vehicular para el volumen total observado por sentido en cada uno de los puntos del estudio.

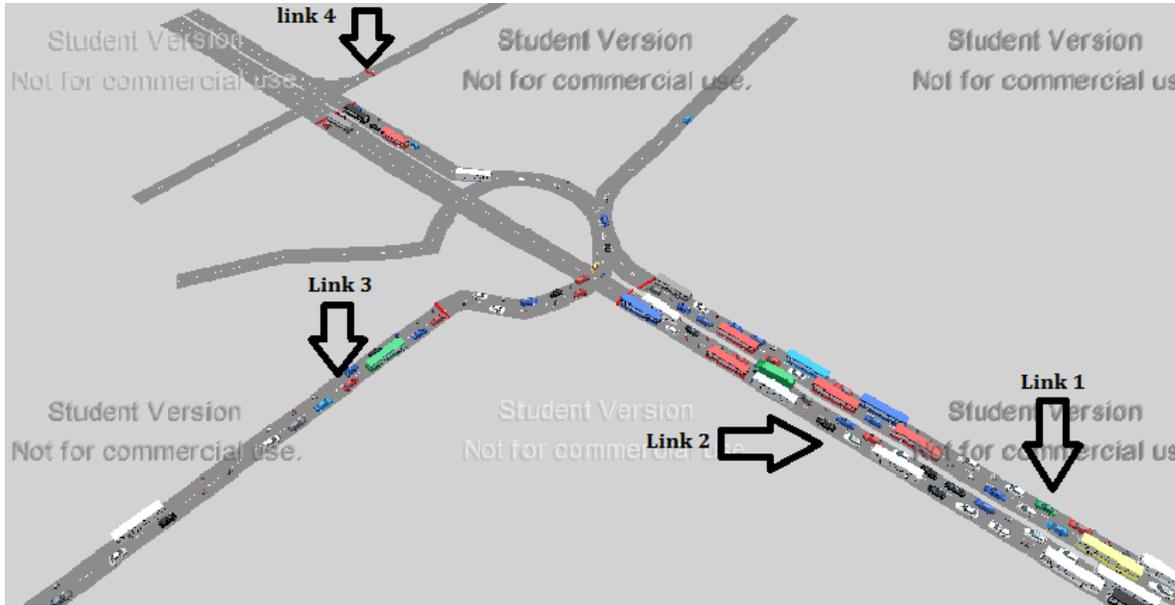
### 5.3.2. Datos de Salida

Para la evaluación de los sitios de estudio se introdujeron por Calzadas (links) en las cuales se recolectó toda la información de la operación de los mismos como se muestra en las siguientes ilustraciones 30, 31, 32, 33, 34, 35 para cada uno de los seis (6) sectores. La Tabla 16 muestra los parámetros de evaluación y las unidades en las cuales se obtuvieron los resultados.

**Tabla 16 Parámetros de evaluación en VISSIM 7.0**

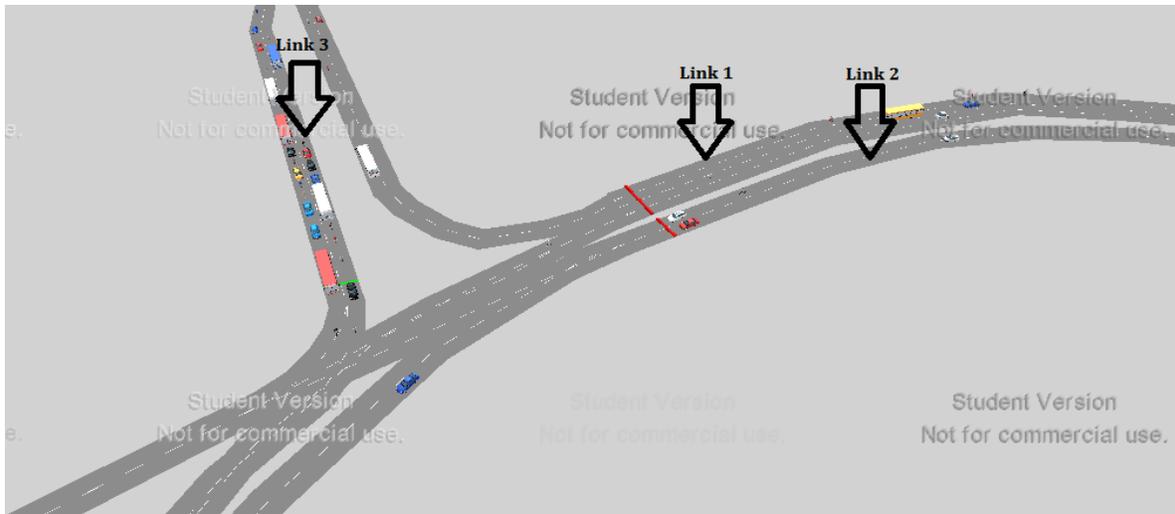
<b>Abreviatura</b>	<b>Definición</b>
<b>QlenMax</b>	Longitud de cola máxima (M)
<b>DelayAvg(All)</b>	Demora promedio Total (S)

**Fuente:** Autores



**Ilustración 30** Localización de los links de evaluación para la simulación de los Sectores 1 y 2.

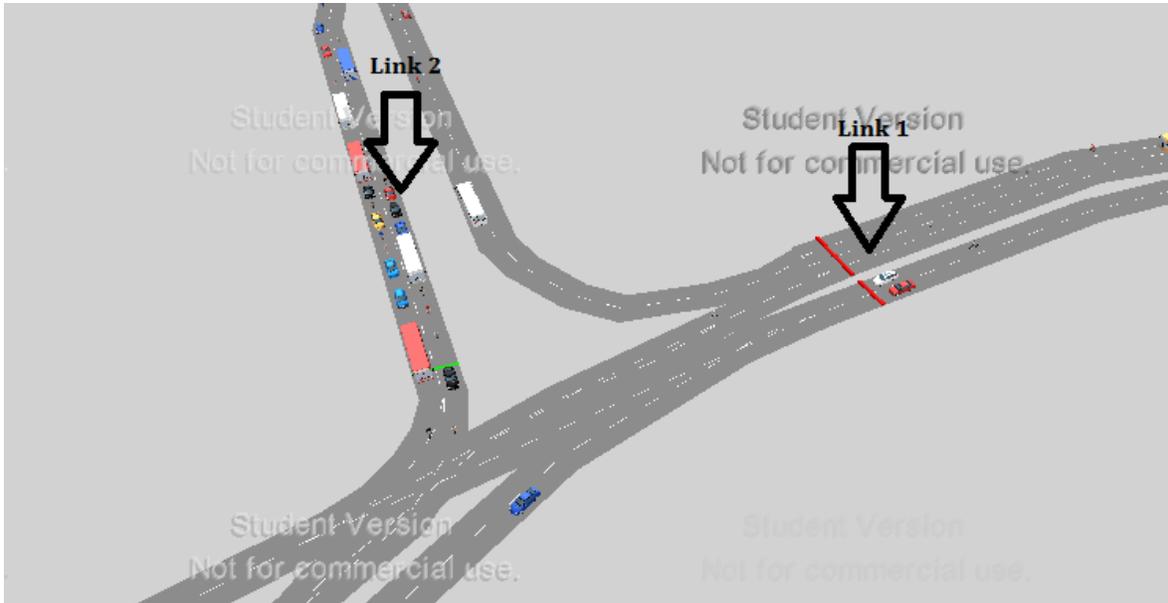
**Fuente:** Autores



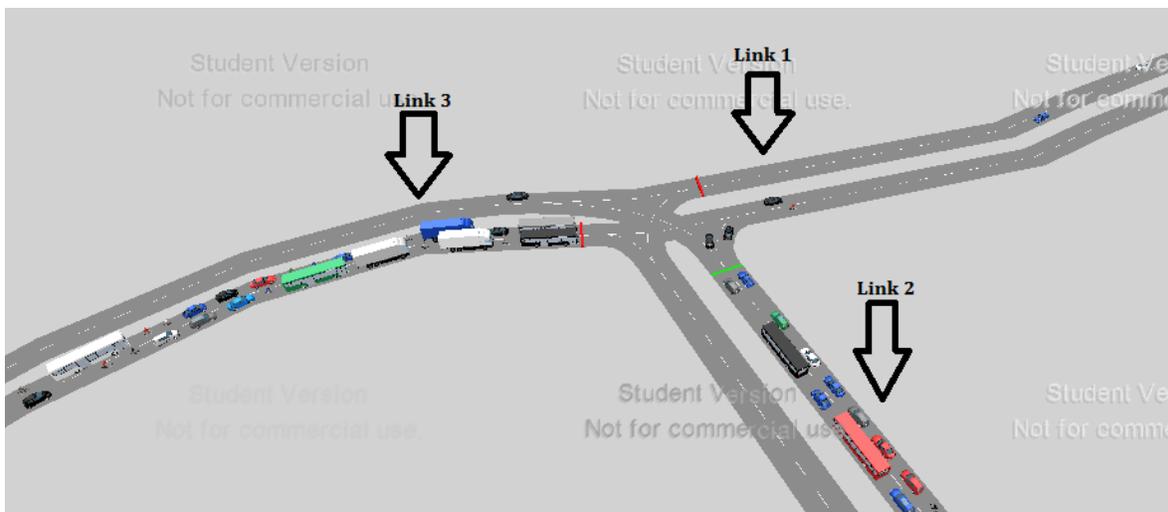
**Ilustración 31** Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 3

**Fuente:** Autores

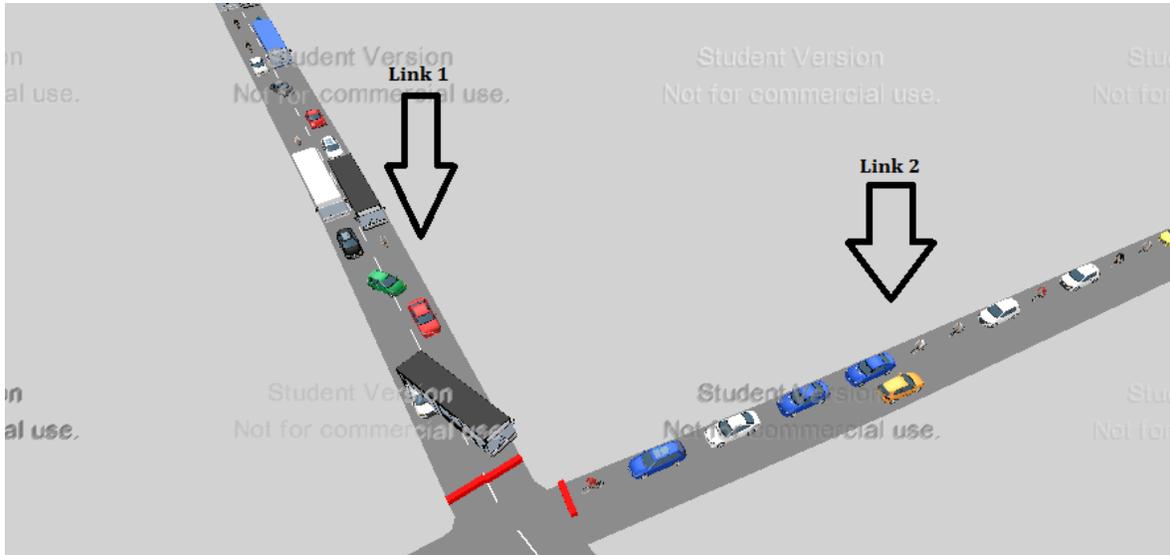
*Para la simulación se tomó el flujo total de la avenida Pedro de Heredia de la siguiente forma*



