



**MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAr113
VERSIÓN: 3
VIGENCIA: 2017-11-16
PAGINA: 1 de 8**

26.

FECHA lunes, 16 de julio de 2018

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
BIBLIOTECA
Ciudad

UNIDAD REGIONAL

Sede Fusagasugá

TIPO DE DOCUMENTO

Trabajo De Grado

FACULTAD

Ingeniería

**NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN
O PROCESO**

Pregrado

PROGRAMA ACADÉMICO

Ingeniería de Sistemas

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Peñuela Parga	Sergio Javier	1069758030
Perez Lopez	Jonathan Alexander	1069744911

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL	VIGENCIA: 2017-11-16
	REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 2 de 8

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Quevedo Buitrago	Jorge Enrique
Buitrago Dominguez	Bernabe

TÍTULO DEL DOCUMENTO
MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN TRANSVERSAL 12 - VÍA PANAMERICANA (EL INDIÓ), FUSAGASUGÁ POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero de Sistemas

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
29/05/2018	116

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1. PTV Vissim	PTV Vissim
2. Vehículos	Vehicles
3. Fusagasugá	Fusagasuga
4. Aforo	Gauge
5. Indio	Indio
6. Simulación	Simulation

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



**MACROPROCESO DE APOYO
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAR113
VERSIÓN: 3
VIGENCIA: 2017-11-16
PAGINA: 3 de 8**

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

En Fusagasugá se ha evidenciado el crecimiento constante de habitantes que arriban a la ciudad, esto con el pasar del tiempo ha generado mayor flujo vehicular, aumentando la congestión en la malla vial y especialmente en los cruces principales que alimentan las principales calles de la ciudad, específicamente el Sector de la transversal 12 –Vía Panamericana (El Indio). Esta avenida es una de las vías principales de la ciudad, pues permite el ingreso y egreso a la ciudad, en donde, se encuentra la mayor parte del movimiento en la construcción de la ciudad. Para este trabajo se realizó un análisis en el tráfico de los vehículos que pasan por el Sector de la transversal 12 –Vía Panamericana (El Indio), recolectando los siguientes datos: aforos vehiculares, velocidad media del recorrido, velocidad máxima, ancho de vías y tiempo de recorrido en las diferentes zonas. Los datos fueron recolectados en periodos de 6 horas, en la mañana 7:00 -9:00, medio día 12:00 -2:00 y tarde 4:00-6:00, del día 17 de abril del 2018, por periodos de 15 minutos, mientras que las velocidades y tiempo de recorrido el día 23 de abril del 2018. En este estudio de campo se encontró que los aforos vehiculares producidos en las horas pico, producen retrasos y embotellamientos en esta zona, acarreando aumento en los tiempos del trayecto para los ciudadanos.

Nowadays, Fusagasuga has evidenced the constant growing of population that arrive to to the city, with the pass of the time it has generated great vehicular flow, increasing a lot of traffic road mesh and specially in the main crosses that feed the main street of the city, specifically the sector of the transversal 12 - Panamericana avenue(El indio). this avenue is one of the main roads of the city, because it allows the entered and output to the city, where you can find the most part of movement in the construction of the city. For this work we performed a analisis of the vehicle traffic that pass by the sector of the transversal 12 - Panamericana avenue (el indio), getting the following datas: vehicular gauges, average speed of tours, maximum speed, the road's width and travel's time of different areas. The datas were collected in periods of 6 hours, since 7:00 to 9:00 in the morning, 12:00 to 2:00 middle day and in the afternoon since 4:00 to 6:00 of april 17th 2018 with periods of 15 minutes, while the speeds and time of trayectoria of april 23th 2018. In the field study we found that the vehicular gauges made in rush hours, produce delays and traffic jam in this area, carrying rise of times for the people's trayectoria.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)		SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X		
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X		
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X		
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X		

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL	VIGENCIA: 2017-11-16
	REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 5 de 8

y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI ___ NO X__.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 6 de 8

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. TESIS DEFINITIVA TRAFICO.pdf	Texto
2. ARTICULO.pdf	Texto
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Peñuela Parga Sergio Javier	Sergio P.
Pérez López Jonathan Alexander	

12.1.50

MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA
INTERSECCIÓN TRANSVERSAL 12 - VÍA PANAMERICANA (EL INDIIO),
FUSAGASUGÁ POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

SERGIO JAVIER PEÑUELA PARGA
JONATHAN ALEXANDER PÉREZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PREGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
FUSAGASUGÁ - CUNDINAMARCA
2018

MODELACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR EN LA
INTERSECCIÓN TRANSVERSAL 12 - VÍA PANAMERICANA (EL INDIIO),
FUSAGASUGÁ POR MEDIO DEL SOFTWARE PTV VISSIM

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero de Sistemas.

SERGIO JAVIER PEÑUELA PARGA
JONATHAN ALEXANDER PÉREZ LÓPEZ

DIRECTOR

Lic. JORGE ENRIQUE QUEVEDO BUITRAGO

CODIRECTOR

Lic. BERNABÉ BUITRAGO DOMÍNGUEZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PREGRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
FUSAGASUGÁ - CUNDINAMARCA

2018

DEDICATORIA

A Dios, a mi padre, mi madre, a mi familia y en honor a mi tía Miriam Peñuela Q.E.P.D

SERGIO JAVIER PEÑUELA PARGA

A:

Dios, por haberme dado salud, sabiduría y fortaleza para lograr cada objetivo trazado a lo largo de este camino.

Mis Padres Lucero López y Jhon Pérez, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. Mamá gracias por darme la fortaleza de seguir adelante con amor y sacrificio, Papa gracias por la perseverancia constante y hacerme soñar que todo es posible, todo esto se lo debo a ustedes.

Mi Hijo, Martin Pérez, para que veas en mí un ejemplo a seguir.

Mi Novia, Leidy Pérez, que con su amor, dedicación, paciencia y esmero me ayudo a superar cada obstáculo brindándome su apoyo constante a lo largo de este camino.

Mi abuelo, Brauben López (QEPD), por quererme y apoyarme siempre, esto también te lo debo a ti.

JONATHAN ALEXANDER PÉREZ LÓPEZ

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada una de las personas que aportaron con su sabiduría emocional e intelectual al desarrollo, no tan sólo de este trabajo, sino también al de mi carrera profesional.

En primer lugar, a Dios por ayudarme a culminar esta etapa tan importante en mi vida.

En segundo lugar, agradecer a mis padres, por darme la posibilidad de estudiar y tener la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida. A mi madre por brindarme todo su cariño desde mi primer día de vida y a mi padre por compartir cada momento o situación que se presentaba en el proceso de trabajos y actividades de parte de la Universidad y ser mi modo de transporte durante todos mis años como estudiante.

En tercer lugar, a los docentes, Jorge Quevedo y Bernabé Buitrago, directores del trabajo de grado, por acompañarme en este proyecto de investigación durante los dos últimos semestres de mi carrera de Ingeniería de Sistemas y por haber confiado en mí en el momento en que me propusieron la idea y por apoyarme en el desarrollo de este proyecto hasta su respectiva presentación y que, por medio de esta, me permitiera la culminación de una meta más en mi vida.

En cuarto lugar, a mis compañeros y amigos, Jair Díaz y Jonathan Pérez, Estudiantes de Ingeniería de Sistemas, por su apoyo permanente en el proceso de aprendizaje del software PTV Vissim y su guía en el desarrollo de las simulaciones.

Por ultimo a mis familiares, amigos, docentes de la planta de Ingeniería de Sistemas y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este proyecto.

SERGIO JAVIER PEÑUELA PARGA

Quiero agradecer primero a DIOS por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi pregrado permitiéndome culminar con gran felicidad y compromiso mi carrera de Ingeniería de Sistemas dejando plasmado mi aprendizaje en este proyecto.

Le doy gracias a mis padres Lucero y Jhon por apoyarme incondicionalmente en todo momento, por brindarme excelentes valores y hacerme siempre soñar en grande.

A mi hijo Martin y a mi novia Leidy compañera de vida y aventuras que con su amor y paciencia constante e incondicional me permitieron llegar hasta aquí.

A mi hermana y tía Cielo quienes siempre estuvieron pendientes en cada uno de los pasos dados durante mi Universidad.

A mi abuelo el Licenciado Brauben López que siempre me enseñó e inculcó el hábito del aprendizaje continuo y el amor a la CIENCIA

A mis directores de trabajo de grado Licenciado Jorge Quevedo y Licenciado Bernabé Buitrago por tan incansable acompañamiento y dedicación que nos brindaron en cada paso para el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros Sergio Peñuela y Jair Díaz, por permitirme ser parte de este equipo en el que compartimos conocimientos y nos propusimos impactar socialmente a nuestra comunidad.

También agradezco a todas las personas que de una u otra forma nos brindaron su apoyo en este camino.

JONATHAN ALEXANDER PÉREZ LÓPEZ

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	16
2.	OBJETIVOS	18
2.1.	OBJETIVO GENERAL	18
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3.	MARCO TEÓRICO.....	19
3.1.	ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1.	Proyecto de Asociación Público Privada de Iniciativa Privada, Ampliación Tercer Carril Doble Calzada Bogotá – Girardot	21
3.1.2.	Puntos de Conflicto en una Intersección.....	30
3.1.3.	Semaforización.....	33
3.1.4.	Intersecciones Semaforizadas	34
3.1.5.	Glorietas.....	35
3.1.6.	Pasos a Desnivel (Puentes)	36
3.1.7.	Calibración del modelo base	37
4.	METODOLOGÍA	39
4.1.	CONTEXTO.....	39
4.2.	ESTUDIOS DE TRANSITO.....	41
4.2.1.	Métodos de aforos.	41
4.2.2.	Estudios De Velocidad y tiempos de recorrido.	43
4.2.3.	Personal y equipo.	45
4.2.4.	Horas de duración del estudio.	45
4.2.5.	Longitud del trayecto.....	45
4.2.6.	Ancho de vías.....	46
4.3.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR	47
4.4.	APLICACION MOVIL CAR COUNTING.....	48
4.4.1.	Descripción del Alcance	48
4.4.2.	Estructura de la Aplicación	48
4.4.2.4.	<i>Flujo de la Aplicación</i>	52
5.	PLANIFICACIÓN	53
5.1.	Metodología Scrum y Diagramas UML.....	53

5.1.1.	Funciones que Implementar	54
5.1.1.1.	<i>Vista Inicio</i>	54
5.1.1.2.	<i>Vista Conteo</i>	54
5.1.1.3.	<i>Resultados</i>	55
5.1.2.	Selección Motor de Bases de Datos.....	55
5.1.3.	Selección de la Herramienta de Desarrollo para la Aplicación Móvil Car Couting.....	56
5.1.4.	Proceso de Desarrollo	57
5.1.4.1.	<i>Personas y Roles del Proyecto</i>	57
5.2.	PRODUCT BACKLOG.....	58
5.2.1.	Requisitos Funcionales	62
5.2.1.1.	<i>Requisito funcional 1</i>	64
5.2.1.2.	<i>Requisito funcional 2</i>	65
5.2.1.3.	<i>Requisito funcional 3</i>	65
5.2.2.	Requisitos No Funcionales.....	66
5.2.2.1.	<i>Requisitos de rendimiento</i>	68
5.2.2.2.	<i>Seguridad</i>	68
5.2.2.3.	<i>Fiabilidad</i>	68
5.2.2.4.	<i>Disponibilidad</i>	68
5.2.2.5.	<i>Portabilidad</i>	68
5.3.	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	69
5.3.1.	Diagrama 1 Casos de Uso: Diagrama de Paquetes.....	69
	Ilustración 24. Diagrama 1 Casos de Uso: Diagrama de Paquetes	69
5.3.2.	Diagrama 2 Casos de Uso: Vista Inicio	69
5.3.3.	Diagrama 3 Casos de Uso: Vista Conteo	70
5.3.4.	Diagrama 4 Casos de Uso: Resultados	70
5.3.5.	Requisitos.....	71
5.3.6.	Sprint Planning.....	72
5.3.7.	Tareas.....	73
5.4.	DAILY SCRUM O STAND-UP MEETING.	74
5.5.	SPRINT	74
5.5.1.	Sprint 1.....	74

5.5.2.	Sprint 2.....	75
5.5.3.	Sprint 3.....	76
5.5.4.	Retrospectiva Sprint.	77
5.6.	ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN MÓVIL.....	77
5.6.1.	DISEÑO.....	77
5.7.	MODELO DE CAPAS EN LA ARQUITECTURA DE ANDROID	78
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	79
6.1.	ZONA A: MELGAR-BOGOTÁ.....	79
6.2.	ZONA B: MELGAR- FUSAGASUGÁ.....	80
6.3.	ZONA C: BOGOTÁ-FUSAGASUGÁ	81
6.4.	ZONA D: BOGOTÁ-MELGAR.....	82
6.5.	ZONA E: FUSAGASUGÁ MELGAR.....	83
6.6.	AFOROS ZONA F: FUSAGASUGÁ BOGOTÁ.....	84
6.7.	SIMULACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN EL CRUCE DEL INDIO DE LA CIUDAD DE FUSAGASUGÁ	85
6.8.	SIMULACIÓN DE GLORIETA Y PUENTE EN EL CRUCE DEL INDIO DE LA CIUDAD DE FUSAGASUGÁ.	91
6.9.	SIMULACIÓN DE DESNIVEL (PUENTE) EN VISSIM.....	93
6.10.	GENERACIÓN DE NUEVOS AFOROS VEHICULARES PARA LA SIMULACIÓN	97
6.11.	COMPARACIÓN FLUJO VEHICULAR DE LA SIMULACIÓN ACTUAL CON LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS EN SOFTWARE VISSIM	100
7.	CONCLUSIONES	102
8.	RECOMENDACIONES.	103
9.	BIBLIOGRAFÍA.	104
10.	ANEXOS.....	107
10.1.	ESTADÍSTICA PARA SOFTWARE VISSIM.....	107
10.1.1.	Tiempo de recorrido y Velocidades por zonas	110
12.1.2	Evidencias Fotográficas.....	111

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio)	24
Ilustración 2. Volúmenes promedio diarios por tipo de vehículo estación Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Acceso 1	25
Ilustración 3. Volúmenes promedio diarios por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Acceso 2	26
Ilustración 4. Volúmenes promedio diarios por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Acceso 3	27
Ilustración 5. Composición vehicular estación Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio).....	28
Ilustración 6. Geometría Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Alternativa a nivel	29
Ilustración 7. Modelo de oferta alternativa a nivel. Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio) ..	30
Ilustración 8. Imagen de Diversos Puntos de Conflicto en una Intersección	31
Ilustración 9. Intersección Semaforizada en la Av. de los Estudiantes – Conexión a la entrada de dos vías centrales de la ciudad de Santa Marta.....	34
Ilustración 10. Ejemplo de Diseño de Glorieta para ubicar en la Intersección Trv.12 – Vía Panamericana	35
Ilustración 11. Diseño del Puente ubicado en la Intersección Trv.12 – Vía Panamericana (El Indio).	36
Ilustración 12. Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio)	39
Ilustración 13. Salida del Municipio por la Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio).....	39
Ilustración 14. Cruce de Sur a Norte en la Vía Panamericana (El Indio)	40
Ilustración 15. Cruce de Norte a Sur en la Vía Panamericana (El Indio)	40
Ilustración 16. Mapa Geográfico de la Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio).	41
Ilustración 17. Ventana de resultados aplicación Speedometer PRO en el sector el Indio Fusagasugá. ...	44
Ilustración 18. Medida del ancho de las vías de la Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio).....	47
Ilustración 19. Esquema de desarrollo de la aplicación Car Couting.....	49
Ilustración 20. Vista Inicio de la aplicación Car Couting	50
Ilustración 21. Vista Conteo de la aplicación Car Couting	51
Ilustración 22. Vista de Resultados de la aplicación Car Couting	51
Ilustración 23. Diagrama de Flujo de la aplicación Car Couting	52
Ilustración 24. Diagrama 1 Casos de Uso: Diagrama de Paquetes	69
Ilustración 25. Diagrama 2 Casos de Uso: Vista Inicio	69
Ilustración 26. Diagrama 3 Casos de Uso: Vista Conteo	70
Ilustración 27. Diagrama 4 Casos de Uso: Resultados	70
Ilustración 28. Logo de la Aplicación Móvil Car Counting.....	75
Ilustración 29. Logo de la Aplicación Móvil Car Counting.....	78
Ilustración 30. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona A.	79
Ilustración 31. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona B.	80

Ilustración 32. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona C.	81
Ilustración 33. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona D.	82
Ilustración 34. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona E.	83
Ilustración 35. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona E.	84
Ilustración 36. Puntos de Conflicto a la Salida del Municipio de Fusagasugá.	86
Ilustración 37. Punto de Conflicto a la Entrada del Municipio de Fusagasugá.	86
Ilustración 38. Áreas de Conflicto de la Simulación de la Intersección SemafORIZADA en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	87
Ilustración 39. Áreas de Conflicto de la Simulación de la Glorieta en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	88
Ilustración 40. Áreas de Conflicto de la Simulación del Desnivel o Puente en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	88
Ilustración 41. Simulación de la Intersección SemafORIZADA en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9.	89
Ilustración 42. Simulación de la Intersección SemafORIZADA del Cruce de Sur a Norte en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9.	90
Ilustración 43. Simulación de la Intersección SemafORIZADA del Cruce de Norte a Sur en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9.	90
Ilustración 44. Simulación de la Intersección SemafORIZADA de la Salida del Municipio por Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9.	91
Ilustración 45. Simulación de la Glorieta (2D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	92
Ilustración 46. Simulación de la Glorieta (3D) en la Vía Panamericana (El Indio) - PTV Vissim 9.	93
Ilustración 47. Simulación del Desnivel o Puente (Puente – Glorieta en 2D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	93
Ilustración 48. Presentación del Desnivel o Puente (Puente – Glorieta en 3D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	94
Ilustración 49. Simulación del Desnivel o Puente (Puente – Glorieta en 3D) en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	94
Ilustración 50. Simulación del Puente (Puente en 2D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	95
Ilustración 51. Presentación del Desnivel o Puente en 3D de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	96
Ilustración 52. Simulación del Desnivel o Puente en 3D en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.	97
Ilustración 53. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Melgar.	107
Ilustración 54. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Fusagasugá.	108

Ilustración 55. Afros vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación
intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Bogotá.109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Longitud de Trayectos por Zona.....	45
Tabla 2. Personales y Roles del Proyecto	57
Tabla 3. Product Backlog.....	58
Tabla 4. Requisito Funcional 1.....	62
Tabla 5. Requisito Funcional 2.....	63
Tabla 6. Requisito Funcional 3.....	64
Tabla 7. Requisito No Funcional 1	66
Tabla 8. Requisito No Funcional 2.....	66
Tabla 9. Requisito No Funcional 3.....	66
Tabla 10. Requisito No Funcional 4.....	67
Tabla 11. Requisito No Funcional 5.....	67
Tabla 12. Estimación de los Requisitos	71
Tabla 13. Especificación de los Requisitos.....	71
Tabla 14. Sprint Planning.....	73
Tabla 15. Especificación de la Tareas.....	73
Tabla 16. Distribución de probabilidad para los aforos vehiculares.....	97
Tabla 17. Datos de probabilidades puntuales y acumuladas	98
Tabla 18. Simulación del conteo de vehículos del servicio público, con variables aleatorias de Poisson. .	99
Tabla 19. Conteo de vehículos en cada zona durante 10 minutos	100
Tabla 20. Criterio de Calibración y Validación.....	101
Tabla 21. Proporción de vehículos para situación real y de semáforo que vienen de Melgar.....	107
Tabla 22. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Melgar.	108
Tabla 23. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Bogotá.	108
Tabla 24. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Fusagasugá.....	109
Tabla 25. Proporción de vehículos para situación real y de semáforo que vienen de Bogotá.....	109
Tabla 26. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Bogotá.	110
Tabla 27. Estudio de tiempo de recorrido y velocidades por zona.	110

RESUMEN

En Fusagasugá se ha evidenciado el crecimiento constante de habitantes que arriban a la ciudad, esto con el pasar del tiempo ha generado mayor flujo vehicular, aumentando la congestión en la malla vial y especialmente en los cruces principales que alimentan las principales calles de la ciudad, específicamente el Sector de la transversal 12 – Vía Panamericana (El Indio). Esta avenida es una de las vías principales de la ciudad, pues permite el ingreso y egreso a la ciudad, en donde, se encuentra la mayor parte del movimiento en la construcción de la ciudad.

Para este trabajo se realizó un análisis en el tráfico de los vehículos que pasan por el Sector de la transversal 12 – Vía Panamericana (El Indio), recolectando los siguientes datos: aforos vehiculares, velocidad media del recorrido, velocidad máxima, ancho de vías y tiempo de recorrido en las diferentes zonas.

Los datos fueron recolectados en periodos de 6 horas, en la mañana 7:00 - 9:00, medio día 12:00 - 2:00 y tarde 4:00 - 6:00, del día 17 de abril del 2018, por periodos de 15 minutos, mientras que las velocidades y tiempo de recorrido el día 23 de abril del 2018. En este estudio de campo se encontró que los aforos vehiculares producidos en las horas pico, producen retrasos y embotellamientos en esta zona, acarreado aumento en los tiempos del trayecto para los ciudadanos.

De acuerdo con esto y realizando un estudio exhaustivo de la zona, se determinó 3 posibles soluciones (Glorieta, Puente Glorieta, Semaforización), desarrolladas en Simulaciones a través del Software PTV Vissim, el cual permite simular el flujo vehicular a escala, mostrando las alternativas que mejoran significativamente el tráfico y el flujo vehicular que se produce en el sector del “Indio”

Teniendo en cuenta esto se concluye que en el sector se encuentran limitantes de espacio e infraestructura para las diferentes soluciones, sin embargo, a través del estudio exhaustivo realizado a lo largo y ancho de este proyecto se evidencio que la solución más acorde y

significativa para este problema se encuentra en una glorieta vehicular en la cual la afluencia vehicular es mayor dando paso a un continuo desplazamiento de entrada y salida a la ciudad en el Sector del “Indio”.

Palabras clave:

Fusagasugá, Vehículos, Glorieta, Semáforo, Indio, Embotellamiento, PTV Vissim, Simulación, Aforo.

ABSTRACT

Nowadays, Fusagasuga has evidenced the constant growing of population that arrive to to the city, with the pass of the time it has generated great vehicular flow, increasing a lot of traffic road mesh and specially in the main crosses that feed the main street of the city, specifically the sector of the transversal 12 - Panamericana avenue(El indio). this avenue is one of the main roads of the city, because it allows the entered and output to the city, where you can find the most part of movement in the construction of the city.

For this work we performed a analisis of the vehicle traffic that pass by the sector of the transversal 12 - Panamericana avenue (el indio), getting the following datas: vehicular gauges, average speed of tours, maximum speed, the road's width and travel's time of different areas.

The datas were collected in periods of 6 hours, since 7:00 to 9:00 in the morning, 12:00 to 2:00 middle day and in the afternoon since 4:00 to 6:00 of april 17th 2018 with periods of 15 minutes, while the speeds and time of trayectory of april 23th 2018.

In the field study we found that the vehicular gauges made in rush hours, produce delays and traffic jam in this area, carrying rise of times for the people's trayectory.

according to this and realizing a study comprehensible of the area, it allowed 3 possible solutions(bridge, roundabout, traffic light), developed the simulations through PTV Vissim Software, which allows simulate the vehicular flow to scale, showing the alternatives that improve significantly the traffic and the vehicular flow that prduces in the Indio's sector.

Given this, we conclude that in the sector there are space limitations and infrastructure to differents solutions, however, through the study comprehensible realized, we evidenced that te solution chorder and significative for this issue is in the vehicular roundabout which the vehicular influx is higher giving step to a displacement continuos of entrance and output to the city in the indio's sector.

key words

Fusagasuga, vehicles, roundabout, traffic light, indio, traffic jam, PTV Vissim, simulation, gauge.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el crecimiento poblacional en el municipio de Fusagasugá ha ido afectando a la movilidad, al bienestar social y calidad de vida de sus habitantes, esto se percibe en la congestión vehicular que se genera, además de la zona central del municipio, en las zonas de intersección que dan entrada y salida del sector del indio.

Este aumento surge debido al aumento de la demanda y de acceso al automóvil, al transporte urbano y a los vehículos de carga, al crecimiento de la población y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte urbano. Además, la mala organización del transporte de carga y de servicio público agudiza más la problemática.

La Universidad de Cundinamarca tiene como sede principal el municipio de Fusagasugá la cual está creciendo a un ritmo acelerado tanto en construcción de vivienda como en la cantidad de vehículos que transitan en los últimos años creando caos en las horas pico y fin de semana. Este crecimiento se centra en su mayoría al sector de la Pampa el cual está ubicado en el suroriente del municipio, lo que hace que se generen problemas de movilidad en la intersección transversal 12 - vía panamericana (el indio), estas son vías principales que conectan dicho sector con el centro, Centro comercial Manila, Éxito, Universidad de Cundinamarca, Colegios entre otros.

El municipio de Fusagasugá cuenta con una malla vial deficiente que agrava más la problemática de movilidad y si se le agrega que en esta intersección no hay una semaforización, glorieta, ensanchamiento o puentes que minimicen los embotellamientos, lo que se puede ver es el grave problema de movilidad que tiene el municipio. Frente a esta problemática la simulación es una herramienta útil para representar el escenario con que se encuentra en la actualidad y como técnica para buscar escenarios alternativos que puedan implementarse sin necesidad de realizar experimentos reales en el sector que con una mala planeación y ejecución puede traer elevados costos y llegar a resultados no deseados. En ese sentido la realización de esta investigación pretende dar solución a un problema real que afecta gran parte de los habitantes del municipio y encontrar una solución óptima al problema de congestión vehicular de la intersección transversal 12 - vía panamericana (el indio), mediante la construcción de un modelo de simulación en el

software PTV VISSIM, que pueda servir como herramienta para futuros estudios de movilidad municipal.

El desarrollo de este trabajo de investigación se lleva a cabo a partir del capítulo 3, aquí se realiza una revisión de trabajos de investigación aplicados a la congestión vehicular a nivel local, nacional e internacional. Además de una descripción a nivel general del marco teórico que sirven como sustento para este trabajo y la explicación del uso del software Vissim como herramienta para la simulación del tráfico. En el capítulo 4, se expone la metodología a utilizar para alcanzar los objetivos del trabajo. En el capítulo 5 se explica de manera detallada la metodología SCRUM utilizada para el desarrollo de la aplicación móvil CAR COUNTING la cual se utilizó para realizar el conteo vehicular en las zonas de estudio.

