

EVALUACION DE PROPUESTA DE EVOLUCION DE INTERSECCION SEMAFORIZADA
A GLORIETA

EDER YERSON DAVID MONCADA GRANADOS
DIEGO GIOVANNI CASTILLO LABRADOR

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTA D.C.
2017

EVALUACION DE PROPUESTA DE EVOLUCION DE INTERSECCION SEMAFORIZADA
A GLORIETA

EDER YERSON DAVID MONCADA GRANADOS
DIEGO GIOVANNI CASTILLO LABRADOR

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TITULO DE INGNIERO CIVIL

DIRECTOR
ENDER JHOBANY ORDUZ DUARTE
INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTA D.C.
2017



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre para:



Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

El licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe darle crédito a esta obra de manera adecuada, proporcionando un enlace a la licencia, e indicando si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con finés comerciales.

Nota de aceptación

Ing. ENDER JHOBANY ORDUZ DUARTE
Directora de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C., Mayo, 2017

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Dios por estar en cada etapa de este largo camino y en cada situación difícil que tuvimos apareció con su sabiduría mostrándonos el camino más adecuado para superar las pruebas.

A nuestras familias que nos apoyaron con ánimo fortaleza y muchas veces con recursos económicos.

Al profesor Jhobany Orduz por brindarnos su apoyo y conocimiento en el área de vías y transporte.

Al colegio William Mackinley por brindarnos sus instalaciones para las actividades en campo y tener una mayor seguridad.

A la compañía TRANSOFT SOLUTIONS por suministrarnos la licencia de prueba del programa Torus.

A la compañía TPV GROUP por suministrarnos la licencia de prueba del programa Vissim.

A la Universidad Católica de Colombia por admitirnos y acogernos en el programa de ingeniería civil acompañándonos en el proceso de ser profesionales.

A todas aquellas personas que aportaron en algún momento para nuestro crecimiento profesional.

CONTENIDO

GLOSARIO CONCEPTUAL	13
INTRODUCCION	17
1 GENERALIADES	18
1.1 PLANTEAMIENTOS DEL PROBLEMA	18
1.2 OBJETIVOS	19
Objetivo general.	19
Objetivos específicos.	19
1.3 JUSTIFICACION	19
1.4 DELIMITACION	20
Espacio.	20
Tiempo.	21
Contenido.	21
Alcance.	21
1.5 MARCO TEORICO	21
Intersecciones tipo glorieta.	23
Turbo glorieta.	23
Avances en el medio internacional.	30
Glorieta tipo flower.	31
Construcción de glorieta flower modificando una glorieta convencional.	32
Glorieta tipo target.	33
Comparación entre la glorieta turbo, flower y convencional.	35
1.6 MARCO HISTORICO	39
1.7 METODOLOGÍA	41
Tipo de estudio.	41
1.8 DISEÑO METODOLOGIA	42
2 DESARROLLO DEL PROYECTO	43
2.1 CONFIGURACION GEOMETRICA DE LA INTERSECCION A EVALUAR	43
2.2 LOCALIZACION	43
2.3 TIPO DE VIA	44

2.4	MOVIMIENTOS	45
2.5	CONTEOS HISTORICOS	46
2.6	AFOROS	48
2.7	CRECIMIENTO VEHICULAR	56
2.8	ANÁLISIS DE VELOCIDAD	57
2.9	GEOMETRIA INTERSECCION ACTUAL	59
2.10	MODELO DE MICROSIMULACION INTERSECCION ACTUAL	60
2.11	GLORIETA CONVENSIONAL	62
2.12	GLORIETA TIPO TURBO	64
2.13	MODELO DE MICROSIMULACION TURBO GLORIETA	66
2.14	FLUJOS PERMITIDOS	67
3	RESULTADOS	69
4	CONCLUSIONES	74
5	RECOMENDACIONES	76
5.1	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	76
5.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	77
5.3	SEPARACIONES DE CARRILES	79
5.4	SEGURIDAD VIAL	80
6	BLIBLIOGRAFIA	81

LISTA DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1 Criterios de diseño de una glorieta	23
Tabla 2 Tipos de Turbo Glorieta en función de la capacidad.....	27
Tabla 3 Radios y otra dimensiones de la turbo glorieta básica.....	29
Tabla 4 Aforos históricos	46
Tabla 5 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 6:40 am	48
Tabla 6 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 7:40 pm	50
Tabla 7 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 1:20 pm	52
Tabla 8 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 6:40 am (sábado)	54
Tabla 9 Volumen vehicular actual e histórico.....	56
Tabla 10 crecimiento vehicular	56
Tabla 11 Velocidades	58
Tabla 12 Velocidades intersección actual (modelo Vissim)	71
Tabla 13 Velocidades turbo glorieta (modelo Vissim)	71
Tabla 14 distancia de recorrido intersección actual (modelo Vissim).....	72
Tabla 15 distancia de recorrido turbo glorieta (modelo Vissim)	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Intersección carrera 50 con avenida calle 24.....	20
Figura 2. Esquema básico de una intersección tipo glorieta.....	22
Figura 3. Geometría típica de una Turbo glorieta	24
Figura 4. Glorieta tipo Turbo-Sentido de flujo	25
Figura 5. Alternativas geométricas de Turbo Glorietas	26
Figura 6. Distribución de puntos de conflicto.	28
Figura 7. Distribución de radios en la Turbo Glorieta.....	29
Figura 8. Turbo glorieta básica en Rotterdam (Holanda).	30
Figura 9. Glorieta tipo Flower.....	31
Figura 10. Glorieta tipo <i>Flower</i> construcción en 4 pasos.	32
Figura 11. Modelo simulado de la glorieta <i>Flower</i> con PTV VISSIM 5.....	33
Figura 12. Esquema típico de una glorieta target	34
Figura 13. Puntos de conflicto en una glorieta de destino	35
Figura 14. calle 19 con carrera 9	39
Figura 15. calle 19 con carrera 9 actualmente	40
Figura 16. Av. NQS con calle 8 sur.....	40
Figura 17. Av. Ciudad de Cali con calle 42 ^a Sur	41
Figura 18. Localización general.	43
Figura 19. Tipo de vía carrera 50.....	44
Figura 20. Tipología de vía.	45
Figura 21. Movimientos permitidos en la intersección.	45
Figura 22. Clasificación de vehículos.....	47
Figura 23. Velocidades.	59
Figura 24. Levantamiento geométrico en planta.	60
Figura 25. Modelo Intersección semaforizada actual.....	61
Figura 26. Reglas de prioridad en el modelo de la intersección actual.	61
Figura 27. Vehículo WB-17.....	62
Figura 28. Diseño glorieta convencional.	63
Figura 29. Conflicto en retorno.....	63
Figura 30. Tipos de turbo glorieta.	64
Figura 31. Maniobra de giro en turbo glorieta.	65
Figura 32. Diseño glorieta tipo turbo.	66
Figura 33. Modelo Intersección turbo glorieta.....	67
Figura 34. Flujos permitidos al ingresar sobre la carrera 50 sentido sur o norte. ..	68
Figura 35. Flujos permitidos al ingresar sobre la avenida calle 24 sentido oriente u occidente	68
Figura 36. Flechas sobre el pavimento (medidas en metros)	76