**Ilustración 32** Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 3  
**Fuente:** Autores

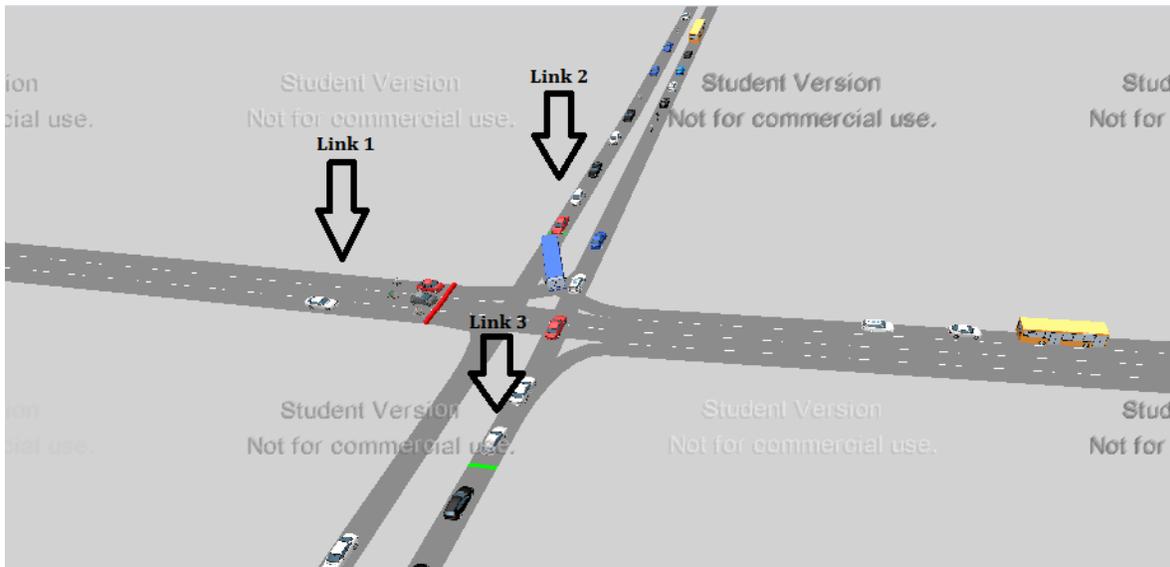


**Ilustración 33** Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 4.  
**Fuente:** Autores



**Ilustración 34** Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 5.

Fuente: Autores



**Ilustración 35** Localización de los links de evaluación para la simulación del Sector 6.

Fuente: Autores



### 5.3.3. Resultados de la Simulación

A continuación se muestran un resumen de los datos arrojados después de correr el modelo de micro simulación para los sectores en estudios en el software VISSIM 7.0.

Los resultados completos, obtenidos durante la simulación para los sectores, se pueden observar en el Anexo Magnético (Anexo C. Resultados de la simulación de los sitios de estudio).

#### 5.3.3.1. Sector 1: Av. Pedro de Heredia Cra 17, Castillo De San Felipe y Sector 2: Av. Pedro de Heredia Cra 14, C.C. Mall Plaza

**Tabla 17 Resumen de resultados de simulación sectores 1 y 2**

	QlenMin	QlenMax	DelayAvg(All)
<b>LINK 1</b>	255	255	82
<b>LINK2</b>	249	254	82
<b>LINK3</b>	161	168	82

**Fuente:** Autores

Como resultado de la simulación se tiene que el promedio de demora total para la intersección arroja un valor de 82 segundos que ubica a esta intersección en nivel de servicio F según el manual HCM para intersecciones semaforizadas

**Tabla 18 Longitud de cola observada y estimada Sector 1 y 2**

	Longitud cola observada	Longitud de cola Vissim	Error
<b>LINK 1</b>	253	255	1%
<b>LINK2</b>	254	254	0%
<b>LINK3</b>	150	168	12%

**Fuente:** Autores

La columna de error muestra que los resultados de la simulación se encuentran en un rango aceptable recalando la característica estocástica del flujo vehicular y que los resultados corresponden a un promedio de varias corridas en la hora de simulación.



**5.3.3.2. Sector 3 India Catalina Sector 3: Av. Pedro De Heredia. Cra 32 -  
Calle 41, India Catalina**

**Tabla 19 Resumen de resultados de simulación sector 3.**

	QlenMin	QlenMax	DelayAvg(All)
LINK 1	12	56	29
LINK2	35	367	29

**Fuente:** Autores

Como resultado de la simulación se tiene que el promedio de demora total para la intersección arroja un valor de 29 segundos que ubica a esta intersección en nivel de servicio C según el manual HCM para intersecciones semaforizadas

**Tabla 20 Longitud de cola observada y estimada Sector 3.**

	Longitud cola observada	Longitud de cola Vissim	Error
LINK 1	61	56	-8%
LINK2	358	367	3%

**Fuente:** Autores

La columna de error muestra que los resultados de la simulación se encuentran en un rango aceptable recalando la característica estocástica del flujo vehicular y que los resultados corresponden a un promedio de varias corridas en la hora de simulación.

**5.3.3.3. Sector 4: Av. Santander Cra 1 - Calle 41 Las Tenazas**

**Tabla 21 Resumen de resultados de simulación sector 4.**

	QlenMin	QlenMax	DelayAvg(All)
LINK 1	21	193	54
LINK2	49	21	54
LINK3	193	49	54

**Fuente:** Autores

Como resultado de la simulación se tiene que el promedio de demora total para la intersección arroja un valor de 54 segundos que ubica a esta intersección en nivel de servicio D según el manual HCM para intersecciones semaforizadas



**Tabla 22 Longitud de cola observada y estimada Sector 4.**

	Longitud cola observada	Longitud de cola Vissim	Error
LINK 1	188	193	3%
LINK2	16	21	37%
LINK3	316	300	-5%

**Fuente:** Autores

La columna de error muestra que los resultados de la simulación se encuentran en un rango aceptable recalcando la característica estocástica del flujo vehicular y que los resultados corresponden a un promedio de varias corridas en la hora de simulación.

#### 5.3.3.4. Sector 5: Cra 14 - Calle 47, Semáforo Tórices

**Tabla 23 Resumen de resultados de simulación sector 5.**

	QlenMin	QlenMax	DelayAvg(All)
LINK 1	70	90	45
LINK2	72	152	45

**Fuente:** Autores

Como resultado de la simulación se tiene que el promedio de demora total para la intersección arroja un valor de 45 segundos que ubica a esta intersección en nivel de servicio D según el manual HCM para intersecciones semaforizadas.

**Tabla 24 Longitud de cola observada y estimada Sector 5.**

	Longitud de cola observada	Longitud de cola Vissim	Error
LINK 1	87	90	4%
LINK2	142.5	152	7%

**Fuente:** Autores

La columna de error muestra que los resultados de la simulación se encuentran en un rango aceptable recalcando la característica estocástica del flujo vehicular y que los resultados corresponden a un promedio de varias corridas en la hora de simulación.



### 5.3.3.5. Sector 6: Cra 3 - Calle 70, Entrada al Aeropuerto

**Tabla 25 Resumen de resultados de simulación sector 6.**

	QlenMin	QlenMax	DelayAvg(All)
LINK 1	36	62	41
LINK2	99	99	41
LINK3	159	166	41

**Fuente:** Autores

Como resultado de la simulación se tiene que el promedio de demora total para la intersección arroja un valor de 41 segundos que ubica a esta intersección en nivel de servicio D según el manual HCM para intersecciones semaforizadas.

**Tabla 26 Longitud de cola observada y estimada Sector 6.**

	Longitud cola observada	Longitud de cola Vissim	Error
LINK 1	61	62	2%
LINK2	103	99	-4%
LINK3	54	55	2%

**Fuente:** Autores

La columna de error muestra que los resultados de la simulación se encuentran en un rango aceptable recalando la característica estocástica del flujo vehicular y que los resultados corresponden a un promedio de varias corridas en la hora de simulación.

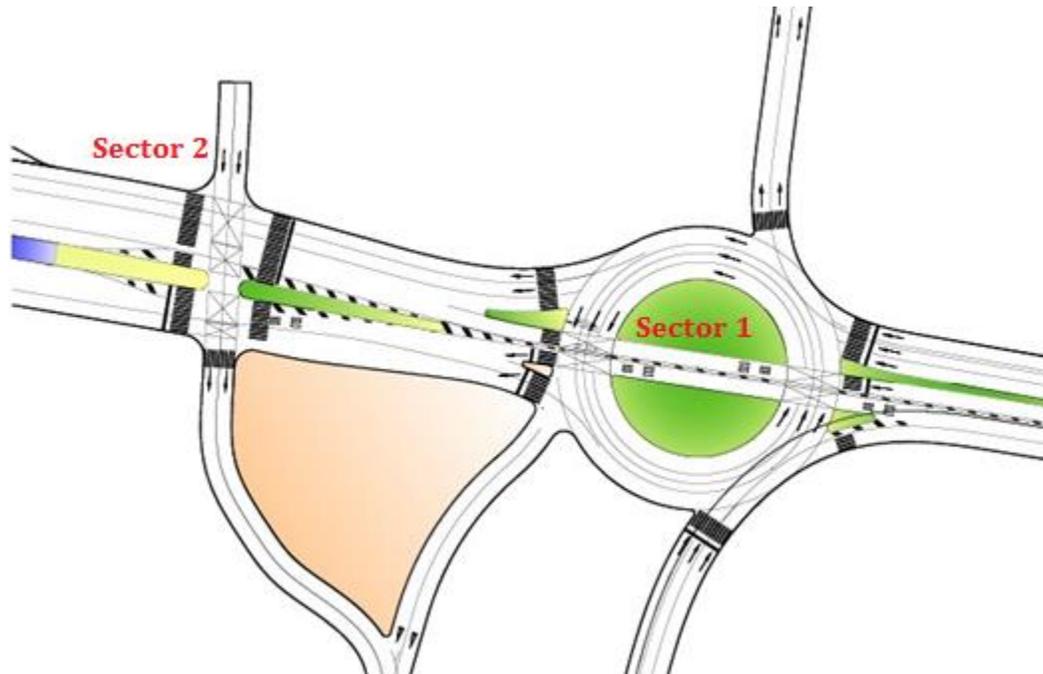


## 5.4. DISEÑOS CONCEPTUALES Y POSIBLES SOLUCIONES A LA SITUACIÓN ACTUAL

### 5.4.1. Sector 1: Av. Pedro de Heredia Cra 17, Castillo De San Felipe y Sector 2: Av. Pedro de Heredia Cra 14, C.C. Mall Plaza

Para el planteamiento de la solución conceptual para los sectores 1 y 2 se trabajaron en conjunto debido a la cercanía de ambas intersecciones, para lograr así un mejor comportamiento en el sector.