En el capítulo 6 se muestra y se analizan los resultados de la estadística descriptiva y la simulación. Por último se presenta las conclusiones y las recomendaciones.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la modelación y optimización del tráfico vehicular en la intersección transversal 12 - vía panamericana (el indio) en la ciudad de Fusagasugá, utilizando el software PTV VISSIM, presentando diferentes alternativas de solución.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar aforos vehiculares, con el fin de determinar el comportamiento del flujo vehicular existente y el tipo de vehículo que se presenta en la red vial
- Analizar estadísticamente la recolección de la información establecida en los aforos vehiculares y las velocidades en cada una de las zonas de estudio.
- Plantear y modelar las posibles alternativas de mejoras del tránsito en el sector como glorietas, pasos a desnivel y semaforización.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Actualmente se conocen trabajos aplicados al control del tráfico usando modelos de simulación de sistemas, tanto en Colombia como en otros países. La mayoría de estos estudios tiene como objetivo encontrar soluciones óptimas que permitan mejorar la movilidad vehicular en las calles y avenidas más transitadas, sobre todo en las horas pico. Después de haber realizado una revisión bibliográfica respecto al tema de interés para esta investigación se resaltan algunos trabajos realizados en Colombia y otros países.

En Colombia, Robles, Ñañez y Quijano (2009), afirman que las condiciones actuales de la movilidad en Colombia generan interrogantes acerca de qué tan apropiadas son las estrategias de control de tráfico aplicadas en las redes urbanas del país. Aquí, se plantea una revisión de las estrategias de control y plataformas de simulación de sistemas de tráfico más utilizadas en Colombia y en otras partes del mundo; con el propósito de caracterizar el nivel de desarrollo del país en el estudio e implementación de estrategias de control de tráfico urbano y, posteriormente, formular propuestas orientadas hacia la mejora de la movilidad urbana en el país.

Por otra parte, Jaramillo D. (2005), plantea y argumenta el evidente mal uso de los semáforos por parte de las autoridades en Medellín, por razones simples como la falta de sincronización, o el funcionamiento bajo los mismos tiempos durante todo el día entre otras; además, el mal uso de las vías por parte de los ciudadanos, dada la constante indisciplina entre vehículos públicos, particulares livianos y de carga. Aparte de los planteamientos teóricos se ofrecen herramientas y posibles soluciones, utilizando Simulink, con la implementación de un simulador de bloques genérico para sistemas vehiculares de semáforos, por medio del cual, puede observarse el funcionamiento de cualquier conjunto de semáforos que sea configurado.

En Paraguay, Franco L (2008) realiza un trabajo donde analiza el control de tráfico vehicular; estudia los semáforos como una propuesta de solución y presenta estrategias de gestión semaforica que resuelvan favorablemente la circulación vehicular. Para ello utilizó una herramienta que

simula el tráfico. Para el estudio tomo un área altamente transitada de Ciudad del Este, donde se cruzan tres de las más importantes avenidas de esta ciudad. Las principales variables analizadas fueron: el tiempo de espera, demora, velocidades y flujos. En este trabajo se concluye que la solución más viable a la congestión vial, son los semáforos inteligentes.

De forma similar, Atoche y Rojas (2013), realizan una investigación donde simulan el tráfico en la vía Kunturwasi en Cajamarca-Perú entre los kilómetros 00 y 74 (K00 hasta K74). Primero se determinaron los puntos de medición en la vía de estudio, luego realizaron mediciones las 24 horas del día durante 14 días consecutivos teniendo como variables el tipo de vehículo, el instante (hora y minuto) de paso por el punto de medición; con esta información se determinaron las velocidades promedio para cada tipo de vehículo y finalmente se construyeron un modelo de simulación empleando el software Arena versión 13.9.

Las variables relevantes en este modelo son: el tipo de vehículo, el sentido de tránsito, la geografía de la carretera y el flujo de la vía, con estos datos procesados implementados en el modelo se usaron para simular las operaciones de tránsito entre los puestos de medición, identificados y medidos en el estudio de tránsito y transporte.

La investigación concluye, luego de evaluar los resultados que el modelo brinda información suficiente para poder evaluar el tiempo promedio de transporte según el tipo de vehículo, día y hora del día.

Por otro lado, Ballón R. (2016), en su investigación aborda el análisis de la implementación de un sistema de control de tráfico accionado por vehículos en la Av. Jorge Chávez de la ciudad de Arequipa cuyo algoritmo de control mide el estado (realimentación) del tráfico en cada momento, y esta información se usa para sincronizar las señales de control en tiempo real. Las variables relevantes usadas en el estudio fueron: aforos vehiculares, velocidades de recorrido y marcha, así como, velocidad de punto. Los aforos de vehículos fueron recolectados por un periodo de 12 horas comprendido desde las 7:00 am hasta las 7:00 pm en un día típico de la semana, mientras que las velocidades fueron recolectadas durante la hora pico. El modelo base de simulación fue construido en el programa de micro-simulación VISSIM. Finalmente, como alternativas de solución propone:

la inclusión de un carril exclusivo para el transporte público, incorporación de un semáforo adicional en la Calle Otero (parque de la muela).

3.1.1. Proyecto de Asociación Público Privada de Iniciativa Privada, Ampliación Tercer Carril Doble Calzada Bogotá – Girardot¹

En éste apartado se tratan de manera explícita los aspectos relativos al Estudio de Tráfico y Demanda del Proyecto Ampliación Tercer Carril Doble Calzada Bogotá – Girardot, en las áreas de desarrollo: metodológicas, de planificación, ejecución y estimación de resultados en cada componente desarrollado de acuerdo con los términos de referencia establecidos por la Agencia Nacional de Infraestructura ANI, para la etapa en curso de estructuración del proyecto de Asociación Público Privada de Iniciativa Privada, basándose en procedimientos técnicos ampliamente reconocidos y aceptados en estudios de tráfico y demanda carreteros.

Con el fin de realizar el análisis de los indicadores operacionales para la infraestructura vial de sectores estratégicos, en estos se realizó la microsimulación en la que se determinaron las necesidades de infraestructura y cuantificaron los beneficios obtenidos con la implementación de la nueva infraestructura propuesta como parte del proyecto Ampliación Tercer Carril Doble Calzada Bogotá – Girardot; mejoras que se reflejan en el ofrecimiento de mejores niveles de servicio y condiciones en el tránsito que se cuantifican a través de los indicadores operativos estimados en estos segmentos estratégicos del corredor de estudio.

El proceso de microsimulación se llevó a cabo mediante la utilización del software VISSIM, el cual es un programa especializado para el desarrollo de modelos de simulación de tránsito, basado en la reproducción aproximada del comportamiento del tráfico urbano, carretero y de las operaciones del transporte público.

El programa puede analizar las operaciones de tráfico y tránsito teniendo en cuenta parámetros y lineamientos predefinidos tales como la configuración de carril, velocidades de flujo, composición

¹ Agencia Nacional de Infraestructura. (2015). Proyecto de Asociación Público Privada de Iniciativa Privada sin Recursos Públicos - Informe Estudio de Tráfico y Demanda. Bogotá.

del tráfico, señales de tráfico, paradas de transporte público, etc., lo que lo convierte en una herramienta destacada para la evaluación de la eficacia del funcionamiento de segmentos viales tales como intersecciones de flujo, peajes, glorietas, intercambiadores viales etc.

3.1.1.1 Aforos Direccionales en Intersecciones Principales del Proyecto

Con el fin de confeccionar los insumos para la microsimulación en intersecciones estratégicas del proyecto, se llevaron a cabo los aforos direccionales en las 4 intersecciones principales del proyecto seleccionadas para la ejecución de dicho componente.

Los volúmenes se obtuvieron de conteos manuales en las cuatro (4) estaciones de trabajo, la metodología general de los aforos direccionales se mantuvo respecto de la aplicada en los aforos de flujo; los conteos se efectuaron en períodos de quince minutos, durante 16 horas del día en dos días de fin de semana y dos de entre semana, los días sábado 7, domingo 8, martes 10 y miércoles 11 de junio de 2014.

Del mismo modo la clasificación vehicular se mantuvo en cada estación de aforo direccional respecto de la definida para los aforos de flujo, lo anterior de acuerdo con la siguiente categorización:

- Automóvil.
- Microbuses
- Autobuses
- Camión de 2 ejes pequeño.
- Camión de 2 ejes grande.
- Camión de 3 ejes C3
- Camión de 3 ejes C2 – S1
- Camión de 4 ejes C4
- Camión de 4 ejes C2 – S2
- Camión de 4 ejes C3 – S1
- Camiones de 5 ejes.
- Camiones de 6 ejes o más.

3.1.1.2 Estudios de Velocidades y Tiempos de Recorrido

Para éste estudio se recorrieron rutas estratégicamente previstas con la finalidad de registrar los tiempos de recorrido a nivel de tramos viales homogéneos y, de ésta manera determinar la velocidad promedio representativa para todo un período diario. De acuerdo con lo anterior, se efectuaron recorridos la semana comprendida entre el jueves 15 y miércoles 21 de mayo de 2014. El método empleado para la ejecución del estudio fue el denominado “vehículo flotante”; el cual consiste en introducir un vehículo en el flujo de tránsito con dos técnicos a bordo; uno de ellos se encarga de conducir el vehículo con el fin de mantenerlo a una velocidad promedio al tránsito mientras que el otro registra el tiempo de recorrido entre los diferentes segmentos de vía referidos, así como las demoras y sus posibles causas.

3.1.1.3 Volúmenes Vehiculares por Estación

Luego de efectuar el procesamiento de la data se desarrollaron los análisis de los volúmenes vehiculares que se presentan a continuación en cada una de las estaciones de conteo direccional de las intersecciones de Cucharal, Trv. 12 - Vía Panamericana (El indio), Av. de Las Palmas - Vía Panamericana, Carretera a Agua de Dios y Tocaima.

Vale la pena recordar que en los siguientes apartados se presentan volúmenes representativos para un día promedio del año, correspondientes al Transito Promedio Diario Anual (TPDA) estimado para cada tipo de vehículo en cada estación de aforo direccional.

3.1.1.4 Estación Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio)

El esquema de la Ilustración 1 expone de manera general las condiciones físicas y operativas de la intersección de la Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio) que dentro del proyecto hace parte del paso urbano por el municipio de Fusagasugá, del mismo modo se ilustran los códigos designados a cada acceso para la presentación del procesamiento de la data en la intersección.

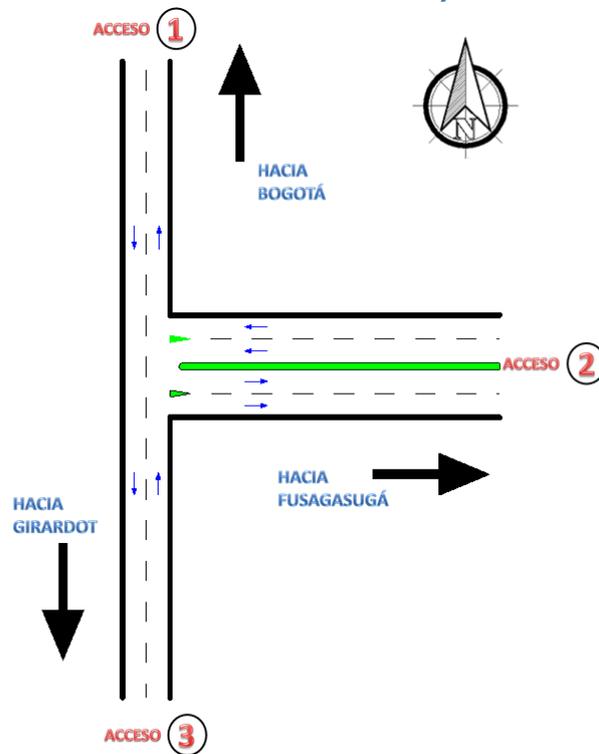


Ilustración 1. Esquema intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio)

Fuente: Esquema de Intersección obtenido del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 77.

Los volúmenes TPDA en el 2014 de cada movimiento de la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio), se presentan a continuación en la Ilustración 2, Ilustración 3 e Ilustración 4.

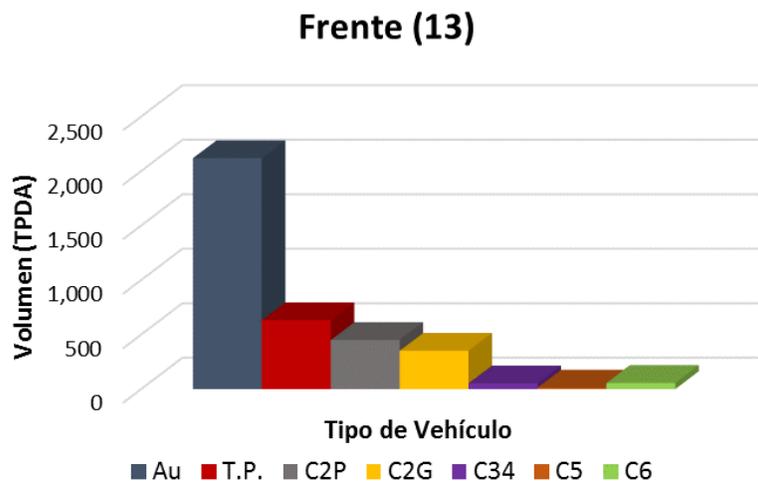
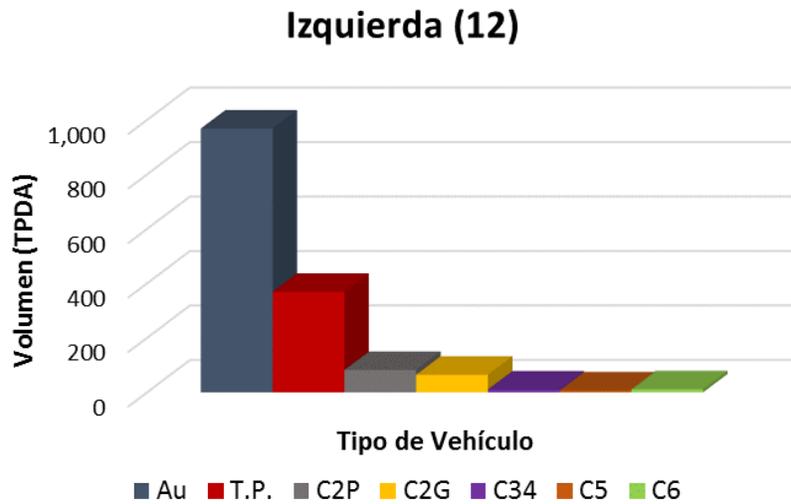
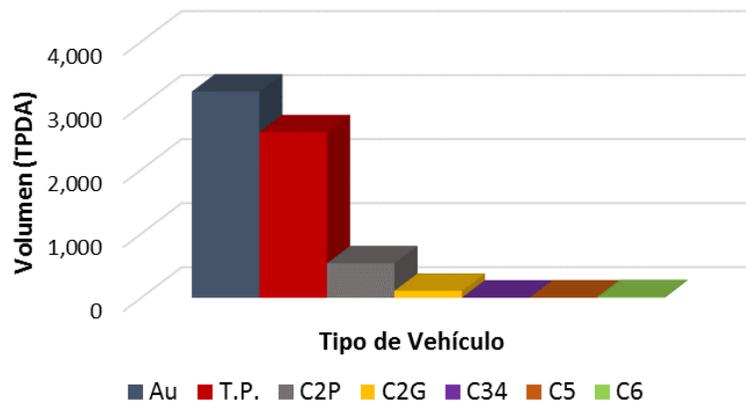


Ilustración 2. Volúmenes promedio diarios por tipo de vehículo estación Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Acceso 1

Fuente: Graficas de volúmenes TPDA por tipo de vehículo, obtenidas del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Página 78

Izquierda (23)



Derecha (21)

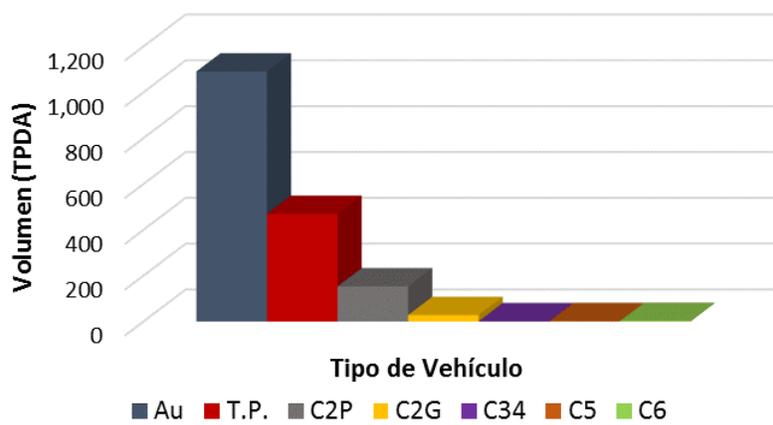


Ilustración 3. Volúmenes promedio diarios por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Acceso 2

Fuente: Graficas de volúmenes TPDA por tipo de vehículo, obtenidas del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 80.

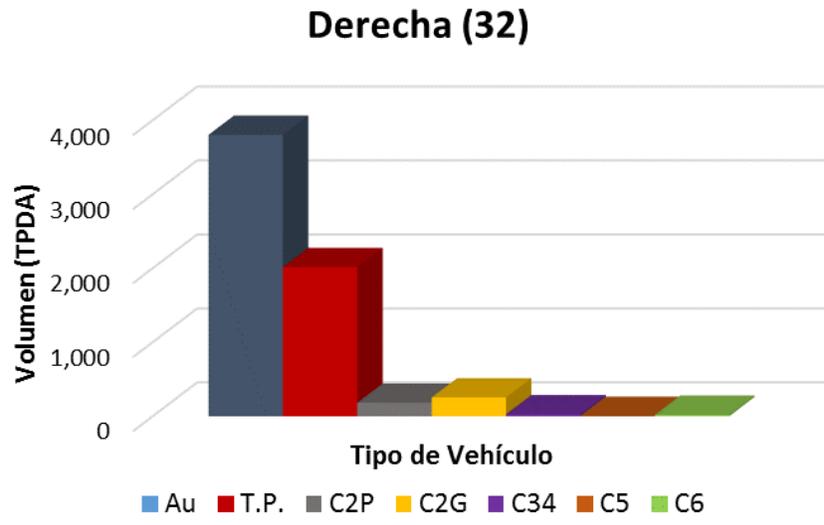
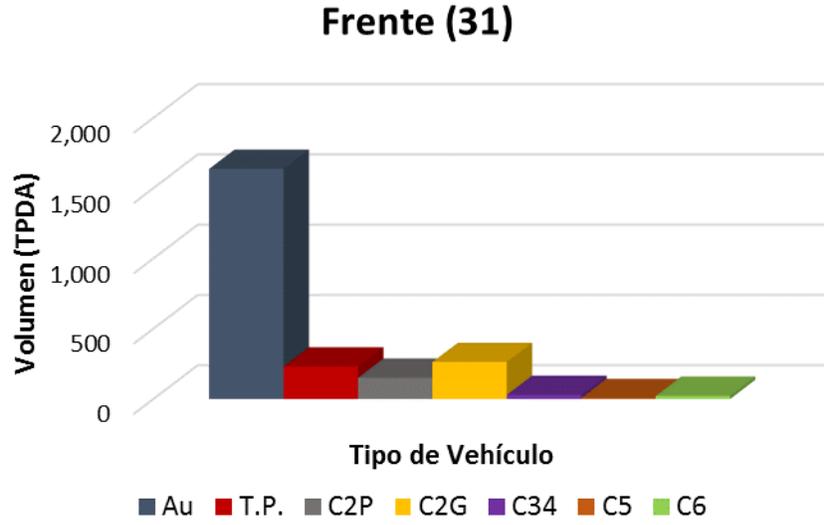


Ilustración 4. Volúmenes promedio diarios por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Acceso 3

Fuente: Graficas de volúmenes TPDA por tipo de vehículo, obtenidas del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 81.

En términos de la distribución de los flujos vehiculares, la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio) está dominada por los volúmenes que interactúan desde/hacia la parte céntrica del municipio de Fusagasugá y el sector sur de la intersección (en dirección al municipio de Girardot), dichos movimientos están representados por los códigos 23 y 32 que tienen volúmenes cercanos a

los 6,470 y 6,300 veh/día respectivamente, los cuales se configuran en aproximadamente el 58% del flujo de la intersección.

Los movimientos de frente que tienen interacción con la intersección Av. de Las Palmas - Vía Panamericana, de códigos 13 con 3,670 veh/día y 31 con 2,340 veh/día son igualmente representativos con aproximadamente un 27% del flujo total en el punto de estudio.

El restante 15% lo aportan los flujos de los movimientos 12 y 21 que corresponden a los que se presentan entre la parte norte de la intersección (hacia la Av. de Las Palmas) y el sector céntrico del municipio de Fusagasugá.

A continuación, en la Ilustración 5 se muestra de manera gráfica la composición vehicular de la intersección de la Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio).

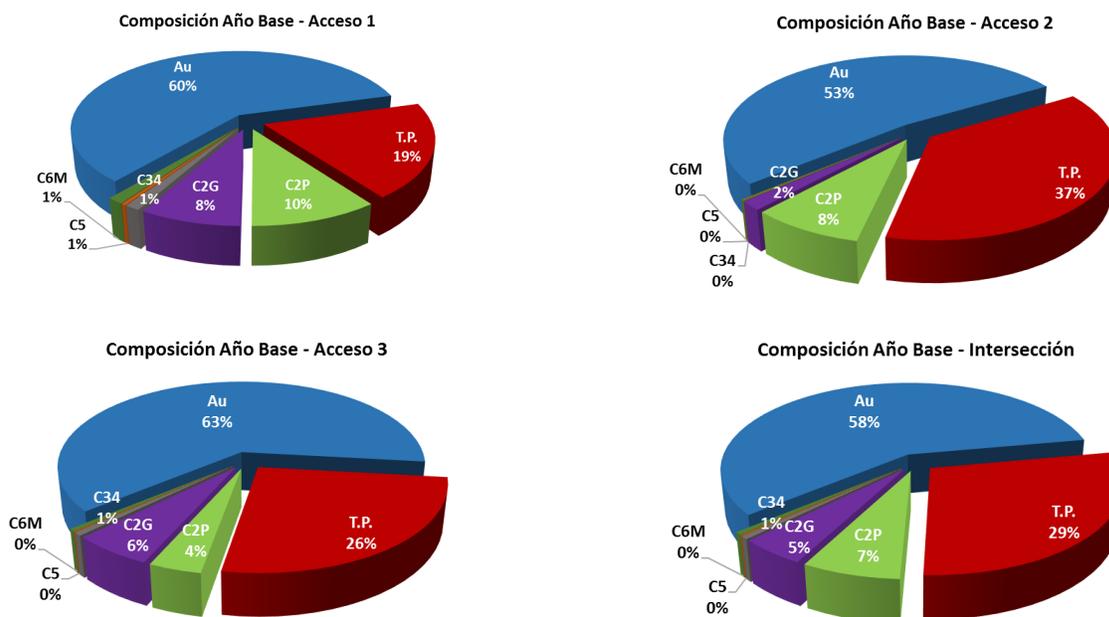


Ilustración 5. Composición vehicular estación Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio)

Fuente: Graficas de composición vehicular, obtenidas del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 86.

En cuanto al tránsito promedio diario anual de autos y camiones, se encuentra que en ésta intersección los autos particulares representan el 58%, los vehículos del transporte público de pasajeros el 29% y, los camiones el 13%. La composición entre los diferentes tipos de vehículo camión se concentra en los camiones de 2 ejes (C2P y C2G) que en conjunto representan aproximadamente el 12% del flujo vehicular.

3.1.1.5 Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio)

Para la intersección de la Transversal 12 con Vía Panamericana del Municipio de Fusagasugá, denominada “El Indio” se plantea una solución a nivel, la cual consiste en una glorieta con tres accesos, los accesos norte y sur tienen un carril por sentido y el acceso oriental es doble calzada de dos carriles por sentido. Enseguida se ilustra la geometría de las soluciones planteadas en la Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio).

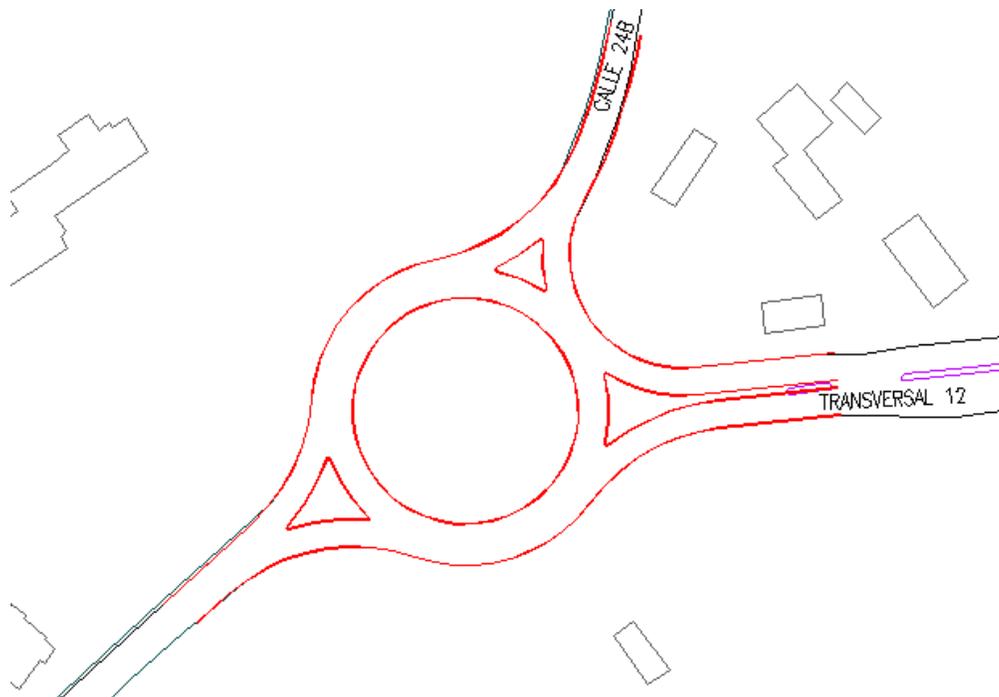


Ilustración 6. Geometría Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Alternativa a nivel

Fuente: Imagen de Geometría de Intersección, obtenida del informe de Estudio de Tráfico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 405.

A continuación, se expone la ilustración del modelo para la alternativa a nivel de la Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio).



Ilustración 7. Modelo de oferta alternativa a nivel. Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio)

Fuente: Imagen de Modelo a Nivel, obtenida del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 414.

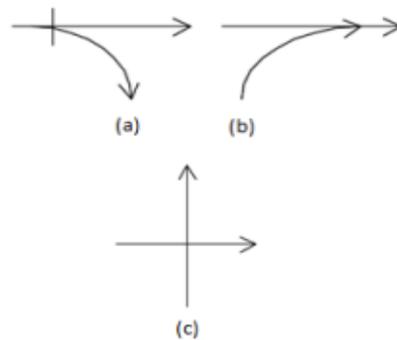
La calibración de la microsimulación se realizó a partir de la comparación de los volúmenes observados (estimados a partir de aforos y macromodelación), respecto de los reproducidos en la microsimulación, medidos con la herramienta “Data Collection Points” del software VISSIM.

3.1.2. Puntos de Conflicto en una Intersección

Una intersección es definida como la unión o cruce de diferentes movimientos direccionales vehiculares en un mismo nivel (AASHTO, 2001).

