


**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL
AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE
PTV VISSIM**



**ALLEN MAURICIO PÁJARO ZAPARDIEL
RAFAEL ANTONIO QUEZADA NARVÁEZ**

**DIRECTOR: ING RAMÓN TORRES ORTEGA
MAGISTER EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

2012



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL
AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE
PTV VISSIM**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

INVITRA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MODELACIÓN
TIPO DE ESTUDIO: DESCRIPTIVO**

**ALLEN MAURICIO PÁJARO ZAPARDIEL
RAFAEL ANTONIO QUEZADA NARVAEZ**

**DIRECTOR: ING RAMÓN TORRES ORTEGA
MAGISTER EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

2012



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	13
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1 AFOROS.....	19
1.2. CONGESTIÓN DEL TRÁNSITO.....	20
1.3. VELOCIDAD	21
1.3.1 Las Velocidades Máximas De Los Vehículos	21
1.3.2 Las Velocidades Mínimas De Los Vehículos.....	21
1.3.3 Velocidad Media De Viaje.	22
1.3.4 Velocidad De Operación	22
1.3.5 Velocidad Puntual	22
1.3.6 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	22
1.3.7 Volumen De Tráfico	22
1.4 MÉTODOS EMPLEADOS EN CAMPO PARA ESTIMAR LOS TIEMPOS DE RECORRIDO VEHICULAR	23
1.4.1 Método De Placas.....	23
1.4.2 Método Del Vehículo Flotante	24
1.5 LONGITUDES DE COLAS DE LOS VEHÍCULOS.....	25
1.6 DEMORAS EN TIEMPOS DE VIAJES.....	25
1.7 NIVELES DE SERVICIO	26
1.7.1 Volumen De Servicio.....	29
1.8. SEMAFORIZACIÓN.....	30
1.8.1 Ventajas Y Desventajas	31
1.9 PTV VISSIM	32
1.9.1 Umbrales Del Modelo.....	33
1.9.2 Aplicaciones Del Vissim	35



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

1.9.3	Elementos De Entrada Del Modelo	36
1.9.3.1	Funciones De Aceleración Y Deceleración	36
1.9.3.2	Comportamiento De Conducción	38
1.10	CALIBRACIÓN DEL MODELO AL AMBIENTE LOCAL.....	39
1.11	CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES.....	40
2.	OBJETIVOS.....	43
2.1	OBJETIVO GENERAL	43
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
3.	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1.	ALCANCE GEOGRÁFICO	44
3.2.	ALCANCE TÉCNICO	45
4.	METODOLOGÍA	46
4.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
4.2	MARCO GEOGRÁFICO.....	46
4.3	PROCESO METODOLÓGICO	47
4.3.1	Recolección de la información.....	48
4.3.1.1	Revisión Bibliográfica.....	48
4.3.1.2	Recopilación De La Información De Campo.....	48
4.3.2	Procesamiento Y Análisis De La Información De Campo.....	53
4.3.3	Calibración Del Modelo	54
4.3.4	Modelación Del Área De Estudio En El Software PTV VISSIM 5.3.....	54
4.3.5	Análisis De Resultados	56
5.	RESULTADOS.....	57
5.1	VOLÚMENES VEHICULARES.....	57
5.2	ESTUDIO DE VELOCIDADES	59
5.3	ESTUDIO DE COLAS	61
5.4	ESTUDIO DE VOLÚMENES	62



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

5.5	MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON EL SOFTWARE PTV VISSIM 5.3	62
5.5.1	Resultado De La Modelación Para Situación Actual.....	63
5.5.2	Resultado De La Modelación Futura	66
5.4.2.1.	Resultado De La Modelación Futura 5 Años Sin Trascaribe	70
5.4.2.2	Resultado De La Modelación Futura 5, 10, 15, 20 Años Con Trascaribe	72
5.5	ALTERNATIVA DE SOLUCION.....	78
5.5.1	Resultados de alternativa de solucion.	79
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
	ANEXOS 1.....	87



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles De Servicio Para Una Intersección Por Demora	29
Tabla 2. Nivel De Servicio Para Una Intersección Por Volúmenes.....	30
Tabla 3. Tiempos De Semáforo Situación Actual	56
Tabla 4. Volúmenes Totales En Hora Pico	57
Tabla 5. Distribución Por Acceso Para Hora Pico	58
Tabla 6. Velocidades Transporte Público Bomba El Amparo – SAO La Plazuela .	59
Tabla 7. Velocidades Transporte Mixto Bomba El Amparo – SAO La Plazuela	59
Tabla 8. Velocidades Transporte Moto Bomba El Amparo SAO La Plazuela	60
Tabla 9. Longitudes de colas por acceso.....	62
Tabla 10. Tipos De Funcionalidad Por Accesos.....	62
Tabla 11. Parámetros de PTV VISSIM.....	63
Tabla 12. Comparación Longitudes Reales Vs Longitudes Modelación.....	64
Tabla 13. Promedio De Demoras Por Acceso Intersección SAO- LA PLAZUELA.	65
Tabla 14. Nivel de servicio por volumen situación actual	66
Tabla 15. Frecuencia De Rutas Complementarias Y Alimentadoras.....	67
Tabla 16. Distribución Vehículos Mixto Para 5 Años.....	67
Tabla 17. Distribución Vehículos Mixto Para 10 Años.....	68
Tabla 18. Distribución Vehículos Mixto Para 15 Años	68
Tabla 19. Distribución Vehículos Mixto Para 20 Años.....	69
Tabla 20. Distribución Vehículos Públicos TRANSCARIBE	69
Tabla 21. Rata de Flujo Futuras Para TRANSCARIBE.	70
Tabla 22. Promedio De Demoras Situación Futura 5 Años	71
Tabla 23. Nivel de Servicio Por Volumen 5 Años sin TRANSCARIBE.	72
Tabla 24. Longitudes Promedio Máximas Para Situaciones Futuras Con Transcaribe.....	73
Tabla 25. Demoras Máximas Promedio Por Acceso	74
Tabla 26. Niveles De Servicio Por Volúmenes Situaciones Futuras.....	77



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

Tabla 27. Condiciones Viales Para Alternativa De Solucion	78
Tabla 28. Tiempos De Semaforos Alternativa De Solucion	79
Tabla 29. Comparacion De Longitudes Maximas 20 Años Vs Solucion	80
Tabla 30. Promedio De Demoras Alternativa De Solucion	81



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo De La Lógica Del Seguimiento De Vehículo. (Wiedemann 1974)	34
Ilustración 2. Localización Del Proyecto.....	44
Ilustración 3. Zonas De Influencias	45
Ilustración 4. Codificación de los movimientos vehiculares	47
Ilustración 5. Programación De Semáforo SAO – LA PLAZUELA.....	49
Ilustración 6. Rutas del Sistema Transcribe	50
Ilustración 7. Movimientos Vehiculares Intersección Sao – La Plazuela	52
Ilustración 8. Creación de red vial (link y conectores)	55
Ilustración 9. Programación De Los Semáforos	55
Ilustración 10. Rutas De Decisión	56
Ilustración 11. Longitudes De Colas	61
Ilustración 12. Programacion De Semaforos Alternativa De Solucion	79



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Velocidades Por Acceso Sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela	60
Gráfica 2. Longitudes Máximas De Colas Por Accesos Situación Actual	64
Gráfica 3. Promedio De Demoras Por Acceso	65
Gráfica 4. Longitud Máxima De Cola Situación Futura 5 Años.....	70
Gráfica 5. Demora Promedio Situación Futura 5 Años.....	71
Gráfica 6. Longitudes Promedio Máximas Para Situaciones Futuras	73
Gráfica 7. Demora Promedio Situación Futura 5 Años Con TRANSCARIBE	75
Gráfica 8. Demora Promedio Situación Futura 10 Años con TRANSCARIBE	75
Gráfica 9. Demora Promedio Situación Futura 15 Años con TRANSCARIBE	76
Gráfica 10. Demora Promedio Situación Futura 20 Años TRANSCARIBE.....	77
Gráfica 11. Longitudes De Colas Maximas Alternativa De Solucion	80
Gráfica 12 Demora Promedio Alternativa De Solucion.....	81



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

RESUMEN

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. Por esto surge el siguiente trabajo de tesis que tiene como objetivo Modelar las condiciones presentes y futuras del tránsito vehicular, EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA de la ciudad de Cartagena D.T. y C. por medio de software PTV VISSIM para plantear una alternativa de solución que mejore el nivel de servicio en el sector.

Para la realización del trabajo se hicieron visitas a las oficinas de TRANSCARIBE S.A. y Alumbrado Público en busca de información del sector, además visitas a la zona de estudio para poder establecer las condiciones actuales y recolectar información para llenar los distintos formatos de campo. Una vez recopilada toda la información se procesó para poder alimentar el software PTV VISSIM 5.3 y realizar las simulaciones de la situación actual y las futuras a 5 años proyectando las condiciones actuales a 5,10, 15 y 20 años con el funcionamiento de TRANSCARIBE, y una simulación con una posible alternativa de solución al problema de tráfico del sector, se obtuvieron los resultados de tiempos de viaje, demoras y colas con los que se hallaron los niveles de servicio del sector BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA. Con base a los resultados se concluye que una vez entre a funcionar TRANSCARIBE los niveles de servicio en el sector mejoran pero no es una solución a largo plazo ya que en las modelaciones a 15 y 20 años la vía presenta nuevamente niveles de servicio bajos, por eso se considera la ampliación de un carril en la calle 31 en ambos sentidos y modificación de los tiempos de los semáforos como una alternativa de solución que puede mejorar los niveles de servicio a largo plazo.



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

ABSTRACT

Cartagena's D. T y C vehicular traffic has become a problem for reasons such as: inadequate road infrastructure, vehicle fleet growth, the various labors carried out in the city streets, "mototaxis" and disorder in the organization of bus routes, generating long queues and traffic delays. This thesis objective is to model present conditions and future traffic, around the area called "Bomba del Amparo" – "SAO La Plazuela" with the software PTV VISSIM which proposes an alternative solution to improve the level of service in the sector.

To carry out the work "Transcaribe S.A" offices and "Alumbrado Publico" were visited looking for background information, what is more visits to the study area to establish current conditions and collect data to fill the different field formats. Once collected the information was processed to feed PTV VISSIM software 5.3 and perform simulations of the current time and the future, projected to 5, 10, 15 and 20 years running Transcaribe, and a simulation with a possible alternative solution to the problem of traffic in the sector, travel times, delays and queues results were obtained, which presented service levels of the "Bomba del Amparo" – "SAO La Plazuela" area.

Based on the results we conclude that once Transcaribe start running service levels in the sector will improve but not for a long term because in the modeling made to 15 and 20 years the road presented again low service levels, that is why extension of a rail on 31st Street is considered in both directions and modification times of traffic lights as an alternative solution that can improve service levels in the long term.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

INTRODUCCIÓN

Cartagena se muestra como una ciudad donde el transporte vehicular representa un factor preponderante del caos urbano, afectando el desarrollo de la ciudad a nivel económico y social. Esta problemática se debe en parte a la insuficiente infraestructura vial y el crecimiento en los últimos años del parque automotor, generando cada día más conflictos en los flujos de circulación.

Conscientes de este problema se plantean alternativas y soluciones en cuanto a la movilidad temporal de vehículos y peatones. Se realiza un plan de manejo de tráfico el cual brinda seguridad vial y minimiza la congestión vehicular debido a los cierres y desvíos durante la ejecución de las obras civiles.

Actualmente se están adelantando proyectos como el Sistema de Transporte Masivo TRANSCARIBE, el túnel semideprimido de Crespo, el mejoramiento de la Transversal 54. Integrada con el desarrollo nacional en infraestructura de carreteras, la ampliación a doble calzada de la Transversal del Caribe en sus tramos Cartagena- Turbaco- Arjona y Cartagena-Bayunca, vías de altas especificaciones que al tener tramos urbanos que intersecan con accesos a zonas residenciales de la ciudad generarán traumatismos de tipo vehicular, peatonal, social, ambiental y económico, y posibles congestiones en el tráfico de sus zona de influencia.

Unas de estas zonas se encuentra presente en la intersección SAO LA PLAZUELA, y se ve reflejado en las largas colas que alcanzan, en horas picos, longitudes hasta de 300 metros en el sentido Bomba El Amparo- Sao, afectando el acceso de los vehículos de la calle 31 hacia la carrera 69 y en el sentido Socorro- Sao la cola generada afecta la salida de vehículos de la calle del Shopping Center.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Por todos los motivos expuestos anteriormente se presentara este proyecto de grado como una solución a los problemas presentes en la intersección SAO LA PLAZUELA, lo cual nos lleva a nuestra pregunta de investigación:

¿Qué alternativa de solución se podrá plantear para mejorar la problemática de cogestión vehicular **EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA**, con base en la simulación de la misma a través del software PTV VISSIM?

Esta investigación se centra en la intersección semaforizada SAO-LA PLAZUELA la cual interseca la Carrera 71 con la Calle 31, y en sus zonas de influencias: la calle de acceso al Shopping Center y el acceso de la Calle 31 hacia la Carrera 69; lo cual se pretende modelar las condiciones presentes y futuras a 5,10,15 y 20 años, del tránsito vehicular, en el sector Bomba el Amparo - Sao la Plazuela de la ciudad de Cartagena D.T. y C. por medio de software PTV VISSIM para plantear una alternativa de solución que mejore el nivel de servicio en el sector. Teniendo en cuenta estudios de transito como aforos vehiculares, modelaciones presentes y futuras, estudios topográficos y de diseño operacional del Sistema de Transporte Masivo TRANSCARIBE de sus rutas Alimentadoras y Complementarias.

Los modelos de micro simulación del tránsito se han venido aplicando, desde hace ya más de una década y con indiscutible éxito, en el campo de la ingeniería del tránsito y, en algunos casos, también como herramienta de apoyo a la planificación del transporte. Análisis de capacidad y de congestión, impactos de acciones propuestas, evaluación de medidas de control del tránsito y operatividad de transporte urbano son, entre otros, los campos de aplicación de tales modelos¹. En el ámbito internacional en varias universidades del mundo se han adelantado prácticas y numerosas investigaciones para la calibración de estos modelos para

¹ ROCA, Vidal. Aplicación de modelos de micro simulación en la ingeniería del tránsito con PTV Visión VISSIM. En: *Revista Andinatraffic.*, Feb. 2008, no.3, p.17-25.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

estar totalmente de acuerdo con los diferentes ambientes locales; tal es el caso de la Universidad de Puerto Rico, Adaptation Off Vissim, A SimulationModel, To The TrafficBehavior At Intersections In Mayaguez, Puerto Rico. (Adaptación Del VISSIM Un Modelo De Simulación, Al Comportamiento Del Tráfico En Intersecciones En Mayaguez, Puerto Rico).

En los últimos años, Colombia dentro de las políticas de estado, en cuanto al mejoramiento del servicio de transporte público automotor urbano, ha venido implementando la construcción de Sistemas de Transporte Masivos en diferentes ciudades como Bogotá, Cali, Medellín, Pereira, Bucaramanga, Cartagena y Barranquilla, entre otros; muchos de estos proyectos se han adelantado por medio de la utilización de software para la modelación y visualización del comportamiento vial. La utilización de este software para la simulación de las condiciones reales del tránsito, ha contribuido a mejorar los planes de movilidad antes y después de iniciadas las obras de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (S.I.T.M.), evitando así el mayor traumatismo en las vías.

En Cartagena se han realizado varios trabajos sobre MODELACIÓN DE LOS PLANES DE MANEJO DE TRANSITO de diferentes sectores de la ciudad, entre los cuales se destacan los siguientes:

- MERCADO María José, SILVA Alejandra. 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). Año 2012
- -ALCALA Joel, BETTIN Freddy. Modelación con software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de transporte masivo en Cartagena, Transcaribe, tramo parque de la Marina – Boca grande. Año 2008.
- -CAMARGO Sindry, SÁNCHEZ Ligia. Modelación con software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de transporte masivo en Cartagena, Transcaribe, Fase 1 tramo Amparo – Cuatro Viento. Año 2007.
- -QUIROZ Angie. Modelación de los planes de manejo de tránsito, tramo Cuatro Vientos – Bazurto. Año 2007
- -GOMEZ Felipe. Aplicación de los modelos de micro simulación VISSIM caso específico para la ciudad de Bucaramanga – Intersección Avenida la Rosita Carrera 15.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

En los cuales se recopiló la información de campo necesaria y se procesó para alimentar el modelo VISSIM, para la simulación de diferentes escenarios propuestos en cada fase de la construcción del Sistema Integrado de Transporte Masivo (S.I.T.M.) TRANSCARIBE. Se compararon y se analizaron los resultados arrojados por el software y se hicieron recomendaciones más apropiadas para cada caso de simulación. En algunos casos se concluyó que las obras y la adecuación para el S.I.T.M. de Cartagena, genera mayores colas y demoras, afectando la calidad del nivel de servicio de la vía, en comparación con las condiciones antes del inicio de las obras y se dieron recomendaciones como la implementación del pico y placa, vigente en la actualidad, para los vehículos particulares.