La situación actual del sector 1 ubicado a la altura de la avenida Pedro de Heredia frente al costado occidental del castillo de San Felipe de Barajas consta de una rotonda alimentada en su costado sur por la avenida Pedro de Heredia en su costado derecho 3 carriles de 3,5 metros cada uno y en el costado izquierdo con 3 carriles de 3,5 metros cada uno que atraviesan la rotonda en su parte central, el carril en su parte más oriental en este sentido no se encontró en funcionamiento durante la realización del presente estudio; el costado oriental de la intersección es alimentada por el flujo proveniente del sector pie del cerro frente al castillo de san Felipe con 2 carriles de 3,5 metros de ancho cada uno posee una entrada al barrio paseo bolívar en su costado occidental con 2 carriles de 3,2 metros cada uno y un acceso en su parte nororiental hacia el sector del espinal con 2 carriles de 3,5 metros cada uno **el sector 1** se comunica directamente con **el sector 2** en su zona norte mediante 4 carriles en el costado derecho de la avenida Pedro de Heredia con 3,5 metros de ancho cada uno y en el costado izquierdo 3 carriles en el costado izquierdo con las mismas dimensiones. Cabe notar que en el costado izquierdo de la avenida pedro de Heredia se encuentra un carril que durante el presente estudio no se encontraba en operación. El sector dos se encuentra alimentado en su costado noroccidental en la salida del sector de Chambacú por el flujo vehicular mixto proveniente de los sectores de paseo bolívar, Tórices y demás sectores. A continuación se ilustra la configuración de la intersección antes descrita:



**Ilustración 36 Descripción situación actual sector 1 y 2**

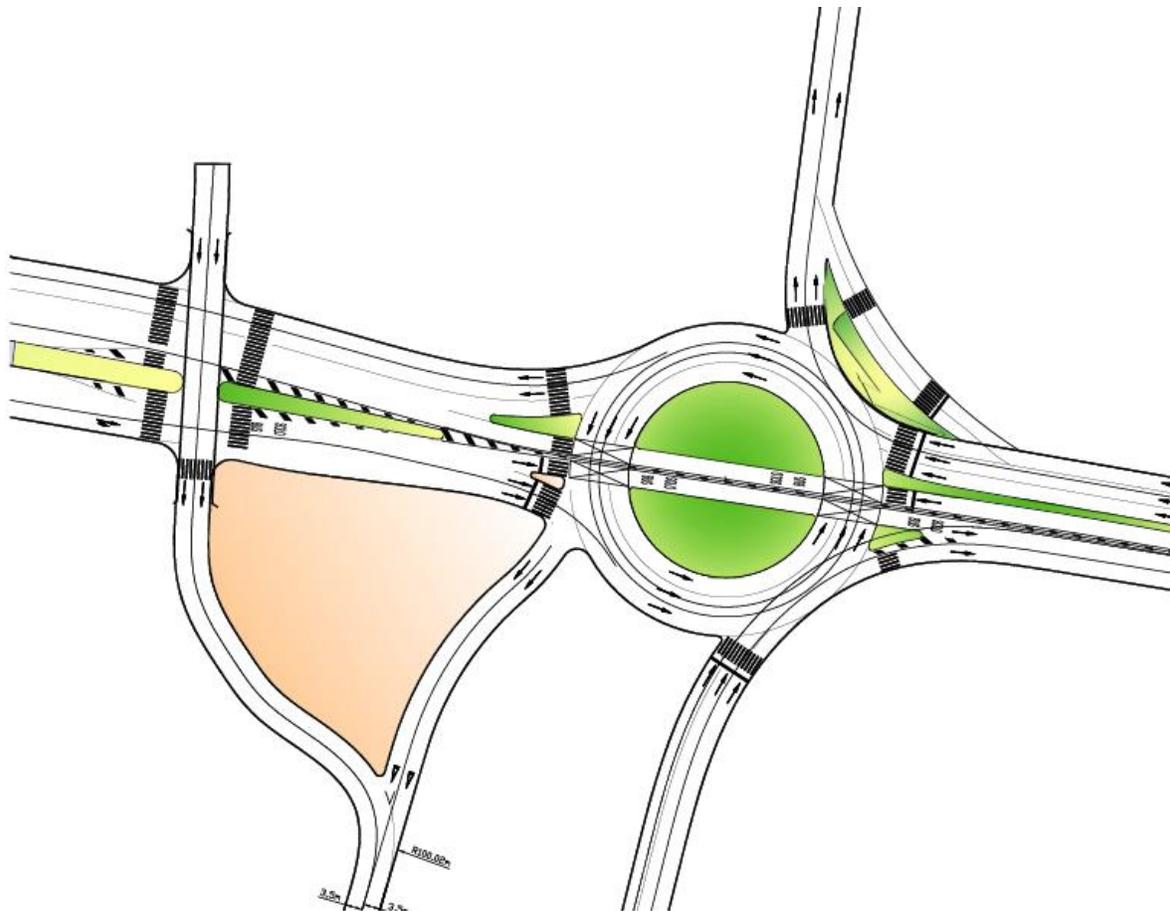
**Fuente:** (Transcaribe S.A., 2012)

La solución planteada por los autores para estos dos sectores se presenta teniendo en cuenta la entrada en funcionamiento en los próximos años del sistema de transporte integrado para esta ciudad mediante la ubicación de un paso a desnivel (Box Culvert) frente a la salida del barrio Tórices ubicada en el sector de Chambacú logrando así que el flujo proveniente de la intersección ubicada en el sector del Castillo de San Felipe se ubique en la parte superior de este paso a desnivel, de esta manera no se obtiene ninguna interrupción en este punto además se plantea la ubicación de un semáforo para realizar la entrada hacia el barrio el espinal; el flujo proveniente del barrio Tórices y paseo bolívar tampoco se vea afectado logrando así una mayor continuidad del sistema vehicular de la ciudad. Para el sector uno se plantea un ramal que direcciona el flujo vehicular que va desde la calzada derecha de la avenida pedro de Heredia hacia el barrio paseo bolívar y así evitar que se presente el giro a la derecha que causa una gran congestión en el sector además se plantea que con la nueva



configuración del sector se plantea un carril adicional en la parte suroriental de la rotonda en el pie del castillo de San Felipe de Barajas para direccionar el flujo que va desde el pie del cerro hacia la zona sur de la ciudad , conservando el ciclo semafórico que se presenta en este sector.

A continuación se presenta una ilustración donde se observa la solución gráfica de lo planteado.



**Ilustración 37 Solución planteada por los autores para el sector 1 y 2 de estudio**

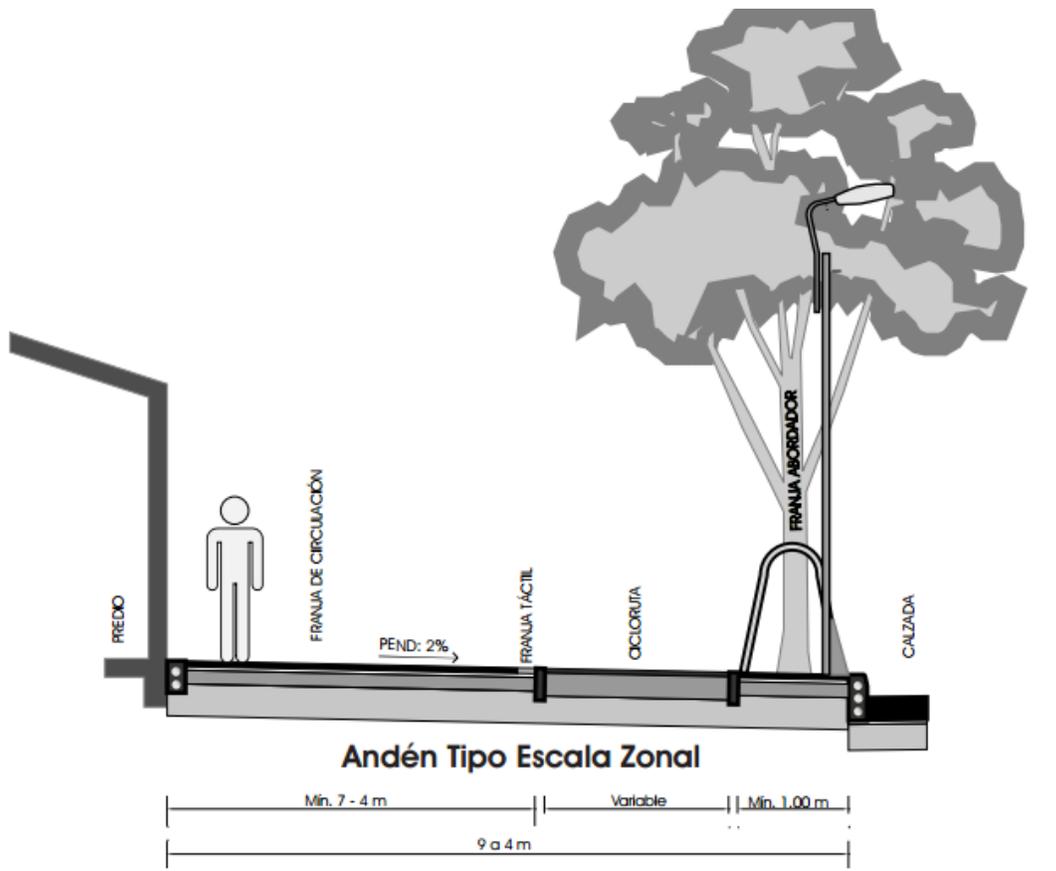
**Fuente:** (Transcribe S.A., 2012) Modificado por autores



#### 5.4.1.1. Solución peatonal

Con las condiciones originales de un número mínimo de **250** peatones por hora se tomaron como recomendaciones para este sector las dimensiones mínimas para la presencia un flujo libre peatonal de la siguiente manera:

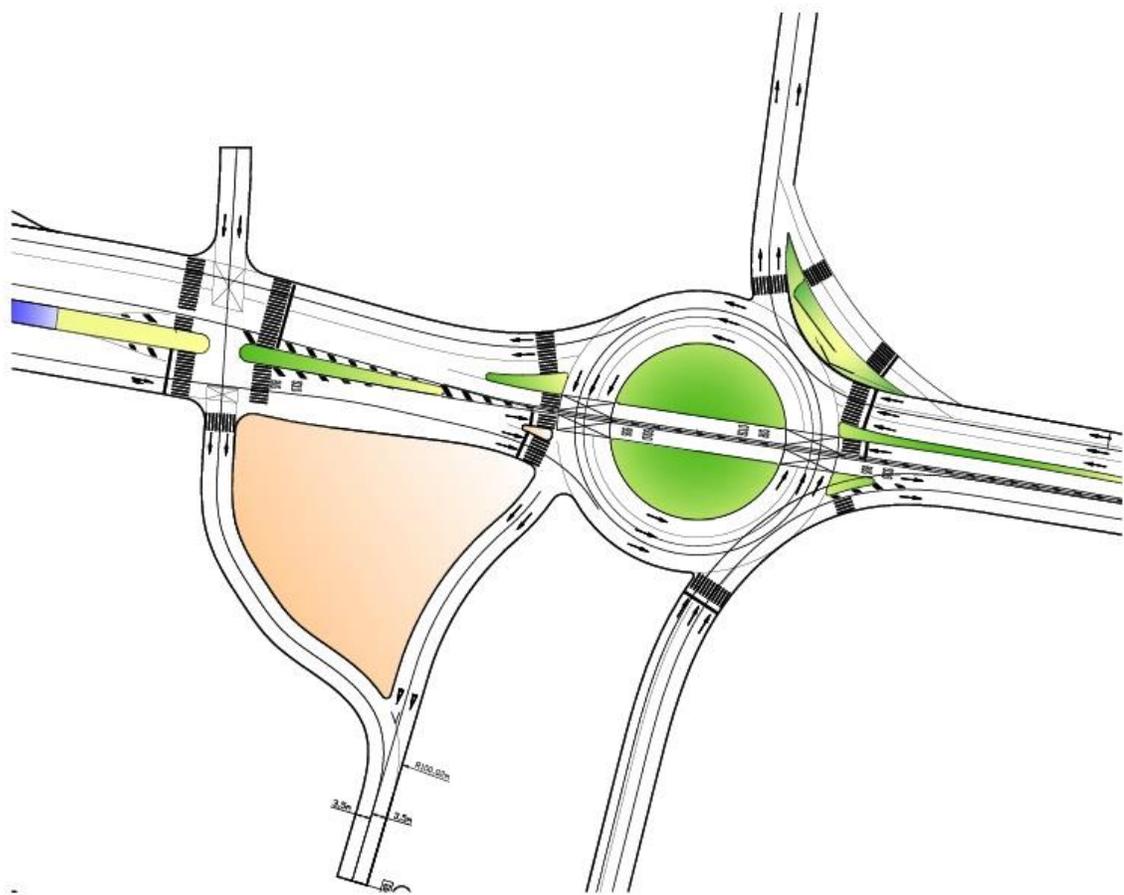
- **Dimensiones**
  - ✓ Ancho mínimo: 4 m.
  - ✓ Posibilidad de giro a 90°, ancho libre 3 mínimo.
  - ✓ Alto libre de obstáculos: 4 metros.
  - ✓ Pendiente longitudinal máxima 12 %, >consultar NTC 4143
  - ✓ Pendiente transversal máxima 2 %



**Ilustración 38 Solución peatonal para flujo libre.**  
**Fuente:** (Instituto de Desarrollo Urbano, 2013)



El sistema integrado de transporte TRANSCARIBE plantea para la puesta en marcha del sistema un cambio vial en el los sectores 1 y 2 conservando las especificaciones actuales. En la siguiente ilustración se muestra las especificaciones para el sector propuestas por TRANSCARIBE S.A.



**Ilustración 39 Solución propuesta por TRANSCARIBE S.A.**

**Fuente:** (Transcaribe S.A., 2012)

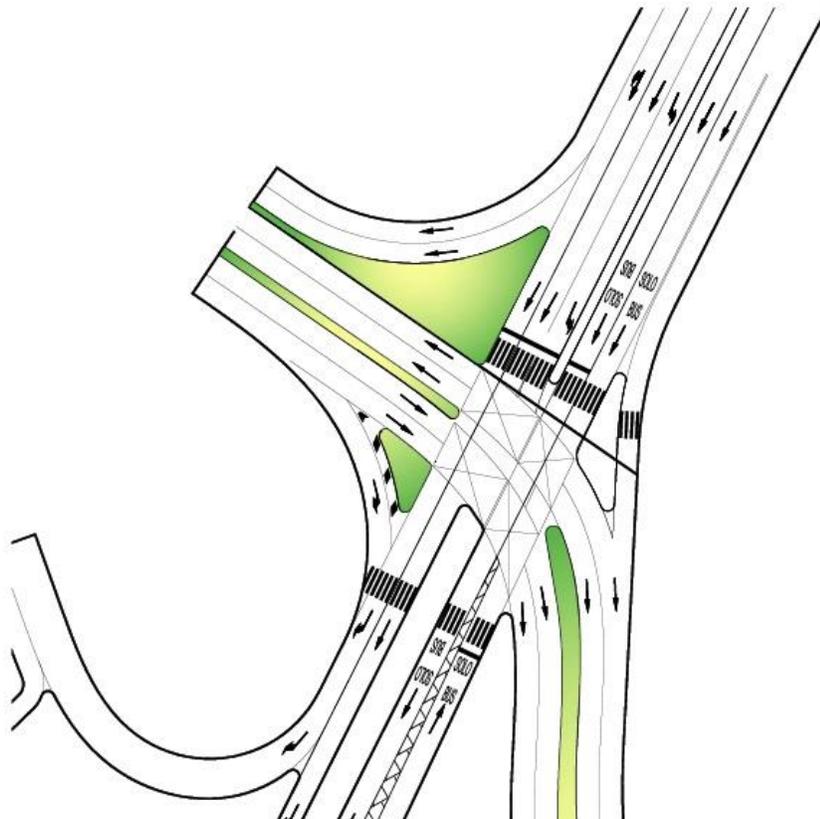
#### **5.4.2. Sector 3: Av. Pedro De Heredia. Cra 32 - Calle 41, India Catalina**

El sector india catalina es uno de los sectores más complejos de toda la ciudad debido a su ubicación es la entrada principal del centro histórico de Cartagena, debido a las



restricciones en materia de movilidad que presenta el centro de la ciudad esta intersección es la orientadora del flujo vehicular y del tránsito de este sector.

La situación actual del sector presenta en el acceso oeste proveniente de la avenida Pedro de Heredia presenta 3 carriles de 3,5 metros en el lado derecho y 3 carriles de 3,5 metros en el lado izquierdo 2 carriles que ingresan derecho al centro histórico y a la calzada interna hacia puerto duro y 1 carril que va hacia la calzada externa hacia puerto duro. En el acceso norte presenta 2 calzadas con 2 carriles de 3 metros cada uno con el flujo proveniente del sector de las tenazas (Calzada izquierda) y la calzada derecha no se encuentra en operación. A continuación se presenta una ilustración donde se observa la situación descrita anteriormente de forma gráfica.



**Ilustración 40 Descripción Sector 3 Situación actual**

**Fuente:** (Transcaribe S.A., 2012)



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

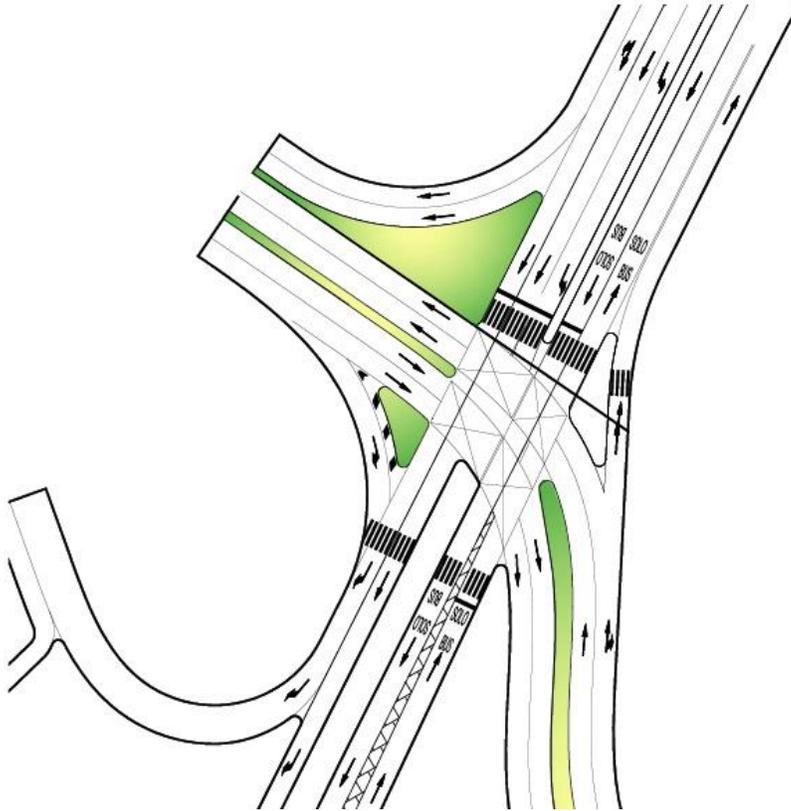
La solución planteada por los autores para este sector teniendo en cuenta de que en los próximos años entrará en funcionamiento el sistema integrado de transporte masivo de la ciudad **TRANSCARIBE**, con esto se disminuirá el número de buses que se presentan en el sector que y debido a que estos generan un gran volumen vehicular y presentan congestiones debido a que es el punto final de varias rutas de transporte público de la ciudad de allí que en este sector se presente un gran número paradas e interrupciones en la movilidad debido al ascenso y descenso de pasajeros.

La solución planteada coincide con la solución planteada por el sistema de transporte articulado de la ciudad **TRANSCARIBE** que contempla un cambio vial en las vías externas e internas hacia puerto duro y en los carriles izquierdo de la avenida pedro de Heredia además de la entrada en funcionamiento de la calzada izquierda norte que actualmente no se encuentra en funcionamiento

Además se plantean las siguientes acciones:

- ✓ Reparación de la calzada por presencia de baches superficiales en las calzadas internas y externas de puerto duro.
- ✓ Mantenimiento de señalizaciones horizontales, las cuales no son visibles para los usuarios.
- ✓ Mantenimiento y reparación de las señales verticales de tránsito existentes en la zona. Estas carecen de buena posición, estado y excelente visibilidad; por lo cual no tienen un estado óptimo que garantice el buen funcionamiento de la vía en este sector.
- ✓ restricción de parqueo y paradas en la calzada interna de puerto duro.

A continuación se presenta una ilustración donde se observa la solución gráfica de lo planteado.