Figura 37. Señalización horizontal turbo glorieta.....77
Figura 38. Señal tipo croquis78
Figura 39. Señal aproximación de glorieta.....78
Figura 40. Señal ceda el paso.78
Figura 41. Tachones.....79

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1 escenario 40% de tráfico flujo por la derecha.....	36
Grafica 2 escenario 60% de tráfico flujo por la derecha.....	37
Grafica 3 escenario 80% de tráfico flujo por la derecha.....	38
Grafica 4 Volúmenes de vehículos 6:40 am	49
Grafica 5 Volúmenes de vehículos 7:40 am	51
Grafica 6 Volúmenes de vehículos 1:20 am	53
Grafica 7 Volúmenes de vehículos 6:40 am (sábado)	55
Grafica 8 Comparación años 2014-2017	57

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. AFOROS

ANEXO B. VELOCIDADES

ANEXO C. PLANO INTERSECCION ACTUAL

ANEXO D. MODELO VISSIM INTERSECCION ACTUAL

ANEXO E. PLANO GLORIETA CONVENCIONAL

ANEXO F. REPORTE TORUS GLORIETA TIPO TURBO

ANEXO G. PLANO TURBO GLORIETA

ANEXO H. MODELO VISSIM TURBOGLORIETA

ANEXO I. ANALISIS DE VELOCIDADES Y DISTANCIAS MODELOS VISSIM

ANEXO J. ANIMACIONES VISSIM

ANEXO K. FOTOS

ANEXO L. LICENCIAS

ANEXO M. LOCALIZACION

GLOSARIO CONCEPTUAL

BERMA: Fajas comprendidas entre los bordes de la calzada y las cunetas. Sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodadura, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada.

BOMBEO: Pendiente transversal en las entre tangencias horizontales de la vía, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua. Está pendiente, va generalmente del eje hacia los bordes.

CALZADA: Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos. Generalmente pavimentada o acondicionada con algún tipo de material de afirmado.

CAPACIDAD: Número máximo de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de la vía en los dos sentidos por unidad de tiempo, bajo las condiciones imperantes de vía y de tránsito.

CARRETERA: Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

CARRIL: Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

CORONA: Corresponde al conjunto formado por la calzada y las bermas.

CUNETETA: canal, de sección triangular o rectangular, paralelo al eje de la vía ubicado entre el sardinel y la calzada de una calle, destinado a recoger y conducir por gravedad las aguas pluviales desde la superficie de rodamiento y en algunos casos, desde terrenos aledaños, hacia los sumideros y alcantarillas.

CURVA DE TRANSICIÓN: Son aquellas que proporcionan una transición o cambio gradual en la curvatura de la vía, desde un tramo recto hasta una curvatura de grado determinado, o viceversa. Son ventajosas porque mejoran la operación de los vehículos y la comodidad de los pasajeros, por cuanto hacen que v varíe en forma gradual y suave, creciente o decreciente, la fuerza centrífuga entre la recta y la curva circular, o viceversa.

CURVA HORIZONTAL: Trayectoria que une dos tangentes horizontales consecutivas. Puede estar constituida por un empalme básico o por la combinación de dos o más de ellos.

CURVA VERTICAL: Curvas utilizadas para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos; permiten la seguridad, comodidad y la mejor apariencia de la vía. Casi siempre se usan arcos parabólicos porque producen un cambio constante de la pendiente.

DISEÑO EN PLANTA: Proyección sobre un plano horizontal de su eje real o

espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por trayectorias curvas.

DISEÑO EN PERFIL: Proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.

DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal.

EMPALME BÁSICO: Trayectorias horizontales que integran la curva horizontal. Un empalme básico puede ser circular, circular compuesto, espiral – círculo – espiral, espiral – espiral, espiral – espiral inversa y arco de espiral que une dos círculos de igual sentido.

INTERSECCIÓN: Dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran ya sea en un mismo nivel o bien en distintos, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellos circulan.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: El levantamiento topográfico se realiza midiendo la distancia que hay entre los diferentes vértices (esquinas) del terreno, así como sus ángulos que se forman entre dichos puntos y vértices, una vez obtenida ésta información se concluye el trabajo con la representación gráfica del mismo (plano), en donde encontraremos los vértices del terreno, las distancias entre ellos, los ángulos, los rumbos, el perímetro y el área de la superficie. Para poder realizar este tipo de trabajo pueden utilizarse los siguientes aparatos: teodolito, estación total, etc.

OBRAS DE DRENAJE: Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la carretera y restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado.

OBRAS DE SUBDRENAJE

Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua del suelo a fin de garantizar la estabilidad de la banca y de los taludes de la carretera. Ello se consigue interceptando los flujos subterráneos, y haciendo descender el nivel freático.

PAVIMENTO: Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la Sub rasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñado la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos.

PAVIMENTO FLEXIBLE: Tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre capas de material no ligado.

PAVIMENTO RÍGIDO: Es aquel que fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido.

PERALTE: Inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia.

RASANTE: Es la proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de la vía.

REPLANTEO: Actividades topográficas encaminadas a localizar un proyecto vial en el terreno para su posterior construcción. Se apoya en los planos de diseño y 15 en las bases de topografía empleadas previamente en el levantamiento del corredor vial.

SEÑALIZACIÓN VERTICAL: Placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

SEPARADOR: zonas verdes o zonas duras colocadas paralelamente al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central o mediana) o para separar calzadas destinadas al mismo sentido de tránsito (calzadas laterales).

SOBREANCHO: Aumento en la sección transversal de una calzada en las curvas, con la finalidad de mantener la distancia lateral entre los vehículos en movimiento.

SUBRASANTE: Superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

TALUD: Paramento o superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén.

TURBO ROTONDA: Turbo Glorieta

VÍAS URBANAS: Se refiere a las vías que identifican a las calles de una determinada ciudad o pueblo. En estas se crea una circulación mixta, donde los accesos e intersecciones son muy comunes y los recorridos que se realizan son cortos.

VÍAS INTERURBANAS: Estas vías están constituidas por las carreteras localizadas fuera del poblado. Por medio de estas transitan solo medios de transporte a motor, en donde hay señales de tránsito y accesos separados en el espacio para un mejor tránsito donde comúnmente el recorrido es largo.

VEHÍCULO: Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas o mercancías de un punto a otro.

VELOCIDAD DE DISEÑO: Velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas 16 mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad.

RESUMEN

En este trabajo se determinó por medio de modelos de micro simulación las diferencias de funcionamiento para una intersección controlada por semáforos contra la misma intersección implementando una turbo glorieta, evidenciando mejoras en la movilidad y seguridad, dentro de los aportes del trabajo se encuentran intervenir una intersección con la nueva propuesta de glorieta que se acopla a las situaciones de tránsito de la ciudad de Bogotá, se hace énfasis en la cultura por cumplir con la señalización ya que el éxito de la propuesta depende principalmente del cumplimiento de las normas de tránsito.

Palabras claves: Aforo, glorieta, intersección, turbo glorieta.

ABSTRACT

The presented work has been developed by micro-simulations. There have been clearly established the differences between a traffic intersection governed by conventional traffic lights and a "turbo" roundabout. This last alternative has shown a slight improvement in safety and traffic fluency. Among the contributions that this project implements are to modify various intersections to "turbo" roundabouts. This proposal is fairly suitable to the particular traffic conditions in Bogotá. It is vital to emphasize that the civility and respect for others drivers and traffic signs will be determined to the success of the project.