En la realización de estos proyectos se presentaron desventajas en el programa como son la falta de compilación de resultados hasta llegar al nivel de servicio deseado, y se mostraron limitaciones para simular en forma real el comportamiento del conductor, sobre todo la incidencia y conducta de los motociclistas en Colombia. Se recomendó profundizar el estudio de los parámetros de comportamiento del conductor que rige el software para acercar el modelo a la situación actual.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

1. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación se han realizado estudios previos, donde se evalúan el comportamiento actual de la red vial, determinando las condiciones de operación del sistema, de acuerdo con lo dispuesto en el Diseño Conceptual del Sistema Integrado de Transporte del Distrito de Cartagena, adelantado por el consorcio conformado por TTC-GGT-SYSTRADUARTE GUTERMAN y el contratado por el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE) y TRANSCARIBE, realizaron los siguientes estudios:

- ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO, CÁLCULO DE TPDA Y DISEÑOS SEMAFÓRICOS 2006, realizado por UNIÓN TEMPORAL WILCHES-VARGAS-SÁENZ.
- TOPOGRAFÍA, ESTUDIO DE TRÁNSITO Y DISEÑO GEOMÉTRICO 2006, realizado por UNIÓN TEMPORAL WILCHES-VARGAS-SÁENZ.

Los estudios anteriores suministran información sobre el nivel y capacidad de servicio del sector de estudio, así también como la información de los ciclos semafóricos presentes en la intersección SAO - LA PLAZUELA, estos últimos datos fueron contractados con la información recolectada en alumbrado público. Esto estudios también suministran información sobre la topografía, diseños geométricos y las condiciones del tránsito del tramo de estudio. El análisis de tráfico que se utilizó, fue elaborado mediante el montaje y alimentación de la red construida en el modelo de tráfico Synchro Plus.

La información recolectada fue procesada y proyectada a los años 5, 10, 15 y 20 del proyecto; el análisis de las condiciones de operación de los semáforos para los distintos escenarios proyectados se hizo a partir del modelo SIDRA y el análisis de gestión en red, bajo condiciones de congestión se adelantó con el apoyo del



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

modelo de simulación TSIS – NETSIM. Para los diferentes escenarios se analizaron los resultados de capacidad y niveles de servicio, tanto para la operación del tránsito mixto, como para la operación del sistema TRANSCARIBE. Otros estudios tenidos en cuenta han sido los realizados por ALUMBRADO PUBLICO el 6 de Marzo del 2012, para control de las demandas de tránsito de las vías que conforman el área de influencia, de manera que garantice el mejoramiento de los niveles de servicio, facilite la movilidad de los usuarios y favorezca la accesibilidad a las zonas aledañas.

En estudios anteriores en esta misma línea de investigación, se encontraron con la limitación que el Software PTV VISSIM no determina niveles de servicio, por lo tanto los resultados arrojados y con la metodología establecida por la Highway Capacity Manual 2000, se determinaba los niveles de servicio en función de la demoras. El software PTV VISSIM fue diseñado para unas condiciones y ambientes específicos sobre comportamiento de los conductores para la modelación del tráfico urbano en ciudades Alemanas, estos comportamientos difieren a los encontrados en las zonas de estudios.

En la realización de esta investigación se presentaron limitaciones en el comportamiento de conductores y en la determinación de los niveles de servicio, al igual que en estudios anteriores, para esto se investigó más a fondo y se encontró en la HCM 2000 los elementos necesarios para cumplir los objetivos de esta investigación.

Para el logro del objetivo planteado en la presente investigación Modelar las condiciones presentes y futuras del tránsito vehicular, EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA de la ciudad de Cartagena D.T. y C. por medio de software PTV VISSIM para plantear una alternativa de solución que mejore el nivel de servicio en el sector, es necesario definir algunos conceptos que se



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

manejan durante el desarrollo del proyecto; las cuales se describen a continuación:

1.1 AFOROS

Los aforos vehiculares son los conteos de los vehículos que pasan por determinados arcos de red.

Aforos Manuales: Se usan por lo general 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.

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. Aforos por periodos de tiempo de 16 horas, proveen más información. Por lo general, para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves) a menos que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana².

² GARBBER Nicholas, HOEL Lester. Ingeniería de tránsito y de carretera tercera edición año 2004



1.2. CONGESTIÓN DEL TRÁNSITO

Técnicamente, *congestión de tránsito* es 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; pero preferimos la definición técnica por ser menos ambigua. 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. Sin embargo, también en este caso la congestión suele manifestarse primero en puntos de “embotellamiento”, pues los cambios en demanda u oferta de tránsito son, en general, graduales y la congestión alcanza primero esos puntos aunque luego se propague corriente arriba y se vaya disipando corriente abajo.³

³CRESPO VILLA, Carlos. Vías de comunicaciones, editorial limusa, 1999, edición 3°



1.3. VELOCIDAD

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 \mathbf{V} . Sus dimensiones son [L] / [T]. 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.

1.3.1 Las Velocidades Máximas De Los Vehículos

Los conductores noveles no superarán los 40 km/h en las vías urbanas y travesías ni los 80 km/h en el resto de las vías. La velocidad máxima que un turismo o una motocicleta pueden alcanzar son:

-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.

1.3.2 Las Velocidades Mínimas De Los Vehículos

Así como, 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 de "velocidad máxima" con el mismo valor o inferior. 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.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

1.3.3 Velocidad Media De Viaje.

Es la velocidad en un trecho de vía determinada por la razón de la longitud del trecho, por el tiempo medio gastado en recorrerlo, incluyendo los tiempos en que los vehículos están detenidos.

1.3.4 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.

1.3.5 Velocidad Puntual

Velocidad instantánea de un vehículo cuando pasa por un punto determinado o sección de vía.

1.3.6 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Es 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.

1.3.7 Volumen De Tráfico

Número de vehículos que pasan por una sección de vía o un carril durante una unidad de tiempo. Puede ser una hora, día, una semana un mes o un año.

Volumen Horario de Diseño (VHD): Es el volumen horario futuro utilizado para diseño. Por lo general se usa el trigésimo volumen horario más alto para el año futuro de diseño.⁴

⁴ CARDENAS, James. Diseño Geométrico de Vías segunda edición año 2000.



1.4 MÉTODOS EMPLEADOS EN CAMPO PARA ESTIMAR LOS TIEMPOS DE RECORRIDO VEHICULAR

Dos son los métodos que se emplean normalmente en campo para obtener los tiempos de recorrido vehicular. En ambos casos, al realizar el muestreo, es posible obtener los tiempos de recorrido promedio por tipo de vehículo y de toda la muestra vehicular.

A continuación se describen el método de placas y el de vehículo flotante, exponiéndose las bondades y desventajas de cada uno.

1.4.1 Método De Placas

El método de placas consiste en colocar dos brigadas por sentido de circulación en cada uno de los tramos en que se realice la medición, integradas por dos personas. Las brigadas deberán ubicarse en lugares estratégicos del tramo, de tal suerte que una persona tome la lectura de la placa y otra con cronómetro en mano la hora de lectura, estos sitios pueden ser la entrada o salida de la estación Origen-Destino, los reductores de velocidad por el paso por poblaciones, topes, puntos de inspección militar o fitosanitaria, etc.

La realización de la encuesta O-D, no es una condición necesaria para llevar a cabo los estudios de tiempo de recorrido, ya que éstos pueden realizarse por separado. El número de brigadas, dependerá del número de tramos en que se seccione la carretera para realizar los estudios de tiempos de recorrido y velocidades de operación, colocando cuatro brigadas por tramo, dos por sentido de circulación. La información que deberá asentar cada integrante de la brigada en los formatos establecidos para su estudio son: nombre de la carretera, identificación del tramo, fecha, hora de inicio y hora de terminación de la lectura, tipo de vehículo, número de matrícula (placa) y hora en que pasa por el punto de lectura.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Al revisar los números de matrícula, se seleccionan aquellos que coinciden en ambos puntos de lectura del tramo, se clasifican por tipo de vehículo y se obtiene el tiempo de recorrido promedio por sentido de circulación en el tramo, a partir del cual puede ser estimada la velocidad de operación promedio.

Para obtener la velocidad de operación y tiempo total de recorrido de la carretera o de toda la ruta, se obtiene la velocidad ponderada por tipo de vehículo y a partir de ella el tiempo total de recorrido.

1.4.2 Método Del Vehículo Flotante

El método del vehículo flotante, consiste en cronometrar el tiempo de recorrido de cada tipo de vehículo. Los responsables del estudio de campo realizan esta medición por persecución, es decir se da seguimiento al tipo de vehículo que se está muestreando. Cuando se trate de vehículos de pasajeros, los responsables de medir los tiempos de recorrido se incorporan como usuarios en el vehículo objeto de la muestra, cronometrando los recorridos sin considerar los tiempos muertos por paradas continuas (ascenso y descenso de pasajeros, y tiempo para tomar algún refrigerio).

El cálculo del tiempo de recorrido en una red en la que se presenta la situación de ruta con proyecto (situación deseable o futura), se realiza en gabinete con base en la velocidad de proyecto, misma que dependerá de las características geométricas de los tramos que integran la nueva ruta.

Cuando se analiza una red con varias alternativas de viaje ya existentes, el análisis se realiza a partir de la comparación de los tiempos de recorrido de las distintas alternativas. La alternativa que acuse menor tiempo de recorrido, será considerada como la ruta con proyecto, y las restantes constituirán en su momento las rutas en la situación actual.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Cuando la relación entre tiempos de recorrido de dos alternativas en estudio es igual a 1, la distribución desde el punto de vista teórico sería igual para cada uno de los arcos considerados, es decir se asignaría el 50% a cada una de las rutas en análisis.

En estricto sentido, bajo las mismas condiciones de operación y cuando los tiempos de recorrido de dos alternativas son iguales, la distribución del tránsito es de 50% para cada una de ellas.⁵

1.5 LONGITUDES DE COLAS DE LOS VEHÍCULOS

La longitud de cola de los vehículos de determinan basadas en la teoría de las colas las que consiste en Utilizar la estadística y ciertas asunciones sobre el proceso de servicio. Permite estimar, a partir de las tasas de llegada de los clientes (ya sean vehículos o personas) y de la velocidad de atención de cada canal de servicio, la longitud de cola y el tiempo promedio de atención. La tasa de llegada de los clientes debe analizarse para conocer, no solamente su intensidad en número de clientes por hora, sino su distribución en el tiempo. Se ha hallado, experimentalmente que la distribución de Poisson y las distribuciones geométricas reflejan bien la llegada aleatoria de clientes y la llegada de clientes agrupados, respectivamente.⁶

1.6 DEMORAS EN TIEMPOS DE VIAJES

Demoras, es el tiempo perdido en un viaje que un vehículo realiza de un punto a otro debido a la concentración del tráfico. Puede ser por Congestión o por

⁵TORRES VARGAS, Guillermo. Método de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras

⁶TIMANÁ JORGE. Máster en Ingeniería de Transportes. Introducción a la teoría de las colas. Universidad de Piura. Perú.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Intersección. Los dos tipos de demora representan un tiempo gastado o no productivo, y esto puede ser convertido a valor monetario, el cual demostrará el costo hacia la comunidad por efectos de una vía inadecuada.

Demoras por Congestionamiento. Es el tiempo adicional por los vehículos cuando viajan bajo la velocidad crítica – velocidad razonable. Se produce por vehículos estacionados, carriles muy angostos, altos volúmenes de tráfico.

Demoras por Intersección. Es producido por las demoras causadas por todas las aproximaciones a una intersección dada, frecuentemente se miden estas demoras para evaluar ciertos efectos como: Diseño Geométrico de ciertas intersecciones, y tipos de control.⁷

1.7 NIVELES DE SERVICIO

Cuando el volumen de tránsito es del orden de aquel correspondiente a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aun cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. En efecto, la velocidad de operación fluctuará rededor de los 48 Kph para la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo será inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el período de detención.

Es necesario, por lo tanto que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen de Servicio.

⁷MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual sobre dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras. 2004.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (A, B, C y D) que permiten condiciones de operación, superiores a las antes descritas. Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel E y cuando se tiene flujo forzado se le denomina Nivel F.

Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la Velocidad de Operación que permiten y la densidad (VL/Km/carril), para las condiciones prevalecientes en la carretera. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por el volumen máximo que permite alcanzar la velocidad de operación especificada como propia de ese nivel.

Las características principales de operación que se dan dentro del rango correspondiente a cada nivel son:

- Nivel A: Representa la condición de flujo libre, que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. La velocidad está sólo limitada por la velocidad de diseño de la carretera, la que en todo caso debe ser al menos igual a 110 Kph, por definición de condiciones físicas exigidas para el nivel. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 96 Kph.
- Nivel B: Representa la condición de flujo estable, los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Para poder brindar este nivel la carretera debe poseer una velocidad de diseño igual o mayor que 96 Kph. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 80 pero menores que 96 Kph.
- Nivel C: Representa aún condición de flujo estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están íntimamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores no puede seleccionar su propia velocidad. En caminos con tránsito bidireccional hay restricción para ejecutar



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

maniobras de adelantamiento. La velocidad de diseño exigida por el nivel debe ser de al menos 80 Kph y la velocidad de operación posible debe ser igual o mayor que 64 pero menor que 80 Kph.

- Nivel D: Representa el principio del flujo inestable, con volúmenes del orden, aunque algo menores, que los correspondientes a la capacidad del camino. Las restricciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones de la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar, poca comodidad en el manejo, pero estas condiciones pueden tolerarse por cortos períodos de tiempo. La velocidad de operación fluctúa alrededor de 56 Kph.
- Nivel E: Representa la capacidad del camino o carretera y por tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación del orden de 48 Kph. El nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como los niveles superiores.
- Nivel F: Describe el flujo forzado a bajas velocidades con volúmenes menores que la capacidad de la carretera. Estas condiciones se dan generalmente por la formación de largas filas de vehículos debido a alguna restricción en el camino. Las velocidades y las detenciones pueden ocurrir por cortos o largos períodos debido a la congestión en el camino.⁸

Para evaluar el funcionamiento de las intersecciones afectadas se utilizaron las técnicas del "HighwayCapacitySoftware" (HCS2000), establece que el Nivel de Servicio de una intersección está dado por la demora promedio que sufren los vehículos en ella.

⁸Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. 2001



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 1. Niveles De Servicio Para Una Intersección Por Demora

Nivel de Servicio	Demora Promedio(seg)	Nivel de Servicio	Demora Promedio(seg)
A	< 10	A	<10
B	10.1-15	B	10.1-20
C	15.1-25	C	20.1-35
D	25.1-35	D	35.1-55
E	35.1-50	E	55.1-80
F	>50	F	>80
NIVELES DE SERVICIO PARA UNA INTERSECCIÓN SIN SEMÁFORO		NIVELES DE SERVICIO PARA UNA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO	

Fuente: HCM 2000

1.7.1 Volumen De Servicio

Para determinar el nivel de servicio por medio de los volúmenes para las cuatro clases de calles urbanas definidas para la HCM 2000, se utiliza la tabla 2. Esta tabla es útil para las estimaciones de cuantos vehículos en una calle urbana puede llevar a dado nivel de servicio, para una determinada clase y número de carriles (por dirección).

Esta tabla contiene valores aproximados, es tomada para propósitos ilustrativos, los valores dependen de los supuestos utilizados, no se debe utilizar para un análisis final.



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

Tabla 2. Nivel De Servicio Para Una Intersección Por Volúmenes

EXHIBIT 10-7. EXAMPLE SERVICE VOLUMES FOR URBAN STREETS
(SEE FOOTNOTES FOR ASSUMED VALUES)

Lanes	Service Volumes (veh/h)				
	A	B	C	D	E
Class I					
1	N/A	740	920	1010	1110
2	N/A	1490	1780	1940	2120
3	N/A	2210	2580	2790	3040
4	N/A	2970	3440	3750	4060
Class II					
1	N/A	N/A	620	820	860
2	N/A	N/A	1290	1590	1650
3	N/A	N/A	1920	2280	2370
4	N/A	N/A	2620	3070	3190
Class III					
1	N/A	N/A	600	790	840
2	N/A	N/A	1250	1530	1610
3	N/A	N/A	1870	2220	2310
4	N/A	N/A	2580	2960	3080
Class IV					
1	N/A	N/A	270	690	790
2	N/A	N/A	650	1440	1520
3	N/A	N/A	1070	2110	2180
4	N/A	N/A	1510	2820	2900

Fuente. HCM 2000 tabla 10.7.

1.8. SEMAFORIZACIÓN

El semáforo es un aparato de funcionamiento electromagnético proyectado de modo específico para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, 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



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

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.

1.8.1 Ventajas Y Desventajas

Ventajas:

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

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

- a) Se incurrirá en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.
- b) Producen demoras injustificadas a cierto número de usuarios, en especial cuando se tratan de volúmenes pequeños de tráfico.
- c) Producen reacción desfavorable en el público con la consiguiente falta de respeto tanto a las señales, semáforos o hacia las autoridades.
- d) El excesivo número de accidentes del tipo de alcance, por cambios sorpresivos de color.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

- e) Pérdida innecesaria de tiempo en algunas horas de día en el que el volumen de tráfico es pequeño y no se precisa de semáforos.
- f) Aumento de la frecuencia o la gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, en especial cuando existen focos fundidos.
- g) El uso de semáforos portátiles causa confusión en algunos conductores.
- h) En intersecciones rurales, la aparición intempestiva produce por lo general accidentes, cuando no existe avisos previos adecuados.⁹

1.9 PTV VISSIM

Es una herramienta de software para la simulación microscópica y multimodal del tránsito, desarrollada por la empresa PTV -- PlanungTransportVerkehr 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 transito 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

⁹CAL Y MAYOR. Ingeniería de Transito.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

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.¹⁰

1.9.1 Umbrales Del Modelo

El comportamiento humano tiene una distribución natural: En diferentes conductores se encuentra diferencias en la habilidad a la percepción y estimación, en las distancias de seguridad, en los deseos de velocidad, y en la aceptación de las máximas aceleraciones o deceleraciones; las cuales son características de la agresividad en la conducción. Algunos de estos parámetros también dependen de la capacidad de los vehículos como lo son: la máxima velocidad y máxima aceleración y deceleración. Esto es un fenómeno natural que puede ser representado por distribuciones normales aunque no se tiene un conocimiento exacto acerca de estas distribuciones, por lo tanto diferentes parámetros se usarán al azar dentro del modelo para calcular los valores del umbral y las funciones de conducción.¹¹

La percepción y reacción están representadas por un conjunto de umbrales y distancias deseadas. Estos umbrales representan diferentes áreas que están

¹⁰ PTV VISION, traffic mobility logistics. Manual del Vissim 4.20. año 2006.