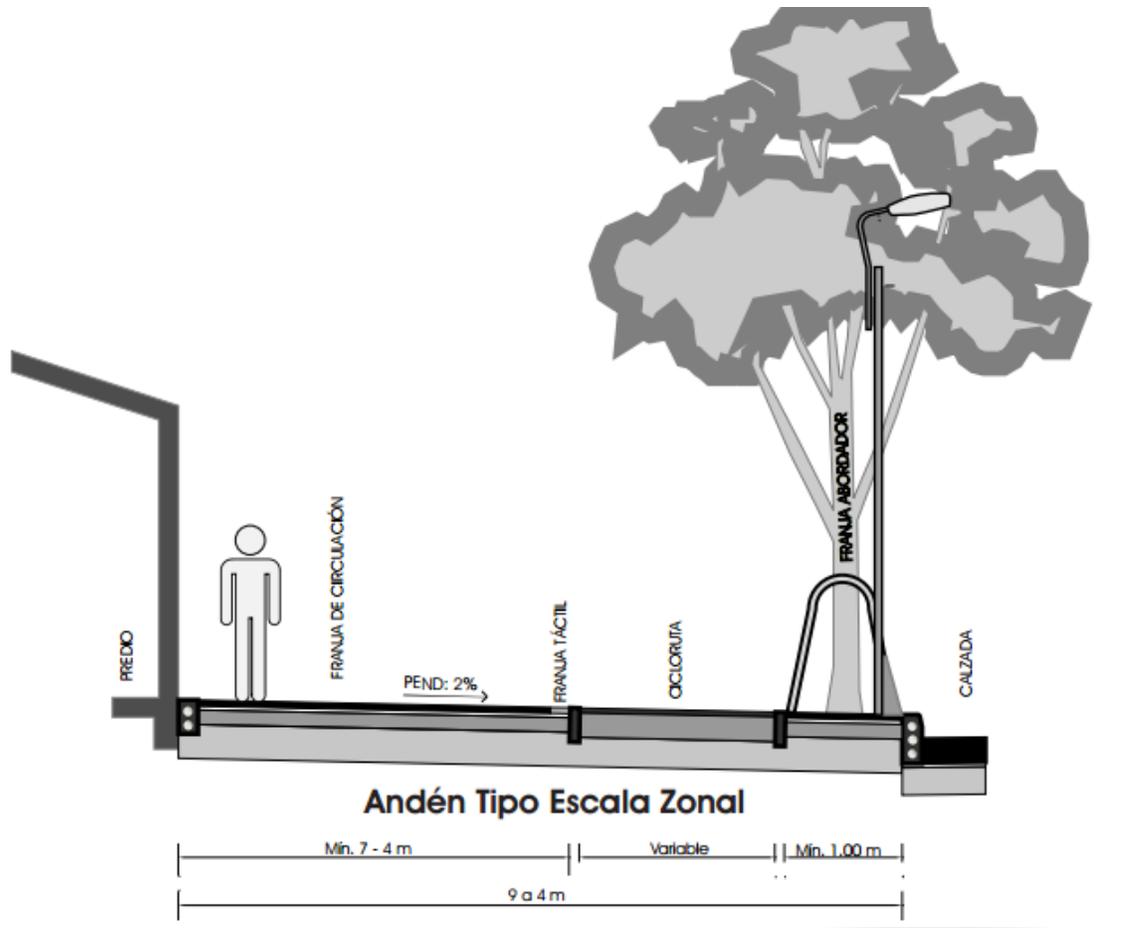
**Ilustración 41 Solución planteada para el sector 3 del estudio**

**Fuente:** (Transcaribe S.A., 2012)

#### **5.4.2.1. Solución peatonal**

Con las condiciones originales de un número mínimo de 250 peatones por hora se tomaron como recomendaciones para este sector las dimensiones mínimas para la presencia un flujo libre peatonal de la siguiente manera:

- **Dimensiones**
  - ✓ Ancho mínimo: 4 m.
  - ✓ Posibilidad de giro a 90°, ancho libre 3 mínimo.
  - ✓ Alto libre de obstáculos: 4 metros.
  - ✓ Pendiente longitudinal máxima 12 %, >consultar NTC 4143
  - ✓ Pendiente transversal máxima 2 %



**Ilustración 42 Solución peatonal para flujo libre.**  
Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2013).

#### 5.4.3. Sector 4: Av. Santander Cra 1 - Calle 41 Las Tenazas

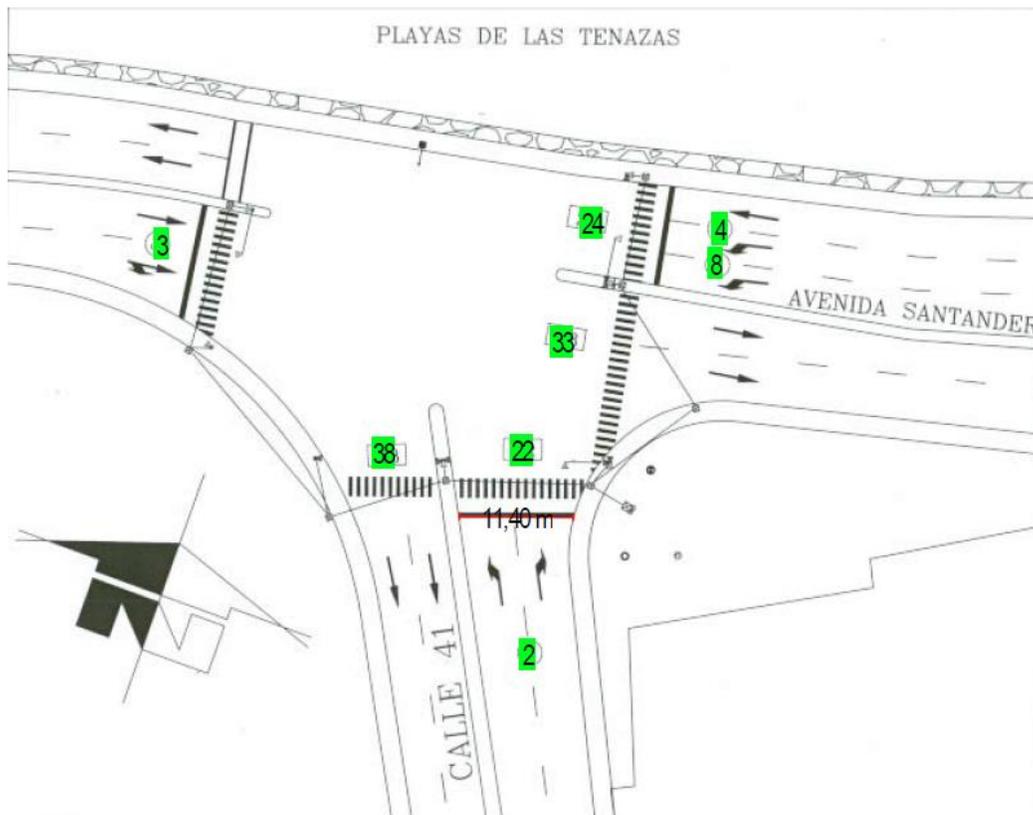
El punto ubicado en la entrada de la avenida Santander en el sector de las Tenazas en el costado Nororiental del sector amurallado del centro histórico es un paso obligado a todas los vehículos que provienen de la avenida pedro de Heredia y se dirigen hacia el aeropuerto o Bocagrande.

La situación actual del punto consiste en una intersección semaforizada alimentada por tres flujos: proveniente del Crespo, proveniente de Bocagrande y proveniente del centro. En el sector sur de la intersección consta de dos calzadas de dos carriles y 3,5 metros de ancho



cada uno, en su costado derecho corre el flujo que proviene del centro histórico y se dirige hacia los sectores de Marbella (Crespo) y Bocagrande en el costado izquierdo ingresa el flujo proveniente de los sectores Crespo y Bocagrande con dirección hacia el centro histórico, en el lado Occidental del punto se encuentran dos calzadas con dos carriles de 3,5 metros cada uno, en la parte baja se distribuye el flujo proveniente del barrio Bocagrande en los dos carriles y en la parte superior el flujo que ingresa hacia el mismo sector desde el centro y Crespo, En la parte oriental de la intersección se ubican 2 calzadas de dos carriles de 3,5 metros cada uno, en la parte superior se encuentra el flujo proveniente del barrio Crespo y en la parte baja se encuentra el flujo que ingresa en esa dirección.

A continuación se presenta una ilustración donde se observa la descripción gráfica de lo planteado.



**Ilustración 43 Descripción de la situación actual del sector 4**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)



La solución planteada por los autores para este punto o intersección se proyecta un retorno, el cual consiste en una glorieta, que permite intercambiar los flujos en todos los sentidos. Y logrando un flujo libre.



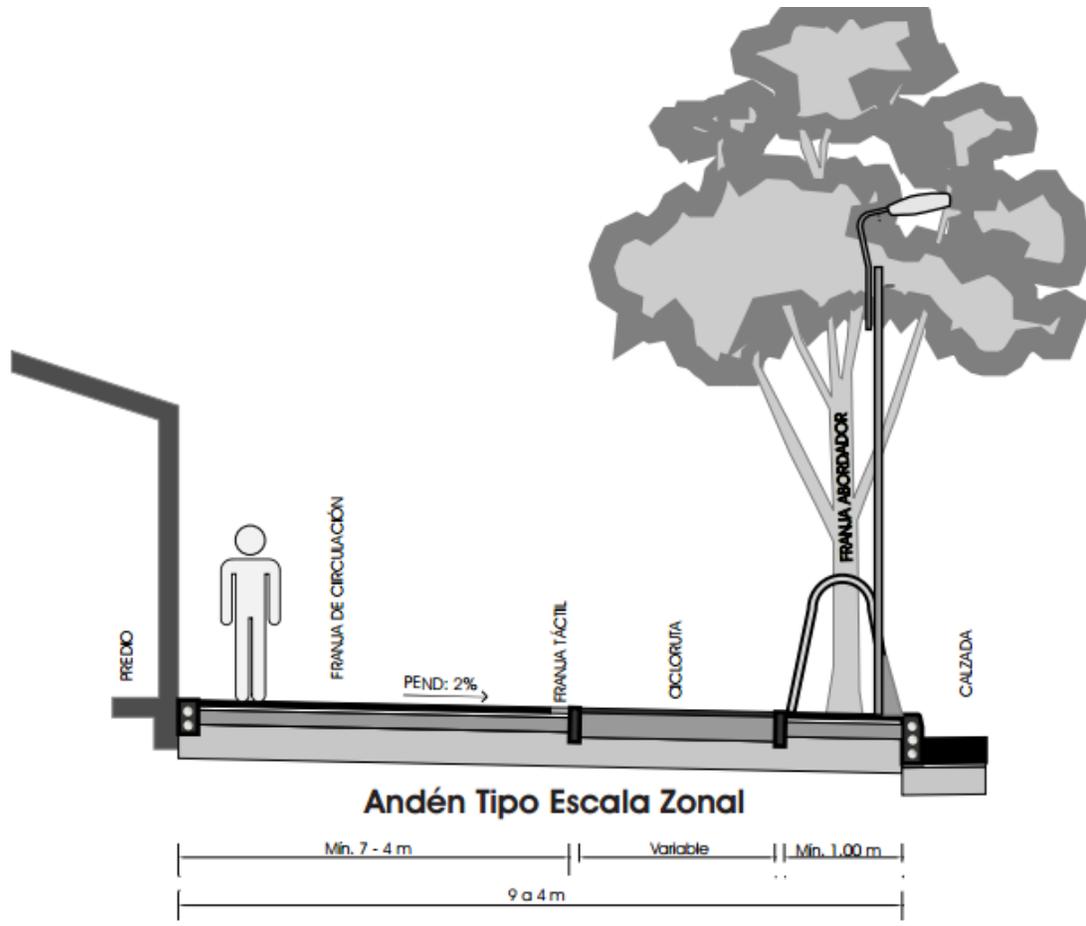
**Ilustración 44 Solución Planteada por autores sector 4**