Según Miramontes, Vidaña y Rodríguez (2015), el cruce de movimientos direccionales a nivel se ve afectado por una gran cantidad de puntos de conflicto, los cuales son puntos potenciales de accidentes dada su relación con la intensidad de tránsito en una intersección. Los puntos de conflicto que se pueden presentar en una intersección son tres:

- Punto de divergencia (figura a): Se observa que una trayectoria común se separa para tomar distintas direcciones.
- Punto de convergencia (figura b): Se observa que dos o más trayectorias se unen para formar una en común.
- Punto de cruce (figura c): Se observa que es donde dos trayectorias diferentes ocupan temporalmente el mismo lugar, en tiempo y espacio.



(a) Punto de divergencia, (b) punto de convergencia, (c) punto de cruce.

Ilustración 8. Imagen de Diversos Puntos de Conflicto en una Intersección

Fuente: Artículo “Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas” – Puntos de conflicto, Página 52.

(C&M, CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS S.C) realizan unas importantes definiciones que son útiles para la realización de nuestra recolección de información:

- Volumen de tránsito: Se define como el número de vehículos que pasan por una sección transversal de una vía durante un período específico de tiempo.
- Volúmenes absolutos o totales.
- Tránsito anual (TA). Es el número total de vehículos que pasan durante un año por una sección transversal de una vía.
- Tránsito semanal (TS). Es el número total de vehículos que pasan durante una semana por una sección transversal de una vía.
- Tránsito diario (TD). Es el número total de vehículos que pasan durante un día por una sección transversal de una vía.

- Tránsito horario (TH). Es el número total de vehículos que pasan durante una hora.
- Tasa de flujo (q). Es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora, expresado en vehículos por hora, esta es la que se va a desarrollar en este trabajo.

Es importante también reconocer la clasificación de conteos vehiculares a realizar en este proyecto, el cual (C&M, CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS S.C), los define muy bien y los clasifican de la siguiente manera:

- Conteos direccionales. Se registran los volúmenes clasificados de acuerdo con la dirección y sentido del flujo vehicular.
- Conteos de clasificación. Se obtienen los volúmenes clasificados por tipo de vehículo, número de ejes, peso y dimensiones.
- Conteos en intersecciones. Se registran los volúmenes clasificados por tipo de movimiento (directo, giro a derecha y giro a izquierda), y por tipo de vehículo (auto, bus, camión, moto, bicicleta, vehículo de tracción animal, etc.).
- Conteos en cordones. Se realizan alrededor del perímetro de una zona, como, por ejemplo, el centro de una ciudad, con el fin de conocer en el tiempo la cantidad de vehículos que entran y salen de la zona.
- Conteos en barrera o pantalla. Son los conteos que se realizan en los cruces de vías con barreras naturales o hechas por el hombre, tales como ríos, vía férrea, etc.
- Conteos de ocupación vehicular. Son registros de campo que se realizan para determinar la cantidad promedio de pasajeros que viajan en los diferentes tipos de vehículos.

Fusagasugá no cuenta con contadores mecánicos, los cuales son utilizados para obtener conteos vehiculares en lugares situados a mitad de cuadra o en tramos continuos en campo abierto. Es por esto que el conteo se realizara de manera manual el cual es necesario tener personal para trabajo de campo y con la ventaja que permite obtener información detallada sobre: (C&M, CAL Y MAYOR Y ASOCIADOS S.C):

- Clasificación vehicular (autos, buses según modalidad de transporte, motos, bicicletas y camiones por tamaño, peso y número de ejes).
- Movimientos direccionales en una intersección o en un acceso.
- Dirección de recorrido.
- Uso de carriles y/o longitud de colas.
- Obediencia a los dispositivos para el control del tránsito.

3.1.3. SemafORIZACIÓN²

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos y peatones en las vías, asignando el derecho de paso de vehículos y peatones secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por un aparato electrónico de control de tráfico.

El semáforo es un dispositivo útil para el control del tránsito y la seguridad de los usuarios del sistema de movilidad. Debido a la asignación, prefijada o determinada por el tránsito, del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y otros sitios de las vías, el semáforo ejerce gran influencia sobre el flujo del tránsito. Por lo tanto, es de vital importancia que la selección del punto de instalación del control semafórico, sea precedida de un estudio puntual y zonal de las condiciones del tránsito.

Los semáforos se usarán para desempeñar, entre otras, las siguientes funciones:

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- Controlar la circulación por carriles.

² Tomado de: MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL. Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia. 2015. SEMÁFOROS. Capítulo 7. Pág. 243

- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.



Ilustración 9. Intersección Semaforizada en la Av. de los Estudiantes – Conexión a la entrada de dos vías centrales de la ciudad de Santa Marta

Fuente: Imagen tomada de la página web “Pasión por Santa Marta”

3.1.4. Intersecciones Semaforizadas

A lo largo del tiempo se ha encontrado en la semaforización una solución viable para la funcionalidad y eficiencia de un cruce. Investigaciones de intersecciones semaforizadas han llevado a la determinación de demoras, longitud de línea, dispersión de pelotón, disipación de línea y características del conductor y del vehículo, todo esto bajo condiciones de flujo de tránsito homogéneas (Asaithambi, 2008).

La semaforización depende de varios factores, incluyendo el flujo vehicular, la seguridad de los peatones, puntos de conflicto, beneficios económicos, entre otros. Las señales de tránsito deben ser diseñadas correctamente para evitar retrasos innecesarios y optimizar el funcionamiento de la intersección (Boumediene, 2009).

Varios investigadores como Akgüngör, Singh y Hellings; han llegado a la conclusión de que los retrasos generados en intersecciones semaforizadas varían de acuerdo al volumen horario durante un día. Con base en lo anterior se proponen como solución la implementación de diferentes ciclos a lo largo del día según el volumen vehicular lo demande. Dicha variación de ciclos puede ser

programada manualmente según los volúmenes horarios de máxima demanda. (Akgüngör, 2007), (Singh, 2009) y (Hellinga, 2008).

3.1.5. Glorietas

(Bastos, 2013) citado por Miramontes, Vidaña y Rodríguez (2015), determina que en comparación con otros tipos intersecciones a nivel, las glorietas responden de manera más eficientemente a múltiples funciones como la regulación del tráfico y la regeneración urbana y paisajismo. Las glorietas son particularmente populares para permitir las operaciones de flujo vehicular con el aumento de la seguridad a pesar de su excelente rendimiento. Por otro lado, se tiene que la experiencia internacional en los últimos 40 años ha demostrado que la construcción de una rotonda puede ser una tarea compleja. La indecisión del conductor y la incomprensión de las reglas de conducción pueden generar conflictos y accidentes en la calzada circulatoria. Estos accidentes, aunque no suelen ser graves, son frecuentes y, a menudo afectan el flujo de tráfico normal.



Ilustración 10. Ejemplo de Diseño de Glorieta para ubicar en la Intersección Trv.12 – Vía Panamericana

Fuente: Ejemplo de Glorieta importada de Google.

(Gasulla, 2011) citado por Miramontes, Vidaña y Rodríguez (2015), afirma que “cuando comenzaron a implementarse este tipo de arreglos se expandieron velozmente por varias partes del mundo, pues su diseño permitía un flujo vehicular muy dinámico. En Alemania, las primeras

glorietas comenzaron a utilizarse en los años 30, sin embargo, en los años 60 cayeron en desuso por razones desconocidas diseñándose otras tipologías de intersecciones. A finales de los 80 apenas existían glorietas en Alemania. Fue en estos años cuando expertos en tráfico de Alemania comenzaron a experimentar con glorietas para controlar el tráfico, tanto en entornos urbanos, como rurales”

Miramontes, et al. (2015), aducen que la razón de porque se volvió a retomar este sistema fue porque gracias a los avances en la materia de transporte lograron identificar los problemas en cuanto a las velocidades, número de carriles, así como las entradas y salidas, lo cual permitió un mejor desenvolvimiento del tráfico en la zona. En zona urbana no son recomendables las glorietas a excepción de los puntos de entrada en la ciudad, y siempre que los niveles de tráfico permitan su implantación por criterios de capacidad. La capacidad de la rotonda es fija y no es posible adaptarla a las posibles variaciones de tráfico, por lo que se deben diseñar con margen de capacidad suficiente.

3.1.6. Pasos a Desnivel (Puentes)



Ilustración 11. Diseño del Puente ubicado en la Intersección Trv.12 – Vía Panamericana (El Indio).

Fuente: Ejemplo de Desnivel o Puente importada de Google.

Un paso a desnivel es un conjunto de ramales que se proyecta para facilitar el paso de tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes. También puede ser la zona en la que dos o más

carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible (Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2008).

(Chris, 2015) citado por Miramontes, et al. (2015), pone como ejemplo del mejoramiento del tránsito vehicular en una intersección muy congestionada con la ayuda de un paso a desnivel es el del Puente Lord. Éste fue construido originalmente en 1959 en la ciudad de Lowell, Massachusetts. El puente está sobre una intersección formada por la calle Thorndike al norte y hacia el sur en Middlesex Street, considerada como unas de las calles más transitadas. El Puente Lord ha ayudado desde hace más de 50 años a los habitantes de la región a llegar más rápido ya que desde su construcción minimizo tiempos de espera en los cruceros, así como accidentes de tráfico y embotellamientos.

Miramontes, et al. (2015) citados anteriormente, determinan que colocar puentes o pasos a desnivel en áreas donde el flujo vehicular sobrepasa la capacidad de la vía ayuda a la movilidad de la misma, pero si no se tienen medidas de seguridad en cuanto a las restricciones de carga puede llegar a ser peligroso. Es muy común en lugares donde se tiene facilidad de espacio se coloquen grandes obras como puentes o pasos a desnivel para agilizar el flujo ya sea en una o ambas direcciones del cruce.

3.1.7. Calibración del modelo base³

La precisión de los modelos de tráfico se obtiene durante el proceso de calibración del modelo. La calibración del modelo es el proceso por el cual se colocan datos verificables al modelo de tráfico para replicar las condiciones observadas de la zona bajo estudio como: ancho de carriles, número de carriles, volumen de vehículos, velocidades de marcha y recorrido. Durante la calibración se necesitó ajustar varios de los parámetros del modelo para poder recrear el comportamiento observado.

Dentro de la información requerida para la calibración tenemos:

³ “Estudio, Simulación y Optimización del flujo de tráfico en la Av. Jorge Chávez desde la Calle Víctor Lira hasta la Calle Paucarpata” UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA MARÍA. FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE.

- Levantamiento de la red vial.
- Levantamiento de las intersecciones.
- Programaciones de los semáforos.
- Identificación de rutas de transporte público, paraderos, detenciones, etc.
- Mediciones de flujo vehicular.

3.1.7.1. Criterio de calibración de aforos vehiculares: GEH Estadístico

El GEH Estadístico es una fórmula usada en Ingeniería de Tráfico, especialmente, en el modelamiento de tráfico, que permite comparar dos conjuntos de volúmenes de tráfico. Esta fórmula recibe su nombre debido a su inventor Geoffrey E. Havers, quien creó en los años 70 mientras trabajaba en Inglaterra. A pesar de tener una forma matemática similar a la prueba de Chi-cuadrado, no es una verdadera prueba estadística. Es más bien, una fórmula empírica que ha probado ser muy útil en diferentes análisis de tráfico.

$$GEH = \sqrt{\frac{(E + V)^2}{\frac{(E + V)}{2}}}$$

Donde:

GEH= indicador estadístico

E = volumen estimado por el modelo

V = volumen medido en campo

Para los modelos base, un GEH menor a 5.0 es considerado un buen emparejamiento entre el modelo simulado y el observado. Se recomienda que el 85% de todos los volúmenes de tráfico del modelo deben tener un GEH menor a 5. Si el GEH varía entre 5.0 y 10.0 esto puede causar alguna desviación en la investigación. Finalmente, si los valores son mayores a 10.0, hay una probabilidad bastante alta que haya un problema en el modelo de demanda de viajes o en los datos ingresados al programa.

4. METODOLOGÍA

4.1. CONTEXTO

Se realiza la investigación en el sector el indio de Fusagasugá ya que esta presenta un alto nivel vehicular en cada una de las zonas que se presentan de la Ilustración 12 a la 16. Para esto, primero se necesita de fotos guía de la zona del cruce del Indio para así poder simular este sector y observar en qué lugares se van a ubicar los semáforos en esta intersección.



Captura de imágenes: ene. 2015 © 2017 Google Latinoamérica

Ilustración 12. Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio)
Fuente: Foto obtenida de Google Maps



Captura de imágenes: may. 2014 © 2017 Google Latinoamérica

Ilustración 13. Salida del Municipio por la Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio)

Fuente: Foto obtenida de Google Maps



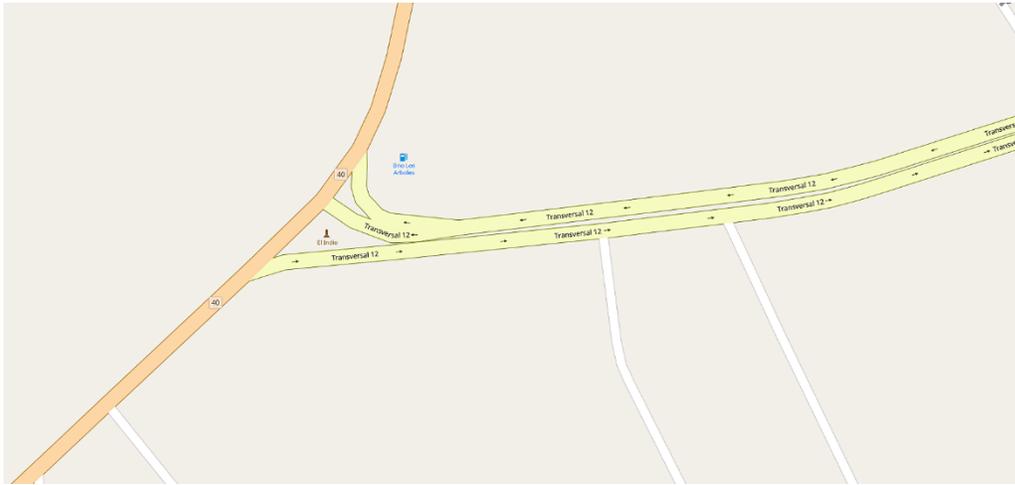
Captura de imágenes: ene. 2015 © 2017 Google Latinoamérica

**Ilustración 14. Cruce de Sur a Norte en la Vía Panamericana (El Indio)
Fuente: Foto obtenida de Google Maps**



Captura de imágenes: ene. 2015 © 2017 Google Latinoamérica

**Ilustración 15. Cruce de Norte a Sur en la Vía Panamericana (El Indio)
Fuente: Foto obtenida de Google Maps**



**Ilustración 16. Mapa Geográfico de la Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio).
Fuente: Vía Panamericana (El Indio) - Fusagasugá. Importado de Google Maps.**

4.2. ESTUDIOS DE TRANSITO⁴

Para la realización del presente trabajo se realizan ciertos estudios de tránsito, como son:

4.2.1. Métodos de aforos.

Para la realización de los aforos se desarrolló una aplicación móvil que permite el conteo vehicular en cada una de las zonas discriminando por tipo de vehículo.

Según el programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas afirma que: “Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un espacio de tiempo que incluya las horas de mayor demanda. 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 semana. Por lo general aforos realizados con incrementos de tiempo de 15 minutos son suficientes”.

⁴ Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas. México.

Adicionalmente a los aforos vehiculares, se recolectaron otras variables que enriquecerán el modelo tales como:

- Anchos de carril.
- Velocidad máxima por zona.
- Tipo de vehículos.
- Distancia de viaje en cada una de las intersecciones.
- Flujos de tráfico y proporción de vehículos que giran.
- Composición vehicular (de acuerdo a la clasificación vehicular).
- Características geométricas de las intersecciones.
- Velocidad media.
- Se estableció una hora pico, referente al máximo volumen vehicular.

Este trabajo determina las condiciones actuales del tráfico en el sector del Indio, manejando un estudio descriptivo y cuantitativo, para lo cual se tomarán los datos necesarios en campo y se realizara la simulación empleando el software PTV VISSIM. Se define una serie de variables y parámetros que influyen en la problemática de tráfico en el sector y con ello se realizara la modelación del flujo de tráfico, ya que es una herramienta eficaz para poder identificar y analizar las diferentes propuestas. Por lo anterior, se tomará la metodología de modelamiento y simulación necesaria para asegurar los esquemas de tráfico:

- Formulación del problema
- Definición de los objetivos de la investigación.
- Recolección de los datos apropiados y necesarios para una buena simulación (AFOROS).
- Estudio estadístico de las variables
- Construcción del modelo de simulación
- La construcción del modelo de simulación se realizará por medio del software VISSIM.
- Validación del modelo de simulación.
- Análisis de resultados
- Reporte de resultados

4.2.2. Estudios De Velocidad y tiempos de recorrido.

Se utilizó el Método del vehículo de prueba para obtener tiempo de recorrido, velocidad a lo largo de una ruta, congestionamiento de una ruta o datos sobre velocidades o retardos, es probablemente el método más flexible o adaptable y uno de los que se usan más ampliamente. El estudio es realizado por dos personas un anotador y el conductor del vehículo. El procedimiento requiere que el conductor controle la velocidad del vehículo, sea que este se mantenga flotando en el tránsito (en este caso el vehículo rebasa tantos vehículos como vehículos rebasan al vehículo de prueba) o, que conduzca el vehículo a lo largo de la ruta conservando la velocidad promedio del resto de los vehículos. En este caso el operador no debe intentar rebasar tantos vehículos como los que rebasan al vehículo de prueba como en la técnica del vehículo flotante.

Para el estudio de velocidades y tiempos de recorrido se utilizó la aplicación móvil Speedometer PRO⁵ el cual permite medir la velocidad y guardan datos de forma automática. De igual forma muestra la máxima y media velocidad, la distancia, el tiempo del recorrido y la ruta recorrida. Brinda un gráfico interactivo el cual muestra claramente la relación de la velocidad de este tiempo. Todos los datos están ordenados cronológicamente y se pueden manejar en el velocímetro.

⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.mobiem.android.speedometer2&hl=es>



Ilustración 17. Ventana de resultados aplicación Speedometer PRO en el sector el Indio Fusagasugá.

Fuente: pantallazo aplicación para la toma de datos del sector el indio.

La aplicación del velocímetro es muy sencilla de utilizar, funciona en segundo plano y puede permitir una pausa, a fin de no molestar a las estadísticas de velocidad. Un widget especial le permite realizar un seguimiento de la velocidad de cada navegación. Simplemente se hace click en él para mover una pantalla completa velocímetro PRO. Opcionalmente, se puede establecer el límite de velocidad. Cuando se excede el límite cambia dígitos de la pantalla de color. Tiene las siguientes funcionalidades:

- Medición de la velocidad, velocímetro.
- La rotación automática de la pantalla.
- Ajuste la pantalla para el dispositivo en el que se muestra.
- Registro automático de los datos: la media y la velocidad máxima, distancia recorrida y ruta.
- Mapa con el paso de rutas.
- Gestión de Datos.
- Un paseo gráfico interactivo con la velocidad y el tiempo

4.2.3. Personal y equipo.

Cada método de estudio tiene requerimientos variados en el personal empleado. A menos que se use equipo especial, solo serán necesarios cronómetros, formas de campo y lápices. Fue necesario un grupo de 6 personas para ubicarse en los puntos estratégicos los cuales se encargaron de realizar el conteo de vehículos.

4.2.4. Horas de duración del estudio.

Los datos fueron recolectados en periodos de 6 horas, en la mañana 7:00 - 9:00, medio día 12:00 - 2:00 y tarde 4:00 - 6:00, del día 17 de abril del 2018, por periodos de 15 minutos (ver anexos). Lo anterior es con objeto de coger una medida del máximo flujo en la mañana, medio día y tarde. Estas observaciones deben hacerse bajo condiciones normales de tránsito y del tiempo. Es por esto que se escogió este día en particular, ya que es un comportamiento habitual entre semana del tráfico en este sector, evitando las siguientes situaciones que afectaban la modelación:

- Trabajos en la vía.
- Cierres temporales de la vía.
- Días festivos.
- Accidentes de tráfico.
- Presencia de la policía de carreteras

4.2.5. Longitud del trayecto

Además de los datos tomados con la aplicación Speedometer PRO, se tomaron otros con la ayuda de Google Maps, tales como la distancia total por cada una de las zonas, las cuales se resumen en la Tabla 1:

Tabla 1. Longitud de Trayectos por Zona

ZONAS	LONGITUD DEL TRAYECTO
ZONA A: MELGAR BOGOTÁ	182.2 Metros

ZONA B: MELGAR FUSAGASUGÁ	183 Metros
ZONA C: BOGOTÁ FUSAGASUGÁ	141.6 Metros
ZONA D: BOGOTÁ-MELGAR	181.6 Metros
ZONA E: FUSAGASUGÁ BOGOTÁ	102.4 Metros
ZONA F: FUSAGASUGÁ MELGAR	200.1 Metros

Fuente: Elaboración Propia

4.2.6. Ancho de vías

Con la ayuda de google maps se pudo determinar las medidas del ancho de las vías en el sector del Indio, ya que estas medidas son de gran ayuda y que van a servir para el momento en que se deba de diseñar la simulación e ingresar el valor de medida de cada vía en cada una de las zonas, las cuales se observan en la Ilustración 18:



Ilustración 18. Medida del ancho de las vías de la Intersección Trv. 12 – Vía Panamericana (El Indio).

Fuente: Vía Panamericana (El Indio) - Fusagasugá. Importado de Google Maps, modificación propia.

4.3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR

Hoy en día se encuentran disponibles una gran variedad de herramientas para simular el tráfico vehicular. Entre ellos esta PTV Vissim 9 el cual es un software diseñado y orientado a la modelación del tráfico vehicular.

PTV VISSIM, es un software líder en la simulación microscópica del tráfico, plantea que este programa permite en un solo modelo representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones: autos, transporte de carga y cualquier tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional. Para ello, los modelos de comportamiento vehicular, científicamente desarrollados y validados, proporcionan una simulación realista de todos los agentes.

4.4. APLICACIÓN MÓVIL CAR COUNTING

4.4.1. Descripción del Alcance

4.4.1.1. Objeto

Realizar proyecto de apoyo a la toma de datos de cada uno de los vehículos que transitan por la intersección Transversal 12 – Vía panamericana (El Indio)

4.4.1.2. Detalle alcance

Se desarrolla la aplicación como valor agregado al Proyecto de Grado, con la finalidad de facilitar el conteo y la toma de muestras de datos en el sector del Indio, en donde se deberá contabilizar todos y cada uno de los aforos vehiculares que allí se presentan.

4.4.2. Estructura de la Aplicación

4.4.2.1. [Car Counting]

4.4.2.1.1. Descripción:

Este proyecto contiene toda la funcionalidad en la cual se enfocó, para ello se usa la estructura base generada por el IDE Android Studio para el desarrollo de Aplicaciones Android.

4.4.2.1.2. Detalles Técnicos:

- IDE: Android Studio 3.0.1
- API: 16
- Version Android: 4.1 Jelly Bean
- Base de Datos: SQLite

4.4.2.1.3. Compatibilidad:

- Android: 4.1 o Superior

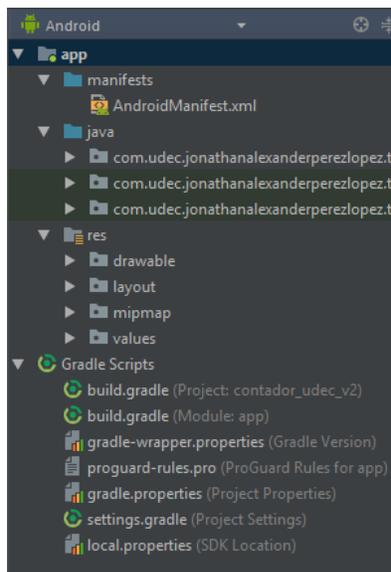


Ilustración 19. Esquema de desarrollo de la aplicación Car Couting
Fuente: Esquema de proyecto Android Studio

4.4.2.2. Estrategia y Desarrollo de la Solución

Para el almacenamiento de la información se define una tabla donde se almacena los datos:

4.4.2.2.1. Contador:

- Int id
- Text Fecha
- Zona text
- Tiempo text
- Particulares text
- Públicos text
- Taxis text
- Motos text
- Camionesp text
- Camionesg text

4.4.2.3. Vistas

4.4.2.3.1. Inicio

En esta vista se selecciona el tiempo de conteo (Cuenta regresiva para la toma de datos), también se debe seleccionar la zona de estudio para poder iniciar el contador. El botón RESULTADOS nos redirecciona a la vista donde encontramos los resultados de cada una de las tomas que se han realizado.

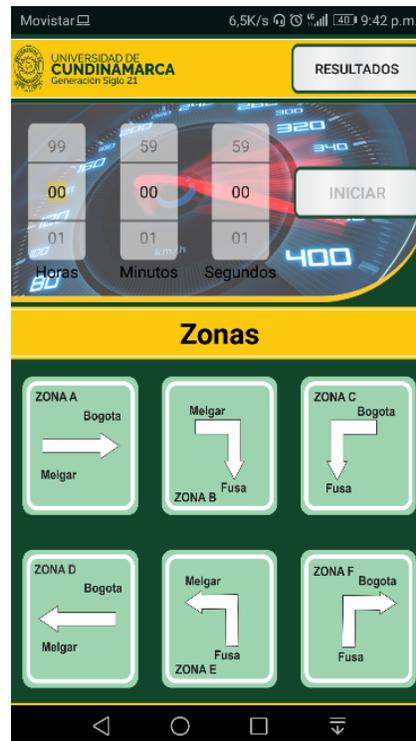


Ilustración 20. Vista Inicio de la aplicación Car Counting
Fuente: Elaboración Propia, Captura de Pantalla

4.4.2.3.2. *Conteo*

En esta vista observamos la cuenta regresiva del tiempo seleccionado y los tipos de vehículos a estudiar. Cada vez que se realiza tap (click) sobre cada botón aumenta en uno (1) la sumatoria. El botón cancelar, termina el tiempo de conteo y nos retorna al inicio.

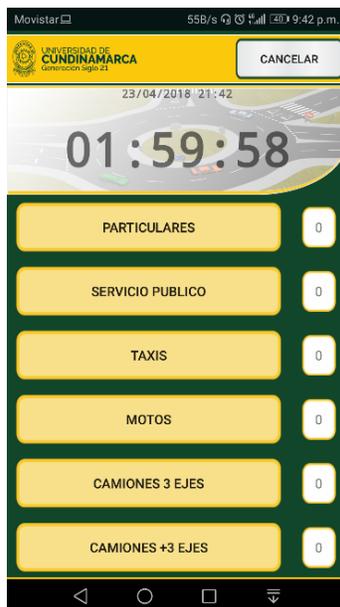


Ilustración 21. Vista Conteo de la aplicación Car Counting
Fuente: Elaboración Propia, Captura de Pantalla

4.4.2.3.3. *Resultados*

En esta vista se observan todos los resultados de cada toma que se haya realizado, la información que se muestra es consultada de la Tabla Contador creada en SQLite. El botón de inicio nos regresa al Inicio de la aplicación.