¹¹ SUAREZ LILIANA ANDREA. Análisis y Evaluación Operacional de Intersecciones Urbanas Mediante Micro simulación. Universidad Nacional de Colombia. 2007



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

1.9.2 Aplicaciones Del Vissim

A continuación enunciaremos algunas de las aplicaciones del 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.
- Es utilizar para evaluar y controlar la viabilidad y el impacto de integrar sistemas de transporte masivo en redes urbanas como es el caso nuestro y solucionar problemas viales.
- El 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.
- Análisis de capacidad y pruebas de los sistemas de prioridad de tránsito.
- Análisis de los sistemas de gerencia de transito 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.
- Simulación y visualización del pasajero que fluye en un centro multimodal de tránsito o modelo en 3D.¹²

¹²CAMARGO Sindry, SÁNCHEZ Ligia. Modelación con software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de transporte masivo en Cartagena, Transcribe, Fase 1 tramo Amparo – Cuatro Viento. Año 2007.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

1.9.3 Elementos De Entrada Del Modelo

1.9.3.1 Funciones De Aceleración Y Deceleración

Vissim utiliza distribuciones estocásticas para las funciones de aceleración y deceleración las cuales dependen de la velocidad actual y representan los diferentes comportamientos en la conducción.

Para cada tipo de vehículo se asigna dos funciones de aceleración y otras dos para la deceleración; y se representan mediante gráficas. Cada gráfica consiste de tres diferentes curvas que muestran los valores mínimos, medios y máximos de las funciones.

Aceleración Técnica: Es la aceleración factible técnica para los vehículos. Es considerada sólo si una aceleración excede la aceleración deseada para mantener la velocidad en pendientes. (Esta es la aceleración que garantizan las industrias de vehículos)

Aceleración deseada: La que el conductor desea. Esta es usada para cualquier otra situación. (Medida de campo).

Deceleración Técnica: Es la deceleración factible técnicamente para por los vehículos. Ésta es ajustada a pendientes por cada 1 m/s^2 para pendientes positivas y para pendientes negativas en -1 m/s^2 . (Esta es la deceleración que garantizan las industrias de vehículos).

Deceleración deseada: La que el conductor desea. Si esta es menor que la máxima deceleración técnica, entonces la deceleración deseada es usada como la máxima para la deceleración (Medida de campo).



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Distribuciones: Algunos parámetros que se manejan en Vissim están representados por medio de distribuciones de naturaleza estocástica, los cuales permiten asemejarse más a las situaciones reales. Los siguientes son parámetros que corresponden a esta naturaleza:

Distribución de Velocidad: Para cualquier tipo de vehículo, la distribución de la velocidad es un parámetro de gran influencia en la capacidad de las vías. Para alimentar el programa se debe tener en cuenta la velocidad deseada para cada tipo de vehículo, la cual se define, como la velocidad a la que un conductor desea viajar a flujo libre la cual puede tener pequeñas variaciones llamadas oscilaciones.

Distribución de Color: Está distribución es sólo necesaria para la visualización de las gráficas, y no es un parámetro que afecte los resultados de la modelación.

Distribución de Modelo de Vehículos: Está distribución modela los diferentes tipos de vehículos que se pueden encontrar en una red de acuerdo a las características de sus dimensiones, (longitud, distancia al eje frontal, al eje trasero, 40 etc.). Además se puede definir el porcentaje que cada tipo de vehículos conforma en su clase.

Distribución de Tiempos de Demora: Estas distribuciones son usadas en Vissim para simular: parqueo, señales de pare, conteo en peajes, paradas de buses. Se puede ingresar mediante dos formas:

- Distribución Normal: Con una media y una desviación estándar.
- Distribución Empírica: Se definirá por medio de una gráfica similar a las distribuciones de velocidades donde se hallará un valor máximo y un mínimo y con puntos intermedios con los que se construirá la gráfica.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tipos De Vehículos. Se le denomina tipo a un grupo de vehículos con características técnicas y comportamiento de conducción similar, por defecto el Vissim presenta los siguientes tipos: autos, camiones, bus, bus articulado, trenes, bicicletas y peatones.

Clases De Vehículos. En este ítem se puede agrupar diferentes tipos de vehículos (creados previamente) que contengan ciertas características similares, para efectos de la investigación se dejarán establecidas las mismas clases que el programa trae por defecto las cuales son: Livianos, pesados, buses, trenes, peatones y bicicletas, además de crear la moto, ya que este vehículo representa un porcentaje considerable en la composición vehicular de la ciudad de Cartagena.

1.9.3.2 Comportamiento De Conducción

El comportamiento de los conductores se refleja en diferentes variables las cuales pueden ser: velocidades, distancias de seguridad, brechas, tiempos de reacción e inclusive dependen de las características físicas de los vehículos y del tipo de conductor (anciano, joven, mujer, etc.).

En Vissim se modela el comportamiento del conductor en cuatro fases las cuales son:

1. Seguimiento de Vehículo.
2. Cambio de Carril.
3. Movimiento lateral.
4. Control por semaforización.

Cada una de estas fases está compuesta por diferentes parámetros los cuales afectan directamente la interacción de los vehículos y por lo tanto pueden causar diferencias substanciales en los resultados de la simulación. El Vissim asigna un



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

comportamiento de conducción a cada arco por medio del tipo de arco, por lo tanto existe para cada clase de vehículo diferentes parámetros de comportamiento de conducción.¹³

1.10 CALIBRACIÓN DEL MODELO AL AMBIENTE LOCAL

Distribuciones estocásticas de velocidad y umbrales de espacios, repican características individuales del comportamiento del conductor. El modelo se debe calibrar a través de mediciones de campo periódicas y la actualización constante de los parámetros del modelo, para garantizar que se tengan en cuenta modificaciones tanto en el comportamiento de los conductores como mejoras de vehículos.

El simulador de tráfico VISSIM no solo habilita a los conductores para que tengan en cuenta a varios vehículos en calzada de múltiples carriles, sino que también a aquellos vehículos que viajan sobre carriles adyacentes. Adicionalmente la aproximación a un semáforo hace que los conductores se pongan en alerta máxima a una distancia de 100 metros de línea de pare.

VISSIM simula flujo de tráfico de unidades vehículos conductor moviéndose a través de la red. A cada conductor con sus características propias de comportamiento se le asigna un vehículo específico. Las propiedades que caracterizan una unidad- vehículo – conductor se pueden agrupar en las siguientes categorías.

- Especificaciones técnicas del vehículo
 - Longitud del vehículo.

¹³SUAREZ LILIANA ANDREA. Análisis y Evaluación Operacional de Intersecciones Urbanas Mediante Microsimulación. Universidad Nacional de Colombia. 2007.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

- Velocidad máxima.
- Capacidad de aceleración.
- Posición actual del vehículo en la red.
- Velocidad y aceleración actual.

- Comportamiento de una unidad- vehículo – conductor
 - Límites de percepción psicofísicos del conductor.
 - Retentiva del conductor.
 - Aceleración en relación con la velocidad actual y la velocidad deseada del conductor.

- Interdependencia de una unidad- vehículo – conductor
 - Referencia con respecto a vehículos antecedentes y precedentes tanto en el mismo carril como en carriles vecinos.
 - Indicaciones y referencias del link respecto a la corriente y respecto a la siguiente intersección.
 - Indicaciones y referencia de acuerdo al próximo semáforo.¹⁴

1.11 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES

Modelación del comportamiento de los conductores y algunas características de los modelos:

- Medición de brechas aceptadas, cambios de carril, modelo del seguimiento de vehículos y velocidades de giro en todos los modelos revisados permiten la configuración de estos parámetros.

¹⁴ ALCALA Joel, BETTIN Freddy. Modelación con software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de transporte masivo en Cartagena, Transcribe, tramo parque de la Marina – Boca grande. Año 2008.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

- Reacción al amarillo: este parámetro generalmente depende de variables como tipo de conductor, tipo de vehículo.
- Tiempo de reacción del conductor: Refleja las habilidades del modelo para representar la demora experimentada entre la identificación de una colisión potencial y la aplicación de medidas para evadirla como frenado, aceleración o cambio de carril. En la realidad la reacción de los conductores depende de la experiencia, edad, etc.
- Movimientos en las intersecciones: Para la evaluación de medidas de seguridad es importante que la simulación de los movimientos de los vehículos en las intersecciones sea con la mayor fidelidad.
- Porcentaje de variación de la aceleración o deceleración: En la simulación se incluyen varios tipos de vehículos con capacidades diferentes.
- Límites en la distancia de visibilidad: estas limitaciones permiten modelar las obstrucciones en las vías, como curvas, crestas, árboles, edificaciones etc.
- Ceda el paso circulando: significa que la operación de ceder el paso puede realizarse sin que los vehículos paren por completo antes de reincorporarse al flujo; la modelación adecuada de las señales de ceda el paso y su localización es crucial para analizar y comparar alternativas de señales de ceda el paso, versus señales de pare o semáforos.
- Interacción de vehículos y peatones: La seguridad de los peatones es muy importante para los ingenieros de tránsito, la simulación de la interacción entre vehículos y peatones permiten evaluar efectos en la seguridad de los peatones en varias alternativas.
- Mezclamiento "amigable": se refiere al fenómeno en el que algunos conductores reducen la velocidad o paran para dejar que otros vehículos se mezclen o incorporen al tránsito de una manera más segura, como ocurre en la realidad, no sólo modelar la disminución de velocidad o parada como reacciones de los conductores, significa que el vehículo que está en seguimiento crea una brecha para que el otro vehículo se pueda mezclar en el flujo.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

- Modelación del comportamiento para el mezclamiento en vías multicarriles: es típico para los vehículos que se incorporan al flujo del carril principal para cruzarse en la trayectoria de un vehículo cercano que viaja en la misma dirección que la del vehículo que entra y comienza a acelerar en el carril adyacente. De esta manera, el vehículo próximo puede continuar a su velocidad actual sin tener que frenar por el vehículo que se incorpora (esta maniobra se considera comportamiento cortés).
- Modelación del derecho de vía en intersecciones: Un resultado importante de modelar eventos conflictivos, es que algunos comportamientos en los giros generan eventos que frenan el tránsito que tiene el derecho de vía lo que los convierte en maniobras inseguras.
- Modelación y registro de maniobras erradas: Los modelos que pueden registrar el rechazo o falta del proceso de aceptación de brechas producen otras medidas auxiliares de la distribución y número de brechas rechazadas.
- Maniobras de estacionamiento: los estacionamientos en las vías generan situaciones de conflicto como cambios de carril que en la realidad tienen un gran impacto en la seguridad.
- Modelación de las señales de giro: La falta de señales de giro afecta las lógicas del seguimiento de vehículos y el cambio de carril es importante para la evaluación de la frecuencia y la severidad de conflictos en las colas.
- Giros en U: Esta maniobra frecuentemente genera situaciones de conflicto y algunos lugares presentan grandes volúmenes de tránsito para los giros en U cuyo impacto sobre la seguridad puede ser dirigido con otras alternativas.
- Orígenes y destinos en intersecciones: Algunos vehículos generan situaciones de conflicto al no girar en las intersecciones porque su origen o destino se ubica en las esquinas de dichas intersecciones (tiendas, supermercados, gasolineras etc.), generalmente se prefieren los modelos que pueden simular estas situaciones a los que no lo pueden hacer.¹⁵

¹⁵ SUAREZ, Op. cit., p. 30-31



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Modelar las condiciones presentes y futuras del tránsito vehicular, EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA de la ciudad de Cartagena D.T. y C. por medio de software PTV VISSIM para plantear una alternativa de solución que mejore el nivel de servicio en el sector.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el nivel de servicio actual EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA.
- Evaluar el comportamiento del tráfico actual EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA a través de la modelación del software PTV VISSIM.
- Modelar por medio del software PTV VISSIM, proyecciones a 5, 10, 15, 20 años EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, y contrastarla con la situación actual.
- Proponer posible alternativa de complemento al sistema vial existente.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de la presente investigación se divide en dos partes, ya que es una investigación en la cual se estudiará la problemática de un tramo de la malla vial de la ciudad de Cartagena, por ende esta investigación se basa en un alcance geográfico y un alcance técnico, esto se hace para delimitar el estudio y no incorporar otros tramos que no dependen del área estudiada.

3.1. ALCANCE GEOGRÁFICO

El alcance geográfico de la investigación se ubica en la ciudad de Cartagena de Indias, en unos de sus sectores más concurridos y populares, la intersección Sao la Plazuela y sus zonas de influencia, ilustraciones 2 y 3, Éste sector es la entrada la ciudad de Cartagena de los municipios aledaños Turbaco y Arjona. A demás es uno de los puntos de accesos a la vía principal hacia el centro histórico de la ciudad. Esta es un área afectada hace muchos años por la congestión vehicular.

Ilustración 2. Localización Del Proyecto



Fuente. Elaboración propia



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Ilustración 3. Zonas De Influencias



Fuente. Elaboración propia

3.2. ALCANCE TÉCNICO

El alcance técnico de esta investigación, está enmarcado en el estudio de simulación de un sistema vial, usando como herramienta el software PTV VISSIM (versión 5.30-08), esta simulación se aplica sobre las vías de la ciudad de Cartagena de Indias, exactamente en la intersección Sao la Plazuela y sus zonas de influencia, sector por donde transita un gran volumen vehicular del sector público y privado.

Esta modelación y evaluación del flujo de transporte en este sector permitirá determinar su funcionamiento, las características del tráfico que circula en la actualidad y por ultimo dar las posibles soluciones a los distintos problemas de movilidad que se presentan en la actualidad en este sector tan concurrido en la ciudad de Cartagena.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

4. METODOLOGÍA

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Debido que en este proyecto se alcanza a mostrar las condiciones actuales presentes en la zona tratada, el tipo de estudio manejado en el proyecto es del tipo DESCRIPTIVO y CUANTITATIVO, para lo cual se tomaron los datos necesarios en campo y se analizaron luego en el laboratorio, en el cual se plantea una hipótesis y con base a información primaria y secundaria se realizara la modelación empleando el software PTV VISSIM, lo cual especifica el tipo de investigación mixto de este trabajo de grado.

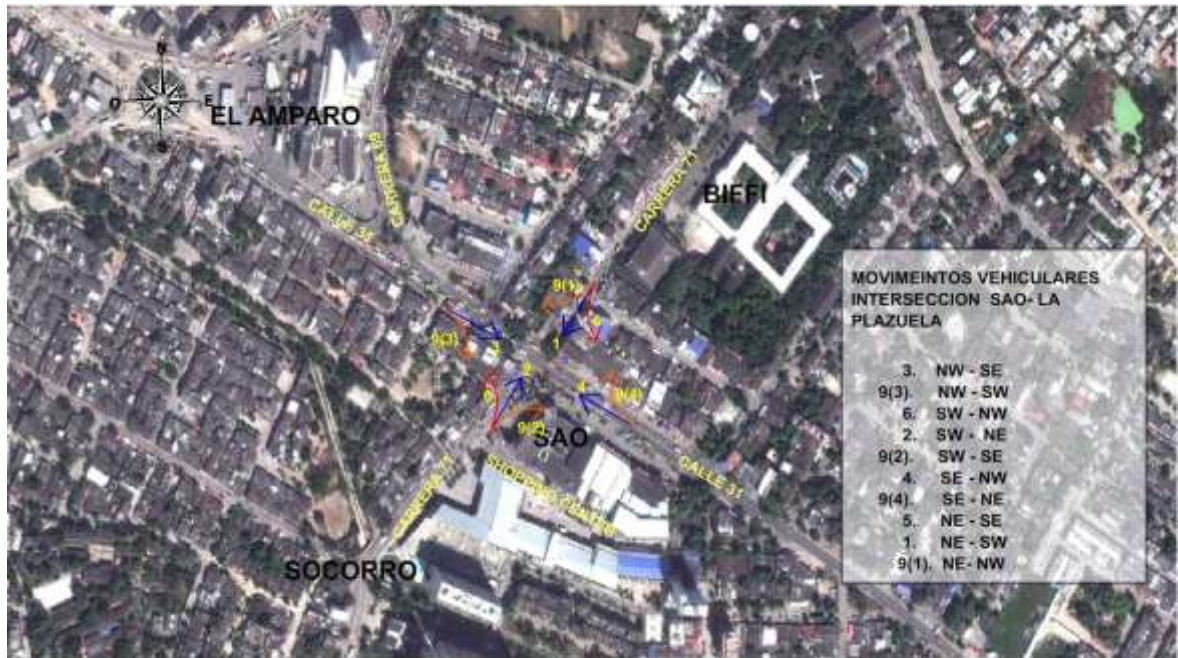
4.2 MARCO GEOGRÁFICO

El área de estudio del presente proyecto es la intersección semaforizada SAO – LA PLAZUELA, la cual está comprendida por la Calle 31 y la Carrera 71. Este tramo tiene en el sentido Bomba el Amparo - SAO con una longitud de 466 m, en el sentido Ternera – SAO con una longitud de 475 m, en el sentido Socorro –SAO con una longitud de 266 m, y en el sentido Biffi – SAO con una longitud de 507 m.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Ilustración 4. Codificación de los movimientos vehiculares



Fuente. Google Earth. Modificado por autor

4.3 PROCESO METODOLÓGICO

El proyecto se inicia con la realización de los aforos vehiculares el 6 de Marzo de 2012 por parte de ALUMBRADO PUBLICO y termina con la entrega del documento final, en el que partiendo de los análisis hechos a las modelaciones realizadas con el software PTV VISSIM se da una posible solución al problema de tráfico que se presenta en el sector.