Keywords: seating, roundabouts, intersection, "turbo" roundabouts.

INTRODUCCION

Actualmente muchas de las intersecciones de Bogotá, en vías arterias y colectoras, se presentan congestiones de vehículos en horas pico debido a que no se satisface el funcionamiento y desplazamiento vehicular. “A pesar de los puentes inaugurados en la 100 con 15 sigue el trancón”.¹

Para mejorar la movilidad se han desarrollado diseños innovadores en países como Holanda, Dinamarca, Eslovenia Macedonia e Inglaterra entre otros, con el fin de maximizar y potencializar los diseños convencionales con el fin de lograr mayor capacidad vehicular y minimizar los riesgos en punto de conflicto entre los diferentes actores del tránsito como lo son los flujos motorizados y no motorizados.²

Entre este grupo de soluciones se encuentran las glorietas, cuyos diseños iniciales se fundamentan en la no detención de los flujos vehiculares mediante la circulación radial en carriles compartidos y con prioridad de los ramales de salida; estas soluciones presentan limitantes en su operación al no lograr una adecuada organización una vez los vehículos se encuentran en la calzada anular, propiciando varios puntos de conflicto en las maniobras de entrada y salida de vehículos, con mayor riesgo de accidentalidad. En función de esta problemática se ha identificado el desarrollo de Intersecciones Innovadoras mediante nuevos diseños geométricos procurando la reducción de dichos puntos de conflicto y por lo tanto logrando mejoras sustanciales en indicadores de operación, velocidad y seguridad vial al reducir la posibilidad de contacto entre los flujos.³

La universidad católica de Colombia ante la problemática del alto volumen de tráfico y el funcionamiento de los diseños geométricos, que presentan las intersecciones en Bogotá con congestiones progresivas, razón por la cual la presente tesis pretende proponer soluciones con diversos diseños que se han aplicado a nivel mundial en los países mencionados anteriormente ya que estos cuentan con un gran desarrollo vial que ayudaría al avance de movilidad en Bogotá y que podría ser de ejemplo para las demás ciudades de Colombia basándose en trabajos anteriores y seguir con el estudio al buen funcionamiento vial en Bogotá

¹ (El tiempo, 2011)

² (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts*, 2015)

³ (*Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance*, 2009)

1 GENERALIADES

1.1 PLANTEAMIENTOS DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta el escenario presentado en el documento donde la mayoría de intersecciones de la ciudad de Bogotá presentan una fuerte demanda vial que no es satisfecha por la infraestructura urbana y constantemente causan accidentes por la congestión de la misma es necesario priorizar en soluciones novedosas y de bajo costo, se identifican las intersecciones semaforizadas como el contexto apropiado para la formulación de una investigación en busca de la mejora en el diseño vial, de esta manera el problema a resolver se define de la siguiente manera:

¿En las intersecciones semaforizadas de la ciudad de Bogotá existen problemas de Geometría y Capacidad?

Las intersecciones de Bogotá presentan congestionamiento evidenciando cada día el problema que va en aumento, se ha identificado también en algunas situaciones la problemática puede radicar en algunos semáforos en los cuales presentan fallos y esto genera un gran problema en la hora de movilidad lo cual los conductores de los vehículos les toca conducir con precaución, una de las soluciones es de mejoramiento de tiempos en los semáforos o prestar un servicio de mantenimiento más efectivo para evitar estos conflictos o reduciendo semáforos y aplicar diseños que permitan un buen desempeño de movilidad como puede ser una glorieta con un buen diseño geométrico.

En este sentido, la interrogante que resolverá la investigación propuesta es la siguiente:

¿Las glorietas ofrecen una solución vial y diseño geométrico reemplazando las intersecciones semaforizadas desde el punto de vista de geometría y capacidad, aplicables en el medio urbano de la ciudad de Bogotá?

1.2 OBJETIVOS

Objetivo general. Proponer un diseño geométrico de intersección a flujo libre que permita mejorar la movilidad actual de la intersección semaforizada que se encuentra entre la avenida carrera 50 con avenida calle 24

Objetivos específicos.

- Identificar las características geométricas y de tránsito de las Intersecciones, fundamentadas en la investigación de documentación nacional e internacional, para esquematizar la operación de las mismas.
- Definir la metodología para el diseño geométrico en planta de la nueva alternativa de movilidad de la intersección en la avenida carrera 50 con avenida calle 24 proponiendo una glorieta.
- Caracterizar los datos del tránsito de la intersección ubicada en la avenida carrera 50 con avenida calle 24.
- Diseñar una intersección a flujo libre tipo glorieta para la avenida carrera 50 con avenida calle 24 mejorando el flujo actual de la intersección semaforizada.
- Compilar la información y resultados de la investigación en documento de proyecto de grado con el fin de establecer un marco técnico para futuras investigaciones sobre este tipo de alternativa de infraestructura vial urbana para las intersecciones de la ciudad de Bogotá D.C.

1.3 JUSTIFICACION

La actualización de nueva infraestructura vial es una necesidad de las grandes ciudades; Bogotá es un escenario vulnerable en temas de Movilidad, en este sentido la Secretaria Distrital de Movilidad en la consultoría 2012-2013 toma de información de campo, como insumo del programa de monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C.⁴

El estudio **cartilla monitoreo tránsito y transporte urbano Bogotá 2014** suministra resultados obtenidos del estudio de volúmenes vehiculares de tránsito en estaciones maestras consolidado de acuerdo a la periodicidad, donde se

⁴ (Movilidad, 2014)

evidencia la saturación de tráfico en las principales intersecciones semaforizadas de la ciudad.

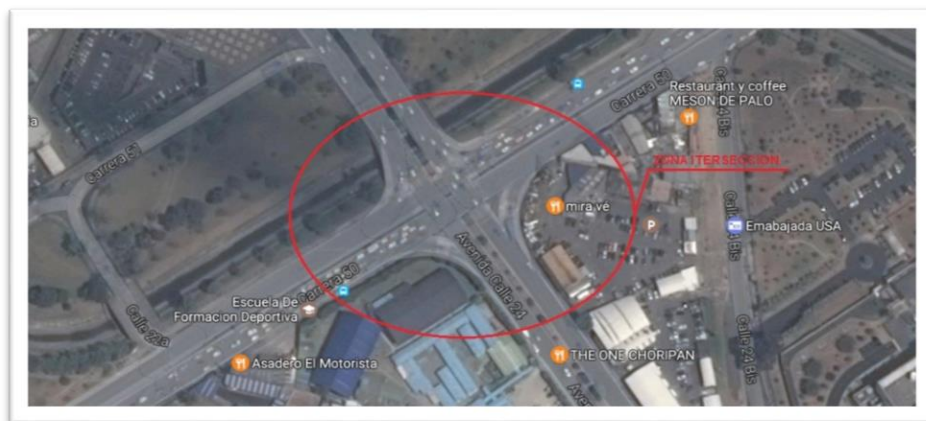
Se encuentran volúmenes considerables en algunas intersecciones evidenciadas en la cartilla de monitoreo tránsito y transporte, lo cual hace necesario soluciones novedosas que permitan una mejora en cuanto funcionamiento de las intersección a nivel de movilidad, velocidad y distancia de recorrido se analizara una intersección para poder dar una solución más adecuada.