**Fuente:** (Instituto de Hidraulica Y Sanemaiento Ambiental Universidad De Cartagena, 2011) Modificado por autores.

#### **5.4.3.1. Solución peatonal**

Con las condiciones originales de un número mínimo de 250 peatones por hora se tomaron como recomendaciones para este sector las dimensiones mínimas para la presencia un flujo libre peatonal de la siguiente manera:

- **Dimensiones**
- Ancho mínimo: 4 m.
- Posibilidad de giro a 90°, ancho libre 3 mínimo.
- Alto libre de obstáculos: 4 metros.
- Pendiente longitudinal máxima 12 %, >consultar NTC 4143
- Pendiente transversal máxima 2 %



**Ilustración 45 Solución peatonal para flujo libre.**  
Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2013).

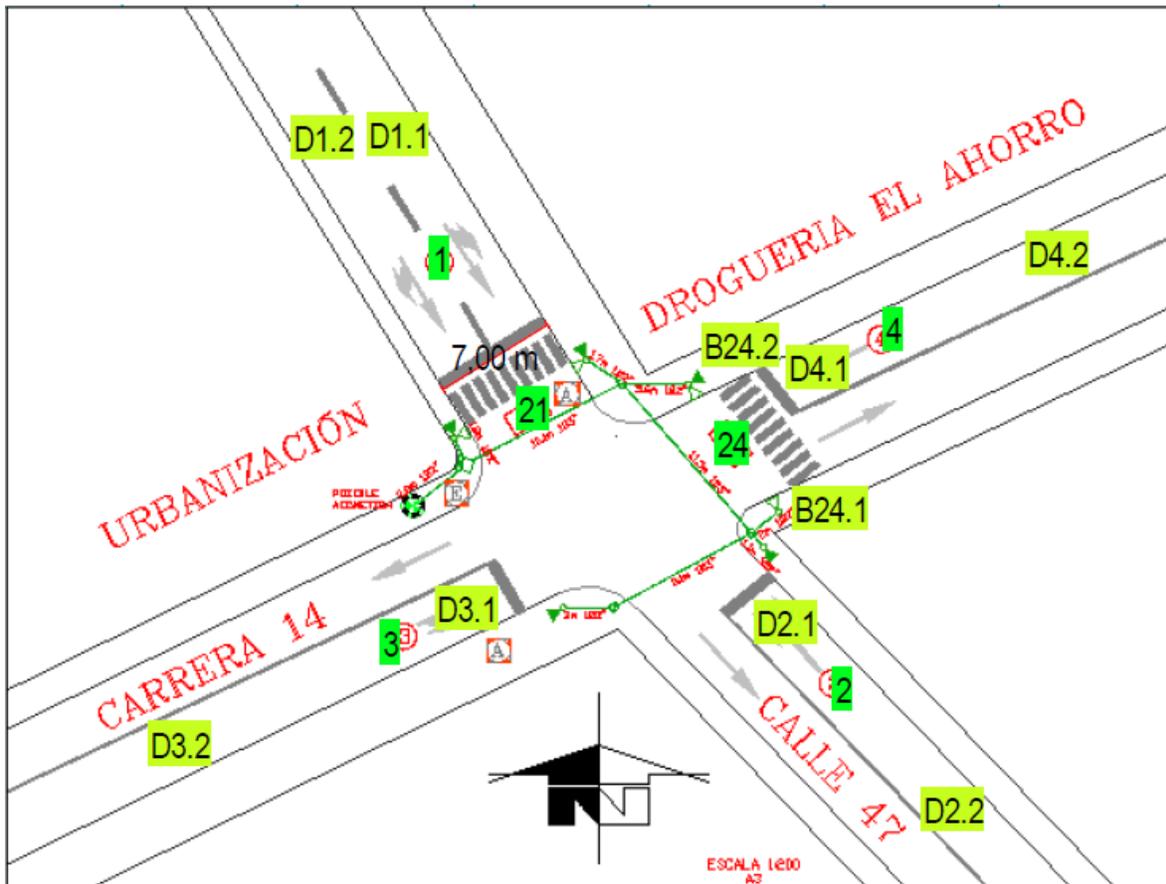
#### 5.4.4. Sector 5: Cra 14 - Calle 47, Semáforo Tórices

El punto ubicado sobre el barrio Tórices es un retorno hacia la avenida Pedro de Heredia principal arteria de la ciudad en este punto convergen los flujos provenientes de la avenida Santander sector Marbella y Cabrero en su zona nororiental y en la zona noroccidental convergen los flujos provenientes de los barrios Paseo Bolívar, Canapote, Daniel Lemaitre y Crespo entre otros.

La situación actual del punto consiste en una intersección semaforizada para el control del flujo vehicular.



A continuación se presenta una ilustración donde se observa la descripción gráfica de lo planteado.



**Ilustración 46 Descripción de la situación actual del sector 5**

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)

La solución planteada por los autores para este sector consiste en realizar un cambio vial de la siguiente forma:

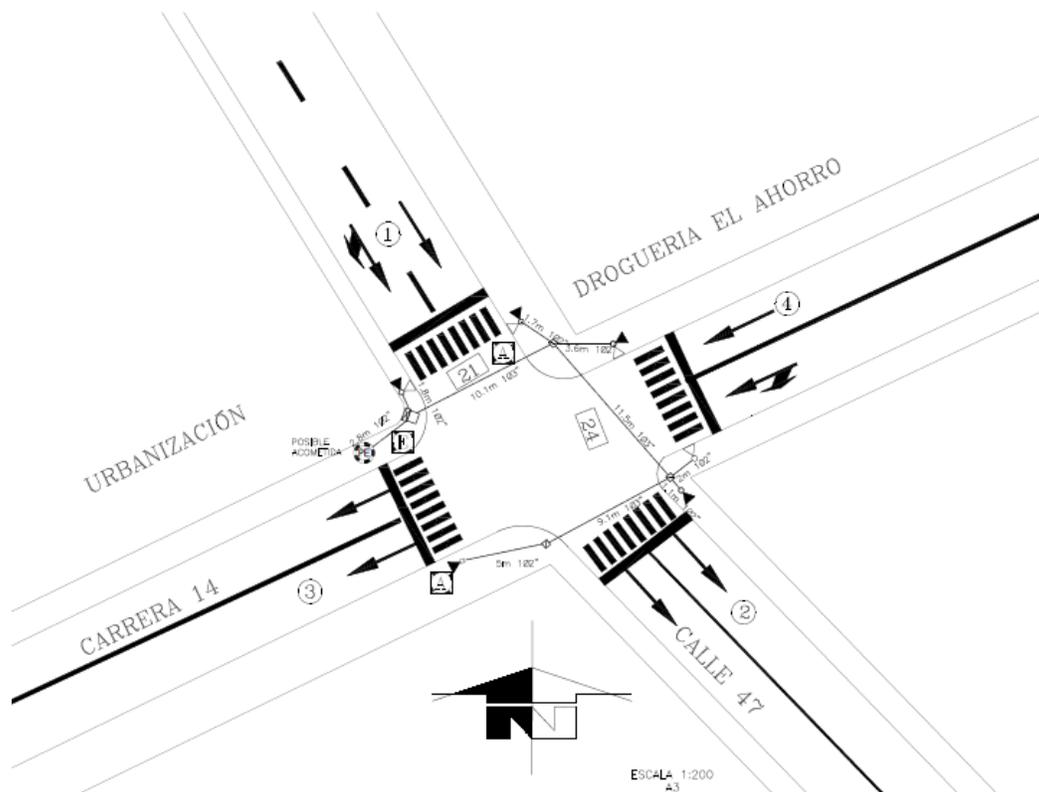
La carrera 14 solo se plantea el flujo en un (1) solo sentido noroccidente – sur oriente directo hacia la avenida pedro de Heredia de igual manera en la calle 47 se plantea un solo sentido norte – sur hacia la avenida principal del paseo bolívar. Con estas restricciones se eliminan dos semáforos y se implementarían un sistema más eficiente y menos congestionado para este sector.



Además se plantean las siguientes acciones:

- ✓ Reparación de la calzada por presencia de baches superficiales.
- ✓ Mantenimiento de señalizaciones horizontales, las cuales no son visibles para los usuarios.
- ✓ Mantenimiento y reparación de las señales verticales de tránsito existentes en la zona. Estas carecen de buena posición, estado y excelente visibilidad; por lo cual no tienen un estado óptimo que garantice el buen funcionamiento de la vía en este sector.

A continuación se presenta una ilustración donde se observa la solución gráfica de lo planteado.



**Ilustración 47 Solución planteada por autores sector 5**

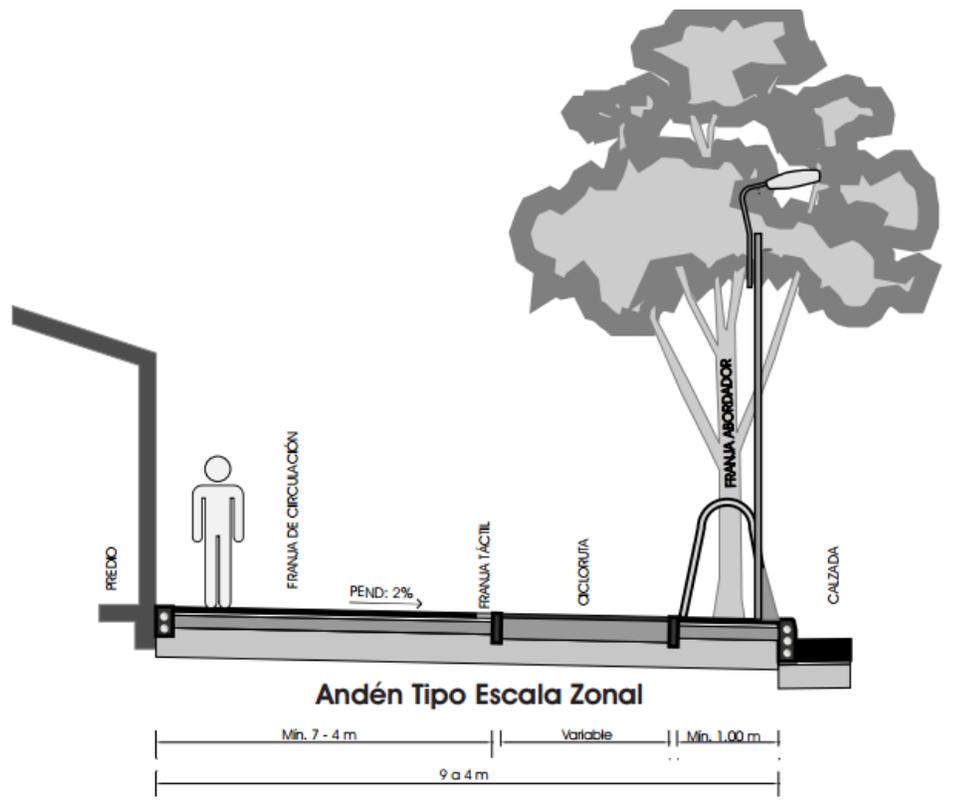
**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014); Modificado por autores