El procedimiento que se empleó en el desarrollo de la investigación está dividido en varias etapas:



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

4.3.1 Recolección de la información

4.3.1.1 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 de los planes de manejo de tránsito, tramos Amparo – Cuatro Vientos realizado por los ingenieros LIGIA SÁNCHEZ FERNÁNDEZ Y SINDRY CAMARGO MARTÍNEZ.
- Modelación de los planes de manejo de tránsito, tramo Cuatro Vientos – Bazurto, realizado por la ingeniera ANGIE QUIROZ.
- Modelación de los planes de manejo de tránsito, tramo Parque De La Marina – Boca grande realizado por los ingenieros FREDY BETTIN HERNÁNDEZ Y YOEL ALCALÁ ZÚÑIGA.
- Aplicación De Modelos De Micro Simulación VISSIM Caso Específico Para La Ciudad de Bucaramanga – Intersección Avenida La Rosita Por Carrera 15. Presentada por el Ingeniero FELIPE ANDRÉS GÓMEZ BOLÍVAR

De todas estas tesis de grado se obtuvo fundamentación teórica para nuestro estudio.

4.3.1.2 Recopilación De La Información De Campo

En esta etapa de la investigación se contó con la ayuda de la empresa Transcribe S.A. y Alumbrado Público (ver anexos), quienes nos suministraron la siguiente información:



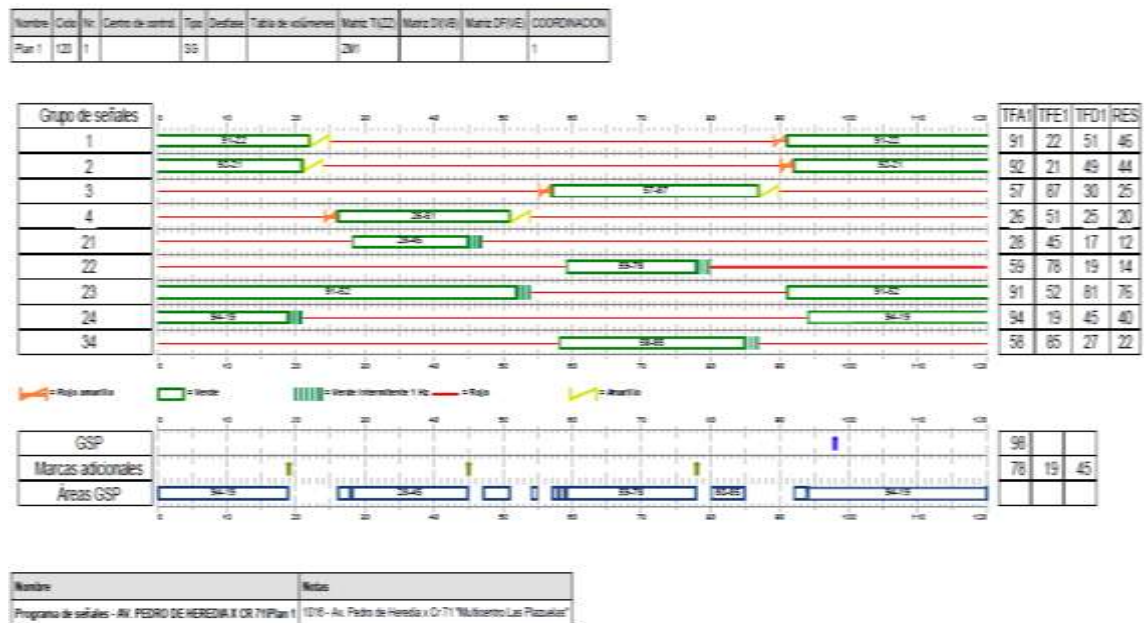
MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

- Programación de los semáforos ubicados en el sector del estudio; La intersección semaforizada Sao-La Plazuela es una intersección tipo sencilla conformada por la avenida Pedro de Heredia con la carrera 71. Esta intersección funciona con los siguientes flujos vehiculares y peatonales:

- Grupo 1: Vehículos provenientes del norte con destino al sur.
- Grupo 2: Vehículos provenientes del sur con destino al norte.
- Grupo 3: Vehículos provenientes del occidente con destino al oriente.
- Grupo 4: Vehículos provenientes del oriente con destino al occidente.
- Grupo 21: Peatones que cruzan la avenida Pedro de Heredia.
- Grupo 22: Peatones que cruzan la avenida Pedro de Heredia.
- Grupo 23: Peatones que cruzan la carrera 71.
- Grupo 24: Peatones que cruzan la carrera 71.
- Grupo 34: Peatones que cruzan la carrera 71.

Ilustración 5. Programación De Semáforo SAO – LA PLAZUELA

Programa de señal: Plan 1 (120 s)

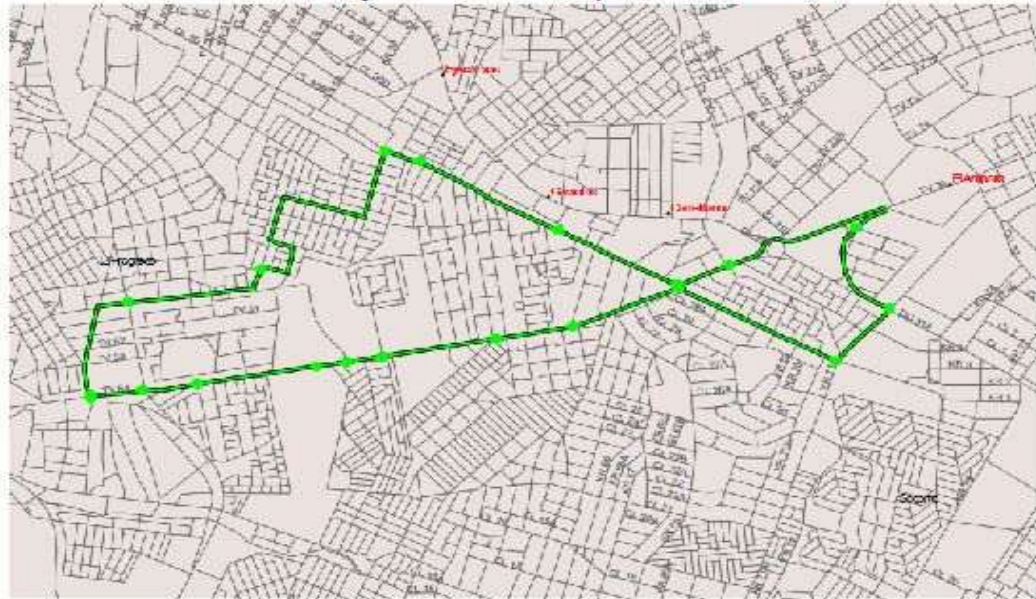


Fuente. Concesión Alumbrado Público Cartagena



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

A109: Progreso – El Amparo antihorario



servicio	origen-destino	tipo veh	capacidad	interv operativo	frec(veh/hr)
a109	nuevo bosque-amparo	convencional	48	10,0	6

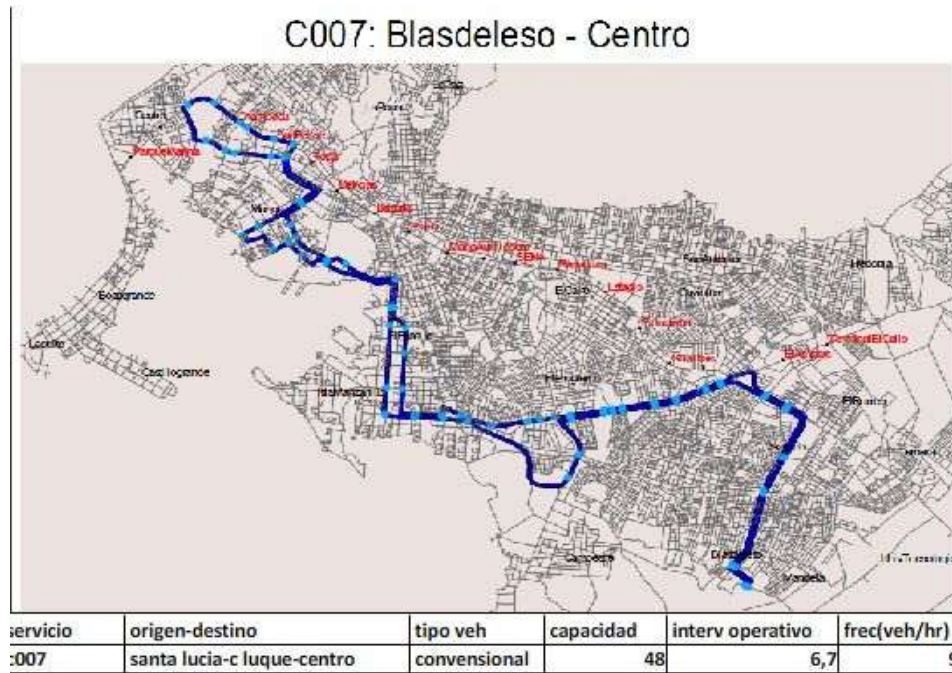
A104: Mandela – El Amparo x Socorro



servicio	origen-destino	tipo veh	capacidad	interv operativo	frec(veh/hr)
a104	mandela-amparo	convencional	48	2,5	24

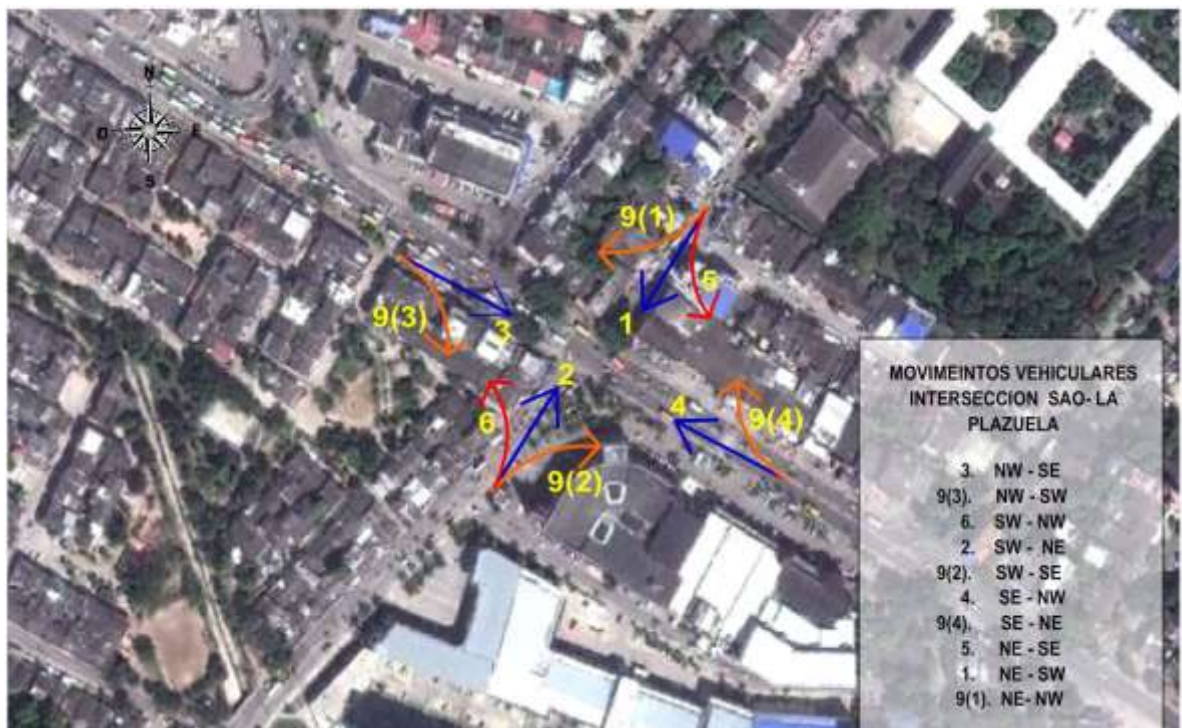


MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM



Fuente. TRANSCARIBE.

Ilustración 7. Movimientos Vehiculares Intersección Sao – La Plazuela



Fuente. Elaboración propia.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Codificación de los movimientos vehiculares en cada intersección: Con el fin de unificar la identificación de los movimientos vehiculares en una intersección se ha adoptado la codificación empleada por la Norma Alemana RILSA (RichtlinienfürLichtsignalanlagen), esta norma se representa gráficamente en la ilustración 7.

- Estudios de tránsito previos de la zona y área de influencia.
- Aforos vehiculares del sector y áreas de influencia.
- Plano actual de Cartagena y planos del Sistema Integrado de Transporte Masivo Transcaribe.

Se recolectó en campo información para establecer las condiciones actuales de las vías; como velocidades en tramos, anchos de carriles, colas y demoras en intersecciones; para cada una de estas mediciones se creó un formato que permite fácilmente organizar y analizar la información.

Se recopiló datos con planos del sistema vial del área de influencia, realizando las respectivas visitas al área de estudio, observando la señalización existente, estos datos se recopiló mediante la realización de aforos, determinación de los tiempos de cambio en los semáforos y todos los estudios previos que estos conlleven.

4.3.2 Procesamiento Y Análisis De La Información De Campo

Una vez obtenida la información necesaria para el desarrollo del proyecto se digitalizó y se procesó, para facilitar la interpretación y la entrada de datos requeridas para la simulación, obteniendo los siguientes datos:

- Composición vehicular
- Longitudes de cola
- Velocidad media de cada tipo de vehículo
- Tiempo de demora de los vehículos



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

- Se estableció una hora pico representativa con el máximo volumen vehicular
- Capacidad y niveles de servicio
- Programación de los semáforos.
- Se realizaron proyecciones del tráfico vehicular a 5, 10, 15 y 20 años.

4.3.3 Calibración Del Modelo

Con base en la información recolectada se procedió a la calibración del modelo a las condiciones presentes EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, 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.

4.3.4 Modelación Del Área De Estudio En El Software PTV VISSIM 5.3.

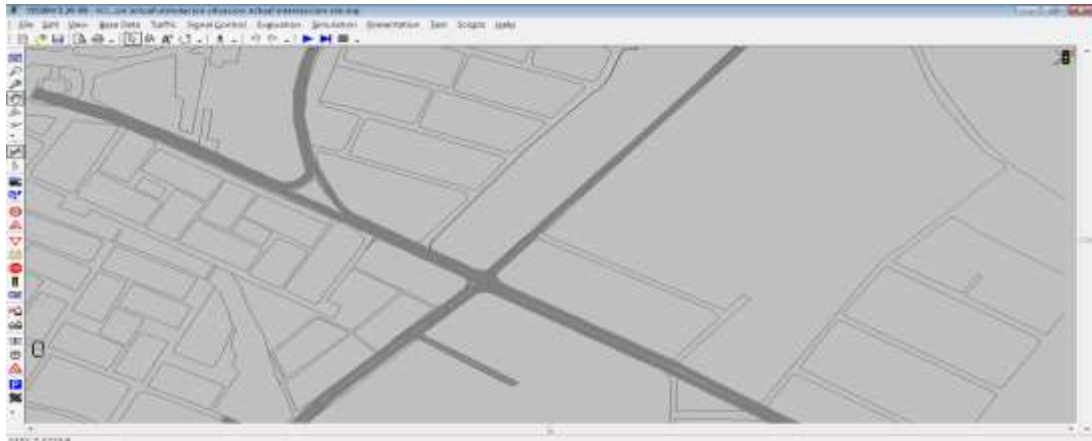
Después de recolectados, procesados y analizados todos estos datos se llevaron a modelar con el SOFTWARE PTV VISSIM para analizar el comportamiento de la red vial EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, siguiendo los siguientes pasos:

- Cargar el background o imagen de fondo, sobre la cual se va a cargar la red del área de estudio.
- Creación de los links y conectores, para el diseño de la red vial. (ver ilustración 8)



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

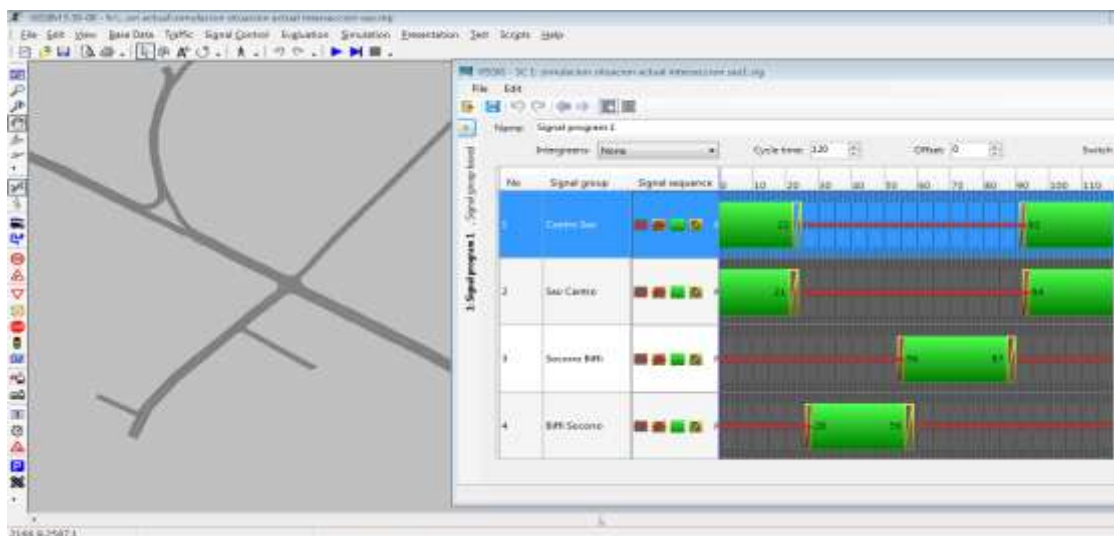
Ilustración 8. Creación de red vial (link y conectores)



Fuente. Elaboración propia

- Se ingresaron los volúmenes de tráfico vehicular en los extremos de la red (vehicleinput, PT line, trafficcomposition).
- Trazar las rutas de decisión. (ver ilustración 10)
- Establecer las reglas de prioridad en la zona de conflicto de la intersección.
- Definir las áreas donde se presentan velocidades más bajas colocando reductores de velocidad.
- Creación de grupos de señales y ubicación de semáforos en la red.