Desde la práctica, el estudiante deberá aplicar los conocimientos básicos adquiridos en el aprendizaje de su pregrado en las líneas de asignaturas viales, lograr resultados adecuados en el pre diseño de estas Intersecciones, asegura la generación de destrezas para el planteamiento de soluciones complejas en las vialidades urbanas en cuanto a diseño geométrico.

1.4 DELIMITACION

Localización. El estudio se realizara en la intersección semaforizada entre la carrera 50 que consta de 3 carriles cada uno con 3.5 metros de ancho en cada dirección y la avenida calle 24 también con 3 carriles del mismo ancho ubicadas al sur occidente de la ciudad de Bogotá en la localidad de puente aranda la intersección brinda la posibilidad de girar siempre hacia la derecha sin semáforo pero continuar en el mismo sentido y girar hacia las izquierda sobre la carrera 50 sentido sur a norte se debe hacer con ayuda de los ciclos de los semáforos instalados, dos avenidas importantes para la ciudad ya que una atraviesa la ciudad de occidente a oriente y la otra da accesibilidad a grandes instituciones de la ciudad como la embajada americana la fiscalía el cantón militar y a los parques más grandes de la ciudad.

Figura 1. Intersección carrera 50 con avenida calle 24



Fuente (maps Google, 2017)

Tiempo. Las actividades fueron realizadas durante el periodo lectivo del semestre específicamente entre el enero y abril del año 2017 periodo en el cual se hacen aforos registros fotográficos y análisis del sector.

Contenido. El contenido del documento muestra la investigación previa de aplicaciones de glorietas para el mejoramiento de la movilidad en las ciudades, comparando el funcionamiento de una intersección semaforizada con el de una turbo glorieta en las mismas condiciones.

Alcance. El alcance de este proyecto es analizar una intersección controlada por semáforos identificando los problemas que hay en ella, y para este caso específico diseñar una glorieta innovadora tipo turbo y comparar los resultados del funcionamiento de los dos tipos de intersección señalando sus ventajas y desventajas.

1.5 MARCO TEORICO

Una glorieta es un tipo especial de intersección regulada con señal de prioridad en la que todos sus accesos se controlan con ceda el paso y estos empalman en un anillo circular dentro de la intersección donde los vehículos giran hasta llegar a su rama de salida. Si está correctamente diseñada, una glorieta transforma todos los conflictos direccionales en entrelaces, los que son menos agudos por lo tanto facilitan y agilizan el flujo vehicular.⁵

Las Intersecciones convencionales se basan en su geometría de eje o radio único con el fin de generar a otras rutas o espacios deseados, su principal función se basa en garantizar la movilidad y funcionamiento de una intersección.

A nivel de estudios de transito el Manual INVIAS del 2008 determina el cálculo de las secciones de entrecruzamiento.⁶

Ecuación 1 Capacidad de la sección de entrecruzamiento formula de Wardrop.

$$Q_p = 160 W \left(1 + \frac{e}{W}\right) / \left(1 + \frac{W}{L}\right)$$

Ecuación 1.

Ecuación 2 Ancho promedio entradas a la sección de entrecruzamiento.

$$e = (e_1 + e_2) / 2$$

Ecuación 2.

⁵ (Cardenas, 2000)

⁶ (Instituto nacional de vias, 2008)

Q_p: Capacidad de la sección de entrecruzamiento, en vehículos / Hora

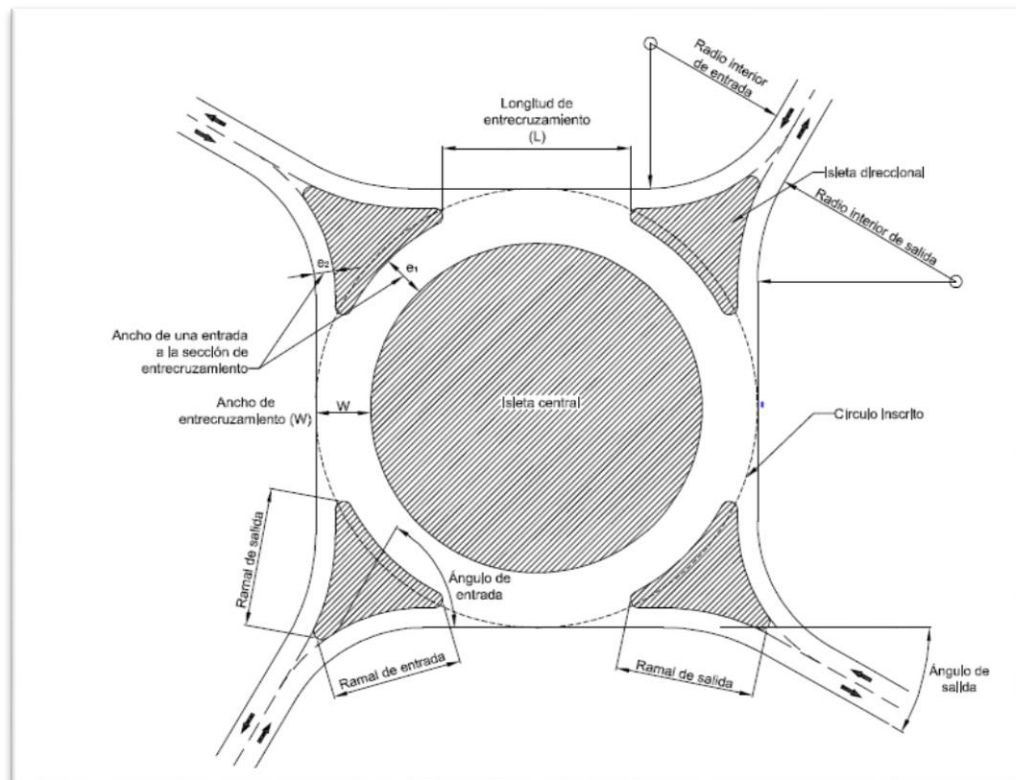
W: Ancho de la sección de entrecruzamiento en metros

e: Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento en metros.

e₁ y e₂: Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento en metros.

L: Longitud de la sección de entrecruzamiento en metros.

Figura 2. Esquema básico de una intersección tipo glorieta.



Fuente (Instituto nacional de vías, 2008)

En la figura 2 se muestra los diferentes componentes de una glorieta identificados en el manual de diseño geométrico de carreteras, se observan sus componentes más importantes y sus características principales.

Tabla 1 Criterios de diseño de una glorieta

DESCRIPCION	UNIDAD	MAGNITUD	
Diámetro mínimo de la isleta central	M	25	
Diámetro mínimo del círculo inscrito	M	50	
Relación W/L (sección de entrecruzamiento)		Entre 0.25 y 0.40	
Ancho sección de entrecruzamiento (W)	M	Máximo 15	
Radio interior mínimo de los accesos	De entrada De salida	M M	30 40
Angulo ideal de entrada		60°	
Angulo ideal de salida		30°	

Fuente (Instituto nacional de vías, 2008)

Las curvas horizontales circulares simples se definen como arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.⁷

Intersecciones tipo glorieta.