Ilustración 22. Vista de Resultados de la aplicación Car Counting
Fuente: Elaboración Propia, Captura de Pantalla

4.4.2.4. Flujo de la Aplicación

El flujo de la aplicación se da en tres (3) vistas:

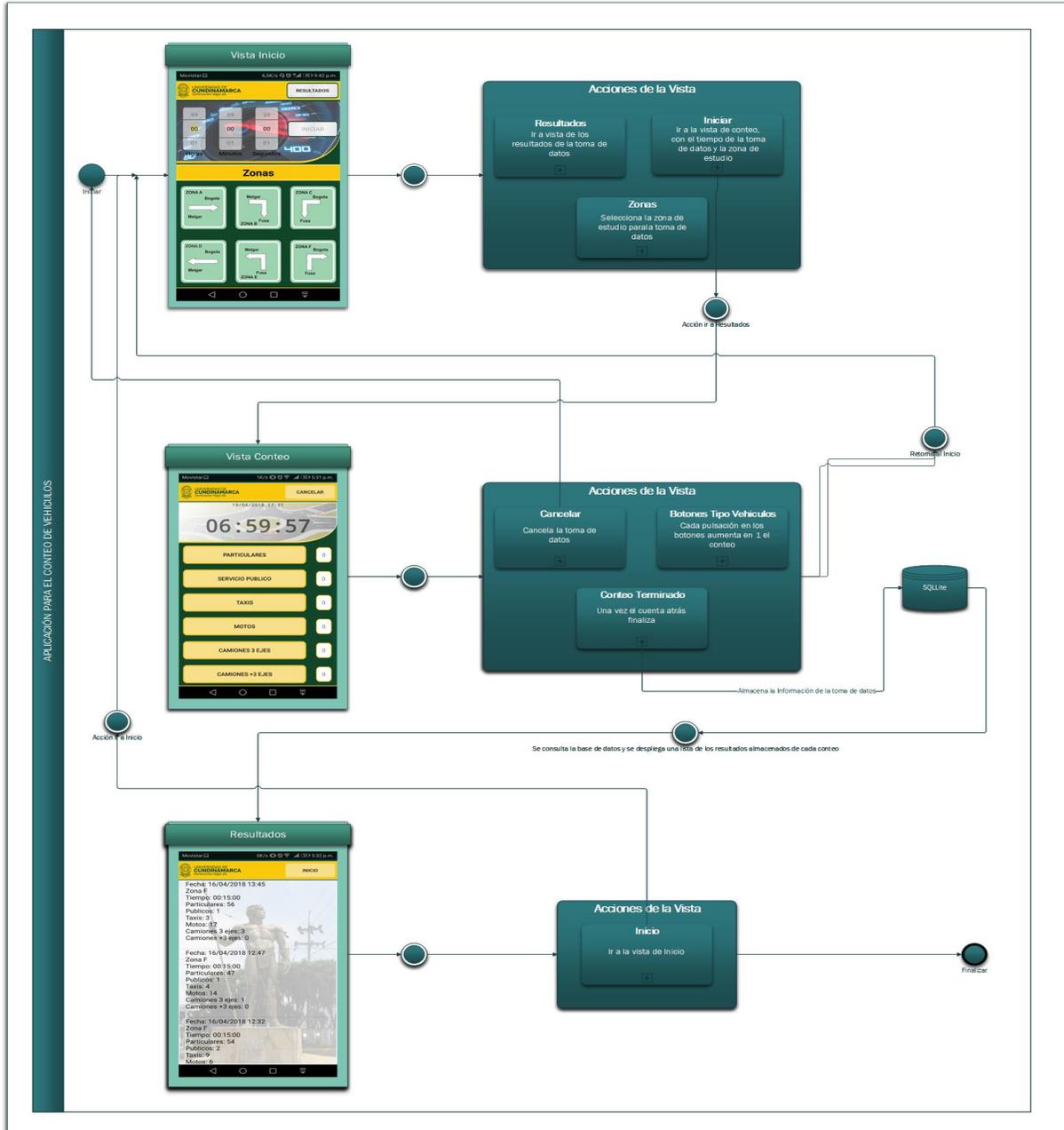


Ilustración 23. Diagrama de Flujo de la aplicación Car Counting
Fuente: Elaboración Propia por medio del Programa Microsoft Visio

5. PLANIFICACIÓN

5.1. Metodología Scrum y Diagramas UML

A continuación, se presenta el análisis y diseño del proyecto “Aplicación Móvil para el conteo de vehículos en el cruce del Indio” correspondiente al Trabajo de Proyecto de Grado. Con el fin de crear y obtener una herramienta que facilite la toma de datos para el conteo de vehículos y que permitirá conseguir, por medio de un análisis estadístico, cifras exactas de la cantidad de flujo vehicular que se genera en el cruce del indio.

Entre las principales funcionalidades que debe tener el sistema está la de:

- Comprender como funciona la aplicación móvil para poderla utilizar.
- Permitir el acceso a cualquier parte de la aplicación móvil para obtener la información que en el momento se requiera.

El propósito es optimizar el proceso de toma de datos para el conteo de vehículos respecto al flujo vehicular que se genera en el cruce del Indio. Para esto se desarrolló una aplicación móvil que permitió el óptimo conteo de vehículos por ciclos de tiempo específicos y que brindó la información correspondiente a la toma de datos realizada en dicho sector.

Dado los problemas enunciados anteriormente se han establecido cumplir con los siguientes pasos para la aplicación móvil que permitirá desarrollar de mejor manera el proyecto:

- Identificar necesidades: En este caso se requiere desarrollar una aplicación móvil que optimice y facilite la toma de datos respecto al conteo vehicular mediante un análisis de requerimientos.
- Importancia de la aplicación móvil: Analizar la aplicación móvil para que brinde optimización al momento de realizar el conteo vehicular.
- Definir perfiles: Roles de usuarios que tendrán acceso al sistema.
- Diseños de la aplicación: Diagramas UML.
- Especificar plataforma Tecnológica: Motor de base y Herramientas para preparación de datos.

- Definir herramientas de software para análisis y visualización de consultas.
- Capacitar sobre el uso de la aplicación móvil.
- Ofrecer mediante el desarrollo de la aplicación móvil: rapidez e información a tiempo real al usuario que la esté utilizando.
- Proponer una aplicación móvil de control y optimización de toma de datos, orientado a facilitar la recolección de información sobre el tipo de vehículo que circula por alguna de las vías en el cruce del Indio y donde esta herramienta nos permita verificar la información obtenida por medio de reportes o el respectivo informe durante el proceso de conteo vehicular.
- Proporcionar información oportuna y confiable, en el momento que se requiera corroborar la información recolectada.

5.1.1. Funciones a Implementar

5.1.1.1. Vista Inicio

Esta es la interfaz principal e inicial de la aplicación móvil. En esta parte el usuario accederá a una vista donde encontrara y realizara la configuración respectiva para poder iniciar a utilizar la aplicación móvil como lo es: el temporizador (configuración de los ciclos de tiempo en horas/minutos/segundos para la toma de datos), botones para la selección de las zonas (se especifican los puntos o vías del cruce del Indio de donde se recolectarán los datos) y el botón “iniciar” (acceso a la interfaz del conteo vehicular). Por ultimo contara con un botón “resultados” (reporte de la toma de datos realizada en el tiempo y en la zona determinada).

5.1.1.2. Vista Conteo

En esta interfaz o vista de la aplicación móvil, el usuario encontrara la información respectiva del conteo vehicular. En esta parte el usuario encontrara el ciclo de tiempo configurado en la vista inicio y el cronometro empezara a realizar el conteo del tiempo hacia atrás apenas ingrese a esta interfaz. En esta parte, el usuario a su vez accederá a realizar el conteo vehicular

por tipo de vehículo por medio de unos botones los cuales estarán clasificados de la siguiente manera:

- Particulares
- Servicio Publico
- Taxis
- Motos
- Camiones 3 ejes
- Camiones +3 ejes

Cada vez que el usuario pulse alguno de estos botones, el valor generado aumenta de a 1 por cada pulsación y se almacena en una caja o campo de conteo que se encontrara cerca a cada botón del tipo de vehículo. Por último, contara con un botón “cancelar” el cual le permitirá al usuario interrumpir la toma de datos en el momento, en caso de algún error, falla o por cualquier circunstancia.

5.1.1.3. Resultados

En esta interfaz el usuario encontrara el informe o reporte de la toma de datos realizada. La información que el usuario podrá visualizar será la siguiente: fecha y hora de terminación de la toma de datos, la zona o vía seleccionada, el tiempo o ciclo definido y la cantidad por cada tipo de vehículo. Todo esto hay que aclarar el usuario lo ha de haber configurado en las interfaces anteriormente explicadas. Para poder salir de esta interfaz, esta vista tendrá un botón “inicio el cual le permitirá al usuario volver a la interfaz Inicio o interfaz principal en donde configurara y repetirá la toma de datos cuanto él lo requiera o las veces que la necesite.

5.1.2. Selección Motor de Bases de Datos.

Para elaborar la aplicación móvil utilizamos SQLite, que es un ligero motor de base de datos de código abierto caracterizado por mantener el almacenamiento de información persistente de forma sencilla. Es un motor óptimo para la elaboración de la aplicación móvil ya que a diferencia de otros sistemas gestores de bases de datos como MySQL, SQL Server y Oracle DB, SQLite tiene las siguientes ventajas:

- No requiere el soporte de un servidor: SQLite no ejecuta un proceso para administrar la información, si no que implementa un conjunto de librerías encargadas de la gestión.
- No necesita configuración: Libera al programador de todo tipo de configuraciones de puertos, tamaños, ubicaciones, etc.
- Usa un archivo para el esquema: Crea un archivo para el esquema completo de una base de datos, lo que permite ahorrarse preocupaciones de seguridad, ya que los datos de las aplicaciones Android no pueden ser accedidos por contextos externos.
- Es de Código Abierto: Esta disponible al dominio público de los desarrolladores al igual que sus archivos de compilación e instrucciones de escalabilidad.⁶

Es una tecnología sencilla (los archivos de bases de datos consisten en archivos planos autocontenidos), conocida (un par de nociones de SQL y ya se puede hacer mucho), multiplataforma (la misma base de datos servirá para Android e iOS) y con las ventajas de trabajar con una base de datos (operaciones simples como buscar, insertar, modificar filas y/o columnas se realizan de forma muy sencilla) y además ofrece una alta capacidad de almacenamiento (cadenas de texto, fechas, números... difícilmente serán un problema)⁷.

5.1.3. Selección de la Herramienta de Desarrollo para la Aplicación Móvil Car Counting⁸

Para la elaboración de esta aplicación móvil, utilizamos Android Studio que es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android. Disponible para las plataformas Microsoft Windows, macOS y GNU/Linux.

⁶ <http://www.hermosaprogramacion.com/2014/10/android-sqlite-bases-de-datos/>

⁷ <http://blog.itiox.com/2013/07/sqlite-en-5-minutos.html>

⁸ <https://developer.android.com/studio/intro/?hl=es-419>

Escogimos este entorno de desarrollo integrado ya que ofrece un gran número de funciones que aumentan la productividad durante la compilación de apps para Android, como las siguientes:

- Un emulador rápido con varias funciones
- Un entorno unificado en el que se pueden realizar desarrollos para todos los dispositivos Android
- Instant Run para aplicar cambios mientras la app se ejecuta sin la necesidad de compilar un nuevo APK
- Integración de plantillas de código y GitHub que sirven de ayuda al momento de compilar funciones comunes de las apps e importar ejemplos de código
- Gran cantidad de herramientas y frameworks de prueba
- Herramientas Lint para detectar problemas de rendimiento, usabilidad, compatibilidad de versión, etc.
- Compatibilidad con C++ y NDK
- Entre otras funciones...

5.1.4. Proceso de Desarrollo

5.1.4.1. *Personas y Roles del Proyecto*

Tabla 2. Personales y Roles del Proyecto

Persona	Contacto	Rol
<u>Jorge Quevedo</u>	jequevedo@ucundinamarca.edu.co	[Coordinadores/Scrum Manager...]
<u>Bernabé Buitrago</u>	bernabebuitrago@ucundinamarca.edu.co	
Sergio Peñuela	sjpeñuela@ucundinamarca.edu.co	[Gestor del Producto/P. Owner...]

Jonathan Pérez	japerezl@ucundinamarca.edu.co	[Diseño y desarrollo]
----------------	-------------------------------	-----------------------

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4.2. Roles Principales:

- Product Owner: Sergio Peñuela, se asegura que el equipo trabaje de forma adecuada desde la perspectiva del negocio.
- Scrum Master: Jorge Quevedo y Bernabé Buitrago, quien facilita el alcance de los objetivos y elimina los obstáculos que impiden el alcance del sprint.
- Equipo de Desarrollo: Jonathan Pérez, encargado de la entrega del producto, que será la aplicación móvil para el conteo vehicular del sector del Indio del municipio de Fusagasugá – Cundinamarca.

5.1.4.3. Roles Auxiliares:

- Skateholders: Dirigido al grupo de trabajo y en general a cualquier persona que desee realizar a foros vehiculares en este sector.
- Administradores: Jorge Quevedo y Bernabé Buitrago quienes establecieron el entorno y guía para el desarrollo de este proyecto.

5.2. PRODUCT BACKLOG

Tabla 3. Product Backlog

Identificador (ID) de la Tarea	Enunciado Tarea	Alias	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Iteración (Sprint)	Prioridad
1	Al entrar en la interfaz Vista Inicio de la	Acceso al temporizador	Hecho	290	1	Alta

	<p>aplicación móvil, en la parte superior habrá un temporizador, el cual se podrá configurar con variables de horas/minutos/segundos y que permitirá definir el tiempo en el cual se va a realizar la toma de datos del conteo de vehículos.</p>					
2	<p>En la parte inferior de la interfaz Vista Inicio de la aplicación móvil, se encontrarán varios botones que definen la zona o vía de estudio para la toma de datos. Se debe de poder seleccionar la zona que corresponde antes de dar inicio a la</p>	<p>Seleccionar Zona de Estudio</p>	<p>Hecho</p>	<p>222</p>	<p>1</p>	<p>Alta</p>

	toma de datos del conteo vehicular.					
3	La interfaz Vista Inicio contara con un botón Resultados, el cual al presionarlo llevara a visualizar la interfaz Resultados en donde se podrá consultar y verificar los datos tomados en el conteo vehicular.	Consultar Resultados	Hecho	251 140	1 3	Alta
4	En la parte superior de la interfaz Vista Inicio, junto al temporizador, se encontrará un botón para dar inicio a la toma de datos del conteo vehicular, el cual al presionarlo nos llevará a la siguiente interfaz	Iniciar Conteo	Hecho	217	1	Alta

	denominada Vista Conteo.					
5	Al pasar a la interfaz Vista Conteo, automáticamente el sistema de la aplicación móvil deberá de iniciar el conteo del tiempo anteriormente configurado. El temporizador realizara el conteo del tiempo de atrás hacia adelante hasta que al final de la toma de datos del conteo vehicular llegue a 0.	Ejecución automática del temporizador	Hecho	340	2	Alta
6	En la interfaz de Vista Conteo se podrán visualizar varios botones que se clasifican por tipo de vehículo. Ya con el temporizador iniciando el conteo del tiempo	Seleccionar Tipo de Vehículo	Hecho	340	2	Alta

	<p>configurado y con la zona de estudio ya escogida, hay que ir oprimiendo cada botón respecto al dato que se tome en el momento. Al ir oprimiendo cada botón, se guardara el dato numérico al lado de cada botón en un campo de conteo el cual ira aumentando de a uno por cada vez que se oprima el botón.</p>					
--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1. Requisitos Funcionales

Tabla 4. Requisito Funcional 1

Identificación del requerimiento:	RF01
Nombre del Requerimiento:	Vista Inicio
Características:	El sistema permitirá al usuario realizar la configuración respectiva para poder iniciar a utilizar la aplicación móvil como lo es: el

	temporizador (definición de ciclos de tiempo para la toma de datos), zonas (se selecciona la zona de estudio donde se recolectarán los datos) y por último el usuario podrá iniciar el conteo vehicular. En esta parte también la interfaz contara con una opción de resultados de la toma de datos ejecutada.
Descripción del requerimiento:	El sistema permitirá al usuario configurar el temporizador, seleccionar la zona o vía de estudio y por ultimo iniciar la toma de datos. A su vez el sistema permitirá que el usuario pueda visualizar los resultados de la toma de datos realizada.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5. Requisito Funcional 2

Identificación del requerimiento:	RF02
Nombre del Requerimiento:	Vista Conteo
Características:	El sistema deberá automáticamente iniciar el ciclo del tiempo configurado anteriormente en el temporizador para que se ejecute haciendo un conteo hacia atrás. A su vez el usuario podrá elegir el tipo de vehículo cuantas veces tome el dato y el sistema lo ira registrando de manera inmediata. Por último, el sistema permitirá cancelar la toma de datos cuando el usuario por alguna razón quiera detener la toma del conteo vehicular.
Descripción del requerimiento:	Nuestro equipo de trabajo requiere que esta interfaz de la aplicación móvil brinde la facilidad al usuario al momento de hacer el conteo vehicular. Esto permitirá que sea más óptimo registrar el tipo de

	vehículo que el usuario visualice en la zona o vía del sector del Indio en la cual está haciendo la respectiva recolección de datos.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Requisito Funcional 3

Identificación del requerimiento:	RF03
Nombre del Requerimiento:	Resultados
Características:	El sistema permitirá que el usuario visualice la información resultante al momento de terminar el conteo vehicular.
Descripción del requerimiento:	Nuestro equipo de trabajo requiere que, en esta interfaz de la aplicación móvil, desde la base de datos, se genere un informe de los resultados que dejaron cada una de la toma de datos realizada.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Fuente: Elaboración Propia

5.2.1.1. Requisito funcional 1

Vista Inicio: El sistema permitirá al usuario realizar la configuración respectiva para poder iniciar a utilizar la aplicación móvil como lo es: el temporizador (definición de ciclos de tiempo para la toma de datos), zonas (se selecciona la zona de estudio donde se recolectarán los datos) y por

último el usuario podrá iniciar el conteo vehicular. En esta parte también la interfaz contara con una opción de resultados de la toma de datos ejecutada.

El sistema permitirá al usuario configurar el temporizador, seleccionar la zona o vía de estudio y por ultimo iniciar la toma de datos. A su vez el sistema permitirá que el usuario pueda visualizar los resultados de la toma de datos realizada.

5.2.1.2. *Requisito funcional 2*

Vista Conteo: El sistema deberá automáticamente iniciar el ciclo del tiempo configurado anteriormente en el temporizador para que se ejecute haciendo un conteo hacia atrás. A su vez el usuario podrá elegir el tipo de vehículo cuantas veces tome el dato y el sistema lo ira registrando de manera inmediata. Por último, el sistema permitirá cancelar la toma de datos cuando el usuario por alguna razón quiera detener la toma del conteo vehicular.

Nuestro equipo de trabajo requiere que esta interfaz de la aplicación móvil brinde la facilidad al usuario al momento de hacer el conteo vehicular. Esto permitirá que sea más óptimo registrar el tipo de vehículo que el usuario visualice en la zona o vía del sector del Indio en la cual está haciendo la respectiva recolección de datos.

5.2.1.3. *Requisito funcional 3*

Resultados: El sistema permitirá que el usuario visualice la información resultante al momento de terminar el conteo vehicular.

Nuestro equipo de trabajo requiere que, en esta interfaz de la aplicación móvil, desde la base de datos, se genere un informe de los resultados que dejaron cada una de la toma de datos realizada.

5.2.2. Requisitos No Funcionales

Tabla 7. Requisito No Funcional 1

Identificación del requerimiento:	RNF01
Nombre del Requerimiento:	Desempeño de la aplicación móvil
Descripción del requerimiento:	Garantizar el desempeño de la aplicación móvil a los usuarios. En este sentido la información almacenada o registros realizados podrán ser consultados y actualizados permanente y simultáneamente, sin que se afecte el tiempo de respuesta.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Requisito No Funcional 2

Identificación del requerimiento:	RNF02
Nombre del Requerimiento:	Interfaz del sistema.
Características:	La interfaz debe ser visualmente agradable y además de eso debe ser amigable con el usuario, debe ser intuitiva y fácil de usar para el usuario inexperto, personas que no tienen mucho contacto con el uso de aplicaciones móviles en cuanto al conteo vehicular.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Requisito No Funcional 3

Identificación del requerimiento:	RNF03
-----------------------------------	-------

Nombre del Requerimiento:	Compatibilidad con dispositivos Android
Características:	El aplicativo debe ser compatible con los diferentes dispositivos que utilizan el sistema operativo Android desde la versión 4.1 en adelante.
Prioridad del requerimiento: Alta	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Requisito No Funcional 4

Identificación del requerimiento:	RNF04
Nombre del Requerimiento:	Disponibilidad continúa del sistema.
Características:	La aplicación móvil tendrá que estar en funcionamiento las 24 horas del día. Ya que al estar instalada en el dispositivo, ya sea celular o tableta, es importante que el usuario pueda tener acceso a ella las veces que la necesite en cualquier momento del día.
Descripción del requerimiento: Alta	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Requisito No Funcional 5

Identificación del requerimiento:	RNF05
Nombre del Requerimiento:	Base de Datos
Características:	Base de datos óptima: El diseño de la base de datos ha de estar orientado a facilitar el manejo de la información necesaria para el correcto funcionamiento de los procesos de la manera más directa, rápida y sencilla posible

Prioridad del requerimiento: Alta

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.1. *Requisitos de rendimiento*

La aplicación móvil debe ejecutarse sin ningún problema de fluidez, a la hora de interactuar con ella y navegar en sus funciones debe permitir correr de forma libre y sin contratiempos.

5.2.2.2. *Seguridad*

Garantizar el desempeño de la aplicación móvil a los usuarios. En este sentido la información almacenada o registros realizados podrán ser consultados y actualizados permanente y simultáneamente, sin que se afecte el tiempo de respuesta.

5.2.2.3. *Fiabilidad*

La interfaz debe ser visualmente agradable y además de eso debe ser amigable con el usuario, debe ser intuitiva y fácil de usar para el usuario inexperto, personas que no tienen mucho contacto con el uso de aplicaciones móviles en cuanto al conteo vehicular.

5.2.2.4. *Disponibilidad*

La aplicación móvil tendrá que estar en funcionamiento las 24 horas del día. Ya que, al estar instalada en el dispositivo, ya sea celular o tableta, es importante que el usuario pueda tener acceso a ella las veces que la necesite en cualquier momento del día.

5.2.2.5. *Portabilidad*

El sistema será implantado bajo el entorno de desarrollo Android Studio.

5.3. DIAGRAMA DE CASOS DE USO

5.3.1. Diagrama 1 Casos de Uso: Diagrama de Paquetes

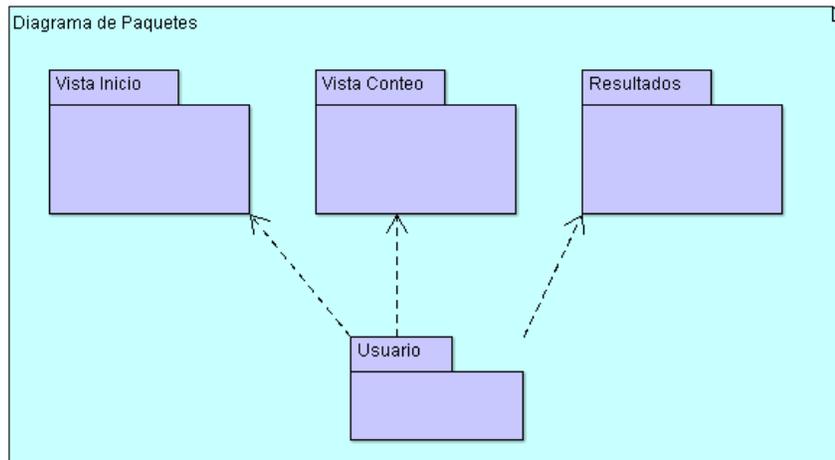


Ilustración 24. Diagrama 1 Casos de Uso: Diagrama de Paquetes

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2. Diagrama 2 Casos de Uso: Vista Inicio

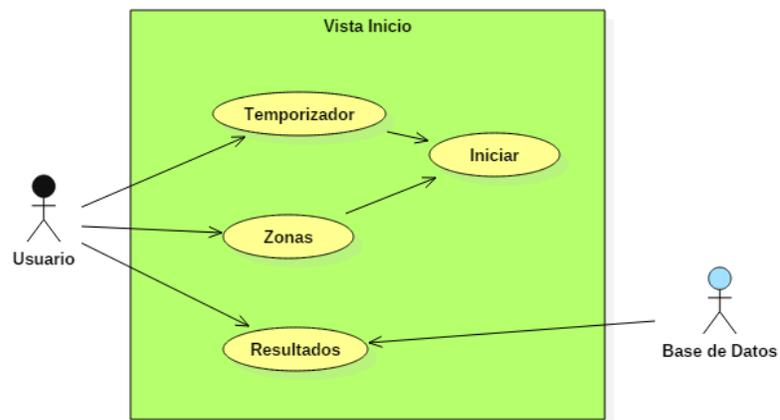


Ilustración 25. Diagrama 2 Casos de Uso: Vista Inicio

Fuente: Elaboración Propia

5.3.3. Diagrama 3 Casos de Uso: Vista Conteo

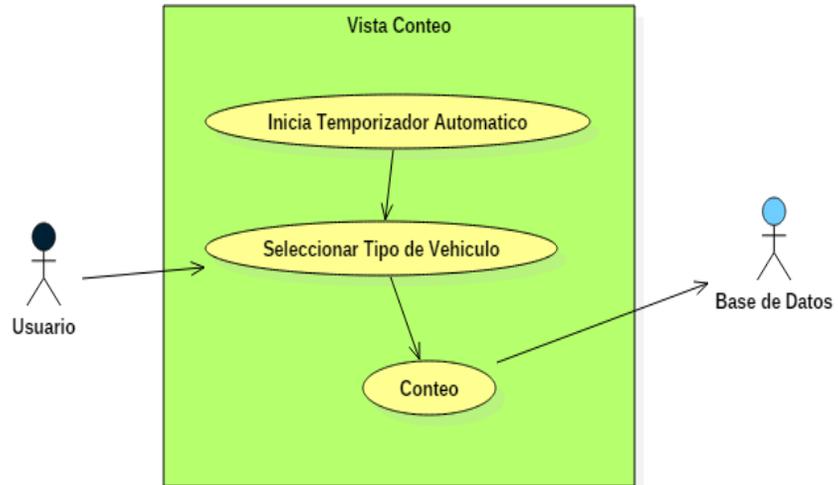


Ilustración 26. Diagrama 3 Casos de Uso: Vista Conteo
Fuente: Elaboración Propia

5.3.4. Diagrama 4 Casos de Uso: Resultados

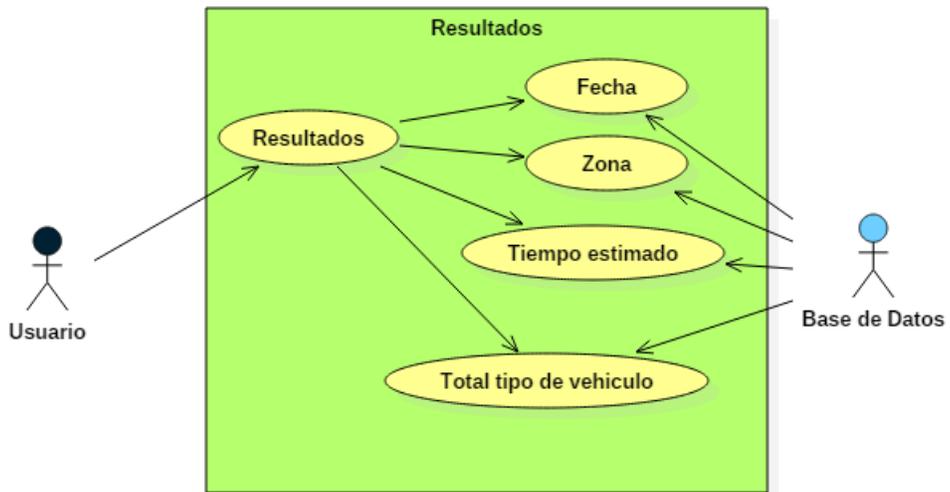


Ilustración 27. Diagrama 4 Casos de Uso: Resultados
Fuente: Elaboración Propia

5.3.5. Requisitos

Tabla 12. Estimación de los Requisitos

Id	Requisitos	Prioridad	Descripción	Estimación	Estado
1	RnF05	Muy Alta	Base de Datos	480	Hecho
2	RF01	Muy Alta	Vista Inicio	440	Hecho
3	RF02	Alta	Vista Conteo	440	Hecho
4	RF03	Alta	Resultados	440	Hecho

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Especificación de los Requisitos

Id	Requisito	Como	Necesito	Por medio de	Est.	Priori.	Status
1	RF01	Usuario	Acceso al temporizador	Configuración del tiempo de toma de datos	290	A	Terminado
2	RF01	Usuario	Zona de estudio	Seleccionar la zona de toma de datos	222	A	Terminado

3	RF01	Usuario	Consultar Resultados	Verificación de la información recolectada	251 140	A	Terminado
4	RF01	Usuario	Iniciar Conteo	Consulta de datos configurados	217	A	Terminado
5	RF02	Sistema	Ejecución automática del temporizador	Programación del sistema	340	B	
6	RF02	Usuario	Seleccionar tipo de vehículo	Pulsar cada tipo de vehículo	340	B	Terminado

Fuente: Elaboración Propia

5.3.6. Sprint Planning

El Sprint es el período en el cual se lleva a cabo el trabajo en sí. Por lo cual definimos las tareas a realizar en 3 Sprint, dentro de los cuales se desarrollará la aplicación móvil. Cada sprint tiene una tarea asignada, un tiempo y una prioridad, siendo el sprint uno con mayor prioridad, con mayor tiempo en horas a invertir, con la mayor cantidad de tareas y así los dos siguientes sprint.