Ilustración 9. Programación De Los Semáforos



Fuente. Elaboración propia.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

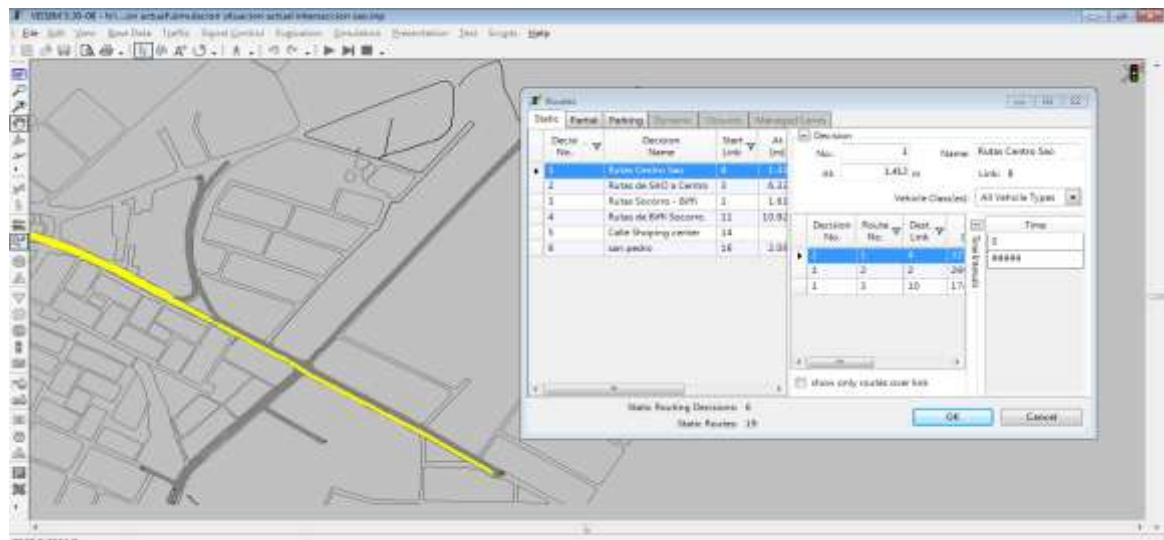
Tabla 3. Tiempos De Semáforo Situación Actual

GRUPO DE SEÑAL	DURACION DE CICLO	TIEMPO EN VERDE (sg)	TIEMPO EN AMBAR (sg)	TIEMPO EN ROJO (sg)
Centro Sao	120 sg	49	5	75
Sao Centro	121 sg	48	5	75
Socorro Biffi	122 sg	31	5	77
Biffi Socorro	123 sg	28	5	82

Fuente. Elaboración propia.

- Configuración de los nodos para evaluar los resultados de la simulación.

Ilustración 10. Rutas De Decisión



Fuente. Elaboración propia

4.3.5 Análisis De Resultados

Una vez realizadas las modelaciones de la situación actual, 5 años, 5, 10, 15 y 20 años con Transcribe en funcionamiento, se procedió al análisis de los diferentes resultados como longitudes de cola, tiempos de viajes, demoras y velocidades para establecer los niveles de servicio del área de estudio y en base los resultados se construyó en VISSIM una posible alternativa de solución de acuerdo con los volúmenes que maneja la intersección y las condiciones geométricas presentes en la zona para realizar las conclusiones y recomendaciones al problema que se planteó al inicio de la investigación.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

5. RESULTADOS.

5.1 VOLÚMENES VEHICULARES

Con base en los aforos vehiculares, se determinó la hora pico, la composición vehicular y las distribuciones por acceso en cada uno de los sentidos de EL SECTOR BOMBA EL AMPARO – SAO LA PLAZUELA como se muestra en las siguientes tablas las siguientes tablas:

Tabla 4. Volúmenes Totales En Hora Pico

Hora		CENTRO - TERNERA				
		Motos	Autos	Bus	Camión	TOTAL
18:30	18:45	234	119	118	6	477
18:45	19:00	150	129	69	4	352
19:00	19:15	141	110	98	2	351
19:15	19:30	170	120	100	5	395
		695	478	385	17	1575
Hora		TERNERA - CENTRO				
		Motos	Autos	Bus	Camión	TOTAL
18:30	18:45	216	118	26	3	363
18:45	19:00	194	117	39	4	354
19:00	19:15	255	108	28	1	392
19:15	19:30	151	99	25	2	277
		816	442	118	10	1386
Hora		BIFFI - SOCORRO				
		Motos	Autos	Bus	Camión	TOTAL
18:30	18:45	137	92	5	0	234
18:45	19:00	99	87	2	1	189
19:00	19:15	119	88	3	0	210
19:15	19:30	131	110	1	1	243
		486	377	11	2	876
Hora		SOCORRO - BIFFI				
		Motos	Autos	Bus	Camión	TOTAL
18:30	18:45	110	129	28	2	269
18:45	19:00	158	117	18	0	293
19:00	19:15	169	123	21	1	314
19:15	19:30	119	93	19	1	232
		556	462	86	4	1108

Fuente. Elaboración propia



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 5. Distribución Por Acceso Para Hora Pico

Distribución para Hora Pico						
Rutas	ACCESO NW (CENTRO - SAO)					
		Motos	Autos	Camion	Buses	TOTAL
	100	695	478	17	385	1575
	%	44%	30%	1%	24%	100%
Izquierda	5,83	41	28	1	0	69
Directos	59,5	414	284	10	262	708
Derecha	34,67	241	166	6	163	413
Rutas	ACCESO SE (TERNERA - SAO)					
	%	Motos	Autos	Camion	Buses	TOTAL
	100	816	442	10	31	1299
	%	63%	34%	1%	2%	100%
Izquierda		0	0	0	0	0
Directos	93,05	759	411	9	31	1180
Derecha	6,95	57	31	1	0	88
Rutas	ACCESO SW (SOCORRO - SAO)					
	%	Motos	Autos	Camion	Buses	TOTAL
	100	556	462	4	86	1108
	%	50%	42%	1%	8%	100%
Izquierda	64,85	361	300	3	75	663
Directos	23,2	129	107	1	11	237
Derecha	11,95	66	55	0	0	122
Rutas	ACCESO NE (BIFFI - SOCORRO)					
	%	Motos	Autos	Camion	Buses	TOTAL
	100	486	377	2	11	865
	%	56%	44%	1%	1%	100%
Izquierda	21,61	105	81	0	0	187
Directos	56,78	276	214	1	11	491
Derecha	21,61	105	81	0	0	187
Rutas	SOCORRO - BIFFI SC					
	%	Motos	Autos	Camion	Buses	TOTAL
	100	37	59	4	0	100
	%	37%	59%	4%	0%	100%
Izquierda	44,6	15	22	2	0	83,6
Directos	0	0	0	0	0	0
Derecha	55,4	22	37	2	0	116,4

Fuente. Elaboración propia.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

5.2 ESTUDIO DE VELOCIDADES

Las mediciones de velocidad se hicieron durante los mismos periodos picos considerados en los aforos y se tomaron todas en los sentidos que se dirigen a la intersección semaforizada del SAO la Plazuela, para determinas las velocidades se utilizó la técnica de vehículo en movimiento. En las siguientes tablas se detallan las velocidades por vehículos en cada sentido.

Tabla 6. Velocidades Transporte Público Bomba El Amparo – SAO La Plazuela

TRANSPORTE PUBLICO										
ACCESO	TRAMO		HORA		TIEMPO	TIEMPO(HR)	DISTANCIA (M)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD (KM/HR)	VELOCIDAD PROMEDIO
	DE	HASTA	INICIO	FIN						
NW	CENTRO	SAO	06:30	06:39	09:50	0,0568	466,00	0,466	8,2	8,03
			06:45	06:54	14:01	0,0597	466,00	0,466	7,8	
			07:00	07:11	10:50	0,0575	466,00	0,466	8,1	
SE	TERNERA	SAO	07:20	07:26	05:13	0,0203	475,00	0,475	23,4	22,97
			07:30	07:37	06:15	0,0210	475,00	0,475	22,6	
			07:45	07:51	05:52	0,0207	475,00	0,475	22,9	
SW	SOCORRO	SAO	06:35	06:48	13:11	0,0258	266,00	0,266	10,3	10,67
			06:55	07:06	10:49	0,0242	266,00	0,266	11	
			07:15	07:27	11:47	0,0249	266,00	0,266	10,7	
NE	BIFFI	SAO	07:30	07:40	09:56	0,0402	507,00	0,507	12,6	12,57
			07:43	07:55	12:20	0,0419	507,00	0,507	12,1	
			07:59	08:09	08:09	0,0390	507,00	0,507	13	

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 7. Velocidades Transporte Mixto Bomba El Amparo – SAO La Plazuela

TRANSPORTE MIXTO										
ACCESO	TRAMO		HORA		TIEMPO	TIEMPO(HR)	DISTANCIA (M)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD(KM/HR)	VELOCIDAD PROMEDIO
	DE	HASTA	INICIO	FIN						
NW	CENTRO	SAO	06:30	06:37	07:27	0,0385	466,00	0,466	12,1	12,33
			06:42	06:48	05:15	0,0370	466,00	0,466	12,6	
			06:51	06:58	06:33	0,0379	466,00	0,466	12,3	
SE	TERNERA	SAO	07:00	07:03	02:55	0,0187	475,00	0,475	25,4	25,27
			07:10	07:14	03:15	0,0189	475,00	0,475	25,1	
			07:18	07:21	03:02	0,0188	475,00	0,475	25,3	
SW	SOCORRO	SAO	06:32	06:36	03:09	0,0189	266,00	0,266	14,1	14,27
			06:40	06:42	01:42	0,0179	266,00	0,266	14,9	
			06:45	06:48	03:45	0,0193	266,00	0,266	13,8	
NE	BIFFI	SAO	07:00	07:08	07:43	0,0387	507,00	0,507	13,1	13,13
			07:11	07:18	06:29	0,0378	507,00	0,507	13,4	
			07:22	07:31	08:35	0,0393	507,00	0,507	12,9	

Fuente. Elaboración propia



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 8. Velocidades Transporte Moto Bomba El Amparo SAO La Plazuela

TRANSPORTE MOTO										
ACCESO	TRAMO		HORA		TIEMPO	TIEMPO(HR)	DISTANCIA (M)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD(KM/HR)	VELOCIDAD PROMEDIO
	DE	HASTA	INICIO	FIN						
NW	CENTRO	SAO	06:34	06:37	02:31	0,0184	466,00	0,466	25,3	25,03
			06:41	06:45	03:10	0,0189	466,00	0,466	24,7	
			06:50	06:54	02:44	0,0186	466,00	0,466	25,1	
SE	TERNERA	SAO	07:01	07:03	01:54	0,0180	475,00	0,475	26,4	26,37
			07:10	07:12	02:06	0,0181	475,00	0,475	26,2	
			07:15	07:18	01:48	0,0179	475,00	0,475	26,5	
SW	SOCORRO	SAO	06:35	06:38	02:30	0,0108	266,00	0,266	24,6	24,73
			06:45	06:49	02:18	0,0106	266,00	0,266	25,1	
			06:58	07:01	02:33	0,0109	266,00	0,266	24,5	
NE	BIFFI	SAO	07:05	07:09	03:58	0,0194	507,00	0,507	26,1	26,60
			07:14	07:18	03:14	0,0189	507,00	0,507	26,8	
			07:23	07:26	03:08	0,0188	507,00	0,507	26,9	

Fuente. Elaboración propia

Una vez procesados los datos se calcularon las velocidades promedio, para cada uno de los accesos del sector BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA. En los resultados obtenidos se puede observar que los buses son los que presentan velocidades más bajas en todos los accesos. Las motos presentan mayores velocidades lo que indica mayor movilidad en todos los accesos, muchas veces por imprudencia del conductor realizando maniobras inapropiadas. En el siguiente grafico se muestran estas velocidades por acceso.

Gráfica 1. Velocidades Por Acceso Sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela



Fuente. Elaboración Propia



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

5.3 ESTUDIO DE COLAS

Para las mediciones de colas se realizó una inspección visual, el mismo día típico que se tomaron las velocidades, para los mismos periodos picos considerados en los aforos.

Se midieron las longitudes para todos los accesos en la intersección SAO-LA PLAZUELA y se determinaron los límites de longitudes de colas.

Ilustración 11. Longitudes De Colas



Fuente. Google Earth. Modificado por el autor

Para el acceso NW, la longitud de la cola llega a la altura de la Bomba El Amparo, para el acceso SE la longitud llega hasta la Olímpica del Sao, en el acceso SW las colas llegan hasta inmediaciones Banco BBVA y en el acceso NE hasta el colegio Biffi; Con unas longitudes mostradas a continuación:



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 9. Longitudes de colas por acceso

ACCESO	LONGITUD	DESCRIPCION
NW	327.96	Bomba el Amparo - SAO
SE	128.6	Tenera - SAO
SW	141.73	Socorro - SAO
NE	275.76	Biffi - SAO

Fuente. Elaboración propia

5.4 ESTUDIO DE VOLÚMENES

Para los estudios de volumen se tomaron los datos recolectados en campos y se determinaron las clases de calles urbanas para el sector bomba el amparo – sao la plazuela, basada en categoría funcionales y de diseño. Según la tabla 10.3 del HCM 2000, las calles de este sector quedaron de la siguiente manera:

Tabla 10. Tipos De Funcionalidad Por Accesos

ACCESO	DESCRIPCION	categoria de diseño	funcionalidad
NW	Bomba el Amparo - Sao	Urbana	IV
SE	Tenera - Sao	Urbana	IV
SW	Socorro - Sao	Urbana	IV
NE	Biffi - Sao	Urbana	IV

Fuente. Elaboración propia.

5.5 MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL CON EL SOFTWARE PTV VISSIM 5.3

Para la simulación de la situación actual del sector BOMBA EL AMPARO – SAO LA PLAZUELA, se alimentó el programa con los datos de aforos, velocidades, composición vehicular, grupos de señales (Semáforos). Se analizó el nodo correspondiente a la intersección semaforizada Sao - la Plazuela y se evaluaron



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

los resultado de lo simulado, es decir, los parámetros estimados en la simulación se evalúan hasta los límites de los links definidos en la vía del sector.

5.5.1 Resultado De La Modelación Para Situación Actual

Para evaluar los resultados de la simulación, el software PTV VISIM nos arroja unas series de parámetros, los cuales se toman los valores máximos de cada intersección para hacer el análisis de nivel de servicio de cada acceso. En la Tabla 11 se definen los parámetros utilizados para evaluar los resultados de la simulación.

Tabla 11. Parámetros de PTV VISSIM

Parametro	Significado
Node	Numero de nodo
Movement	Movimiento (Teniendo desde-hasta)
maxQueue	Longitud máxima de la cola [m]
aveQueue	Longitud media de la cola [m]
Delay(All)	demora media por vehículo [s], todo tipo de vehículos
EmissCO	Emisiones de CO [g]
EmissNOx	Emisiones de NOx [g]
EmissVOC	Las emisiones de COV [g]
FuelCons	consumo de combustible [galones]
veh(All)	Número de vehículos
tStopd(All)	demora media por vehículo se detuvo [s]
Stops(All)	Número promedio de paradas por vehículos

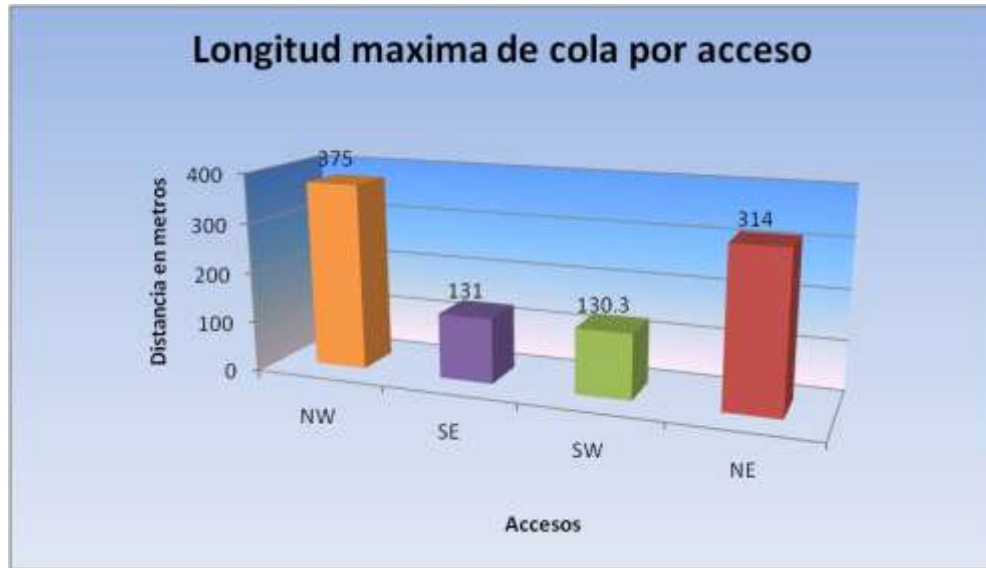
Fuente. Manual usuario VISSIM

Los resultados de la simulación actual para longitudes máximas de colas, en cada uno de los accesos del nos arrojó los siguientes resultados:



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Gráfica 2. Longitudes Máximas De Colas Por Accesos Situación Actual



Fuente. Elaboración Propia

Para poder afirmar que la simulación corresponde a una simulación válida de la situación actual, los datos arrojados por el software (ver anexos) deben ser valores aproximados a los observados y obtenidos en la toma de información realizada en campo. En la tabla 12 se puede observar la comparación entre ambos resultados y los porcentajes de error, que resultan aceptables para nuestro estudio.