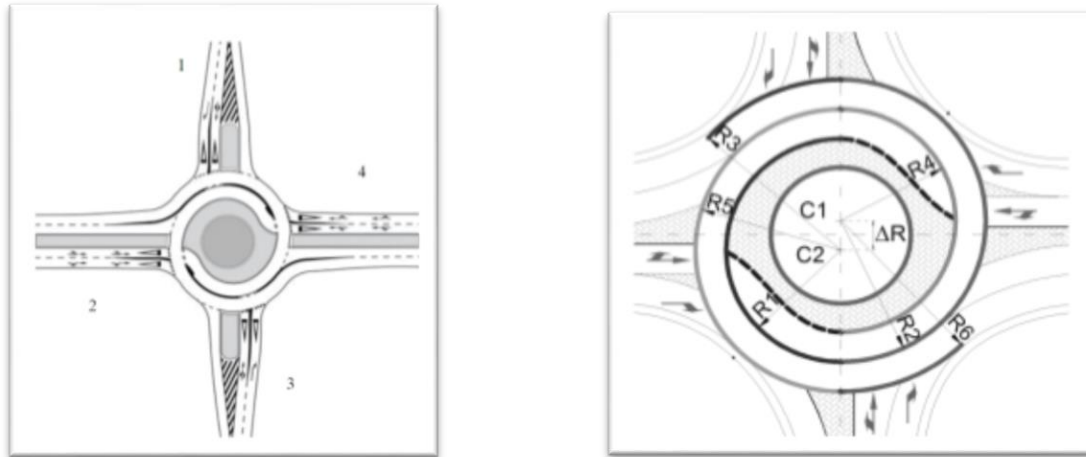
Turbo glorieta. Las Turbo Glorietas fueron concebidas en Holanda, en el año de 1996 por el profesor Lambertus G.H. Fortuijn del Departamento de Transporte y Planeación de la Facultad de Ingeniería Civil y Geo-ciencias de la Universidad de Tecnología de Delft Holanda.⁸

En la figura 3 se observara como es el diseño básico de una turbo glorieta en planta identificando las 4 intersecciones que se conecta a la glorieta, y se observara los distintos radios que la componen para que su diseño sea lo más adecuado posible y se tenga una buena circulación de todos los vehículos.

⁷ (Cardenas, 2000)

⁸ (Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance, 2009)

Figura 3. Geometría típica de una Turbo glorieta



Fuente (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts*, 2015)

Características geométricas. De acuerdo con las características geométricas principales de la Turbo Glorieta, estas se basan en los siguientes condicionantes: Tienen más de un carril en la calzada de giro. El carril correcto debe seleccionarse antes de llegar a la intersección. Los volúmenes entrantes deben ceder el paso a los volúmenes que giran, limitando a dos el número de carriles a los que se le cederá el paso. Esto se hace por cada acceso.

La forma geométrica de la Turbo Glorieta, evita los giros en contravía y los entrecruzamientos como se muestra el sentido de flujo (Figura 4).

Los volúmenes que vienen de la izquierda tienen prelación. Existen algunas características únicas de las turbo glorietas que son consideradas esenciales, tales como:

La demarcación en espiral debe guiar, de forma fluida, el tráfico desde adentro hacia afuera, eliminando los conflictos por entrecruzamiento y previendo salidas de la calzada giratoria. La geometría de la glorieta debe permitir que al menos uno de los carriles se “inserte” dentro del islote central. Los bordes externos en los ingresos y salidas siempre se deben espiralizar con el objetivo de aumentar la comodidad y la seguridad vial.⁹

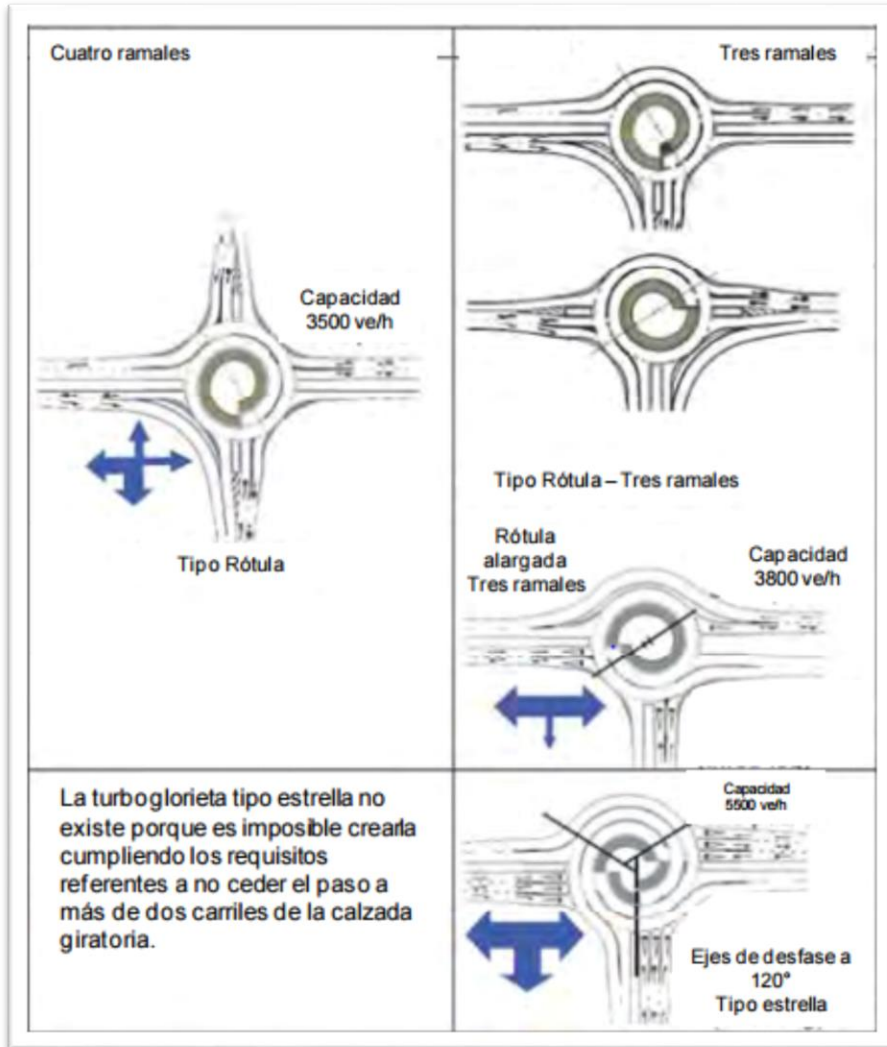
⁹ (Cruz, 2010)

Figura 4. Glorieta tipo Turbo-Sentido de flujo



Fuente (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts*, 2015)

Figura 5. Alternativas geométricas de Turbo Glorietas



Fuente (*Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance, 2009*)

Estas características geométricas presentan ventajas en seguridad y comodidad, entre las que se encuentran:

Mínimo riesgo de accidente durante las maniobras de cambio de calzada. En comparación con las glorietas convencionales, existe una reducción sustancial del número de conflictos de 16 a tan solo 10, dada la eliminación de los entrecruzamientos.¹⁰

¹⁰ (Cruz, 2010)

Elementos de diseño. Los elementos básicos de diseño en una Turbo Glorieta son:

- La seguridad vial.
- Las trayectorias vehiculares.
- La velocidad.