Tabla 14. Sprint Planning

Sprint	Tarea	Tiempo Estimado	Prioridad
Sprint 1	1,2,3,4	480 horas	A
Sprint 2	5,6	340 horas	B
Sprint 3	3	280horas	C

Fuente: Elaboración Propia**5.3.7. Tareas****Tabla 15. Especificación de la Tareas**

	Est.	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Total horas
Tarea 01	129	0	0	0	65	40	24	0	0	129
Tarea 02	131	0	0	0	55	53	23	0	0	131
Tarea 03	110	0	0	0	45	53	12	0	0	110
	280	0	0	0	105	111	64	0	0	280
Tarea 04	110	0	0	0	35	58	17	0	0	110
Tarea 05	168	0	0	0	69	68	31	0	0	168
Tarea 06	172	0	0	0	64	58	50	0	0	172

Fuente: Elaboración Propia

5.4. DAILY SCRUM O STAND-UP MEETING.

Como objetivo de esta reunión nos facilitamos información y colaboración para poder aumentar la productividad del proyecto. Inspeccionamos el trabajo que cada uno está realizando (dependencias entre tareas, progreso hacia el objetivo del sprint, obstáculos que pueden impedir este objetivo) para que al finalizar la reunión podamos hacer las adaptaciones necesarias que permitan cumplir con el compromiso conjunto que adquiere el sprint a presentar (en la reunión de planificación del sprint).

Cada uno respondemos las siguientes preguntas en un intervalo de tiempo de máximo 15 minutos:

- ¿Qué he hecho desde la última reunión de sincronización?
- ¿Pude hacer todo lo que tenía planeado?
- ¿Cuál fue el problema?
- ¿Qué voy a hacer a partir de este momento?
- ¿Qué impedimentos tengo o voy a tener para cumplir mis compromisos en este sprint y en el proyecto?

Como apoyo a la reunión, contamos con lista de tareas del sprint, donde se actualiza el estado y el esfuerzo pendiente para cada tarea, así como con el gráfico del sprint.

5.5. SPRINT

5.5.1. Sprint 1.

Para el primer Sprint se presentará de la aplicación móvil la interfaz principal (Vista Inicio). Se mostrará un temporizador el cual podrá configurarse en el tiempo que se requiera para la toma de datos a realizar. Así mismo contará con un espacio denominado “Zonas” que contará con diversos accesos por medio de botones para seleccionar la vía o lugar al cual se le vaya a hacer el estudio de conteo de vehículos. Las zonas estarán delimitadas de la siguiente manera:

- Zona A (Melgar – Bogotá)

- Zona B (Melgar – Fusagasugá)
- Zona C (Bogotá – Fusagasugá)
- Zona D (Bogotá – Melgar)
- Zona E (Fusagasugá – Melgar)
- Zona F (Fusagasugá – Bogotá)

En esta misma interfaz se tendrá un acceso a los Resultados por medio de un botón que estará en la parte superior y en donde se podrá acceder para verificar la información de la toma de datos recolectada. Por ultimo con la configuración del temporizador y al haber escogido la zona se podrá dar Inicio a la toma de datos del conteo vehicular.

También se diseñará el logo de la aplicación con el diseño apropiado teniendo como identificador y como institución base la Universidad de Cundinamarca.



Ilustración 28. Logo de la Aplicación Móvil Car Counting
Fuente: Elaboración Propia

5.5.2. Sprint 2.

Para el segundo Sprint se presentará de la aplicación móvil la segunda interfaz (Vista Conteo). En esta parte se podrá visualizar de nuevo el temporizador, pero con la configuración realizada en la

interfaz principal (Vista Inicio) al acceder a esta interfaz, automáticamente empezará a realizar una cuenta hacia atrás del tiempo que se le determino anteriormente. A su vez se podrán visualizar los tipos de vehículos que son:

- Particulares
- Servicio Publico
- Taxis
- Motos
- Camiones de 3 Ejes
- Camiones de +3 Ejes

Para poder seleccionar el tipo de vehículo la aplicación móvil en esta interfaz deberá permitir pulsar el tipo de vehículo que se requiera. Al pie de cada botón se visualizará un campo de conteo el cual ira aumentando cada vez que se oprima alguno de los botones de tipo de vehículo y al final del tiempo de toma de datos, registrará el total de cada tipo de vehículo.

5.5.3. Sprint 3.

Para el tercer Sprint se presentará de la aplicación móvil la última interfaz (Resultados). En esta parte se deberá visualizar el informe de los resultados obtenidos durante el tiempo de toma de datos. La idea es que genere una lista de datos de los cuales se podrá verificar:

- Fecha (día/mes/año)
- Zona o vía de estudio
- Tiempo estimado de toma de datos
- Total, por tipo de vehículo (particulares, servicio público, taxis, motos, camiones 3 ejes y camiones de +3 ejes)

Ya con esta última interfaz la idea es haber terminado totalmente la aplicación móvil para empezar a utilizarla y así tener acceso a una aplicación móvil con interfaces con un diseño agradable y único, con una accesibilidad óptima y de fácil uso.

5.5.4. Retrospectiva Sprint.

Como equipo, analizamos cómo ha sido la manera de trabajar durante el sprint, qué cosas han funcionado bien, cuáles hay que mejorar, qué cosas se quieren probar para hacer en el siguiente sprint, qué se ha aprendido y cuáles son los problemas que nos podrían impedir progresar adecuadamente, con el objetivo de mejorar de manera continua la productividad de la aplicación móvil.

Una vez entregado se evaluarán los objetivos completados en el transcurso de este, las técnicas de desarrollo etc. En caso de ver resultados negativos se cambiará la estrategia para lograr un resultado más óptimo en la entrega del siguiente sprint.

En este proyecto de trabajo de grado se aplica la metodología SCRUM, por permitir que en el equipo de trabajo se prioricen los módulos de trabajo para aportar un mayor valor de negocio y la organización de manera iterativa, recibiendo constante retroalimentación para adaptar la construcción del producto a las cambiantes necesidades del proyecto. Así mismo se puede exponer los avances del equipo de desarrollo de forma regular al resto del grupo. Lo que se busca es optimizar tiempo, recursos y esfuerzos durante el desarrollo.

Esta metodología permite trabajar de manera conjunta y unidad, ya que se realizan reuniones diarias de todo el equipo, se hace una retroalimentación sobre el tiempo y el esfuerzo de cada requisito o tarea o realizar. Al final estas prácticas permitirán la entrega de lo esperado y la aplicación móvil brindara al equipo la capacidad de moverse de forma rápida, flexible y de manera conjunta para reaccionar a cambios emergentes. Es importante nombrar la fácil escalabilidad ya que los procesos son iterativos y se han manejado dentro de periodos de trabajo muy específicos, lo cual nos ha hecho más fácil para enfocarnos en funcionalidades muy puntuales en cada periodo de trabajo.

5.6. ARQUITECTURA DE LA APLICACIÓN MÓVIL

5.6.1. DISEÑO

Para el diseño de la aplicación móvil se siguieron las recomendaciones de la metodología ágil SCRUM, siempre se trabajó pensando en cada sprint para que fueran lo más óptimos posibles.

También se adapta a la flexibilidad refiriéndose a los cambios de requerimientos generados por necesidades, en este caso de nuestros directores de trabajo de grado Jorge Quevedo y Bernabé Buitrago. Hay una mayor productividad ya que en el equipo podemos ser autónomos al momento de organizarnos en la función que cumple cada uno y en lo que se debe de hacer. Con ayuda del Product Backlog podemos estimar fácilmente la funcionalidad respecto a cada sprint y conocer la velocidad media de ellos. Al tener las funcionalidades organizadas del valor más alto en primer lugar y de conocer la velocidad en que avanzamos en la aplicación móvil, nos permite despejar riesgos eficazmente de manera anticipada.

5.7. MODELO DE CAPAS EN LA ARQUITECTURA DE ANDROID

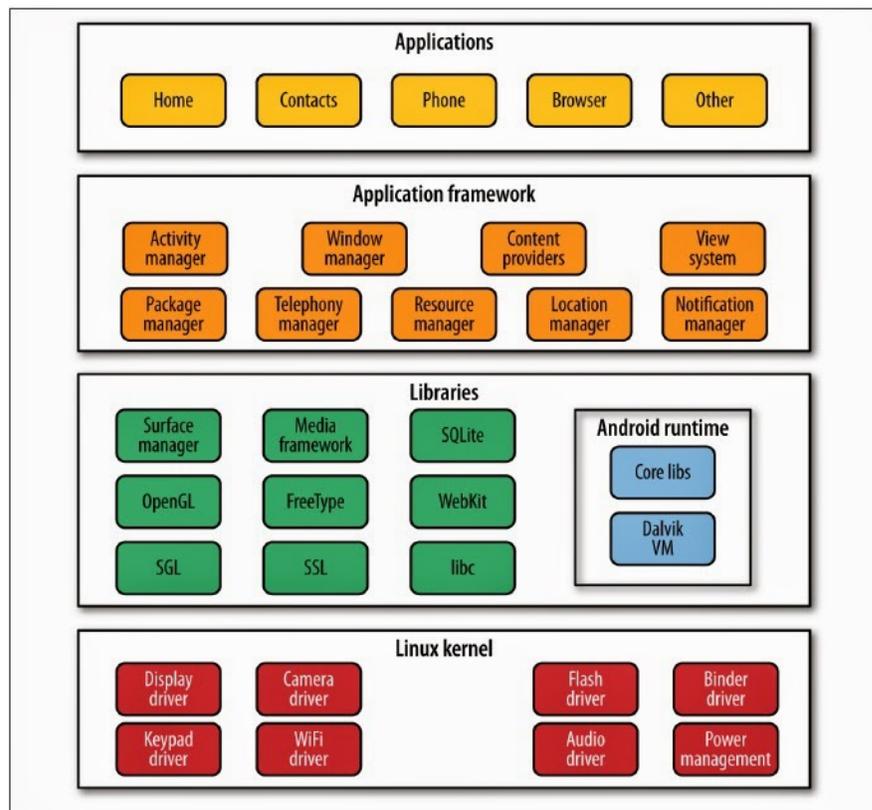


Ilustración 29. Logo de la Aplicación Móvil Car Counting
Fuente: Modelo de capas de la arquitectura Android obtenido de la página web, Aprendiendo la arquitectura de Android, 2014.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A continuación, se muestra el aforo vehicular detallado para cada una de las zonas de estudio, especificando por tipo de vehículo en horas de la mañana, medio día y tarde.

6.1. ZONA A: MELGAR-BOGOTÁ

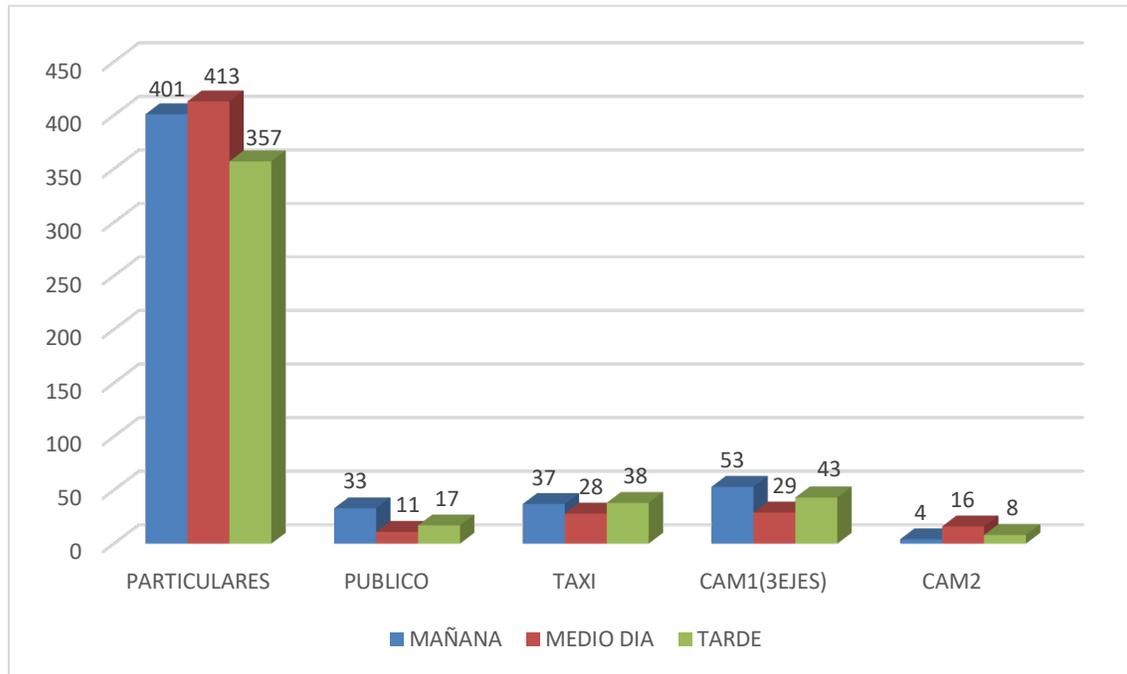


Ilustración 30. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona A.

Fuente: Elaboración Propia

La Ilustración 30, muestra los aforos vehiculares tomados con la aplicación móvil para los vehículos que vienen de la Pampa hacia el Indio. Se evidencia que el flujo de vehículos particulares es muy alto en comparación a los demás tipos de carros, destacando que en el medio día fue donde más carros particulares pasaron por este sector (413) seguido por 401 y 357 en horas de la mañana y tarde respectivamente.

Por otra parte, el servicio público, taxi y camión de tres ejes o menos presentaron su mayor aforo en horas de la mañana, seguidos por el registro dado en la tarde.

6.2. ZONA B: MELGAR- FUSAGASUGÁ

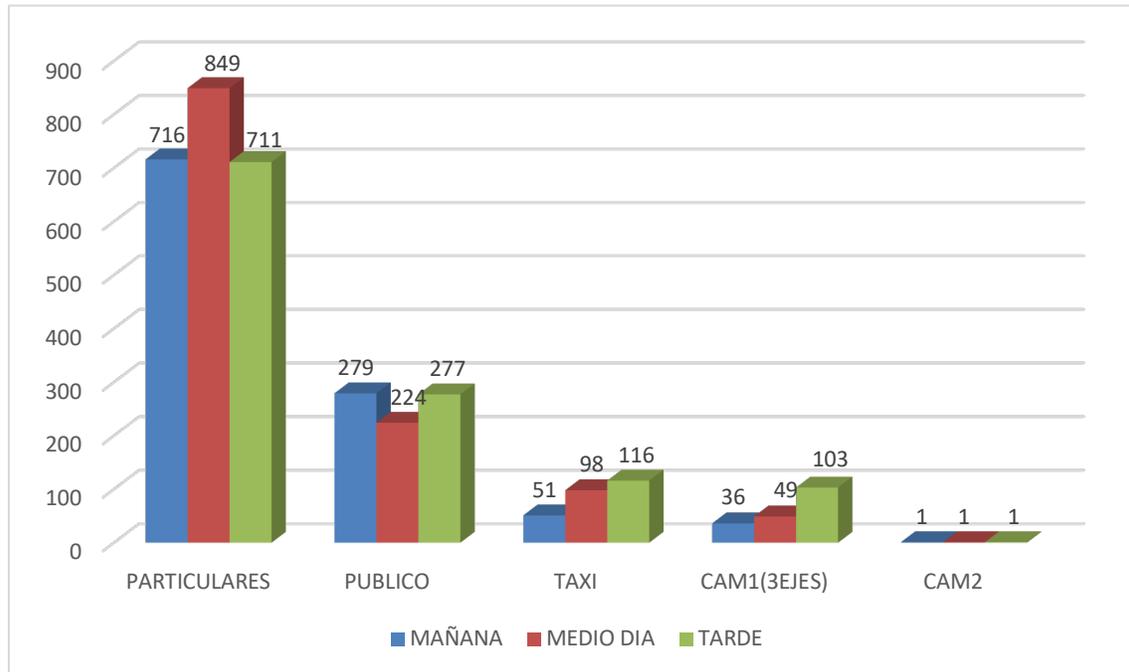


Ilustración 31. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona B.

Fuente: Elaboración Propia

La Ilustración 31, muestra los aforos vehiculares tomados con la aplicación móvil para los vehículos que vienen de Melgar hacia Fusagasugá. De aquí se puede observar que el mayor aforo se presentó con los vehículos particulares en la mañana (716), medio día (849) y en la tarde (711), seguido del transporte público con 279 vehículos en la mañana, 224 vehículos al medio día y 277 vehículos en tarde, luego se encuentran los taxis con 51 en la mañana, 98 el, medio día y 116 en la tarde.

Por otro lado, se encuentran los camiones menores a tres ejes presentando su mayor flujo en las horas de la tarde con un total de 103 camiones y el menor flujo se evidenció en las horas de la mañana. Respecto a los camiones mayores a tres ejes, son los que menos transitan en esta intersección con un vehículo en cada uno de los tres horarios analizados.

6.3. ZONA C: BOGOTÁ-FUSAGASUGÁ

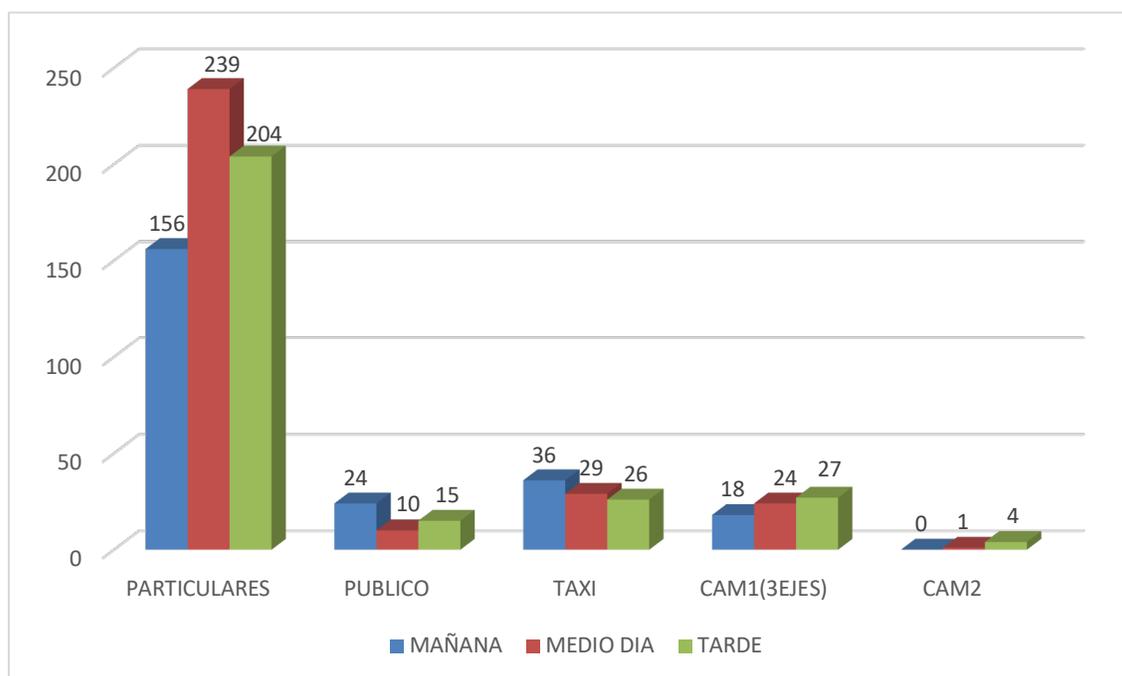


Ilustración 32. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona C.

Fuente: Elaboración Propia

La Ilustración 32, muestra los aforos vehiculares en la vía que conduce Bogotá hacia Fusagasugá. De aquí se puede observar nuevamente como en los casos anteriores, que el mayor aforo se sigue presentando con los vehículos particulares en la mañana (156), al medio día (239) y en la tarde (204), seguido de los taxis con 36 en la mañana, 29 al medio día y 26 vehículos en tarde, luego se encuentran los camiones menores a tres ejes con 18 en la mañana, 24 al medio día y 27 en la tarde.

Con un poco menos, se encuentran los vehículos de transporte público con 24 en la mañana, 10 al medio día y 15 vehículos en tarde. De acuerdo a los camiones mayores a tres ejes, son los que menos aforo presentan en cada uno de las tres jornadas analizadas.

6.4. ZONA D: BOGOTÁ-MELGAR

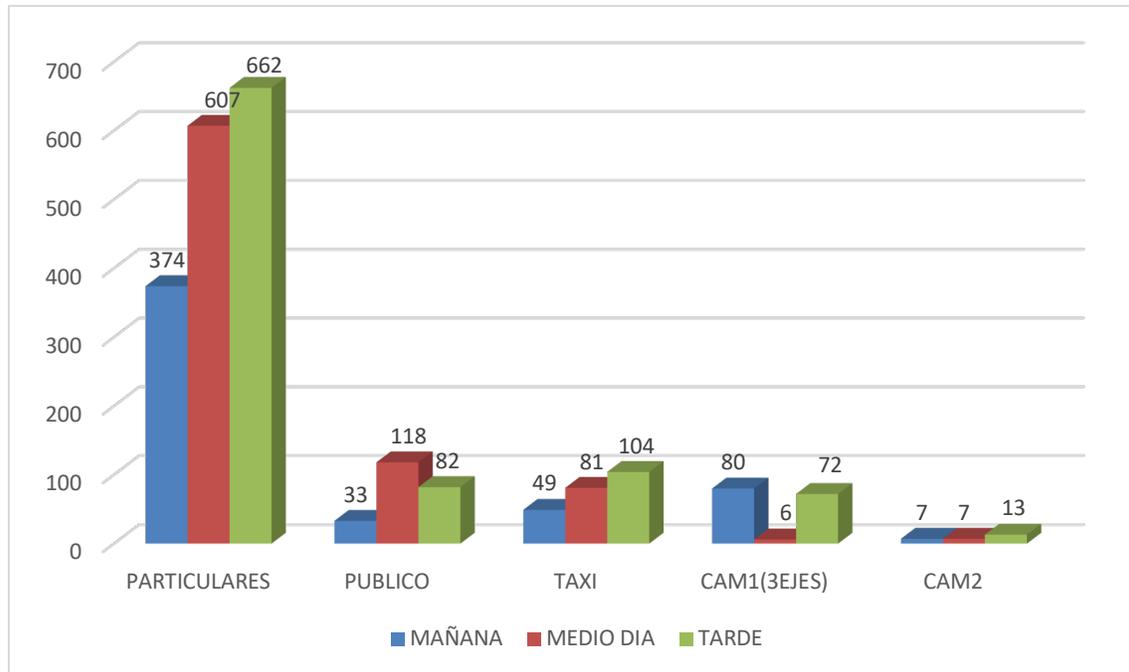


Ilustración 33. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona D.

Fuente: Elaboración Propia

Los aforos de la vía Bogotá - Melgar se pueden evidenciar en la Ilustración 33, aquí se observa que el mayor aforo se presentó nuevamente con los vehículos particulares, en la mañana (374), al medio día (607) y en la tarde (662), posteriormente, se encuentra el transporte público y los taxis hacia al medio día y en horas de la tarde. Sin embargo, se puede observar un buen flujo con respecto a los camiones menores a tres ejes en la mañana y tarde.

Por último, se evidencia que las mulas son las que presentan menor flujo vehicular en cada uno de los tres horarios establecidos para el estudio.