#### 5.4.4.1. Solución peatonal

Con las condiciones originales de un número mínimo de 250 peatones por hora se tomaron como recomendaciones para este sector las dimensiones mínimas para la presencia un flujo libre peatonal de la siguiente manera:

- **Dimensiones**
- Ancho mínimo: 4 m.
- Posibilidad de giro a 90°, ancho libre 3 mínimo.
- Alto libre de obstáculos: 4 metros.
- Pendiente longitudinal máxima 12 %, >consultar NTC 4143
- Pendiente transversal máxima 2 %



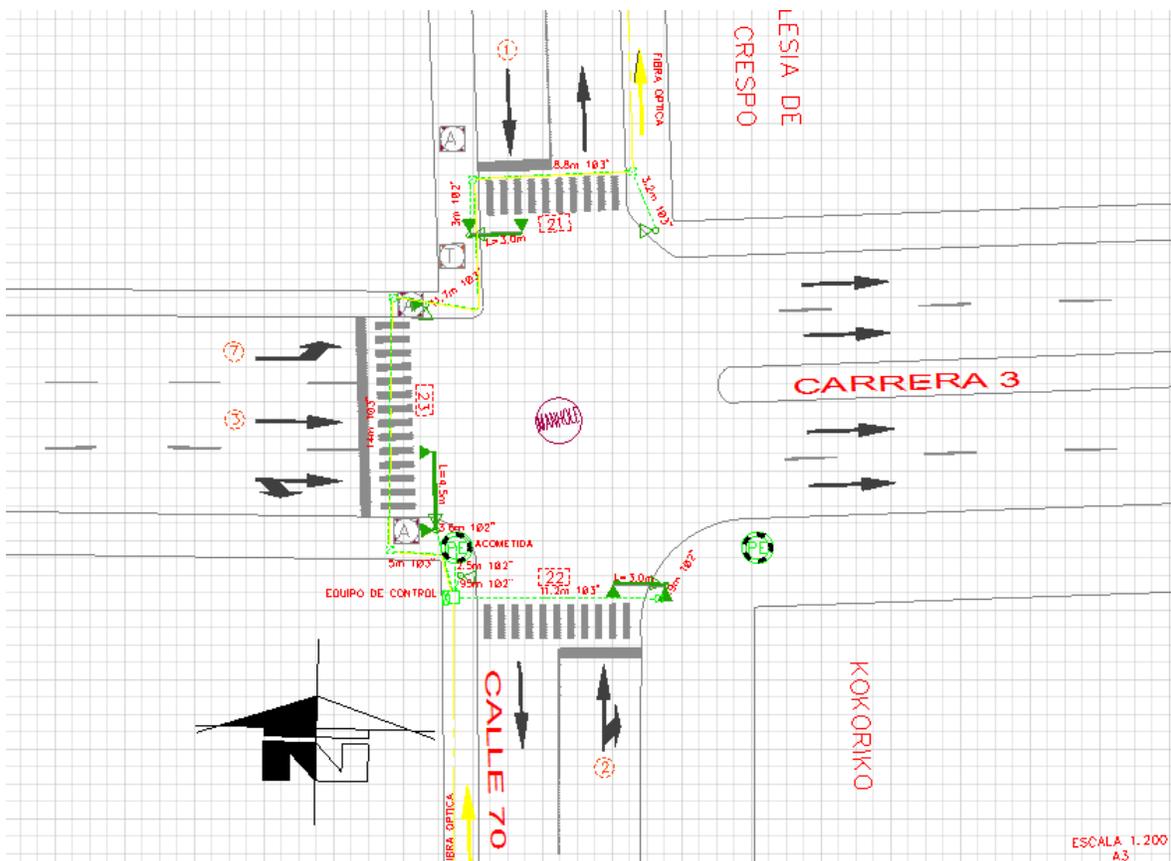
**Ilustración 48 Solución peatonal para flujo libre.**

**Fuente:** (Instituto de Desarrollo Urbano, 2013).



### 5.4.5. Sector 6: Cra 3 - Calle 70, Entrada al Aeropuerto

La situación en este punto del barrio creso se plantea debido al alto flujo vehicular que maneja la calle 70 se plantea la implantación de semáforos por demanda en la salida desde la carrera 3, Priorizando el flujo de la calle 70 debido a su alto nivel vehicular en comparación con el proveniente de la carrera 3.



**Ilustración 49** situación actual del sector 6 en estudio

**Fuente:** (Oficina Semaforización Cartagena, 2014)

La solución planteada por este punto consiste en realizar cambios viales en las carreras 3, 4, 5 y 6 como se muestra en la siguiente ilustración.



**Ilustración 50 Cambios Viales Propuestos para el sector 6**

Fuente: (Google Inc.)

#### 5.4.5.1. Solución peatonal

Con las condiciones originales de un número mínimo de 250 peatones por hora se tomaron como recomendaciones para este sector las dimensiones mínimas para la presencia un flujo libre peatonal de la siguiente manera:

- **Dimensiones**
- Ancho mínimo: 4 m.
- Posibilidad de giro a 90°, ancho libre 3 mínimo.
- Alto libre de obstáculos: 4 metros.
- Pendiente longitudinal máxima 12 %, >consultar NTC 4143
- Pendiente transversal máxima 2 %

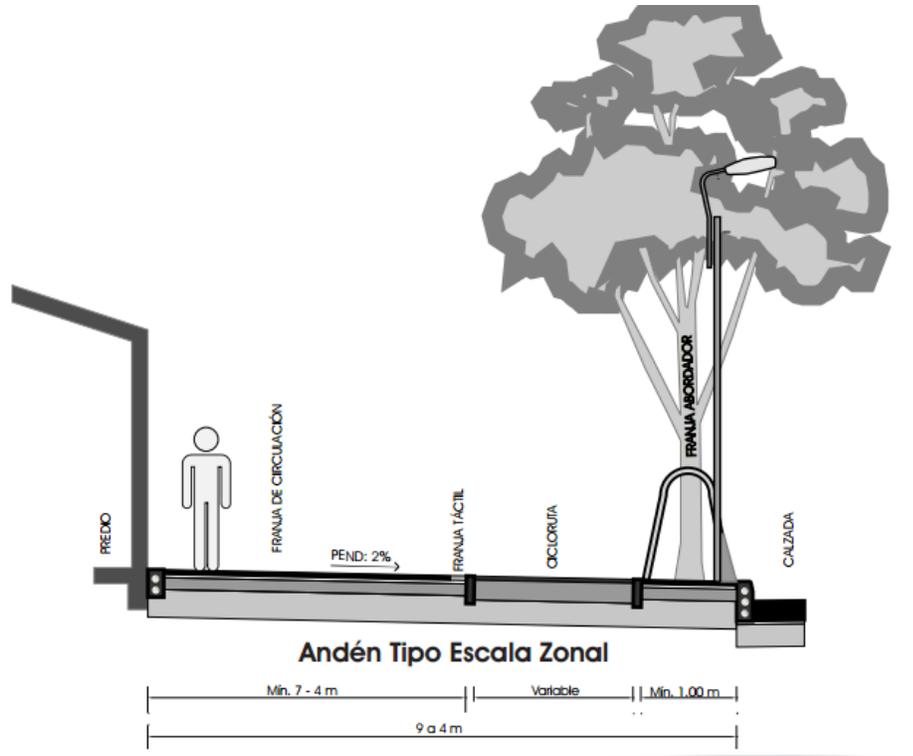


UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL



**Ilustración 51 Solución peatonal para flujo libre.**  
Fuente: (Instituto de Desarrollo Urbano, 2013).



## 6. CONCLUSIONES

El estudio de los datos recolectados en campo muestra diversas conclusiones interesantes. Del análisis del volumen vehicular en los diversos puntos India Catalina, Mall Plaza, Tenazas, Castillo De San Felipe, Tórices, Crespo para el Día típico, se identifica a las motocicletas como el vehículo de mayor presencia en el flujo vehicular superando en algunos periodos de estudio a los automóviles. Inesperadamente, existe un volumen apreciable de estos vehículos que se desplaza en estos sectores hecho que se puede explicar si se toma en cuenta la aversión al riesgo de algunos conductores a infringir las normas y reglamentaciones de tránsito, principalmente los que ejercen la actividad del Mototaxismo.

Durante el análisis de la información de campo se pudo observar que las velocidades del servicio público se ven afectadas debido a que los buses realizan paradas en cualquier tramo de la vía incluso cuando el semáforo se encuentra en verde, además se pudo observar un comportamiento imprudente que se presenta por parte de las motocicletas que afecta la movilidad del resto de vehículos.

En la situación actual se presentan grandes colas y tiempos de demoras que clasifican a la mayoría de las intersecciones con un nivel de servicio D (REGULAR) a excepto de la intersección ubicada entre los sectores 1 y 2 del presente estudio que presenta un nivel de servicio F con una demora total de la intersección de 128 segundos lo que equivale a un nivel de servicio deficiente según el manual HCM, lo descrito se ve reflejado en poca movilidad, grandes tiempos de espera e inconformidad de los usuarios, condiciones que empeoran en la en la hora pico; cabe resaltar que las condiciones actuales aún no contempla la entrada en funcionamiento del Sistema Integrado de Transporte Masivo TRANSCARIBE en las que ya se observa un colapso de dos de las intersecciones en el cual se realizó el presente estudio una intersección en especial en el sentido Sur – Norte. Estos resultados de la situación actual coinciden con los niveles de servicios y tiempos de demoras presentados en estudios previos a esta investigación respecto a otros puntos evaluados en la ciudad de



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Cartagena, lo que confirma la falta de políticas de movilidad y la falta de políticas en busca de mejorar la movilidad de la ciudad.

Las observaciones de la condición de pavimento observado en varios sectores del estudio, se evidenció que al rededor del 40% de la malla vial de los sectores: **CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR, CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA** se encuentra en mal estado. Un 20% de la misma presenta un regular estado, lo que deja tan solo un 30% de las vías en buen estado. Eso significa que la velocidad en el tráfico disminuye a cero ya que los conductores detienen sus vehículos para no coger los huecos.