Características esenciales de diseño. Se consideraran algunas características de diseño que son esenciales para clasificar adecuadamente una turbo glorieta. Las características que propone Lenin Alexander Bulla Cruz son las siguientes.¹¹

- Uno de los carriles centrales o principales debe tener acceso o ingresar hasta al lado de la isla central de la glorieta.
- La demarcación en espiral debe guiar de forma fluida el tráfico desde adentro hacia afuera, eliminando los conflictos por entrecruzamiento y salida en la calzada giratoria.
- Las canalizaciones físicas remontables deben generar una curvatura óptima, manteniendo los vehículos en su carril, empleando un diámetro menor a las Intersecciones convencionales.
- En cualquier sección debe existir un punto de decisión en que deberá seguir en el tráfico de la glorieta o salir a la vía necesaria de dirección del vehículo.

Tipos de turbo glorieta. De acuerdo con la investigación adelantada por el profesor Lambertus G.H. Fortuijn, 2009, Se muestra en las tablas 2 y 3 diferentes tipos de glorieta definiéndolas de acuerdo al número de ramales y su capacidad de funcionamiento.

Tabla 2 Tipos de Turbo Glorieta en función de la capacidad.

Tipo	No. de ramales	Capacidad (pcu/h)
Knee - Rótula	4	3500
	3	3300
Stretched knee – Rótula alargada	3	3800
	3	5500
Star - Estrella	4	Solución imposible dado que no se cumpliría el criterio de ceder el paso a máximo dos carriles paralelos de la calzada giratoria.
Egg - Ovoide	3	-
	4	2800
Basic - Básica	3	-
	4	3500
Spiral - Espiral	3	-
	4	4000
Rotor	3	Considerada no funcional por su autor.
	4	4500

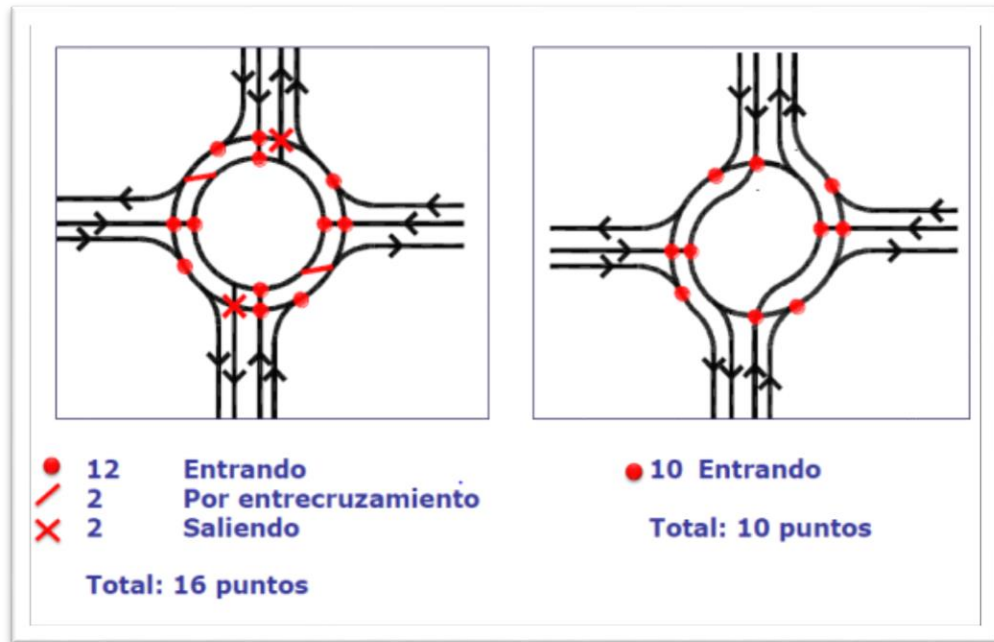
Fuente (*Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance, 2009*)

El diseño geométrico de turbo glorietas, en planta, parte de las condiciones de las

¹¹ (Cruz, 2010)

vías o ramales que confluyen en la intersección, tales como la posición de los ejes de diseño y el número de carriles. Dependiendo de la turbo glorieta elegida, cada una tiene unas características geométricas propias.¹²

Figura 6. Distribución de puntos de conflicto.



Fuente (*Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance, 2009*)

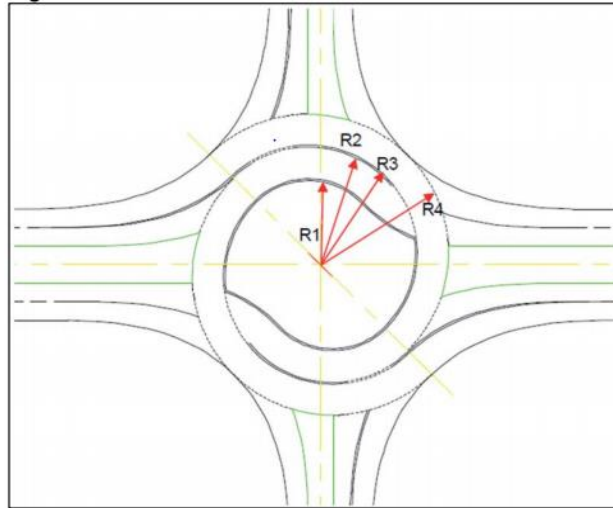
La turbo glorieta cuenta con ventajas sobre las convencionales una la seguridad en la figura 6 se observa como una glorieta convencional cuenta con mayor puntos de conflictos en las entradas y aún más por el cruce entre vehículos y las salidas, la turbo glorieta elimina conflictos por cruces y salidas mejorando la seguridad.

En las figura 7 se muestran la distribución de radios que se trabajan para el diseño de la glorieta turbo para obtener un buen funcionamiento teniendo en cuenta los factores de velocidades y volúmenes vehiculares, a continuación en la tabla 3 se muestran los diferentes radios a utilizar.¹³

¹² (Cruz, 2010)

¹³ (Cruz, 2010)

Figura 7. Distribución de radios en la Turbo Glorieta.



Fuente (*Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance, 2009*)

Tabla 3 Radios y otra dimensiones de la turbo glorieta básica.