Tabla 12. Comparación Longitudes Reales Vs Longitudes Modelación

DESCRIPCION	ACCESO	LONGITUD(M)	LONGITUD REAL(M)	ERROR
Bomba el Amparo - SAO	NW	375	327.96	14.34%
Tenera - SAO	SE	131	128.6	1.87%
Socorro - SAO	SW	130.3	141.73	8.77%
Biffi - SAO	NE	314	275.76	13.87%

Fuente. Elaboración Propia

Basados en los datos arrojados por la simulación, se determinaron los niveles de servicios para cada acceso, del sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela, teniendo en cuenta las demoras para cada flujo al pasar por la intersección. La siguiente tabla muestra el promedio de demoras en el sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela para la situación actual.



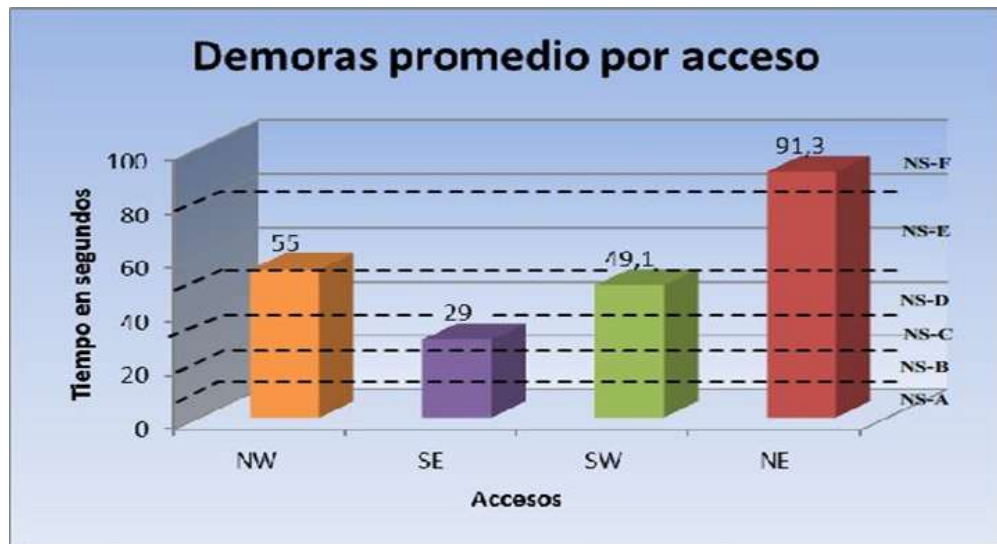
MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 13. Promedio De Demoras Por Acceso Intersección SAO- LA
PLAZUELA

ACCESO	PROMEDIO	DESCRIPCION
NW	55	Bomba el Amparo - SAO
SE	29	Tenera - SAO
SW	49.1	Socorro - SAO
NE	91.3	Biffi - SAO

Fuente. Elaboración propia

Gráfica 3. Promedio De Demoras Por Acceso



Fuente. Elaboración propia

Los accesos NW y SW, de acuerdo a la demora promedio presenta un nivel de servicio tipo D, en la que se acercan a un flujo inestable, las demoras aceptables y poca libertad para maniobrar para los conductores, debido a que muchos vehículos se detienen y hacen más notable las altas colas. El acceso SE presenta un nivel de servicio tipo C, donde se mantiene en una zona estable, aquí los conductores empiezan a sentir restricciones de velocidad y una progresión del tránsito regular. El acceso NE presenta un nivel de servicio tipo F, aquí los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, se presentan situaciones de “pare y siga”, se presenta congestión de tránsito.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Se puede analizar en forma general, que, las condiciones de la situación actual del sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela, se encuentra en un nivel de servicio bajo para los volúmenes vehiculares que transitan este sector, esto se reflejado en las largas colas que alcanzan los límites del sector, en las demoras que presentan para el usuario una medida del tiempo perdido, incomodidad y frustración al usar este sector.

De acuerdo con la tabla 10.7 de la HCM 2000, se determinó los niveles de servicio para la situación actual, a través de los volúmenes para cada acceso. Los niveles de servicio son muy similares a los determinados por el método de demoras promedio establecidos anteriormente.

Tabla 14. Nivel de servicio por volumen situación actual

DESCRIPCION	ACCESO	VOLUMEN (vh/h)	NIVEL DE SERVICIO
Bomba el Amparo - Sao	NW	1575	F
Tenera - Sao	SE	1386	C
Socorro - Sao	SW	1208	C
Biffi - Sao	NE	876	F

Fuente. Elaboración Propia

5.5.2 Resultado De La Modelación Futura

La modelación de las situaciones futuras se realizó para 5 años, a partir de la fecha actual, sin la implementación del Sistema De Transporte Masivo TRANSCARIBE, y para 5, 10, 15, 20 años a partir de la fecha de inicio del Sistema De Transporte Masivo TRANSCARIBE. Para estos años futuros, las rutas del sistema de transporte público, serán remplazadas por las rutas de TRANSCARIBE, que para el sector de estudio de esta investigación, solo comprenden rutas alimentadoras y complementarias. A continuación se muestran las frecuencias y el intervalo operativo de estas rutas que pasaran por el sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela.



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

Tabla 15. Frecuencia De Rutas Complementarias Y Alimentadoras

servicio	origen-destino	tipo heh	capacidad	interv operativo	frec(veh/hr)
a103	bayao-sbolivar-amparo	convencional	48	3.0	20
a104	mandela-amparo	convencional	48	2.5	24
a105	u tecno-socorro-portal	convencional	48	10.0	6
a109	nuevo bosque-amparo	convencional	48	10.0	6
c007	santa lucia-cluque-centro	convencional	48	6.7	9

Fuente. TRANSCARIBE.

Para las modelaciones futuras se realizaron las proyecciones de tráfico utilizando un incremento anual del 3%, en la modelación de 5 años sin TRANSCARIBE a la flota de servicio público no se le realizo el incremento de 3% ya que la flota actual es suficiente para suplir las necesidades de transporte en 5 años. En las siguientes tablas se pueden observar las proyecciones realizadas en cada una de las modelaciones.

Tabla 16. Distribución Vehículos Mixto Para 5 Años

Distribución para Hora Pico 5 Años				
CENTRO - TERNERA				
%	Motos	Autos	Camion	TOTAL
0	745	593	41	1380
%	54	43	3	100
TERNERA - CENTRO				
0	882	559	29	1470
%	60	38	2	100
SOCORRO - BIFFI				
0	604	569	12	1185
%	51	48	1	100
BIFFI - SOCORRO				
0	521	471	10	1003
%	52	47	1	100
SOCORRO - BIFFI SC				
0	52	61	2	116
%	45	53	2	100

Fuente. Elaboración propia.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 17. Distribución Vehículos Mixto Para 10 Años

Distribución para Hora Pico 10 Años				
CENTRO - TERNERA				
%	Motos	Autos	Camion	TOTAL
0	832	720	48	1599
%	52	45	3	100
TERNERA - CENTRO				
0	971	699	34	1704
%	57	41	2	100
SOCORRO - BIFFI				
0	659	687	27	1373
%	48	50	2	100
BIFFI - SOCORRO				
0	581	570	12	1162
%	50	49	1	100
SOCORRO - BIFFI SC				
0	59	73	3	134
%	44	54	2	100

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 18. Distribución Vehículos Mixto Para 15 Años

Distribución para Hora Pico 15 Años				
CENTRO - TERNERA				
%	Motos	Autos	Camion	TOTAL
0	946	871	37	1854
%	51	47	2	100
TERNERA - CENTRO				
0	1087	849	40	1976
%	55	43	2	100
SOCORRO - BIFFI				
0	764	796	32	1592
%	48	50	2	100
BIFFI - SOCORRO				
0	660	674	13	1348
%	49	50	1	100
SOCORRO - BIFFI SC				
0	70	71	3	156
%	45	53	2	100

Fuente. Elaboración propia.



**MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA
PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM**

Tabla 19. Distribución Vehículos Mixto Para 20 Años

Distribución para Hora Pico 20 Años				
CENTRO - TERNERA				
%	Motos	Autos	Camion	TOTAL
0	1096	989	64	2149
%	51	46	3	100
TERNERA - CENTRO				
0	1328	916	46	2290
%	58	40	2	100
SOCORRO - BIFFI				
0	923	904	18	1846
%	50	49	1	100
BIFFI - SOCORRO				
0	781	766	16	1562
%	50	49	1	100
SOCORRO - BIFFI SC				
0	79	98	4	181
%	44	54	2	100

Fuente. Elaboración propia.

Para las proyecciones del transporte público de buses, con la implementación del Sistema De Transporte Masivo TRANSCARIBE, se tomaron las rutas alimentadoras y complementarias (ver tabla 15); se calcularon los volúmenes vehiculares y la rata de flujo para cada año de las situaciones futuras.

Tabla 20. Distribución Vehículos Públicos TRANSCARIBE

	CENTRO-TERNERA 2013	2017	2022	2027	2032
Directos	29	32	37	43	49
Derecha	24	26	30	35	41
Izquierda	32	35	41	47	54
TERNERA-CENTRO 2013					
Directos	29	32	37	43	49
BIFFI-SOCORRO 2013					
Directos	6	7	8	9	10
SOCORRO-BIFFI 2013					
Directos	6	7	8	9	10
Izquierda	30	33	38	44	51

Fuente. Elaboración propia.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 21. Rata de Flujo Futuras Para TRANSCARIBE.

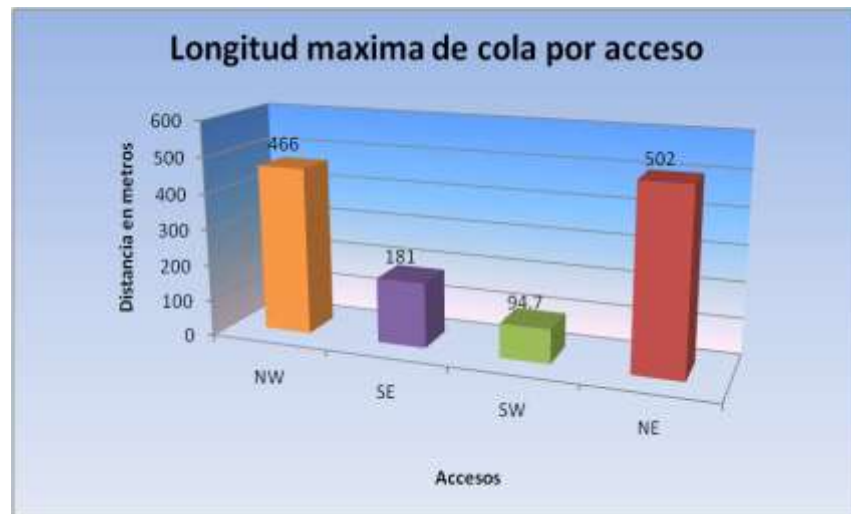
CENTRO-TERNERA 2013	2017	2022	2027	2032
Directos	124	114	98	85
Derecha	150	137	118	102
Izquierda	113	103	89	77
TERNERA-CENTRO 2013				
Directos	124	114	98	85
BIFFI-SOCORRO 2013				
Directos	600	549	474	409
SOCORRO-BIFFI 2013				
Directos	600	549	474	409
Izquierda	120	110	95	82

Fuente. Elaboración Propia.

5.4.2.1. Resultado De La Modelación Futura 5 Años Sin Transcaribe

Para evaluar los resultados de la situación futura a 5 años sin funcionamiento de Transcaribe, se realizó una proyección de automóviles, motos y camiones, y se dejó la misma rata de flujo para el transporte público, considerando que no habría un aumento en los volúmenes de busetas. Basados en los datos arrojados por la simulación se determinaron los niveles de servicios.

Gráfica 4. Longitud Máxima De Cola Situación Futura 5 Años



Fuente. Elaboración Propia

La gráfica anterior nos muestra que para los accesos NW y NE, las longitudes de colas que se generan superan los límites establecidos para la simulación y que



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

son los correspondientes al sector de estudio de esta investigación, lo que se puede determinar que para 5 años la vía colapsa en el sentido Bomba el Amparo – SAO y el sentido Biffi – SAO.

Tabla 22. Promedio De Demoras Situación Futura 5 Años

ACCESO	PROMEDIO	DESCRIPCION
NW	62.8	Bomba el Amparo - SAO
SE	35.8	Tenera - SAO
SW	52.7	Socorro - SAO
NE	99.4	Biffi - SAO

Fuente. Elaboración Propia

Con los valores anteriores se determinan los niveles de servicio para cada acceso, comparándolos con los valores establecidos por la HCM 2000, con los cuales se concluye que los acceso SW y SE presentan un nivel de servicio tipo D, caracterizando un nivel de servicio bajo. Para el acceso NW se obtiene un nivel de servicio tipo E y para el acceso NE se presenta un nivel de servicio tipo F, caracterizando a estos acceso con un nivel de servicio deficiente. Los valores de demora y niveles de servicio para cada intersección se muestran en la siguiente gráfica.

Gráfica 5. Demora Promedio Situación Futura 5 Años



Fuente. Elaboración Propia



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

De lo anterior se puede ver que para 5 años sin haber iniciado el Sistema De Transporte Masivo Transcaribe, y haciendo proyecciones solo para el transporte privado, el nivel servicio de la vía colapsa, al soportar un flujo vehicular inadecuado para el sector Bomba El Amparo- Sao La Plazuela.

Los niveles de servicio determinados por volúmenes que se muestran en la tabla siguiente, muestran que los accesos NW, SE y NE tienen un nivel de servicio tipo F, caracterizado por deficiente.

Tabla 23. Nivel de Servicio Por Volumen 5 Años sin TRANSCARIBE.

DESCRIPCION	ACCESO	VOLUMEN (vh/h)	NIVEL DE SERVICIO
Bomba el Amparo - Sao	NW	1765	F
Tenera - Sao	SE	1588	F
Socorro - Sao	SW	1387	C
Biffi - Sao	NE	1014	F

Fuente. Elaboración propia.

5.4.2.2 Resultado De La Modelación Futura 5, 10, 15, 20 Años Con Transcaribe

Para el análisis de las situaciones futuras se proyectaron los volúmenes vehiculares del transporte privado obtenidos en la recolección de campo, para el transporte público se proyectaron las frecuencias en las rutas suministradas por TRANSCARIBE y se determinó el intervalo operativo o rata de flujo, para cada año de las proyecciones a partir del 2013, año de inicio de TRANSCARIBE.

En la tabla 24. Se pueden observar las longitudes de colas promedio arrojada por el programa PTV VISSIM para las situaciones futuras estando en funcionamiento TRANSCARIBE.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 24. Longitudes Promedio Máximas Para Situaciones Futuras Con Transcribe

Longitudes maximas de cola en metros				
Accesos	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años
NE	456	504,6	504,4	504,7
NW	146,9	234,1	466,2	466,2
SE	149,5	172,6	338,1	425,4
SW	94,7	94,7	94,6	94,6

Fuente. Elaboración propia.

Gráfica 6. Longitudes Promedio Máximas Para Situaciones Futuras



Fuente. Elaboración propia.

De los resultados anteriores se observa que para 5 y 10 años, la longitud en el accesos NW, disminuyen en comparación con la situación actual produciendo longitudes de colas buenas para una intersección semaforizada; para los accesos SE y NE, las longitudes de colas son aproximadas a la de la situación actual, debido a que las condiciones de circulación en la vía no cambia para estos años. Para los años horizontes 15 y 20, las longitudes de colas para los accesos NE, NW y SE, se acercan a los límites establecidos en campo para la simulación, que determinan el colapso de las vías para estos sentidos.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Los resultados anteriores también nos muestran que para el acceso SW, las longitudes de promedio de colas, se mantienen para las situaciones futuras y mantienen un valor aproximado a los arrojados para la situación actual, esto se presenta por que el flujo vehicular que circula por esta vía es muy constante, debido a que los ciclos semafóricos que se encuentran en los límites de este sector se mantienen para las situaciones futuras.

De los datos arrojados por el software PTV VISSIM, se tomaron las demoras promedio de cola en cada acceso, para determinar sus niveles de servicio en las situaciones futuras en la tabla 25, se pueden observar los valores de las demoras promedio.