Los diseños conceptuales y posibles soluciones de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía que se presenta en cada sitio en particular, las características geométricas de las carreteras que se cruzan y a las condiciones de su flujo vehicular; es por ello que se diseñó conceptualmente cada punto crítico. Aplicando conceptos para la mejora de la movilidad en las vías y se propusieron mecanismos ingenieriles que reviertan la problemática de seguridad vial y tránsito. Las soluciones planteadas para los sitios analizados, son de tipo geométrico, transito, planeación, es decir se realizó un diseño conceptual tomando como base el manual de diseño de carretera y de acuerdo a los criterios establecidos por los autores. Las soluciones de tipo geométrico consistieron en realizar canalizaciones o ramales de salida, glorietas o rotondas e intersecciones a desnivel. Por otro lado, las soluciones desde el punto de vista de ingeniería de tránsito o planeación fue el cambio de sentido de algunas vías o el cambio de las fases de los semáforos dando prioridad a una vía según la demanda vehicular.



## 7. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar estudios cuando entre en funcionamiento el sistema integrado de transporte articulado que se encuentra en construcción en la ciudad “TRANSCARIBE” de forma en la que se tengan en cuenta cual sería la reducción del número de buses que se presentará con la implementación de este sistema y el efecto que tendría sobre la movilidad del sector.
- ✓ Se recomienda el fortalecimiento de la conciencia y cultura colectiva en los temas de Intermodalidad y seguridad vial, a partir de la aplicación de campañas distritales de tipo informativo, constructivo y preventivo con los usuarios de los diferentes modos de transporte ya que este debe ser el primer paso de preparación y avance para el buen uso de los futuros intercambiadores modales que se desarrollarán en Cartagena.
- ✓ Enfocar la visión de la ciudad en la gente; donde se presente la posibilidad de mejorar la calidad de vida y bienestar de la población mediante sistemas seguros tanto para conductores como para peatones.
- ✓ Integrar la planeación urbana y la planeación del sistema de transporte con miras a reducir la necesidad de hacer viajes motorizados teniendo en cuenta que Cartagena es una ciudad donde el fenómeno del mototaxismo ha venido en aumento desde la década de los noventa (90).
- ✓ En necesario que las políticas distritales en el tema de intermodalidad se promuevan, implementen y apliquen por parte de las entidades distritales y se exijan a los consultores y contratistas, de tal forma que los lineamientos dados se concreten en los proyectos a ejecutar consecuente con las normas estatales e internaciones existentes.
- ✓ realizar investigaciones más amplias en la evaluación de la infraestructura vial de la ciudad de para así promover proyectos de inversión pública hacia la mejora de la movilidad en la ciudad.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

- ✓ realizar evaluaciones de los puntos críticos que no abarcaron este estudio, pues podrían revelarse otros factores de riesgos asociados a demoras, capacidad y niveles de servicio en la ciudad Cartagena.
- ✓ Realizar la ingeniería de detalle en los diseños planteados para cada uno de los 6 puntos críticos identificados.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

## BIBLIOGRAFÍA

- Banco De Desarrollo De America Latina. (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en america latina*. Ciudad De panama: CAF.
- Cal y Mayor. Rafael y cárdenas james. (2006). *ingenieria de transito, fundamentos y aplicacion*. alfa omega.
- Cal y Mayor. Rafael y Cárdenas James. (2006). *ingenieria de transito, fundamentos y aplicacion*. alfa omega.
- Camargo, C., & Sánchez, L. (2007). *Modelación con software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de transporte masivo en Cartagena, Transcaribe, Fase 1 tramo Amparo-Cuatro Vientos*. Cartagena.
- Cartagena Como Vamos. (2012). *MOVILIDAD EN CARTAGENA A PARTIR DE LA INFORMACIÓN DE CCV*. Cartagena.
- Cartagena Como Vamos. (2014). *Cartagena Como Vamos*. Cartagena.
- Castro, F. (10 de Octubre de 2011). *Buenas Tareas*. Recuperado el 21 de Marzo de 2014, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Movilidad-En-Cartagena/1455979.html>
- colombia, P. n. (2011). *Plan nacional de seguridad vial colombia*.
- Contraloria General de La Republica De Colombia. (2012). *Informe Seguridad Vial*. Bogota.
- Crespo Carlos. (1999). *Vías de comunicaciones, 1999, edición 3*. Ciudad De Mexico: Limusa.
- DANE. (2012). *DANE*. Obtenido de <http://www.dane.gov.co/>
- Flechas, A. L. (2006). *MOVILIDAD Y TRANSPORTE: UN ENFOQUE TERRITORIAL*. Bogotá.
- Fondo de Prevencion Vial. (2010). *Codigo Nacional de Transito Tererstre*. Bogota.
- Fondo de Prevencion Vial. (2011). *Anuario Estadistico de Seguridad Vial*.
- Fondo de Prevencion Vial. (2011). *Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia*. Bogota.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Fondo De Prevención Vial. (2012). *Identificación y propuestas de solución en cinco puntos críticos de accidentalidad de peatones en la ciudad de Cartagena*. Cartagena.

Fondo de prevención vial. (2012). *indicadores de accidentalidad y exposición*.

Gakenheimer, R. (1998). Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo. *Eure (Santiago)*, 35 - 52.

GARBER Nicholas & HOEL Lester. (2004). *Ingeniería de tránsito y de carretera tercera edición*.

Gómez Johnson Ronald Cesar. *TEXTO DEL ALUMNO INGENIERIA DE TRÁFICO CIV – 326*. (2004). *TEXTO DEL ALUMNO INGENIERIA DE TRÁFICO CIV – 326*.

Gómez Johnson Ronald César. (2004). *Texto del alumno Ingeniería de tráfico civ – 326*.

Google Inc. (s.f.). *Google Earth*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2014

Google Inc. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2014, de [https://mapsengine.google.com/map/u/0/edit?mid=zCNfFaSDnk6w.kuRguA\\_0xDsA&authuser=0&hl=es](https://mapsengine.google.com/map/u/0/edit?mid=zCNfFaSDnk6w.kuRguA_0xDsA&authuser=0&hl=es)

Guárdela Vásquez, Torres Ortega, & Gárces Del Castillo. (2009). *Incidencia del mtotaxismo en la movilidad de la Av. Pedro de Heredia en Cartagena Colombia*. Cartagena.

Instituto de Desarrollo Urbano. (2013). *Guia práctica de la movilidad peatonal urbana*. Bogotá.

Instituto de Hidraulica Y Sanemaiento Ambiental Universidad De Cartagena. (2011). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA CONSTRUCCIÓN DE SEGUNDAS CALZADA EN TERRENO PLANO A SEMIONDULADO OBRAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN COSTERA*. Cartagena.

Instituto Nacional de Medicina Legal. (2012). *informe de accidentalidad con corte a 16 de junio de 2012*.

Jianjun Zhang. (2012). *specificity analysis of safety enhancement for rural roads in china. congreso mundial de automatización*, 1-5.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Jimenes molinello, L. D. (2012). *CRISIS DE LA MOVILIDAD EN CARTAGENA*. Cartagena.

Midas Cartagena. (s.f.). *Midas Cartagna*. Recuperado el 18 de marzo de 2014, de [http://midas.cartagena.gov.co/pdf/descargas/division\\_politica/comunas/UCGUrbana s.pdf](http://midas.cartagena.gov.co/pdf/descargas/division_politica/comunas/UCGUrbana s.pdf)

Ministerio de Transporte. (2004). *Manual de Señalización*. Bogota.

Ministerio de Transporte. (2010). *Manual para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria*. Bogota.

Montezuma, R. (2007). *Alternativas en movilidad urbamna*.

Movilidad Sostenible. (2012). *encuesta, accidentalidad en Sincelejo*.

Núñez Velloso Carlos. (s.f.). *Guía Docente de Educación en Seguridad Vial - Dirección Provincial de Vialidad Misiones*.

Oficina Semaforización Cartagena. (2014). *Informe De Fases de Semaforos Cartagena (Sitios de estudio)*. Cartagena.

Organizacion mundial de la salud. (2013). *informe sobre la situacion mundial de la seguridad vial*.

Organización Panamerica de la Salud. (1993). *Prevencion de Accidentes y Lecionados*. Washington: Organización Panamerica de la Salud.

Organización Panamericana de la Salud. (2008). *Un Mundo de Seguridad Vial para los Responsables de Tomar Decisiones y Profesionales, Beber y Conducir*. Washington: Organización Panamericana de la Salud.

Pajaro Allen & Quezada Rafael. (2012). *Modelación Del Transito Vehicular en el sector bomba del amparo-sao la plazuela, Cartagena por medio del software PTV VISSIM*. Cartagena.

Pedraza, L. F., Hernández, C. A., & López, D. A. (2012). Control de tráfico vehicular usando ANFIS. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 79-88.

PTV VISION. (2006). *Traffic mobility logistics, Manual de vissim 4.20*.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA



Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

- Saldarriaga, A. (2007). *Macroproyectos de movilidad urbana y la construcción de la ciudad*. Bogotá.
- Secretaria de Tránsito y Transporte de Santafe de Bogotá. (1998). *Manuales para Estudios de Tránsito y Transporte (Vol. II)*. Bogotá, Colombia.
- Secretaria de Transporte Y Transito de Medellín. (2008). “ESTUDIO DE MOVILIDAD VIAL EN LA CARRERA 58C ENTRE CALLES 54 Y 55”. Medellín.
- Shi Ying. (2011). The research of accidentes in henan in province based on the human factors engineering. *ingenieria y gestion de ingenieria industrial*, 1424-1427.
- Suarez Christian & Alies Abraham. (2013). *Análisis de la Incidencia del Tráfico mixto con motocicleta en la movilidad sobre la Avenida Pedro de Heredia de la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C. mediante estudios primarios y modelación con software PTV VISSIM*. Cartagena.
- Tapia de Oro & Tatis. (2004). *Estudio para medir la influencia de las motocicletas en la operación de las principales arterias de la ciudad de Cartagena*. Cartagena.
- TBR. (2000). *Highway Capacity Manual*. Washington, D.C.
- Transcaribe S.A. (2012). *Planos de la Avenida Pedro De Heredia*. Cartagena.
- Wikipedia, F. (25 de Febrero de 2014). *Wikipedia*. Recuperado el 26 de Febrero de 2014, de Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad>
- WordPress. (2008). *Definición.De*. Recuperado el 20 de Febrero de 2014, de <http://definicion.de/transporte/>
- Zoghi Hasan. (2010). a proposed model for determining and giving priority to accident prone zones (black spot). *Computacion y tecnologia de red (icnt)*, 410-415.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA**



**Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN PLAN DE MOVILIDAD EN LOS  
SECTORES: CRESPO, MARBELLA, TORICES, PASEO BOLÍVAR,  
CANAPOTE, EL CABRERO, CHAMBACÚ Y DANIEL LEMAITRE DE LA  
CIUDAD DE CARTAGENA**



**Facultad de Ingeniería  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**