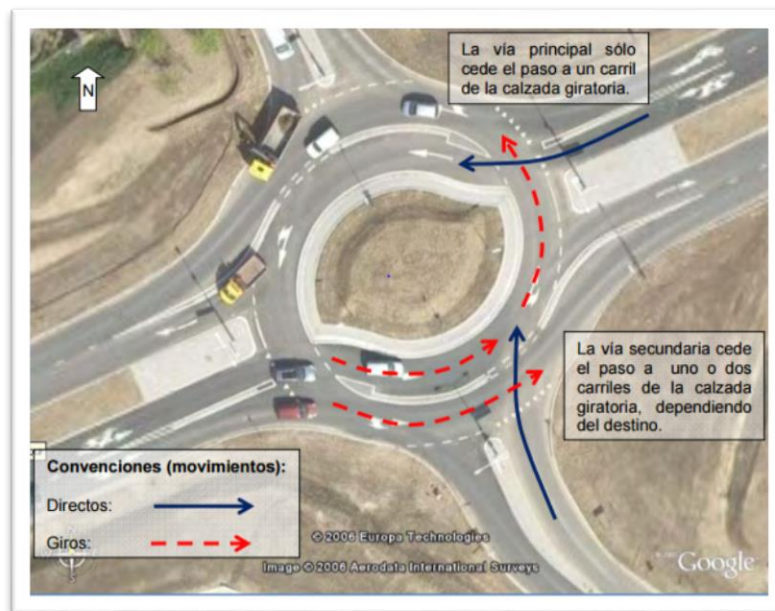
Parámetro	Radios y medidas (m)			
Radio interno de la isla central	R1	12.00		15.00
Radio externo, carril interno	R2	17.15		20.00
Radio interno, carril externo	R3	17.45		20.30
Radio externo, carril externo	R4	22.45		25.20
Ancho inicial, carril interno		5.30		5.15
Ancho final, carril interno		5.00		4.90
Ancho, carril externo		5.00		4.90
Diferencia entre el ancho de carril y el ancho entre líneas de demarcación			0.65	
Ancho del separador de carriles			0.30	
Distancia entre los puntos centrales para el traslado del carril interno		5.35		5.15
Distancia entre los puntos centrales para el traslado del carril externo		5.05		4.95
Diámetro inscrito mayor		49.95		55.35
Diámetro inscrito menor		45.18		50.64
Radio de entrada y radio de salida			10.00	
Radio de entrada del separador de carril			12.00	
Radio de giro del separador de carril			15.00	
Sobrecancho remontable de la isla central (vehículos de más de 22m de largo)			5.00	
Sobrecancho remontable en las esquinas de la intersección (giros derechos)			1.50 – 3.00	
Ancho remontable de la plataforma (vehículos de más de 22m de largo)			5.00	
Nota: Velocidad de paso de los vehículos livianos en la intersección (km/h)= 37-39.				

Fuente (Cruz, 2010)

Cabe destacar, que la Turbo Glorieta básica presentada como ejemplo consta de cuatro ramales, siendo los horizontales, los correspondientes al volumen principal; de ahí que cuenten con mayor número de carriles de entrada y salida, con la posibilidad de realizar los movimientos directos, derechos, izquierdos y de retorno al entrar a la intersección desde éstos, este tipo de diseño será valorado inicialmente, teniendo en cuenta que el estudio parte de la información disponible para Intersecciones convencionales, a continuación se relacionan los elementos característicos que deberán ser aplicados en una Turbo Glorieta.¹⁴

Avances en el medio internacional. En Holanda, se ha avanzado a grandes pasos en la construcción de turbo glorietas, como producto de esta experiencia, se han refinado las metodologías de diseño y construcción y así como los detalles geométricos que han mejorado la operación. Gracias a la información proporcionada directamente por el Profesor Fortuijn, se tiene referencia de dos documentos técnicos avalados por el Ministerio de Transporte de Holanda, en los que se presentan especificaciones y criterios a cumplir, en dicho país, en la formulación, implantación y operación en turbo glorietas. La primera de estas publicaciones es el Manual Práctico sobre Glorietas - Aplicación y diseño (2009) que presenta un capítulo dedicado a las turbo glorietas, en éste se aclara que las glorietas convencionales, no se construirán más y de hecho las existentes serán reemplazadas gradualmente por turbo glorietas.¹⁵

Figura 8. Turbo glorieta básica en Rotterdam (Holanda).



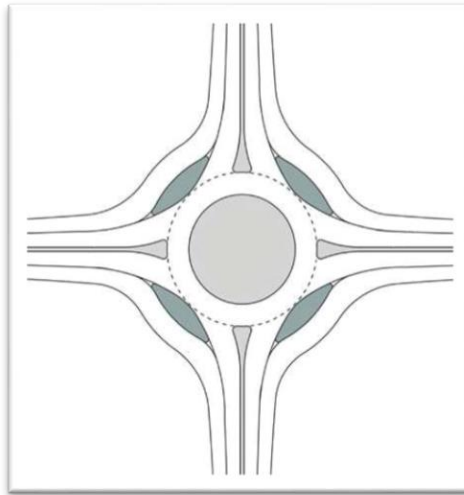
Fuente: (Google earth, 2010)

¹⁴ (Cruz, 2010)

¹⁵ (Cruz, 2010)

Glorieta tipo flower. Desde el punto de vista operacional, la estimación de los resultados en las Intersecciones innovadoras puede resultar compleja debido a la conducta impuesta a los usuarios por las características geométricas y funcionales del Diseño del trazado de la intersección.¹⁶

Figura 9. Glorieta tipo *Flower*



Fuente (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts , 2015*)

Las glorietas tipo *Flower* se caracterizan por tener carriles físicamente separados para vehículos que giran a la derecha, por lo tanto el anillo se utiliza principalmente por los vehículos de giro a la izquierda. Al separar los flujos de tráfico del sentido de giro a la derecha se tendrá una glorieta de un solo carril, sin ningún punto de conflicto en los demás carriles. Una ventaja favorable de la glorieta tipo *Flower* es que se puede trabajar en una glorieta de dos carriles existente, por lo cual se puede implementar su diseño sin ningún inconveniente, antes se aprovechará sus dimensiones para ajustar al diseño requerido. Este tipo de glorieta es atractiva para una variedad de investigaciones, tanto en relación con la capacidad como los impactos ambientales. En una glorieta tipo "*Flower*", se puede estudiar la capacidad de entrada que es una función del flujo de circulación en frente de la vía de entrada, en análisis el flujo que sale y los grados de saturación de los carriles y su comparación con los modelos tradicionales de dos carriles de entrada y de anillo, puede ser favorable en términos de capacidad (y por consiguiente retraso de vehículos), cuando la mayor parte del tráfico que entra en la intersección se dirige

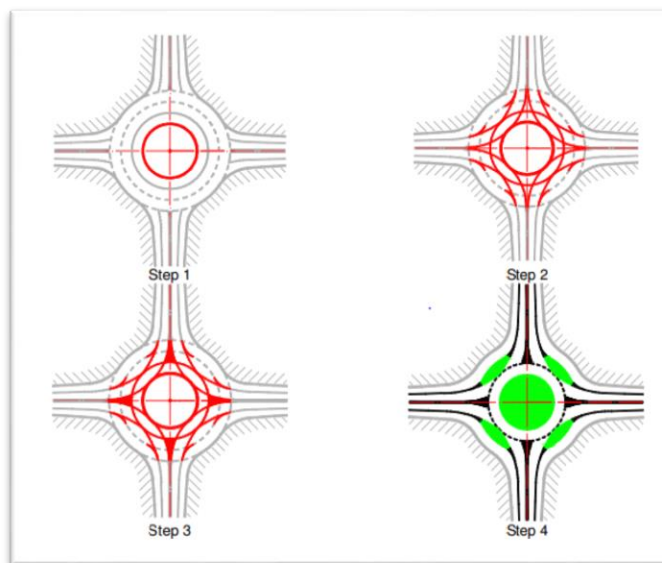
¹⁶ (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts , 2015*)

hacia el lado derecho. Las glorietas tipo *Flower* son una alternativa de dos carriles estándar, especialmente para garantizar los niveles de seguridad más altos.¹⁷

Construcción de glorieta *flower* modificando una glorieta convencional. Con el fin de transformar la glorieta normal de dos vías, los carriles de giro a la derecha se conectarán directamente con la segunda vía formando islas divisorias.¹⁸

Para la reconstrucción de la glorieta convencional a una tipo *flower* se deben seguir los pasos que se muestran en la figura 10.

Figura 10. Glorieta tipo *Flower* construcción en 4 pasos.