Tabla 25. Demoras Máximas Promedio Por Acceso

Demoras promedio maximas en segundos				
Accesos	5 Años	10 Años	15 Años	20 Años
NE	115	114,3	116,5	111,8
NW	34,4	38,3	63,8	54,4
SE	34,6	41,2	60,3	53,1
SW	91,2	80	59,4	56

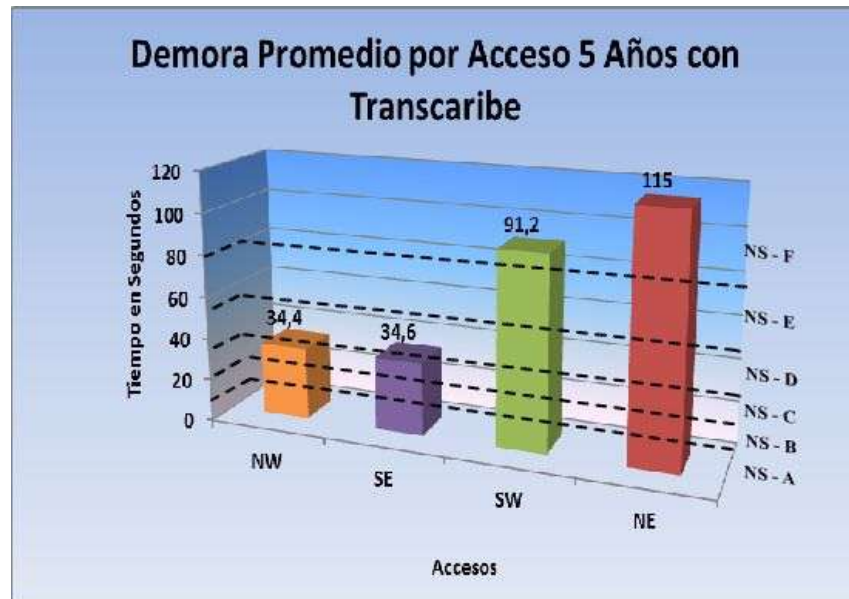
Fuente. Elaboración propia

En la gráfica 7, de Acuerdo a la HCM 2000, muestra que para 5 años los accesos NW y SE presentan un nivel de servicio tipo C, el cual se caracteriza por demoras de baja magnitudes, la progresión del tráfico es regular y se presentan que volúmenes de transito controlan las velocidades y la posibilidad de maniobrar; pero aún se considera un nivel de servicio "BUENO". Los accesos NE y SW muestran un nivel de servicio tipo F, donde los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento; se considera como un nivel de servicio malo.



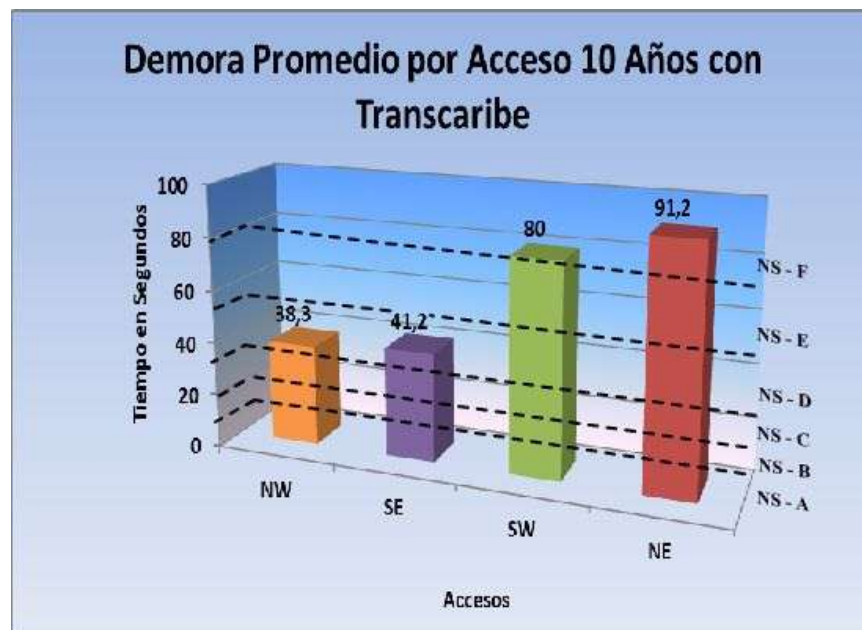
MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Gráfica 7. Demora Promedio Situación Futura 5 Años Con TRANSCARIBE



Fuente. Elaboración propia.

Gráfica 8. Demora Promedio Situación Futura 10 Años con TRANSCARIBE



Fuente. Elaboración propia.

Para 10 años el sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela, de acuerdo con los resultados arrojados por la simulación, presenta condiciones muy similares a las

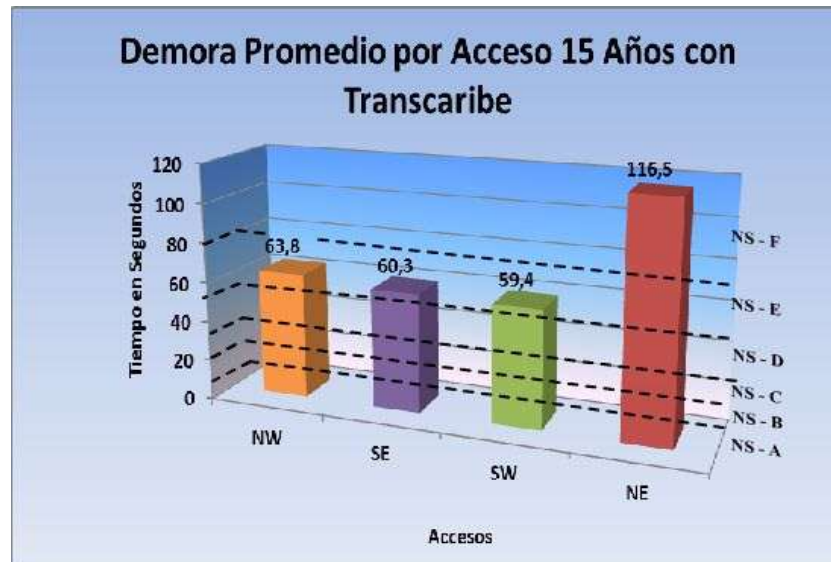


MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

arrojadas por VISSIM para 5 años, como se observa en la gráfica 8. Los accesos NW y SE con un nivel de servicio tipo C y los accesos SW y NE tipo F.

En la simulación del sector a 15 años según los datos de demoras promedio arrojados por el programa los accesos NW, SE y SW quedarían operando en un nivel de servicio tipo E, es un nivel de servicio deficiente de flujo inestable, en el que se presentan largas colas y bajas velocidades, se presentan interrupciones momentáneas en el flujo y se presentan demoras considerables en el tráfico, el acceso NE se presenta un nivel de servicio tipo F, hay un nivel de operación malo, se presenta un flujo congestionado y la velocidad de operación es muy baja lo que genera grandes demoras en este acceso. En la gráfica 9 se pueden observar las demoras promedio dentro de 15 años.

Gráfica 9. Demora Promedio Situación Futura 15 Años con TRANSCARIBE



Fuente. Elaboración propia.

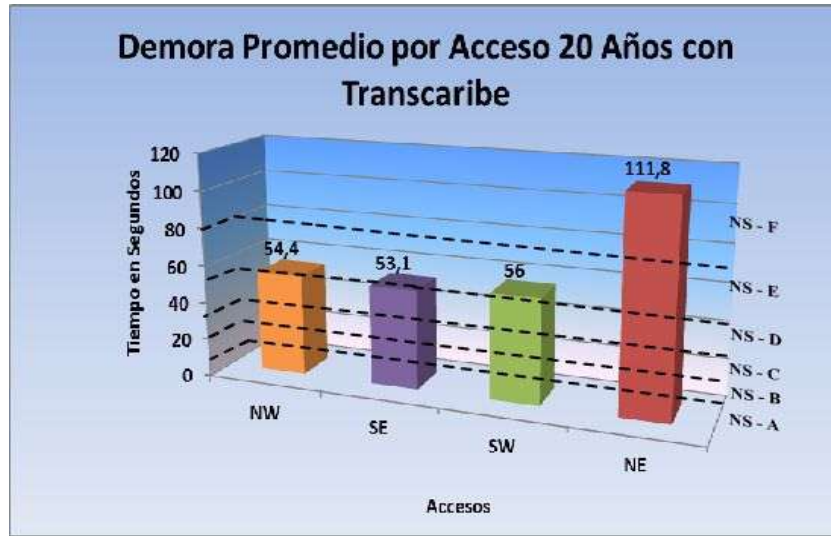
En la modelación a 20 años, los accesos NW y SE, se encuentran en un nivel de servicio de tipo D, pero están muy cerca al límite del nivel de servicio E, por lo cual los clasificaremos en este nivel junto con el acceso NW, y el acceso NE un nivel de servicio tipo F como se puede ver en la gráfica 10, las condiciones de esta



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

modelación las condiciones de tráfico son muy similares a los de la modelación a 15 años.

Gráfica 10. Demora Promedio Situación Futura 20 Años TRANSCARIBE



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 26. Niveles De Servicio Por Volúmenes Situaciones Futuras

DESCRIPCION	ACCESO	VOLUMEN (vh/h)				NIVEL DE SERVICIO			
		5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
Bomba el Amparo - Sao	NW	875	1256	1569	1976	D	D	F	F
Tenera - Sao	SE	724	1087	1474	1854	D	D	F	F
Socorro - Sao	SW	1362	1459	1520	1846	D	E	F	F
Biffi - Sao	NE	721	975	1193	1348	F	F	F	F

Fuente. Elaboración propia.

En general puede decir que en 5 años con las condiciones actuales se presentan grandes colas y demoras muy largas poniendo esta vía en un nivel de servicio F, en las modelaciones de 5 y 10 años entrando a operar TRANSCARIBE en el año 2013 las demoras y colas bajaron mejorando el nivel de servicio, situación que cambia en la modelación a 15 años en el que nuevamente se ve un incremento en



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

la longitud de cola y demoras bajando los niveles de servicio, esta condición se mantiene hasta los 20 años.

5.5 ALTERNATIVA DE SOLUCION

Como TRANASCARIBE no da una solución a largo plazo al problema de tráfico que se presenta en el sector BOMBA EL AMPARO – SAO LA PLAZUELA, se plantea una alternativa de solución que busca mejorar los niveles de servicio de este sector a largo plazo. Para esta alternativa se toman las proyecciones que se realizaron a 20 años ya que presentan la situación más desfavorable de tráfico en el sector. Para el planteamiento de la alternativa se tienen en cuenta las condiciones existentes en la vía como la topografía y grupos de señales.

La alternativa que se plantea es aumentar 1 carril de 3,65 metros en ambos sentidos de la calle 31, se disminuyen los tiempos de los semáforos en ambos sentidos de la calle 31 y se aumentan en la carrera 71, buscando mejorar los niveles de servicio del sector. De acuerdo con lo planteado anteriormente las características viales de la intersección Sao – La Plazuela quedarán de la siguiente manera:

Tabla 27. Condiciones Viales Para Alternativa De Solucion

CALLE 31	CARRERA 71 (SOCORRO - SAO)	CARRERA 71 (BIFFI - SOCORRO)
repartición del tránsito igual para ambos sentidos	repartición del tránsito igual para ambos sentidos	repartición del tránsito igual para ambos sentidos
3 carriles de 3.5 en ambos sentidos	2 carriles de 3.5 en ambos sentidos	1 carriles de 3.5 en ambos sentidos
distancia de berma 1.8	distancia de berma 1.5	distancia de berma 1.5
velocidad de la vía 110 km/h	velocidad de la vía 100 km/h	velocidad de la vía 100 km/h
superficie de rodadura en condiciones óptimas	superficie de rodadura en condiciones óptimas	superficie de rodadura en condiciones óptimas
señalización horizontal y vertical óptima	señalización horizontal y vertical óptima	señalización horizontal y vertical óptima
terreno llano y razante horizontal	terreno llano y razante inclinada	terreno llano y razante horizontal

Fuente. Elaboración propia.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

La programación de los semáforos que se utilizó para modelar la alternativa de solución propuesta para el sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela, se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 12. Programación De Semáforos Alternativa De Solucion



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 28. Tiempos De Semáforos Alternativa De Solucion

GRUPO DE SEÑAL	DURACION DE CICLO	TIEMPO EN VERDE (sg)	TIEMPO EN AMBAR (sg)	TIEMPO EN ROJO (sg)
Centro Sao	120 sg	40	5	75
Sao Centro	121 sg	40	5	75
Socorro Biffi	122 sg	38	5	77
Biffi Socorro	123 sg	33	5	82

Fuente. Elaboración Propia

5.5.1 Resultados de alternativa de solución.

Los resultados arrojados por el software PTV VISSIM, planteados como alternativa de solución, muestran un mejoramiento en las condiciones de flujo vehicular para esta situación, comparandos con los resultados de la situación futura para 20 años.



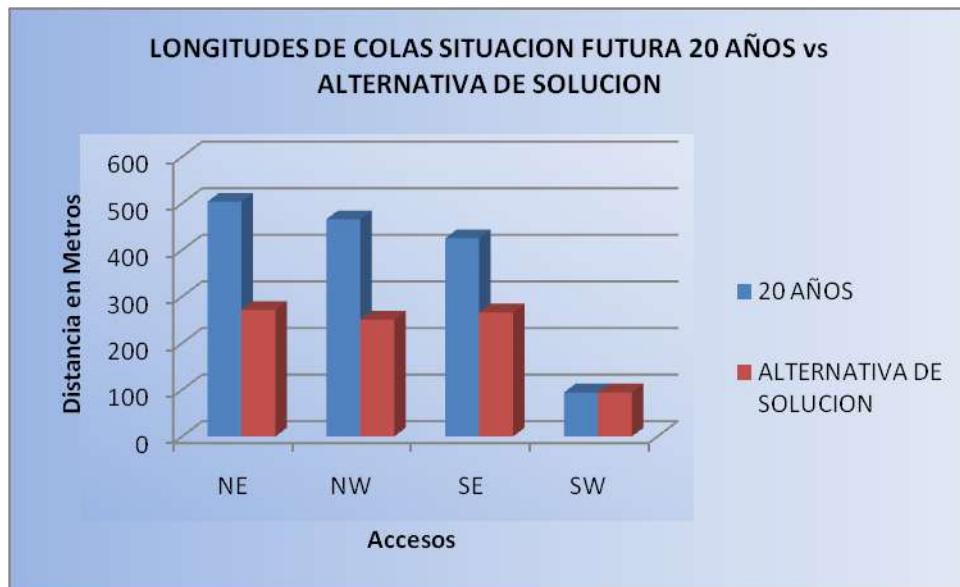
MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 29. Comparacion De Longitudes Maximas 20 Años Vs Solucion

	NE	NW	SE	SW
20 AÑOS	504	466.2	425.4	94.6
ALTERNATIVA DE SOLUCION	271.5	250.6	266.3	94.7

Fuente. Elaboracion propia.

Gráfica 11. Longitudes De Colas Maximas Alternativa De Solucion



Fuente. Elaboración propia.

La grafica anterior muestra, que en los accesos NE, NW y SE de la alternativa de solución, las longitudes de colas disminuyen con respecto a las obtenidas en la simulación para 20 años. Las longitudes en el acceso SW se mantiene ya que las condiciones de flujo vehicular para este acceso no presenta muchas variaciones.

Para determinar los niveles de servicio se tomaron los tiempos de demora arrojados por la simulación de la alternativa de solución propuesta y se compararon con los tiempos obtenidos para la situación futura a 20 años. Los datos obtenidos se presentan a continuación:



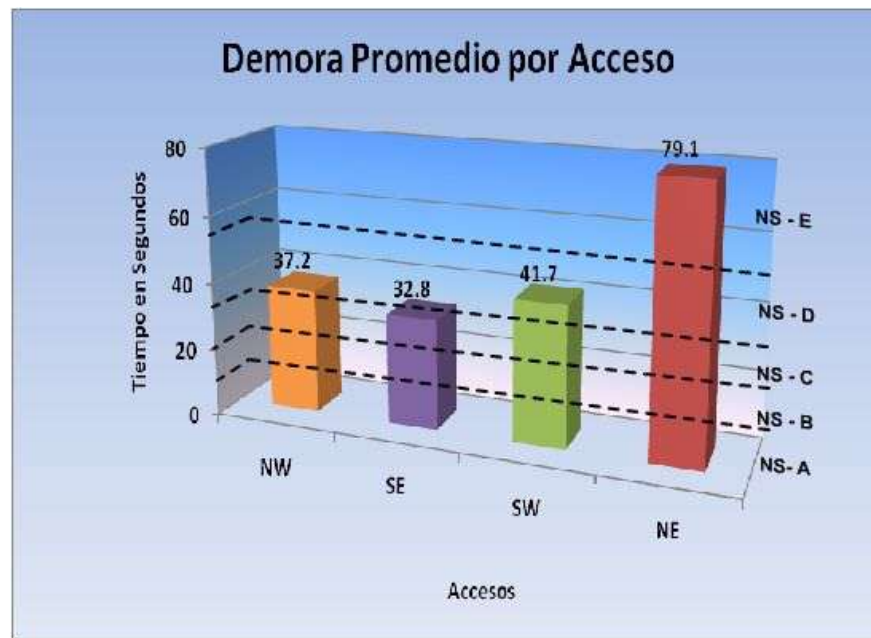
MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Tabla 30. Promedio De Demoras Alternativa De Solucion

ACCESO	PROMEDIO	DESCRIPCION
NW	37.2	Bomba El Amparo - Sao
SE	32.8	Tenera - Sao
SW	41.7	Socorro - Sao
NE	79.1	Biffi - Sao

Fuente. Elaboración propia.