6.5. ZONA E: FUSAGASUGÁ MELGAR

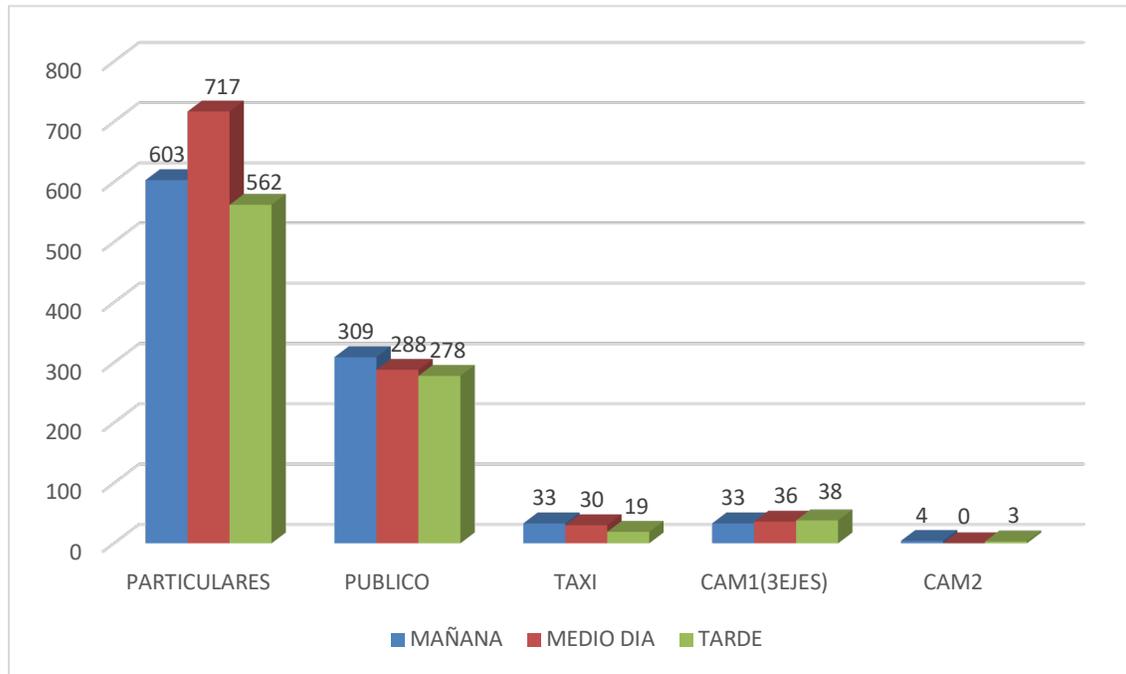


Ilustración 34. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo en la intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona E.

Fuente: Elaboración Propia

La Ilustración 34, muestra los aforos vehiculares tomados con la aplicación móvil para los vehículos que se dirigen de Fusagasugá hacia Melgar. De aquí se puede observar que el mayor flujo vehicular se presentó con los vehículos particulares en la mañana (603), medio día (717) y en la tarde (562), seguido del transporte público con 309 vehículos en la mañana, 288 vehículos al medio día y 278 vehículos en tarde, luego se encuentran los camiones con 33 en la mañana, 36 al medio día y 38 en la tarde, seguidamente están los taxis y, por último, están nuevamente las mulas que son las que presentan menor flujo en esta vía.

6.6. AFOROS ZONA F: FUSAGASUGÁ BOGOTÁ

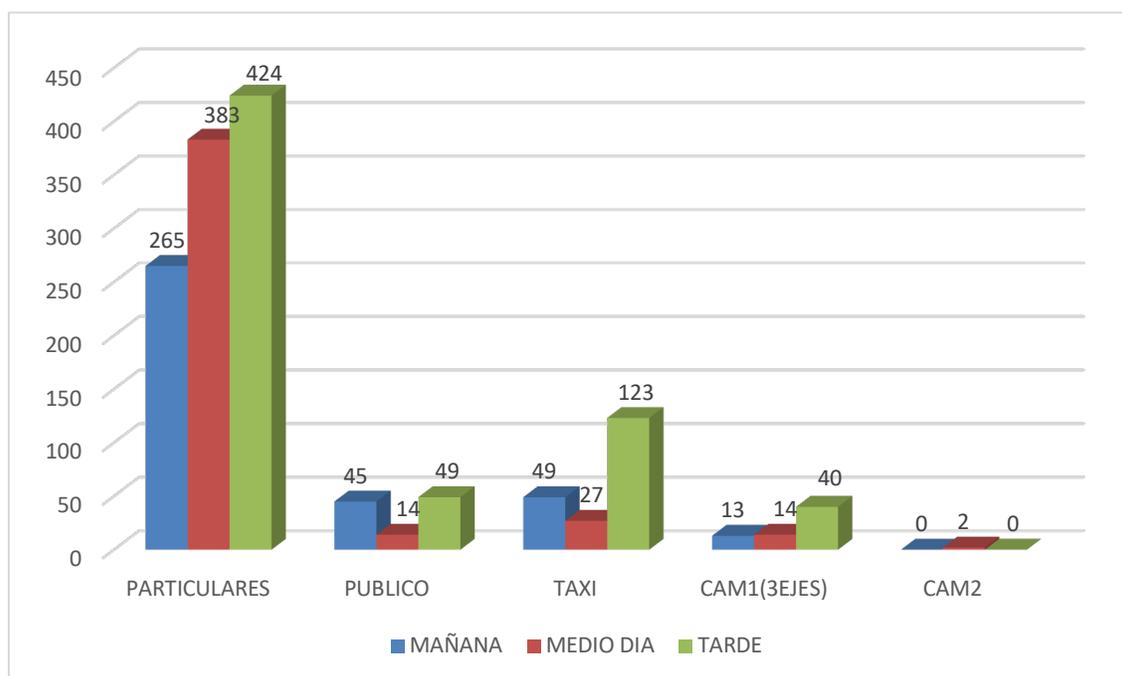


Ilustración 35. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Zona E.

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Ilustración 35, en el horario de la mañana (barra azul) se puede evidenciar que el mayor aforo se presentó con los vehículos particulares con un total de 265, seguido de los taxis con 49, un poco más abajo están los vehículos de servicio público con 45, luego los camiones con 13 y, por último, no se evidencia ningún camión mayor a tres ejes.

Respecto al horario del medio día (barra roja) se observa que el mayor aforo se presentó con los vehículos particulares con un total de 383, seguido de los taxis con 27, un poco más abajo están los vehículos de servicio público y camiones menores a tres ejes con 14 cada uno y, por último, el que presenta menor flujo vehicular son las mulas solamente con 2 vehículos.

Por último, el aforo presentado en el horario de la tarde (barra verde), se evidencia nuevamente que los vehículos particulares son los que presentan un mayor aforo con un total de 424 vehículos, seguidos de los taxis con 123, un poco más abajo los vehículos de servicio público con 49, muy

de cerca se encuentra los camiones menores a tres ejes con 40 y en el caso de los vehículos mayores a tres ejes no presenta ningún aforo.

En general, se evidencia que el mayor flujo vehicular se presenta con los carros particulares en cada una de los tres horarios establecidos para este trabajo de investigación.

Para realizar las diferentes simulaciones los datos introducidos al software VISSIM se pueden ver en los anexos, en ellos se especifica la proporción de vehículos y la velocidad media que se necesita para poder llevar a cabo este modelo.

6.7. SIMULACIÓN DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS EN EL CRUCE DEL INDIO DE LA CIUDAD DE FUSAGASUGÁ

Basados en la información anterior se optó por la opción de métodos computarizados por medio de la simulación de tráfico vehicular por medio del software VISSIM, para proponer como solución, una intersección semaforizada en este sector de acceso a la ciudad de Fusagasugá y ver si es la más viable como solución óptima para el congestionamiento vehicular que se genera en esta zona.

Basándonos en la información de lo que son los puntos de conflicto, en la ilustración 36 y 37, se muestran los puntos de conflicto que se presentan en una intersección con una geometría de red vial urbana, como por ejemplo la de la intersección del cruce del indio del municipio de Fusagasugá.

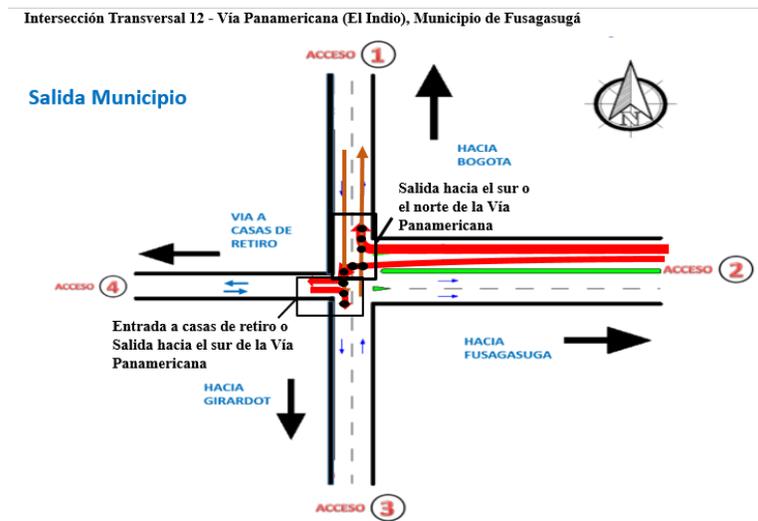


Ilustración 36. Puntos de Conflicto a la Salida del Municipio de Fusagasugá

Fuente: Esquema de Intersección obtenido del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 77. Modificación propia

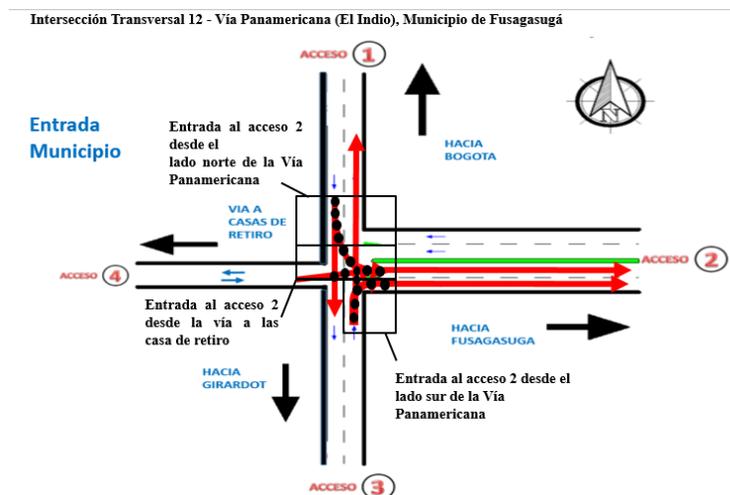


Ilustración 37. Punto de Conflicto a la Entrada del Municipio de Fusagasugá

Fuente: Esquema de Intersección obtenido del informe de Estudio de Trafico y Demanda de la Agencia Nacional de Infraestructura, 2015, Pagina 77. Modificación propia

Ahora después de haber visualizado los puntos de conflicto que se pueden dar en esta zona, las siguientes ilustraciones dejaran evidenciar las áreas de conflicto que en la simulación se generaron

en la intersección semaforizada, en la simulación de la glorieta y en la simulación del desnivel o puente. Donde se encuentre demarcado en verde (vehículos tienen prioridad), donde este demarcado en rojo (los vehículos no tienen prioridad, deben de esperar para seguir circulando) y donde este demarcado con amarillo (hay prioridad en cualquier momento). Estas demarcaciones indican las zonas donde cualquier tipo de vehículo puede cruzarse con otro, ya sea en una vía o como tal en el cruce, la idea es poderle dar prioridad a unos para que los otros esperen un cierto tiempo y así evitar choques en la vía, a continuación, se podrá visualizar las respectivas demarcaciones de cada una de las zonas del cruce del sector del Indio:



Ilustración 38. Áreas de Conflicto de la Simulación de la Intersección Semaforizada en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.

Fuente: Pantallazo Simulación de intersección semaforizada – PTV Vissim 9

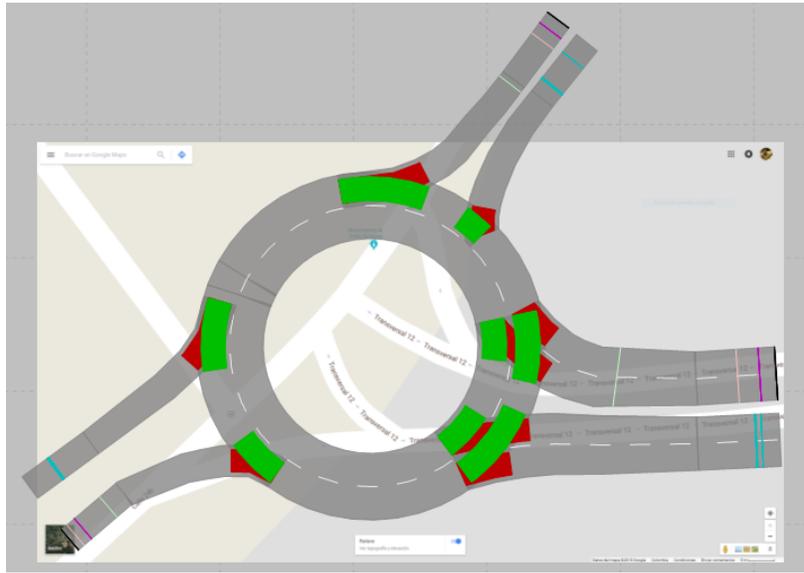


Ilustración 39. Áreas de Conflicto de la Simulación de la Glorieta en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.

Fuente: Pantallazo Simulación de intersección semaforizada – PTV Vissim 9

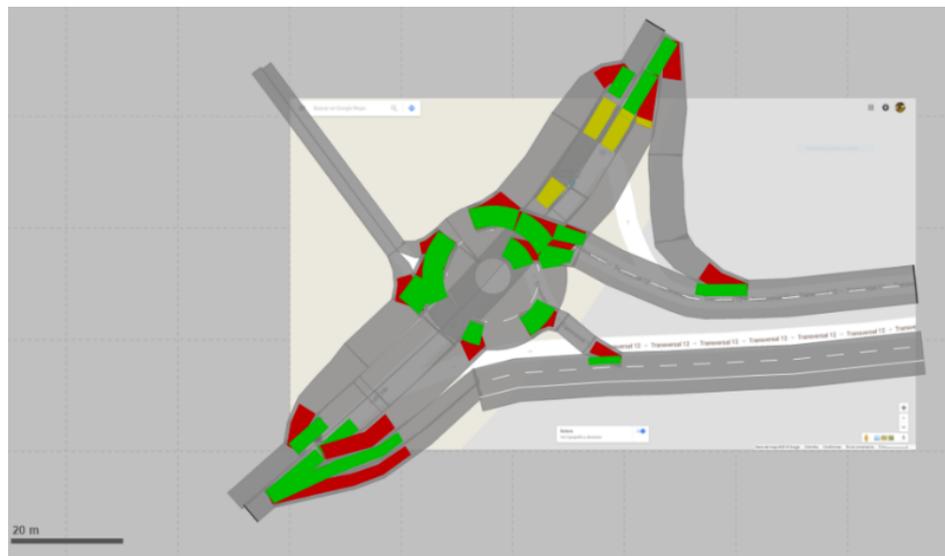


Ilustración 40. Áreas de Conflicto de la Simulación del Desnivel o Puente en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9.

Fuente: Pantallazo Simulación de intersección semaforizada – PTV Vissim 9

Basados en los puntos de conflicto, ahora lo que se podrá visualizar son ilustraciones en 2D y en 3D de la simulación de la intersección semaforizada en donde se podrá observar el diseño de la simulación y el funcionamiento que tiene respecto al tráfico vehicular. La idea es dar una breve visualización de cómo queda las simulaciones para después dar inicio al análisis estadístico con los datos recolectados. La simulación se podrá visualizar desde la Ilustración 41 a la 44, respectivamente, y son las que se muestran a continuación:

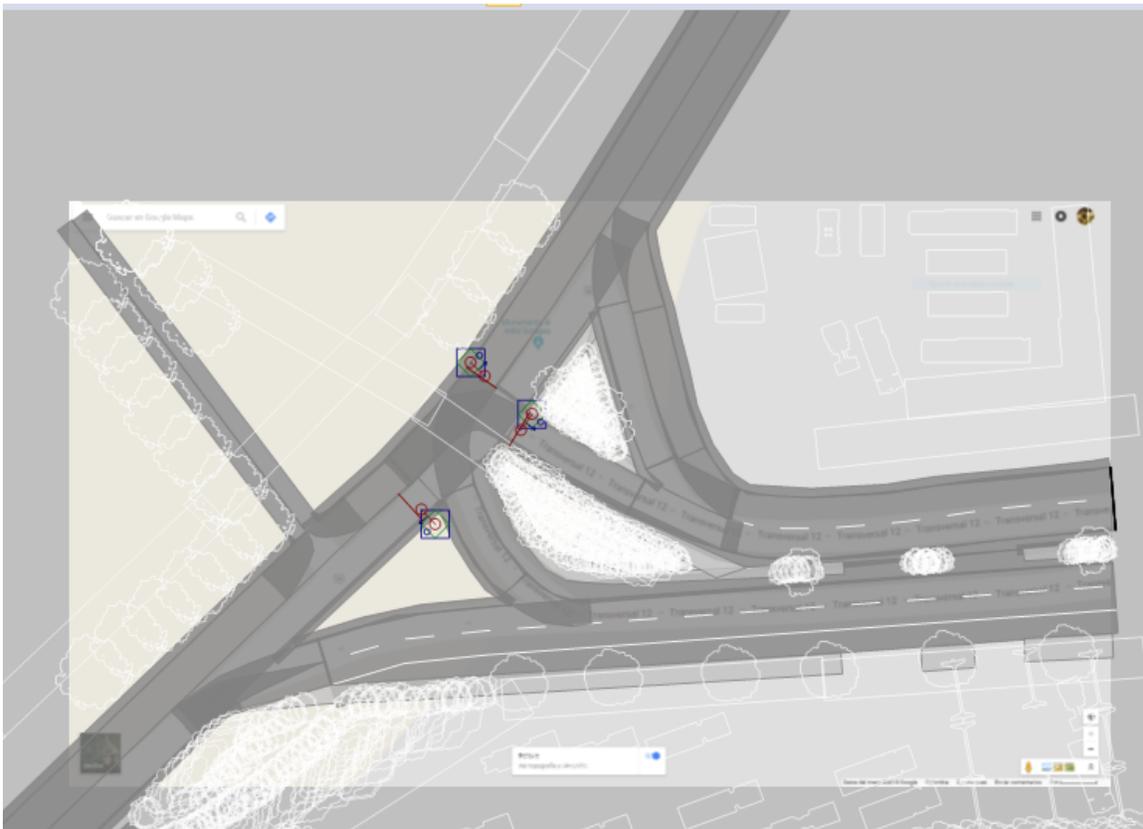


Ilustración 41. Simulación de la Intersección Semaforizada en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9

Fuente: Pantallazo Simulación de intersección semaforizada – PTV Vissim 9

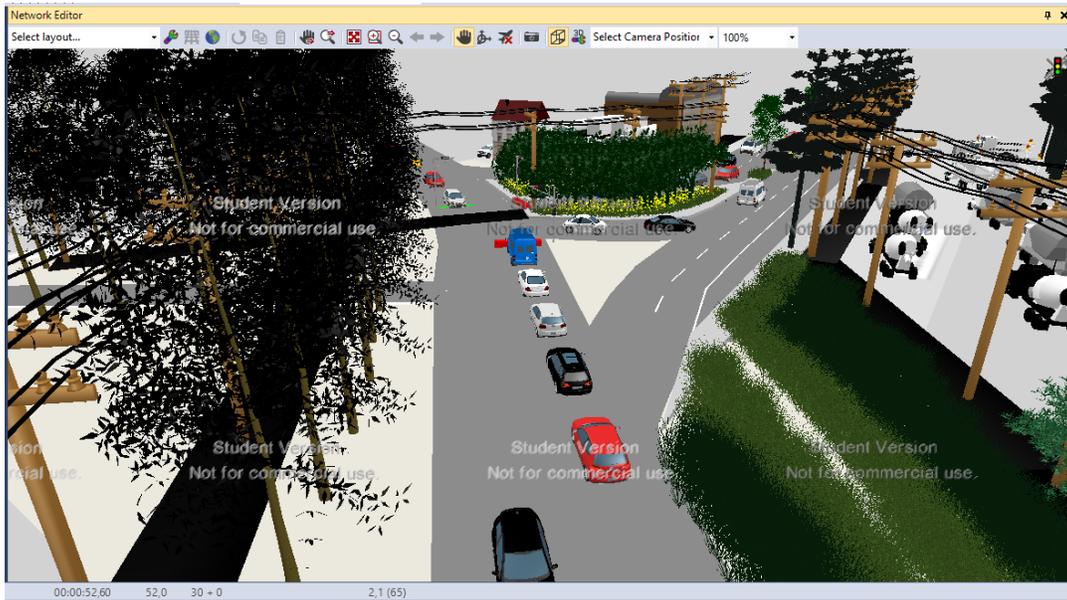


Ilustración 42. Simulación de la Intersección SemafORIZADA del Cruce de Sur a Norte en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9

Fuente: Pantallazo Simulación de intersección semaforizada – PTV Vissim 9



Ilustración 43. Simulación de la Intersección SemafORIZADA del Cruce de Norte a Sur en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9

Fuente: Pantallazo Simulación de intersección semaforizada – PTV Vissim 9

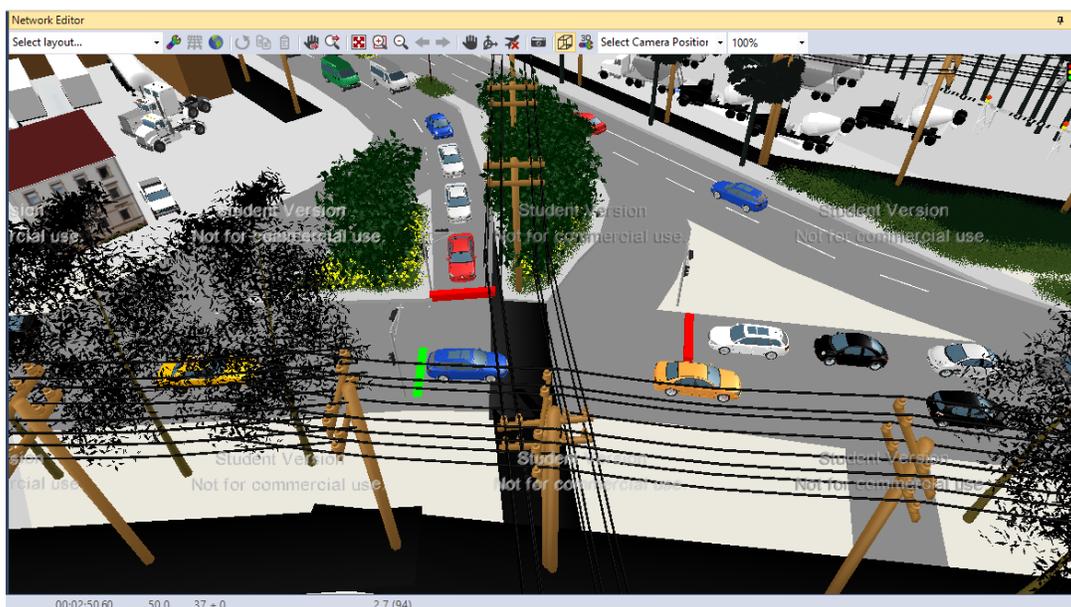


Ilustración 44. Simulación de la Intersección Semaforizada de la Salida del Municipio por Intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio) en PTV VISSIM 9

Fuente: Pantallazo Simulación de intersección semaforizada – PTV Vissim 9

6.8. SIMULACIÓN DE GLORIETA Y PUENTE EN EL CRUCE DEL INDIOS DE LA CIUDAD DE FUSAGASUGÁ.

Basados en la información recolectada se proponen varias soluciones por medio del software VISSIM, entre ellas la glorieta y el puente (desnivel) para el sector del indio en la ciudad de Fusagasugá y ver si es la más viable como solución óptima para el congestionamiento vehicular que se genera en esta zona.

Este es uno de los puntos donde se presentan congestiones vehiculares por una mala infraestructura vial y teniendo en cuenta que Fusagasugá es un municipio que esta es proceso de desarrollo y crecimiento constante, lo que ha ocasionado varias fallas no solo en tránsito sino también en diferentes áreas que presenta la población.

Ahora se podrán visualizar las ilustraciones en 2D y en 3D de la simulación de la glorieta como propuesta a la posible solución en este sector de la Vía Panamericana - El Indio en donde se podrá

observar el diseño de la simulación y el funcionamiento que tiene respecto al tráfico vehicular. La imagen de la simulación se podrá visualizar desde la Ilustración 45 a la 46 y son las que se muestran a continuación:



Ilustración 45. Simulación de la Glorieta (2D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9

Fuente: Pantallazo de Glorieta – PTV Vissim 9. Simulación de la glorieta en la Vía Panamericana (El Indio).

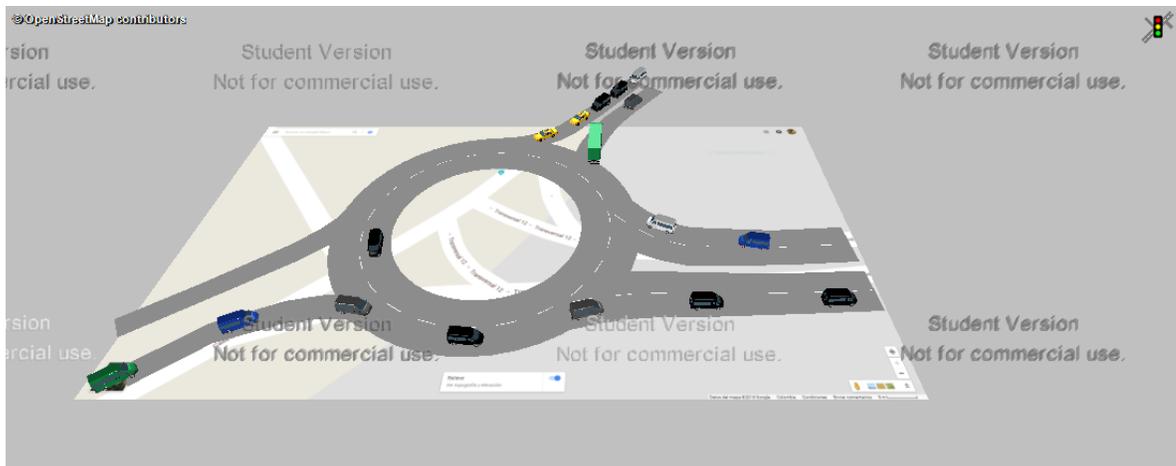


Ilustración 46. Simulación de la Glorieta (3D) en la Vía Panamericana (El Indio) - PTV Vissim 9

Fuente: Pantallazo de Glorieta – PTV Vissim 9. Simulación de la glorieta en la Vía Panamericana (El Indio).

6.9. SIMULACIÓN DE DESNIVEL (PUENTE) EN VISSIM

A continuación, se podrán visualizar las ilustraciones en 2D y en 3D de la simulación del puente o desnivel junto con la glorieta como otra propuesta a la posible solución en este sector de la Vía Panamericana - El Indio en donde se podrá observar el diseño de la simulación y el funcionamiento que tiene respecto al tráfico vehicular. La imagen de la simulación se podrá visualizar desde la Ilustración 47 a la 49 y son las que se muestran a continuación:

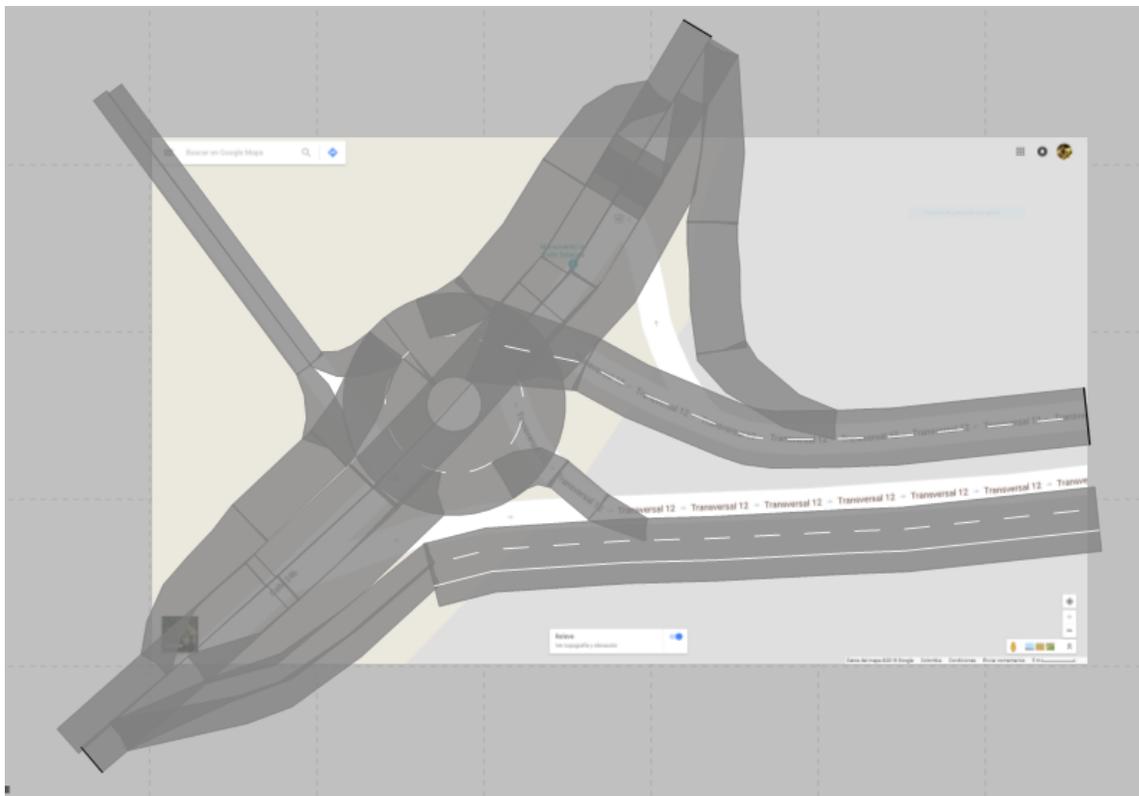


Ilustración 47. Simulación del Desnivel o Puente (Puente – Glorieta en 2D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9

Fuente: Pantallazo del Puente – Glorieta en 2D (PTV Vissim 9).

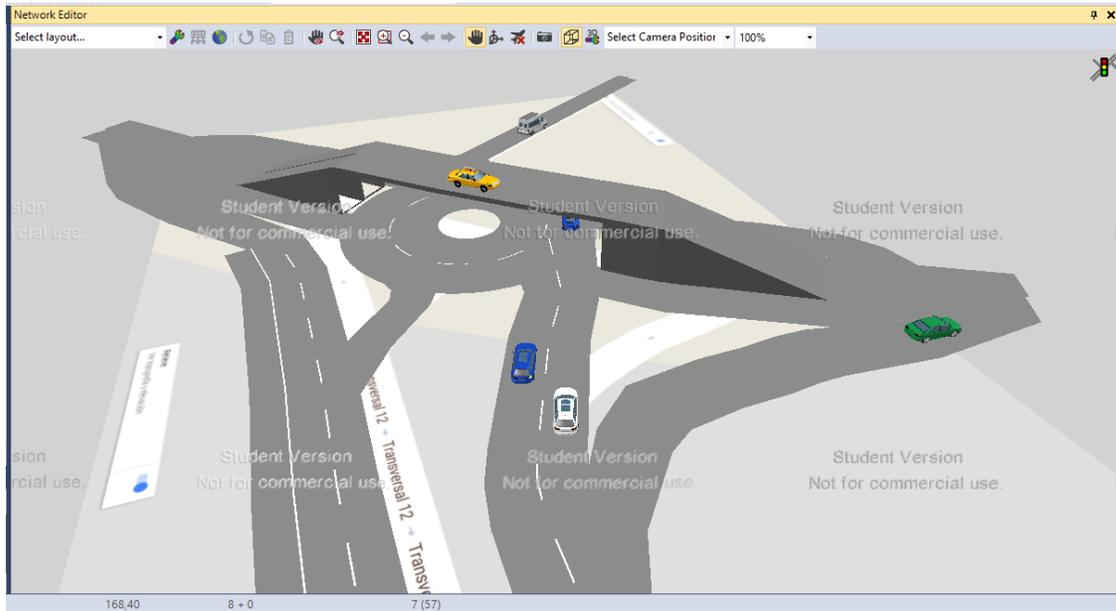


Ilustración 48. Presentación del Desnivel o Puente (Puente – Glorieta en 3D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9

Fuente: Pantallazo del Puente – Glorieta en 3D (PTV Vissim 9).

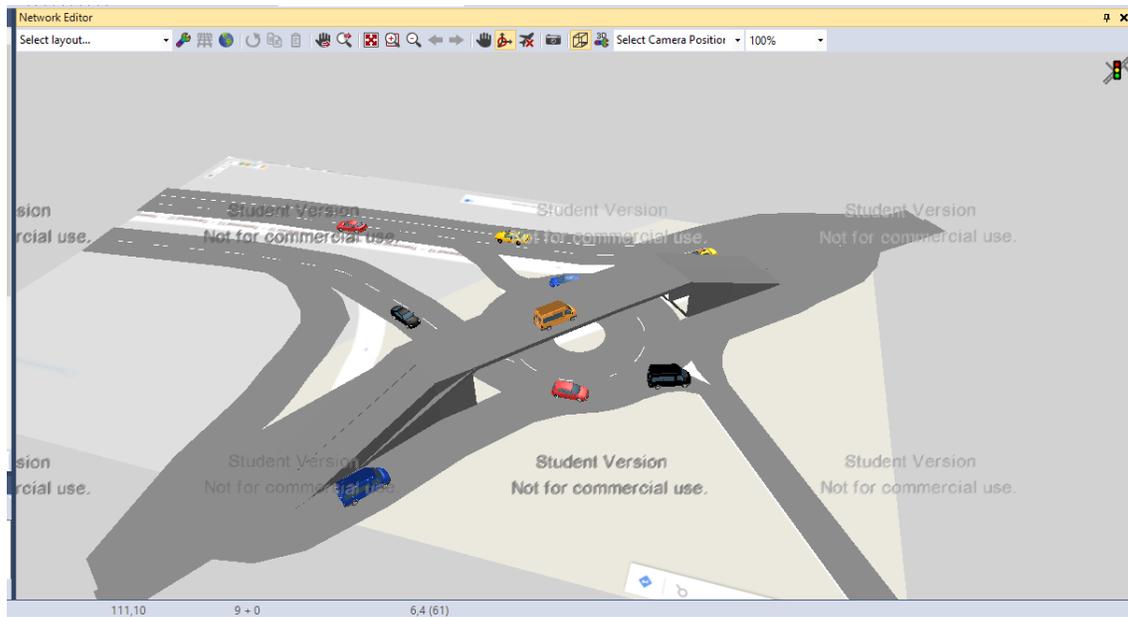


Ilustración 49. Simulación del Desnivel o Puente (Puente – Glorieta en 3D) en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9

Fuente: Simulación del Puente – Glorieta en 3D del cruce de Sur a Norte en la Vía Panamericana (El Indio).

De esta simulación del Puente o Desnivel, se hicieron varias pruebas y distintos diseños para poder verificar y encontrar datos que fueran factibles para que la simulación pudiera ser optima y pudiera ser de gran ayuda en cuanto a la optimización del flujo vehicular en la Via Panamericana – El Indio.

Además de presentar como la mejor opción en la simulación del Puente – Glorieta, se añadió otro diseño, pero esta vez solo enfocados en simular el flujo vehicular en un puente. Aquí se trató de optimizar la salida de Fusa hacia Melgar y la entrada de Fusa desde Bogotá. Se dejan imágenes de la simulación como otra posible solución al congestionamiento vehicular que se genera en esta zona, pero dejando claro que en la que nos centramos es en la simulación del Puente – Glorieta.

A continuación, en la Ilustración 50, se puede observar una imagen en 2D de la simulación del Puente y de cómo quedo su infraestructura y estructura respecto a las uniones de cada punto de este sector de la Vía Panamericana –El Indio:

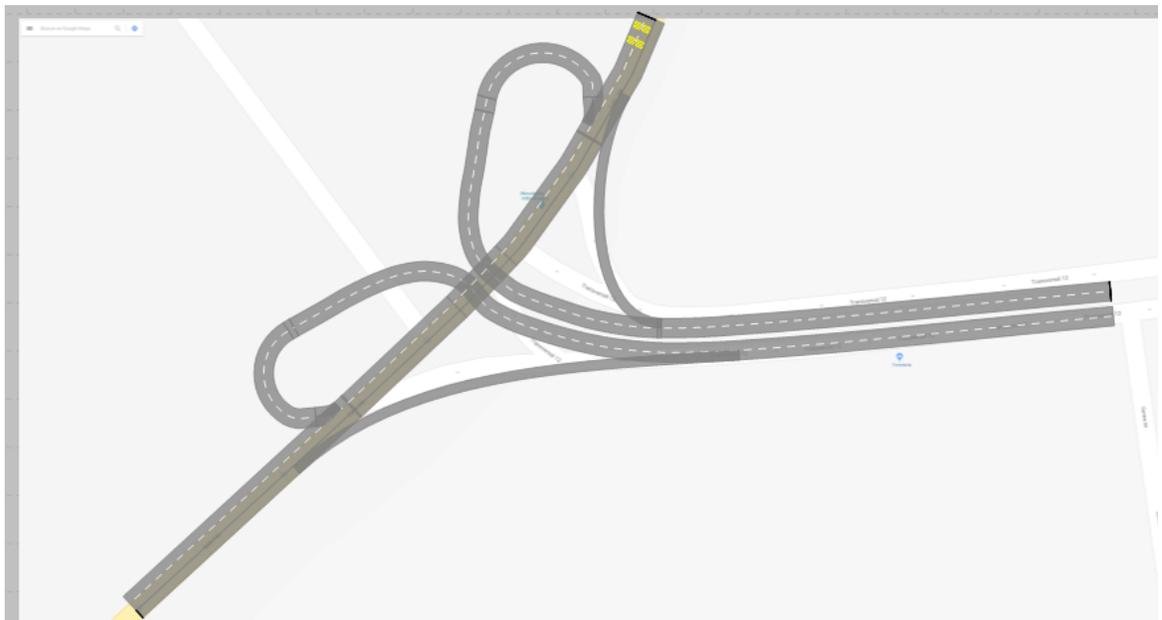


Ilustración 50. Simulación del Puente (Puente en 2D) de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9

Fuente: Pantallazo del Puente en 2D (PTV Vissim 9).

Por último, en la Ilustración 50 y 51, se pueden observar imágenes en 3D de la simulación del Puente y de cómo quedo su infraestructura y estructura respecto a las uniones de cada punto de este sector de la Vía Panamericana –El Indio. Además, permitirá visualizar como es el comportamiento vehicular en esta zona y en las uniones de cada punto de este sector:

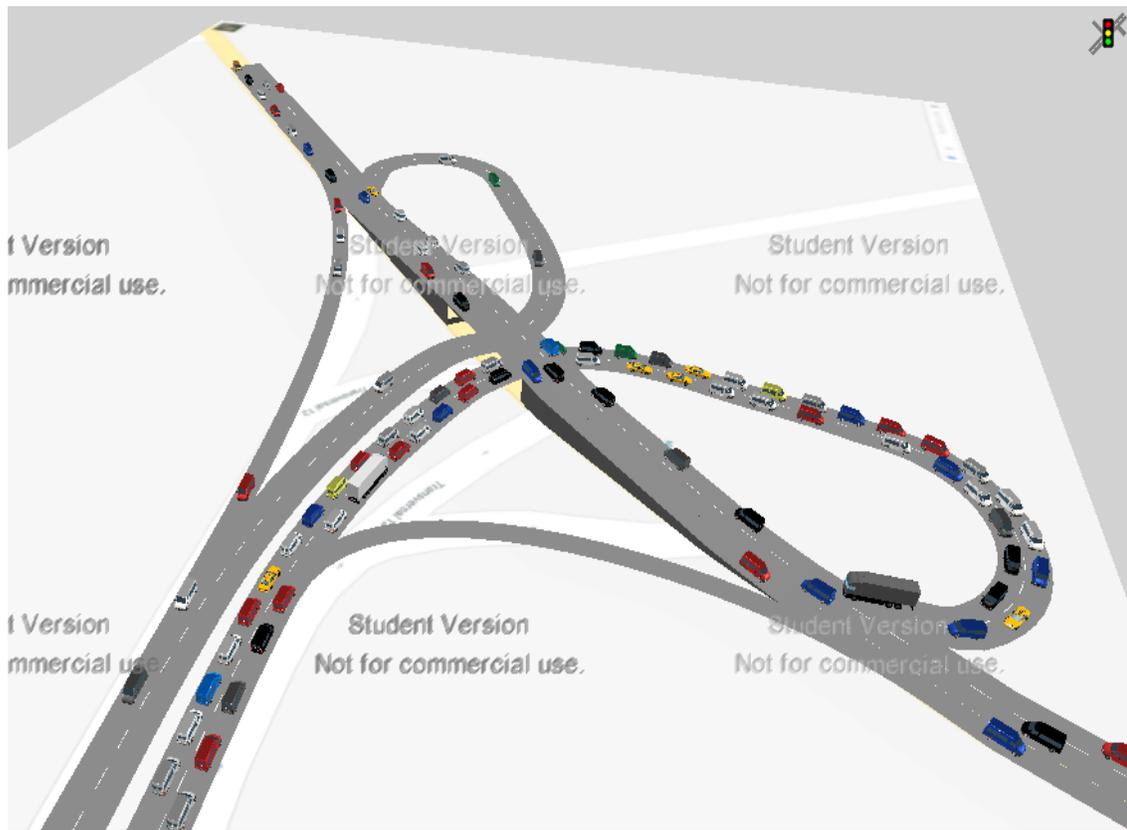


Ilustración 51. Presentación del Desnivel o Puente en 3D de la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9

Fuente: Pantallazo del Puente en 3D (PTV Vissim 9).

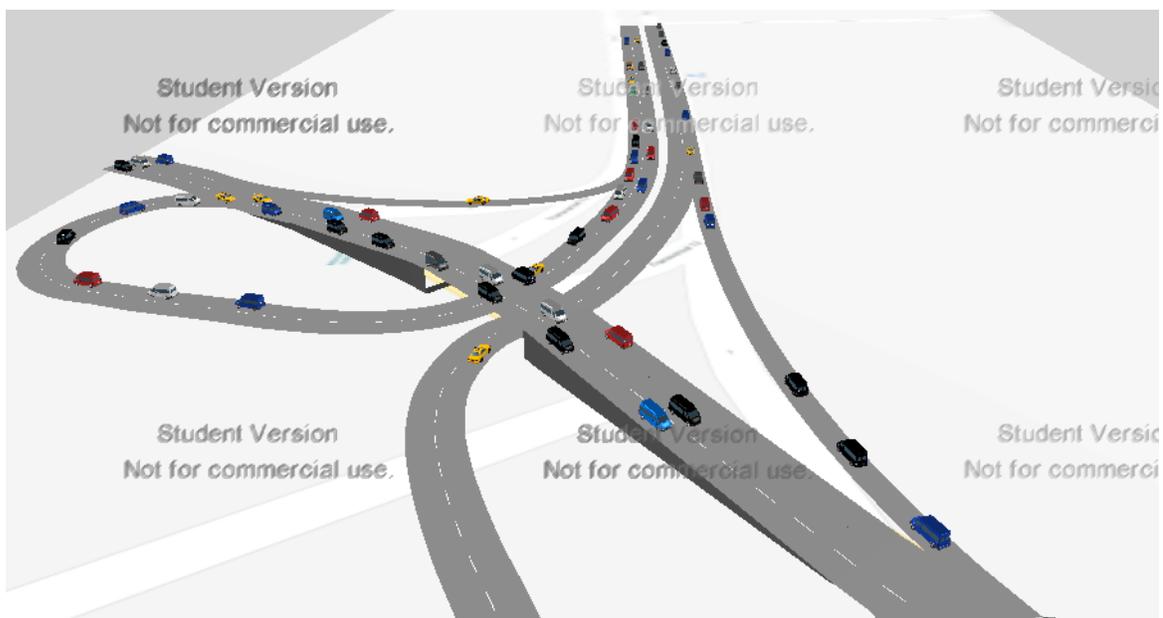


Ilustración 52. Simulación del Desnivel o Puente en 3D en la Vía Panamericana (El Indio) en PTV Vissim 9

Fuente: Simulación del Puente en 3D en la Vía Panamericana (El Indio).

6.10. GENERACIÓN DE NUEVOS AFOROS VEHICULARES PARA LA SIMULACIÓN ⁹

Se utilizó la herramienta Stat: Fit de ProModel la cual sirve para analizar y determinar el tipo de distribución de probabilidad de un conjunto de datos. Este instrumento permite comparar los resultados entre varias distribuciones analizadas mediante una calificación. Entre sus procedimientos emplea las pruebas Chi-cuadrada, de Kolmogorov-Smirnov y de Anderson-Darling.

Tabla 16. Distribución de probabilidad para los aforos vehiculares

Zona	Particulares	Servicio publico	Taxis	Motos	Camión	Camión +3
Zona A	Poisson (48.8)	Poisson (2.54)	Poisson (4.29)	Poisson (26.6)	Poisson (5.21)	Poisson (1.17)

⁹ Simulación y análisis de sistemas con promover 2 edición. Eduardo García Dunna, Heriberto García Reyes, Leopoldo E. Cárdenas Barrón. PEARSON

Zona B	Poisson (94.8)	Binomial (81, 0.0401)	Poisson (11)	Poisson (66.3)	Poisson (7.83)	Poisson (0.125)
Zona C	Poisson (25)	Poisson (2.04)	Binomial(10, 0.379)	Poisson (11)	Binomial(5, 0.575)	Poisson (0.208)
Zona D	Poisson (68.5)	Poisson (9.71)	Poisson (9.75)	Poisson (26.7)	Poisson (6.58)	Binomial(14, 0.0804)
Zona E	Poisson (78.4)	Binomial(246, 0.148)	Poisson (3.42)	Poisson (36.6)	Poisson (4.46)	Poisson (0.292)
Zona F	Poisson (44.7)	Poisson (4.5)	Poisson (8.29)	Poisson (12.2)	Poisson (2.79)	Poisson (0.0833)

Fuente: Elaboración Propia

Ejemplo para el servicio público Zona A: El número de automóviles de servicio público que entran a la zona Melgar – Bogotá sigue una distribución de Poisson con media de 2.54 (ver anexo) autos en un tiempo de 15 minutos. Con ello podemos simular el comportamiento de llegada de los mismos a esta zona.

La distribución discreta de probabilidad de Poisson se define como:

$$p(X = x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Luego reemplazando el valor de landa se tiene que:

$$p(X = x) = \frac{2.54^x e^{-2.54}}{x!} \quad \text{para } x = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Se calculan las probabilidades puntuales y las acumuladas para $x = 0, 1, 2, \dots$, y se obtienen los datos de la tabla:

Tabla 17. Datos de probabilidades puntuales y acumuladas

x	P(x)	p(x)
0	0,0789	0,0789
1	0,2003	0,2792
2	0,2544	0,5336
3	0,2154	0,7490
4	0,1368	0,8858
5	0,0695	0,9553
6	0,0294	0,9847
7	0,0107	0,9953

8	0,0034	0,9987
9	0,0010	0,9997
10	0,0002	0,9999

Fuente: Elaboración Propia

La regla para generar esta variable aleatoria estaría definida por:

$$x_i = \begin{cases} 0 & \text{si } r_i \in (0,0000 - 0,0789) \\ 1 & \text{si } r_i \in (0,0789 - 0,2792) \\ 2 & \text{si } r_i \in (0,2792 - 0,5336) \\ 3 & \text{si } r_i \in (0,5336 - 0,7490) \\ 4 & \text{si } r_i \in (0,7490 - 0,8858) \\ 5 & \text{si } r_i \in (0,8858 - 0,9553) \\ 6 & \text{si } r_i \in (0,9553 - 0,9847) \\ 7 & \text{si } r_i \in (0,9847 - 0,9953) \\ 8 & \text{si } r_i \in (0,9953 - 0,9987) \\ 9 & \text{si } r_i \in (0,9987 - 0,9997) \\ 10 & \text{si } r_i \in (0,9997 - 0,9999) \end{cases}$$

Con una lista de números pseudoaleatorios $r \sim U(0,1)$ generados con la función aleatorio de EXCEL y la regla anterior es posible simular la llegada de los autos de servicio público a la zona, se da un ejemplo y los resultados consignados están en la siguiente tabla:

Tabla 18. Simulación del conteo de vehículos del servicio público, con variables aleatorias de Poisson.

Periodos de 15 minutos	r_i	Autos de servicio publico
1	0,6759	3
2	0,1618	1
3	0,5595	3
4	0,9055	5
5	0,5038	2

Fuente: Elaboración Propia

6.11. COMPARACIÓN FLUJO VEHICULAR DE LA SIMULACIÓN ACTUAL CON LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS EN SOFTWARE VISSIM

La siguiente tabla muestra el número de vehículos que se registran en el software VISSIM en tres trayectos, los que vienen de la pampa, los del terminal y los que sales de la ciudad de Fusagasugá:

Tabla 19. Conteo de vehículos en cada zona durante 10 minutos

Conteo de Vehículos en Simulaciones (Totales)				
Entrada	Simulación Actual	Simulación Semáforos	Simulación Glorieta	Simulación Puente - Glorieta
Melgar	247	193	150	262
Fusagasugá	160	129	231	211
Bogotá	91	97	112	99

Fuente: Elaboración Propia

Se realiza validación de la simulación realizando el conteo vehicular durante un periodo de diez minutos encontrado un comportamiento similar en la simulación actual con lo que se refleja en la realidad, con ello permitió avanzar a las alternativas simulación mostrando que la simulación puente glorieta es la mejor ya que permite una mejor afluencia vehicular, destacando que esta opción no resulta ser viable por los costos que acarrea implementarla.

La agencia nacional de infraestructura tiene en su proyecto de tercer carril una glorieta para el sector el indio que efectivamente es una muy buena opción ya que minimiza los tiempos de desplazamientos y se mejora considerablemente la congestión vehicular que presenta esta intersección. Por último, la semaforización en este sector no contribuye a una optimización del tráfico, que, aunque sus costos son menores no es recomendable su implementación en esta intersección ya que el flujo vehicular que muestra esta simulación no es superior al modelo actual, por el contrario se producen mayores colas en las zonas de estudio.

Tabla 20. Criterio de Calibración y Validación

CRITERIO DE MEDIDA	TOTAL CASOS ANALIZADOS	# DE VECES QUE GEH < 5	# DE VECES QUE GEH > 5	% DE CASOS QUE CUMPLE	Criterio de aceptación de la calibración
GEH Static	72	62	10	86,11%	GEH Static < 5 en el 85% de los casos para volúmenes individuales de links.

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 20 se evidencia la calibración del modelo y el total de casos analizados, con esto se puede concluir que el modelo base cumple con los estándares de calibración y validación de modelos. Según la firma consultora Steer Davies¹⁰, el criterio de calibración y validación de los estándares locales en ciudades de Latinoamérica, establece $GEH < 5$, en el 85% de los casos. En nuestro caso el 86.11% de los volúmenes cumplen con esta condición.

¹⁰ Steer Davies. Curso Básico Vissim. Área Metropolitana del Valle de Aburra. 2010

7. CONCLUSIONES

- Se creó una aplicación móvil para realizar los aforos vehiculares, detallando el tipo de vehículo que presenta la red vial en periodos de 15 minutos en horas de la mañana, medio día y tarde.
- De acuerdo a la estadística descriptiva de los aforos vehiculares aplicada a los tres horarios se halló que los mayores aforos fueron los de vehículos particulares, además se encontró la proporción de cada tipo de vehículo en las diferentes zonas de estudio y así incorporarlas al software VISSIM para la simulación.
- Se modeló la situación del tráfico actual en el sector el indio y se establecieron tres alternativas como semaforización, glorieta y puente glorieta introduciendo variables como ancho de vía, reductor de velocidad, aforos vehiculares, tipo de vehículos, velocidad media y zonas de conflicto que permitieron dar como una mejor alternativa el puente con glorieta y la glorieta esta última es la más recomendable dada su implementación en relación de costos y optimización del tráfico en el sector.
- La generación de variables aleatorias en este caso los aforos vehiculares por cada una de las zonas y especificando tipo de vehículo, permite realizar simulaciones del conteo sin necesidad de ir a tomar datos al campo, destacando que los nuevos registros tienen el mismo comportamiento que los datos recolectados, utilizando las distribuciones discretas de Poisson y Binomial.
- Los aforos realizados en campo y los volúmenes de vehículos simulados por el programa Vissim son bastante cercanos, habiendo obtenido un GEH de aproximadamente el 86%, esto permite concluir que el modelo base está bien calibrado.

8. RECOMENDACIONES.

- Para futuras investigaciones implementar las motocicletas, además de las velocidades medias de los vehículos particulares que se presentan en este documento anexar las de cada tipo de vehículo en las diferentes zonas de la simulación.
- Implementar en el análisis de la simulación la longitud de cola y el tiempo promedio de espera por cada tipo de vehículo.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO. (2001). Chapter 9. Intersections. In AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (pp. 559-745). Washington, D.C.: AASHTO.
- Agencia Nacional de Infraestructura. (2015). Proyecto de Asociación Publico Privada de Iniciativa Privada sin Recursos Públicos - Informe Estudio de Tráfico y Demanda. Bogotá.
- Akgüngör, A. P. (2007). A New Delay Parameter Depent on Variable Analysis Periods at Signalized Intersections. Part 1: Model Development. *Transport*, 31-36.
- Archer, J. &. (2010). Signal Treatments to Reduce the Likelihood of Heavy Vehicle Crashes at Intersections: Microsimulation Modeling Approach. *JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING © ASCE*, 632-639.
- Asaithambi, G. &. (2008). Evaluation of Left Turn Channelization at a Signalized Intersection Under Heterogeneous Traffic Conditions. *Transport*, 221-229.
- Bared, J.G. (2010). "Safety Impacts of Modern Roundabouts," Capítulo 28, *The Traffic Safety Toolbox: A Primer on Traffic Safety*, Institute of Transportation Engineers.
- Ballon R, S. (2016). "Estudio, Simulación y Optimización del Flujo De Tráfico de la Av. Jorge Chávez desde la Calle Víctor Lira hasta la Calle Paucarpata". Universidad Católica de Santa María. Facultad de arquitectura e ingeniería civil y del ambiente. Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- Bastos Ana. (2013). Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-Roundabouts. *De ScienceDirect Base de datos. ELSERVIER*, 111, 147
- Boumediene, A. B. (2009). Saturation Flow versus Green Time at Two-Stage Signal Controlled Intersections. *Transport*, 288-295.
- Chris. (2015). Lowell City Council. Lord Overpass: A 150 Year History (p. 1).