Gráfica 12 Demora Promedio Alternativa De Solucion



Fuente. Elaboración propia.

La grafica anterior nos muestra una disminucion en los tiempos promedio de demora, mejorando asi los niveles de servicio para el sector Bomba El Amparo – Sao La Plazuela. Los sentidos SW, SE y NW muestran un nivel de servicio aproximado al NS – C, que se caracteriza por tener un flujo vehicular estable, describe más incrementos en el flujo, lo que resulta en aumentos notables en la formación de grupos, tamaños y frecuencia de zonas de no sobrepaso, disminuyendo significativamente la capacidad de sobrepaso.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber modelado las condiciones presentes y futuras del tráfico vehicular EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA de la ciudad de Cartagena D.T. y C. por medio del software PTV VISSIM 5.3 se pudo plantear una alternativa de solución al problema de tráfico presente en el sector, determinando los niveles de servicio en las situación presente y futuras identificando así la condición más crítica y a partir de esta plantear la alternativa de solución.

Se calibro el modelo de acuerdo con las condiciones de comportamiento vehicular en Colombia, para que el programa de modelación VISSIM PTV 5.3 arrojará resultados que coincidieran lo mejor posible con la situación presente en la zona, ya que el software VISSIM maneja el comportamiento de conductores y condiciones vehiculares similares a las ciudades alemanas, y así poder realizar un análisis valido para esta investigación.

Durante el análisis de la información de campo se pudo observar que las velocidades del servicio público se ven afectadas por que los buses realizan paradas en cualquier tramo de la vía incluso cuando el semáforo se encuentra en verde, además se puedo ver un comportamiento imprudente 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 intersección del SAO La Plazuela con un nivel de servicio F (deficiente), que se ve reflejado en poca movilidad, grandes tiempos de espera e inconformidad de los usuarios, condiciones que empeoran en la modelación a 5 años sin la operación el Sistema Integrado de Transporte Masivo TRANSCARIBE en las que ya se observa un colapso de esta intersección en especial en el sentido



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Bomba el Amparo – SAO La Plazuela. Estos resultados de la situación actual coinciden con los niveles de servicios y tiempos de demoras presentados en estudios previos a esta investigación.

En las modelaciones futuras a 5 y 10 años con TRANSCARIBE en funcionamiento se observa una mejora en las longitudes de cola y tiempos de demora reflejados en unos mejores niveles de servicio, esto se debe a que las rutas auxiliares y complementarias de TRANSCARIBE asignadas a este sector circulan con una rata de flujo menor que las actuales y los buses solo recogerán y dejaran pasajeros en los paraderos establecidos.

A los 15 y 20 años las condiciones de la vía tienen nuevamente un comportamiento similar a la situación actual y a la de 5 años sin TRANSCARIBE, lo que nos indica que la implementación de TRANSCARIBE solo va a ser una solución a corto plazo del problema de tráfico presente en el sector.

La alternativa de solución propuesta de ampliar un carril en ambos sentidos de la calle 31 y el aumento de los tiempos de los semáforos en la carrera 71, cuya modelación se realizó con las proyecciones a 20 años que arrojaron los resultados más desfavorables, muestra mejoras en las longitudes de cola y tiempos de demora obteniendo mejores de niveles de servicio para esta intersección.

La carrera 71 en el sentido Biffi – SAO, muestra siempre grandes colas y demoras debido a que solo hay un carril para cada sentido y no se puede restringir un sentido para ampliar a dos carriles ya que esta calle sirve de acceso a instituciones médicas que reciben urgencias.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Para la elaboración de futuros proyectos en esta línea de investigación, se recomienda complementar el modelo Vissim dado que este arroja demoras y no Niveles de servicio como parámetro de salida; por tanto, se sugiere complementar el modelo con la metodología establecida en el Highway Capacity Manual 2000 para la determinación de los niveles de servicio en función de la demoras.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MERCADO María José, SILVA Alejandra. 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). Año 2012
- ALCALA Joel, BETTIN Freddy. Modelación con software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de transporte masivo en Cartagena, Transcaribe, tramo parque de la Marina – Boca grande. Año 2008.
- CAMARGO Sindry, SÁNCHEZ Ligia. Modelación con software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de transporte masivo en Cartagena, Transcaribe, Fase 1 tramo Amparo – Cuatro Viento. Año 2007.
- QUIROZ Angie. Modelación de los planes de manejo de tránsito, tramo Cuatro Vientos – Bazurto. Año 2007
- GOMEZ Felipe. Aplicación de los modelos de micro simulación VISSIM caso específico para la ciudad de Bucaramanga – Intersección Avenida la Rosita Carrera 15.
- WILCHES, VARGAS SÁENZ. Análisis de capacidad y niveles de servicio, cálculo de TPDA y diseños semafóricos Año 2006.
- WILCHES, VARGAS SÁENZ. Topografía, estudio de tránsito y diseño geométrico año 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de diseño geométrico de vías, 1998.
- PTV VISION, traffic mobility logistics. Manual del Vissim 4.20. año 2006.
- SUAREZ LILIANA ANDREA. Análisis y Evaluación Operacional de Intersecciones Urbanas Mediante Micro simulación. Universidad Nacional de Colombia. 2007.



MODELACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL SECTOR BOMBA EL AMPARO - SAO LA PLAZUELA, CARTAGENA POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

- MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual sobre dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras, 2004.
- HCM 2000. Manual de capacidad de carreteras.
- CAL Y MAYOR. Ingeniería de Transito.
- CARDENAS, James. Diseño Geométrico de Vías segunda edición año 2000.
- ROBLES, Daniel, NANEZ, Pablo and QUIJANO, Nicanor. Urban Traffic Control and Simulation in Colombia.
- ROCA, Vidal. Aplicación de modelos de micro simulación en la ingeniería del tránsito con PTV Visión VISSIM.
- TIMANÁ JORGE. Máster en Ingeniería de Transportes. Introducción a la teoría de las colas. Universidad de Piura. Perú.
- CRESPO VILLA, Carlos. Vías de comunicaciones, editorial limusa, 1999, edición 3°.
- GARBER Nicholas, HOEL Lester. Ingeniería de transito y de carretera tercera edición año 2004.
- TORRES VARGAS, Guillermo. Método de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras
- Manual de Diseño Geométrico para Carreteras. 2001.

ANEXOS 1

TRANSITO VEHICULAR SENTIDO SOCORRO- SAO LA PLAZUELA



TRANSITO VEHICULAR SENTIDO SOCORRO- SAO LA PLAZUELA



TRANSITO VEHICULAR SENTIDO TERNERA- SAO LA PLAZUELA



TRANSITO VEHICULAR SENTIDO BOMBA EL AMPARO- SAO LA PLAZUELA



ANEXO 2

FORMATO DE AFOROS VEHICULAR

LUGAR: <input style="width: 100%;" type="text"/> Día de toma de datos: <input style="width: 20px;" type="text"/> Roja <input style="width: 20px;" type="text"/> De <input style="width: 20px;" type="text"/>	ESTUDIOS DE TRANSITO ZONA DE ESTUDIO: _____ AFOROS VEHICULOS (Periodos de 15 minutos)				
PUNTO: <input style="width: 20px;" type="text"/>	AFORADOR: <input style="width: 100%;" type="text"/>	SUPERVISOR: <input style="width: 100%;" type="text"/>	FECHA: <input style="width: 40px;" type="text"/> / <input style="width: 40px;" type="text"/> / <input style="width: 40px;" type="text"/>	HORA INICIO: <input style="width: 40px;" type="text"/> : <input style="width: 40px;" type="text"/>	HH:MM
	Autos Colectivos y Vanos	Bus y Vanos	Camión 2 ejes	Motociclos	Bicicletas
↓ ↓ ↓ MOVIMI: <input style="width: 20px;" type="text"/>					
↓ ↓ ↓ MOVIMI: <input style="width: 20px;" type="text"/>					
↓ ↓ ↓ MOVIMI: <input style="width: 20px;" type="text"/>					
↓ ↓ ↓ MOVIMI: <input style="width: 20px;" type="text"/>					

ANEXO 3

AFOROS INTERSECCIÓN BOMBA EL AMPARO – SAO LA PLAZUELA.

Hora		CENTRO - SAO				TOTAL	Hora Pico
		Motos	Autos	Bus	Camión		
06:45	07:00	109	141	54	3	307	
07:00	07:15	126	78	57	4	265	
07:15	07:30	154	88	54	6	302	
07:30	07:45	161	94	61	6	322	1196
07:45	08:00	164	86	54	3	307	1196
08:00	08:15	158	88	51	1	282	1213
08:15	08:30	149	88	48	1	281	1192
08:30	08:45	161	87	67	2	317	1187
08:45	09:00	93	78	78	8	241	1121
09:00	09:15	137	109	55	3	304	1143
09:15	09:30	100	69	36	1	206	1068
09:30	09:45						
09:45	10:00	118	96	53	1	260	
10:00	10:15	104	75	52	2	233	
10:15	10:30	135	97	88	5	317	
10:30	10:45	107	78	58	3	238	1048
10:45	11:00	155	98	80	6	335	1123
11:00	11:15						
11:15	11:30						
11:30	11:45						
11:45	12:00						
12:00	12:15	118	106	72	8	296	
12:15	12:30	124	122	74	2	322	
12:30	12:45	132	98	62	3	287	
12:45	13:00	121	79	57	2	259	1164
13:00	13:15						
13:15	13:30						
13:30	13:45						
13:45	14:00						
14:00	14:15	179	127	59	4	369	
14:15	14:30	129	114	69	3	315	
14:30	14:45	123	81	59	4	267	
14:45	15:00	98	102	46	3	248	1199
15:00	15:15	127	93	44	4	268	1098
15:15	15:30	155	89	57	1	302	1085
15:30	15:45	164	96	62	4	326	1144
15:45	16:00	147	99	87	2	335	1231
16:00	16:15	149	110	62	3	324	1287
16:15	16:30	98	88	72	2	260	1245
16:30	16:45						
16:45	17:00						
17:00	17:15	85	56	59	8	200	
17:15	17:30	160	90	63	2	315	
17:30	17:45	121	69	43	8	233	
17:45	18:00	157	75	58	4	286	1034
18:00	18:15	140	113	66	8	327	1161
18:15	18:30	101	56	49	1	207	1053
18:30	18:45	234	119	138	6	477	1297
18:45	19:00	150	129	69	4	352	1363
19:00	19:15	141	110	98	2	351	1387
19:15	19:30	170	120	100	5	395	1575

Hora		SAO - CENTRO				TOTAL	Hora Pico
		Motos	Autos	Bus	Carroon		
06:45	07:00	119	72	30	4	225	
07:00	07:15	95	154	30	5	284	
07:15	07:30	184	95	32	4	315	
07:30	07:45	233	104	24	10	371	1195
07:45	08:00	207	122	19	3	351	1321
08:00	08:15	195	67	25	10	297	1334
08:15	08:30	172	110	22	7	311	1330
08:30	08:45	188	160	25	1	374	1333
08:45	09:00	196	110	16	6	328	1310
09:00	09:15	197	121	30	1	349	1362
09:15	09:30	77	57	30	3	175	1226
09:30	09:45						
09:45	10:00	171	110	30	0	327	
10:00	10:15	147	101	37	7	292	
10:15	10:30	163	130	22	7	322	
10:30	10:45	150	57	23	0	230	1171
10:45	11:00	162	61	29	3	255	1099
11:00	11:15						
11:15	11:30						
11:30	11:45						
11:45	12:00						
12:00	12:15	151	50	32	0	241	
12:15	12:30	167	100	27	3	305	
12:30	12:45	117	106	22	1	246	
12:45	13:00	121	81	20	1	231	1023
13:00	13:15						
13:15	13:30						
13:30	13:45						
13:45	14:00						
14:00	14:15	107	94	31	1	233	
14:15	14:30	112	93	27	2	234	
14:30	14:45	120	111	32	4	267	
14:45	15:00	132	147	34	2	315	1049
15:00	15:15	151	116	19	3	289	1105
15:15	15:30	166	100	30	1	313	1184
15:30	15:45	214	109	29	6	358	1275
15:45	16:00	131	104	23	1	259	1219
16:00	16:15	225	100	24	1	358	1288
16:15	16:30	105	99	25	5	314	1289
16:30	16:45						
16:45	17:00						
17:00	17:15	160	135	33	4	340	
17:15	17:30	163	122	29	6	320	
17:30	17:45	162	101	31	2	296	
17:45	18:00	136	102	31	6	275	1231
18:00	18:15	202	105	21	4	332	1223
18:15	18:30	150	89	22	1	262	1165
18:30	18:45	216	110	26	3	363	1232
18:45	19:00	194	117	30	4	354	1311
19:00	19:15	255	100	20	1	392	1371
19:15	19:30	151	99	25	2	277	1386

Hora		BIFFI-SOCORRO				TOTAL	Hora Pico
		Motos	Autos	Bus	Carroñ		
06:45	07:00	138	96	4	3	241	
07:00	07:15	114	41	5	0	160	
07:15	07:30	116	52	3	0	171	
07:30	07:45	135	56	3	1	195	767
07:45	08:00	135	105	3	0	243	769
08:00	08:15	132	81	4	0	217	826
08:15	08:30	137	69	2	0	208	863
08:30	08:45	136	94	2	1	233	901
08:45	09:00	139	72	3	1	215	873
09:00	09:15	157	91	2	0	250	906
09:15	09:30	146	117	3	5	271	969
09:30	09:45						
09:45	10:00	171	123	3	1	298	
10:00	10:15	132	91	5	3	231	
10:15	10:30	194	178	12	4	388	
10:30	10:45						917
10:45	11:00						
11:00	11:15						
11:15	11:30						
11:30	11:45						
11:45	12:00						
12:00	12:15	122	110	2	2	236	
12:15	12:30	87	86	2	2	177	
12:30	12:45	85	83	4	0	172	
12:45	13:00	117	112	5	2	236	821
13:00	13:15						
13:15	13:30						
13:30	13:45						
13:45	14:00						
14:00	14:15	106	74	4	1	185	
14:15	14:30	102	62	3	2	169	
14:30	14:45	131	83	5	2	221	
14:45	15:00	103	80	1	0	192	767
15:00	15:15	91	44	4	2	141	723
15:15	15:30	110	83	6	0	199	753
15:30	15:45	84	55	5	4	148	680
15:45	16:00	98	72	5	2	177	665
16:00	16:15	117	38	2	1	158	682
16:15	16:30	127	79	3	2	211	694
16:30	16:45						
16:45	17:00						
17:00	17:15	119	102	2	1	224	
17:15	17:30	127	97	2	0	226	
17:30	17:45	139	80	6	2	227	
17:45	18:00	153	89	5	2	249	926
18:00	18:15	118	72	6	3	199	901
18:15	18:30	175	85	6	0	266	941
18:30	18:45	137	92	5	0	234	948
18:45	19:00	99	87	2	1	189	888
19:00	19:15	119	80	3	0	210	899
19:15	19:30	131	110	1	1	243	876

Hora		SOCORRO-BIFI				TOTAL	Hora Pico
		Motos	Autos	Bus	Carlon		
06:45	07:00	99	102	30	2	233	
07:00	07:15	136	92	10	1	247	
07:15	07:30	130	91	31	3	255	
07:30	07:45	129	82	21	3	235	970
07:45	08:00	126	102	25	1	254	991
08:00	08:15	152	106	24	3	285	1029
08:15	08:30	139	92	29	4	264	1038
08:30	08:45	137	135	20	1	301	1104
08:45	09:00	139	103	27	1	270	1120
09:00	09:15	93	80	30	4	215	1050
09:15	09:30	112	105	24	3	244	1030
09:30	09:45						
09:45	10:00	128	99	26	1	254	
10:00	10:15	132	129	23	2	286	
10:15	10:30	123	121	20	2	274	
10:30	10:45	108	65	22	1	196	1010
10:45	11:00	113	70	19	0	210	966
11:00	11:15						
11:15	11:30						
11:30	11:45						
11:45	12:00						
12:00	12:15	110	80	20	2	212	
12:15	12:30	113	106	20	3	250	
12:30	12:45	90	84	16	0	190	
12:45	13:00	132	105	25	1	263	915
13:00	13:15						
13:15	13:30						
13:30	13:45						
13:45	14:00						
14:00	14:15	120	90	19	1	238	
14:15	14:30	126	96	13	0	235	
14:30	14:45	129	101	27	2	259	
14:45	15:00	101	115	25	2	243	975
15:00	15:15	103	97	26	3	229	966
15:15	15:30	82	92	23	1	198	929
15:30	15:45	116	99	20	2	237	907
15:45	16:00	112	85	19	3	219	883
16:00	16:15	113	101	22	1	237	891
16:15	16:30	104	97	14	1	216	909
16:30	16:45						
16:45	17:00						
17:00	17:15	115	91	24	3	233	
17:15	17:30	103	89	30	4	226	
17:30	17:45	106	90	23	2	229	
17:45	18:00	90	100	20	1	227	915
18:00	18:15	127	120	27	1	283	965
18:15	18:30	145	132	29	0	306	1045
18:30	18:45	110	129	20	2	269	1085
18:45	19:00	150	117	10	0	293	1151
19:00	19:15	169	123	21	1	314	1182
19:15	19:30	119	93	19	1	232	1108

ANEXO 4
RESULTADOS ARROJADOS POR VISSIM 5.3