- García D, García H, Cárdenas L. (2013) Simulación y análisis de sistemas con promover 2 edición. Ed PEARSON
- Gasulla, M. (2011). Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de glorietas con flujos de tráfico descompensados mediante microsimulación de tráfico. Aplicación a la intersección de la CV-500 con la CV-401, en El Saler (T.M. Valencia). Licenciatura. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
- Hellinga, B. &. (2008). Signalized Intersection Analysis and Design: Implications of Day-to-Day Variability in Peak-Hour Volumes on Delay. *Journal of Transportation Engineering*, 307-318.
- Huang, D.-W. (2009). Complete Traffic Patterns Around a T-Shaped Intersection. *International Journal of Modern Physics C*, 189-204.
- Lu, J. J. (2013). A Programmable Calculation Procedure for Number of Traffic Conflict Points at Highway Intersections. *Journal of Advanced Transportation*, 692-703.
- Ministerio de transporte. (2015). Manual de señalización vial. Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia. 2015. SEMÁFOROS. Capítulo 7. Pág. 243
- Ministerio de Transporte (2008). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Colombia.
- Miramontes G, Vidaña. J.O, Rodríguez E. A. (2015) Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/viewFile/691/670>
- Pérez F. (2014). Análisis del flujo de tránsito vehicular a través de un modelo macroscópico. De ScienceDirect Base de datos. *DYNA*, 81, 3640.
- Singh, D. &. (2009). Stochastic optimization method for signalized traffic signal systems. *International Journal of Knowledge Based Intelligent Engineering Systems*, 71-77.

Wang, Y. G. (2011). Integrating before and after crash features into measuring the effectiveness of intersection safety improvement project in Harbin. *Transport*, 111-120.

10. ANEXOS

10.1. ESTADÍSTICA PARA SOFTWARE VISSIM

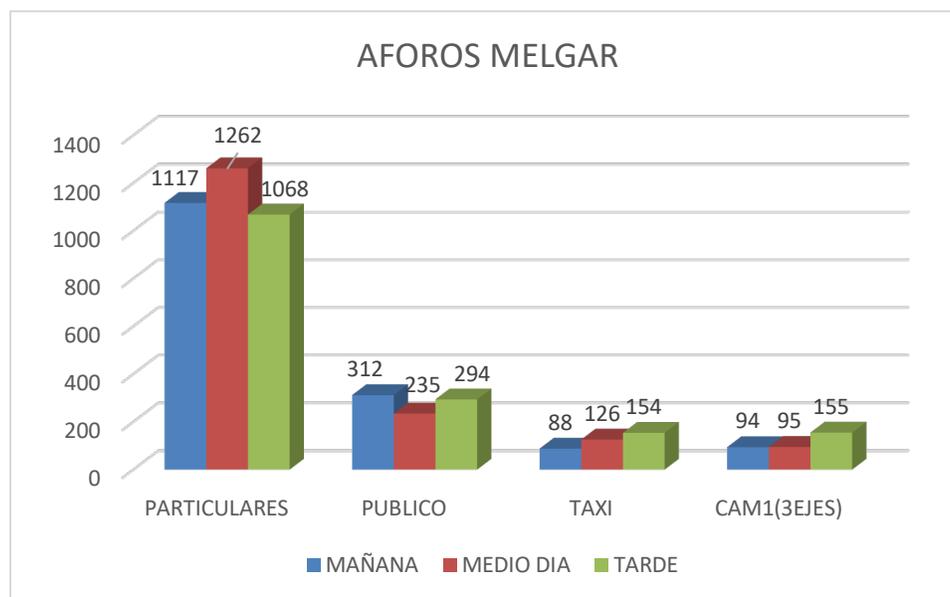


Ilustración 53. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Melgar.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Proporción de vehículos para situación real y de semáforo que vienen de Melgar

ACTUAL Y SEMAFOROS	PARTICULARES	PUBLICO	TAXI	CAM1(3EJES)
MELGAR FUSAGASUGÁ	0,67	0,89	0,75	0,67
MELGARBOGOTÁ	0,33	0,11	0,25	0,33

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Melgar.

GLORIETA	PARTICULARES	PUBLICICO	TAXI	CAM1(3EJES)
MELGAR FUSAGASUGÁ	0,67	0,89	0,75	0,67
MELGAR MONJAS	0,02	0,00	0,01	0,02
MELGARBOGOTÁ	0,28	0,10	0,21	0,28
MELGAL.MELGAR	0,03	0,01	0,02	0,03

Fuente: Elaboración Propia

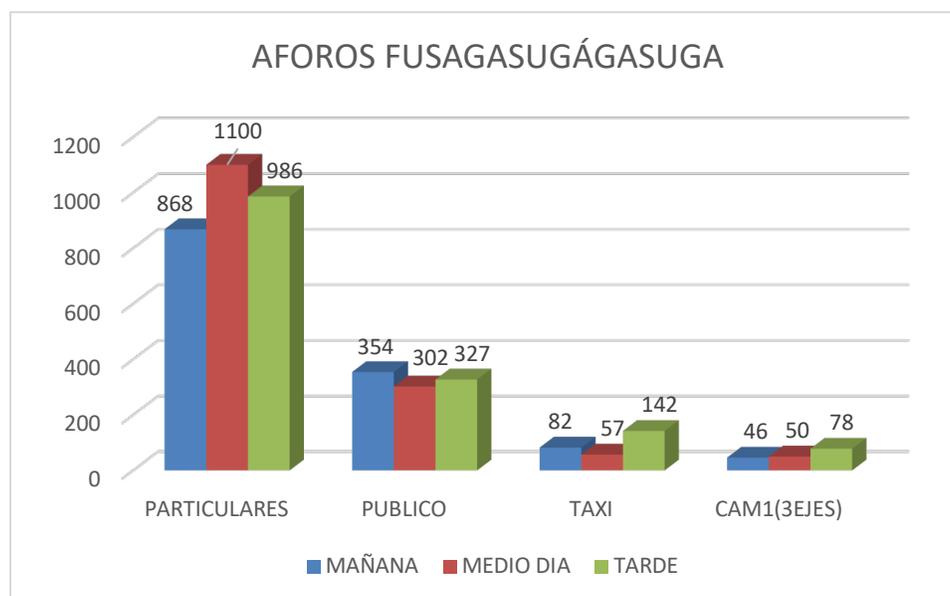


Ilustración 54. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Fusagasugá.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Bogotá.

ACTUAL Y SEMAFOROS	PARTICULARES	PUBLICICO	TAXI	CAM1(3EJES)
FUSAGASUGÁ-BOGOTÁ	0,43	0,15	0,87	0,49
FUSAGASUGÁ-MELGAR	0,57	0,85	0,13	0,51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Fusagasugá.

GLORIETA	PARTICULARES	PUBLICICO	TAXI	CAM1(3EJES)
FUSAGASUGÁ-BOGOTÁ	0,43	0,15	0,13	0,49
FUSAGASUGÁ-MONJA	0,03	0,00	0,04	0,03
FUSAGASUGÁ-MELGAR	0,49	0,83	0,75	0,44
FUSAGASUGÁ-FUSAGASUGÁ	0,05	0,02	0,08	0,05

Fuente: Elaboración Propia

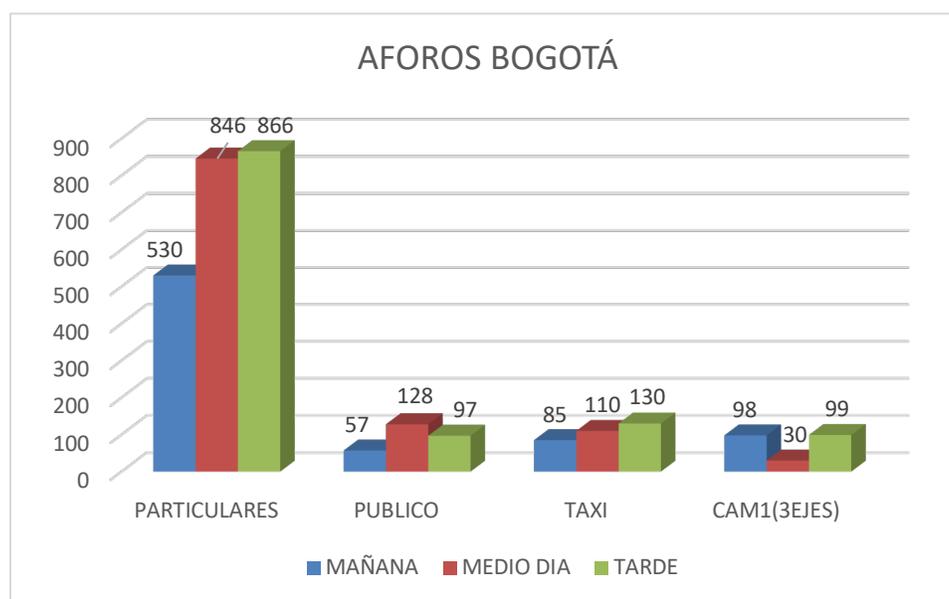


Ilustración 55. Aforos vehiculares en las diferentes horas del día por tipo de vehículo estación intersección Trv. 12 - Vía Panamericana (El Indio). Bogotá.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25. Proporción de vehículos para situación real y de semáforo que vienen de Bogotá

ACTUAL Y SEMAFOROS	PARTICULARES	PUBLICICO	TAXI	CAM1(3EJES)
BOGOTÁ-MELGAR	0,72	0,58	0,80	0,73
BOGOTÁ FUSAGASUGÁ	0,28	0,42	0,20	0,27

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26. Proporción de vehículos para la glorieta que vienen de Bogotá.

GLORIETA	PARTICULARES	PUBLICO	TAXI	CAM1(3EJES)
BOGOTÁ-MELGAR	0,72	0,58	0,80	0,73
BOGOTÁ-MONJAS	0,01	0,01	0,01	0,01
BOGOTÁ-FUSAGASUGÁ	0,24	0,39	0,17	0,23
BOGOTÁ-BOGOTÁ	0,03	0,02	0,02	0,02

Fuente: Elaboración Propia

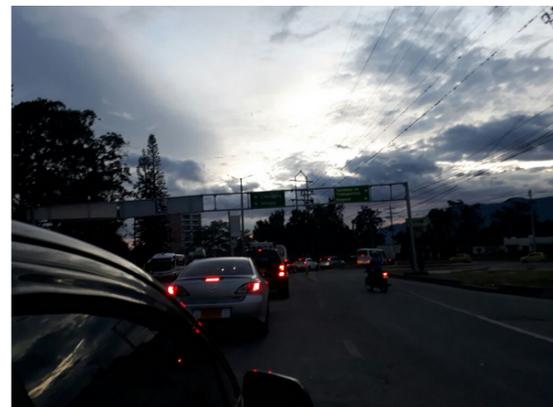
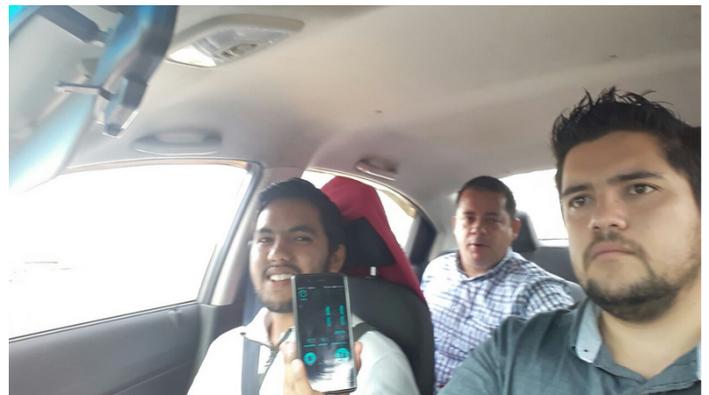
10.1.1. Tiempo de recorrido y Velocidades por zonas

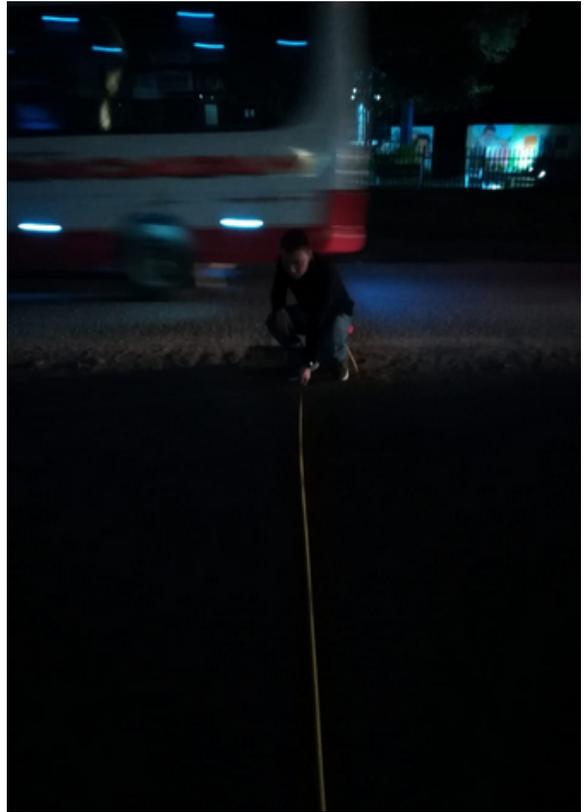
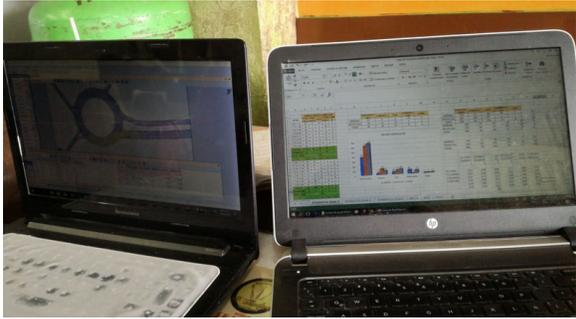
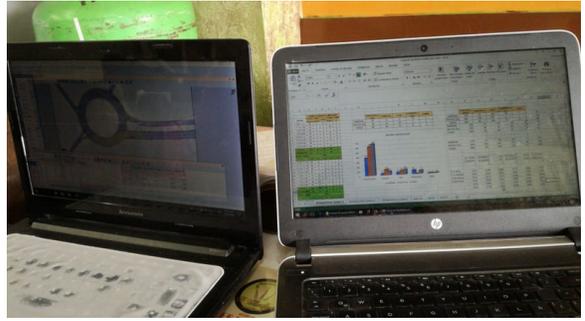
Tabla 27. Estudio de tiempo de recorrido y velocidades por zona.

ZONAS	TOTAL	TIEMPO PROMEDIO	VEL.MAX PROMEDIO	VEL.MEDIA
ZONA A	MAÑANA	47	36	33
	MEDIO DIA	43	41	35
	TARDE	42	38	33
ZONA B	MAÑANA	40	40	38
	MEDIO DIA	37	39	38
	TARDE	43	40	39
ZONA C	MAÑANA	45	39	29
	MEDIO DIA	41	36	30
	TARDE	54	37	24
ZONA D	MAÑANA	40	35	33
	MEDIO DIA	48	34	29
	TARDE	48	39	29
ZONA E	MAÑANA	86	20	16
	MEDIO DIA	114	35	21
	TARDE	171	32	17
ZONA F	MAÑANA	27	36	34
	MEDIO DIA	25	41	40
	TARDE	27	38	34

Fuente: Elaboración Propia

12.1.2 Evidencias Fotográficas





VELOCIDAD PARTICULA	ZONA A: MELGAR BOGOTA			ZONA B: MELGAR FUSA			ZONA C: BGOTA FUSA			
	HORA	Tiempo	Max velocidad	Velocidad media	Tiempo	Max velocidad	Velocidad media	Tiempo	Max velocidad	Velocidad media
	7:00-7:15	45	35	33	62	38	31	45	37	27
	7:15-7:30	44	37	35	42	38	38	56	42	30
	7:30-7:45	56	35	30	38	41	41	49	35	24
	7:45-8:00	50	36	34	31	44	44	40	43	30
	8:00-8:15	36	37	37	34	37	37	32	36	42
	8:15-8:30	44	34	32	44	40	38	50	39	30
	8:30-8:45	44	37	35	42	38	38	49	35	24
	8:45-9:00	55	36	31	38	41	41	52	49	31
	PROMEDIO	47	35,8	33,2	39,8	39,5	38,1	45,4	39,0	28,9
	12:00-12:15	37	38	38	49	28	28	41	35	34
	12:15-12:30	53	38	31	46	35	35	54	27	25
	12:30-12:45	37	36	36	30	51	51	56	40	23
	12:45-1:00	53	46	32	46	35	35	35	41	39
	1:00-1:15	36	44	44	35	45	45	35	39	37
	1:15-1:30	31	42	42	32	40	40	43	35	28
	1:30-1:45	53	46	32	32	44	44	34	41	39
	1:45-2:00	67	42	30	36	40	35	40	35	24
	PROMEDIO	43,1	41,2	35,0	37,0	38,6	37,9	40,9	36,0	29,8
	4:00-4:15	47	36	36	40	44	44	52	34	27
	4:15-4:30	39	39	27	36	38	38	52	45	24
	4:30-4:45	35	40	28	34	39	39	53	36	26
	4:45-5:00	43	38	34	44	40	39	55	38	25
	5:00-5:15	41	41	41	50	40	39	58	38	25
	5:15-5:30	53	36	33	60	35	32	48	40	24
	5:30-5:45	51	35	34	42	44	44	74	37	18
	5:45-6:00	36	38	38	44	40	40	45	34	30
	PROMEDIO	42,2	37,8	33,3	42,5	39,8	39,0	53,6	37,5	24,4

VELOCIDAD PARTICULAR	ZONA D: BOGOTA-MELGAR			ZONA E: FUSA MELGAR			ZONA F: FUSA BOGOTA			
	HORA	Tiempo	Max velocidad	Velocidad media	Tiempo	Max velocidad	Velocidad media	Tiempo	Max velocidad	Velocidad media
	7:00-7:15	39	36	35	365	8	5	31	32	32
	7:15-7:30	43	42	33	183	8	8	30	30	30
	7:30-7:45	41	33	33	180	36	15	22	45	45
	7:45-8:00	48	33	33	53	43	43	26	36	36
	8:00-8:15	44	37	35	71	42	41	31	32	32
	8:15-8:30	30	30	30	85	48	37	27	41	29
	8:30-8:45	45	37	27	52	42	42	24	43	43
	8:45-9:00	34	37	37	66	40	39	32	33	30
PROMEDIO	39,6	35,3	32,6	86,2	20,3	15,5	27,4	35,7	33,8	
	12:00-12:15	39	34	34	202	33	14	29	41	41
	12:15-12:30	44	39	33	164	32	17	26	41	41
	12:30-12:45	51	36	30	112	45	18	30	38	38
	12:45-1:00	48	37	32	77	33	33	26	45	42
	1:00-1:15	48	39	31	123	31	18	22	43	43
	1:15-1:30	61	30	21	123	36	22	22	42	42
	1:30-1:45	54	27	25	94	37	29	25	39	38
	1:45-2:00	46	35	35	98	38	29	26	40	39
PROMEDIO	48,1	34,1	29,3	114,2	35,2	20,7	25,5	41,0	40,4	
	4:00-4:15	49	34	28	185	31	31	35	37	37
	4:15-4:30	49	40	29	154	34	14	23	43	43
	4:30-4:45	43	41	32	70	41	39	34	35	25
	4:45-5:00	50	39	31	205	34	21	28	38	35
	5:00-5:15	53	41	31	256	33	16	26	36	33
	5:15-5:30	33	44	44	235	40	10	28	35	30
	5:30-5:45	50	42	30	297	39	23	24	38	38
	5:45-6:00	74	33	20	237	20	12	24	41	41
PROMEDIO	48,0	38,9	29,4	170,9	32,5	17,2	27,1	37,7	34,3	

AFOROS	ZONA A: MELGAR BOGOTA					ZONA B: MELGAR FUSA					ZONA C: BGOTA FUSA				
	HORA	PARTICUL	PUBLI	TAXI	CAM(3EJ)	CAM	PARTICUL	PUBLIC	TAXI	CAM(3EJ)	CAM	PARTICUL	PUBLIC	TAXI	CAM(3EJ)
7:00-7:15	42	10	8	9	2	89	37	10	7	1	21	3	1	2	0
7:15-7:30	33	3	4	7	0	85	40	5	5	0	22	4	4	3	0
7:30-7:45	53	5	2	7	0	90	30	3	5	0	16	1	8	5	0
7:45-8:00	66	2	7	12	1	102	33	11	6	0	15	3	4	2	0
8:00-8:15	57	3	5	3	0	92	35	8	3	0	19	4	4	3	0
8:15-8:30	45	2	2	5	0	87	33	5	2	0	22	3	6	1	0
8:30-8:45	56	5	3	3	1	91	37	6	5	0	20	4	5	0	0
8:45-9:00	49	3	6	7	0	80	34	3	3	0	21	2	4	2	0
TOTAL	401	33	37	53	4	716	279	51	36	1	156	24	36	18	0
PROM	50	4	5	7	1	90	35	6	5	0	20	3	5	2	0
TOTAL	528					1083					234				
%	0,7595	0,0625	0,070	0,1004	0,007	0,6611	0,2576	0,047	0,0332	0,001	0,6667	0,1026	0,154	0,0769	0
12:00-12:15	47	2	2	5	3	96	21	18	5	1	37	1	4	4	0
12:15-12:30	41	1	3	4	3	92	34	14	4	0	27	0	2	1	1
12:30-12:45	42	1	2	3	2	95	24	9	9	0	28	1	4	3	0
12:45-1:00	57	1	5	5	2	105	29	13	5	0	25	3	4	2	0
1:00-1:15	43	2	4	4	1	96	28	11	4	0	29	2	3	3	0
1:15-1:30	46	1	3	2	1	101	29	14	8	0	33	1	4	4	0
1:30-1:45	65	2	4	4	1	125	30	12	3	0	28	2	4	3	0
1:45-2:00	72	1	5	2	3	139	29	7	11	0	32	0	4	4	0
TOTAL	413	11	28	29	16	849	224	98	49	1	239	10	29	24	1
PROM	52	1	4	4	2	106	28	12	6	0	30	1	4	3	0
TOTAL	497					1221					303				
%	0,831	0,0221	0,056	0,0584	0,032	0,6953	0,1835	0,080	0,0401	0,001	0,788	0,033	0,096	0,0792	0,003
4:00-4:15	53	3	2	8	0	84	39	16	11	0	29	1	1	4	1
4:15-4:30	50	4	8	8	0	92	36	13	15	0	25	1	3	4	2
4:30-4:45	33	2	5	4	3	81	38	8	16	1	21	3	5	3	0
4:45-5:00	50	1	4	5	2	103	32	13	21	0	30	2	5	5	0
5:00-5:15	44	2	5	5	0	98	33	12	7	0	25	3	3	3	0
5:15-5:30	39	1	3	3	2	78	32	17	15	0	27	2	3	3	0
5:30-5:45	42	2	7	6	1	83	36	15	7	0	21	2	4	2	1
5:45-6:00	46	2	4	4	0	92	31	22	11	0	26	1	2	3	0
TOTAL	357	17	38	43	8	711	277	116	103	1	204	15	26	27	4
PROM	45	2	5	5	1	89	35	15	13	0	26	2	3	3	1
TOTAL	463					1208					276				
%	0,7711	0,0367	0,082	0,0929	0,01	0,5886	0,2293	0,096	0,0853	0,001	0,7391	0,0543	0,09	0,0978	0,014

AFOROS	ZONA D: BOGOTA-MELGAR					ZONA E: FUSA MELGAR					ZONA E: FUSA BOGOTA				
HORA	PARTICUL	PUBLI	TAXI	CAM(3EJ)	CAM	PARTICUL	PUBLIC	TAXI	CAM(3E)	CAM	PARTICUL	PUBLIC	TAXI	CAM(3E)	CAM
7:00-7:15	64	9	12	5	1	89	34	5	6	2	45	10	9	2	0
7:15-7:30	52	3	4	16	1	74	48	1	8	1	41	7	5	2	0
7:30-7:45	44	8	8	7	3	69	35	5	4	0	23	6	6	4	0
7:45-8:00	30	1	6	14	0	65	44	6	2	0	26	3	6	1	0
8:00-8:15	39	3	5	8	0	71	38	2	4	0	33	4	7	1	0
8:15-8:30	45	5	4	11	0	77	43	6	2	0	28	6	5	0	0
8:30-8:45	54	2	6	7	1	82	29	3	1	0	38	4	8	1	0
8:45-9:00	46	2	4	12	1	76	38	5	6	1	31	5	3	2	0
TOTAL	374	33	49	80	7	603	309	33	33	4	265	45	49	13	0
PROM	47	4	6	10	1	75	39	4	4	1	33	6	6	2	0
TOTAL	543					982					372				
%	0,689	0,061	0,090	0,147	0,013	0,614	0,315	0,034	0,034	0,004	0,712	0,121	0,132	0,035	0,000
12:00-12:15	80	13	3	2	1	87	25	6	5	0	37	3	0	3	0
12:15-12:30	88	23	15	2	0	77	39	2	6	0	47	2	1	0	0
12:30-12:45	99	9	13	0	2	91	46	2	2	0	54	2	9	3	1
12:45-1:00	87	7	11	1	1	99	33	3	4	0	47	1	4	1	0
1:00-1:15	56	15	8	0	0	92	42	4	5	0	52	2	5	1	0
1:15-1:30	62	21	13	1	0	91	38	3	3	0	47	1	3	2	1
1:30-1:45	48	18	7	0	1	87	33	4	6	0	43	2	2	1	0
1:45-2:00	87	12	11	0	2	93	32	6	5	0	56	1	3	3	0
TOTAL	607	118	81	6	7	717	288	30	36	0	383	14	27	14	2
PROM	76	15	10	1	1	90	36	4	5	0	48	2	3	2	0
TOTAL	819					1071					440				
%	0,741	0,144	0,099	0,007	0,009	0,669	0,269	0,028	0,034	0,000	0,870	0,032	0,061	0,032	0,005
4:00-4:15	74	12	14	14	2	72	35	2	8	0	59	7	5	6	0
4:15-4:30	114	6	15	16	1	66	38	0	3	0	60	7	21	3	0
4:30-4:45	78	7	13	12	4	76	40	2	2	1	46	4	19	5	0
4:45-5:00	74	8	15	8	2	73	37	5	8	1	54	6	10	5	0
5:00-5:15	76	12	12	4	1	71	33	4	4	0	53	6	21	5	0
5:15-5:30	87	11	11	7	2	65	27	2	2	0	59	7	15	3	0
5:30-5:45	78	12	15	2	0	74	32	1	7	1	45	7	13	7	0
5:45-6:00	81	14	9	9	1	65	36	3	4	0	48	5	19	6	0
TOTAL	662	82	104	72	13	562	278	19	38	3	424	49	123	40	0
PROM	83	10	13	9	2	70	35	2	5	0	53	6	15	5	0
TOTAL	933					900					636				
%	0,710	0,088	0,111	0,077	0,014	0,624	0,309	0,021	0,042	0,003	0,667	0,077	0,193	0,063	0,000

Fuente: Elaboración Propia