Fuente (*Slovenian experiences with alternative types of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011*)

Paso 1(*Step-1*): La vía de circulación adicional hacia el centro de la glorieta se implementará.

Pasó 2(*Step-2*): Las líneas de construcción de entradas y salidas se prolongan.

Pasó 3(*Step-3*): Las islas divisorias se prolongan para una circulación del Carril de tráfico hacia el centro de la rotonda.

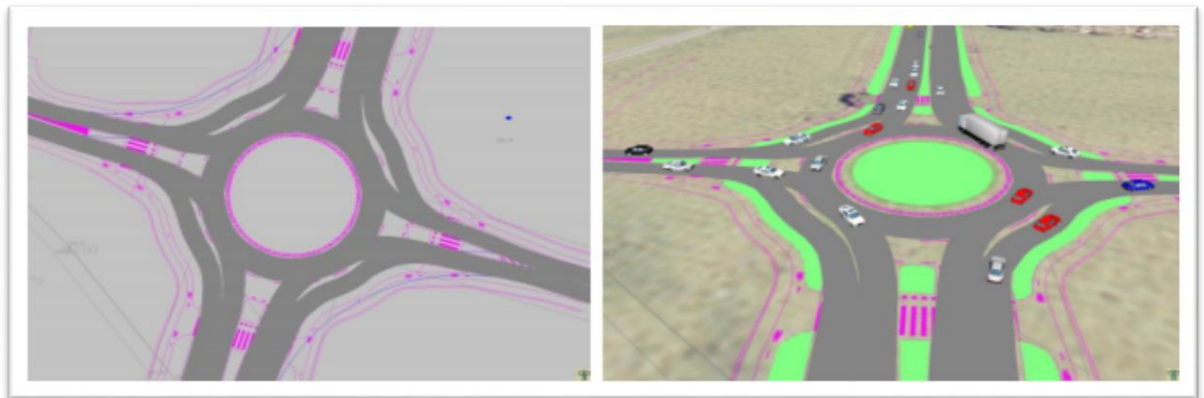
¹⁷ (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts , 2015*)

¹⁸ (*Slovenian experiences with alternative types of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011*)

Pasó 4(*Step-4*): Las superficies redundantes se reordenan en áreas verdes debido a que la forma de las islas divisorias, creadas por la reconstrucción de la glorieta "normal" de dos carriles, se parece a una flor, puede ser llamado en breve la glorieta *Flower*. Esta solución es posible en cuatro carriles, así como en dos carriles. En el caso de la carretera de dos carriles, se implementa una vía de tráfico suficientemente larga, antes de la entrada y salida.¹⁹

Avances en el medio internacional en Eslovenia. Durante los últimos veinte años en la República de Eslovenia las glorietas se han vuelto atractivas para diseñadores. Hasta ese momento, en Eslovenia prácticamente no se tuvo experiencias significativas con glorietas y sus ventajas en el tráfico. Por el momento, en Eslovenia se tiene 256 Glorietas, 72% en caminos estatales, 28% en municipios y caminos privados. Se tiene aproximadamente 150 glorietas de un solo carril, aproximadamente 42 glorietas de 3 carriles, cerca de 20 mini glorietas, algunas grandes glorietas (por encima o por debajo de las carreteras), y algunos ejemplos de glorietas dobles de ambos lados de las autopistas (glorietas de campanillas) de cruce de diamantes.²⁰

Figura 11. Modelo simulado de la glorieta *Flower* con PTV VISSIM 5



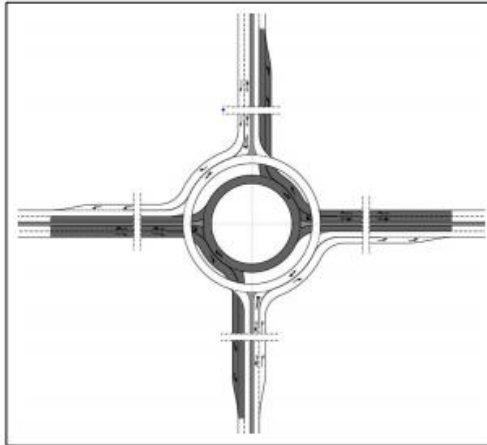
Fuente (*Slovenian experiences with alternative types of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011*)

Glorieta tipo *target*. La glorieta *Target* está diseñada de uno o dos carriles, esta puede tener diferentes dimensiones, diámetros exteriores, ubicados en dos niveles ilustrados en la Figura 12.

¹⁹ (*Slovenian experiences with alternative types of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011*)

²⁰ (*Slovenian experiences with alternative types of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011*)

Figura 12. Esquema típico de una glorieta target



Fuente (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts* , 2015)

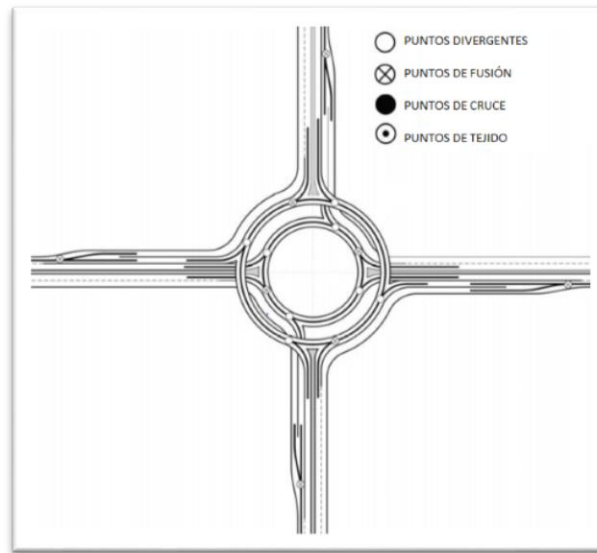
Elementos de diseño. La glorieta tiene su propio carril por separado y cuenta con dos niveles permite conducir desde todas las direcciones, y este tipo de glorieta permite errores, si un conductor permanece erróneamente en la izquierda en la parte de la entrada, el conductor puede girar a la derecha para poder entrar a realizar el cruce debido (a diferencia de la turbo glorieta). Las glorietas de este tipo son útiles en áreas suburbanas, donde hay mucho espacio, e intercambios de dos niveles. Sin embargo, esta solución es también aceptable en las zonas urbanas debido a sus reducidas dimensiones.²¹

Características de seguridad de tráfico. Mediante la separación física del tráfico de giro a la derecha se obtiene una glorieta de un solo carril, donde no hay cruce de puntos de conflicto, a diferencia de lo que sucede en la glorieta normal de dos carriles. Cualquier posible punto de conflicto de la vía de circulación hacia el tramo de carretera se debe hacer antes de llegar a la glorieta como en el caso de las glorietas tipo turbo y *flower*, que son una solución más segura desde el punto de vista de la seguridad vial. En la glorieta sólo hay ocho puntos de conflicto divergentes como en el caso de dos glorietas de un solo carril. La conducción en la glorieta de destino es la misma que en la glorieta turbo, la misma filosofía de señalización y marcado de carril.²²

²¹ (*Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts* , 2015)

²² (*New type of roundabout: dual one-lane roundabouts on two levels with right-hand turning bypasses – "target roundabout"*, 2013)

Figura 13. Puntos de conflicto en una glorieta de destino



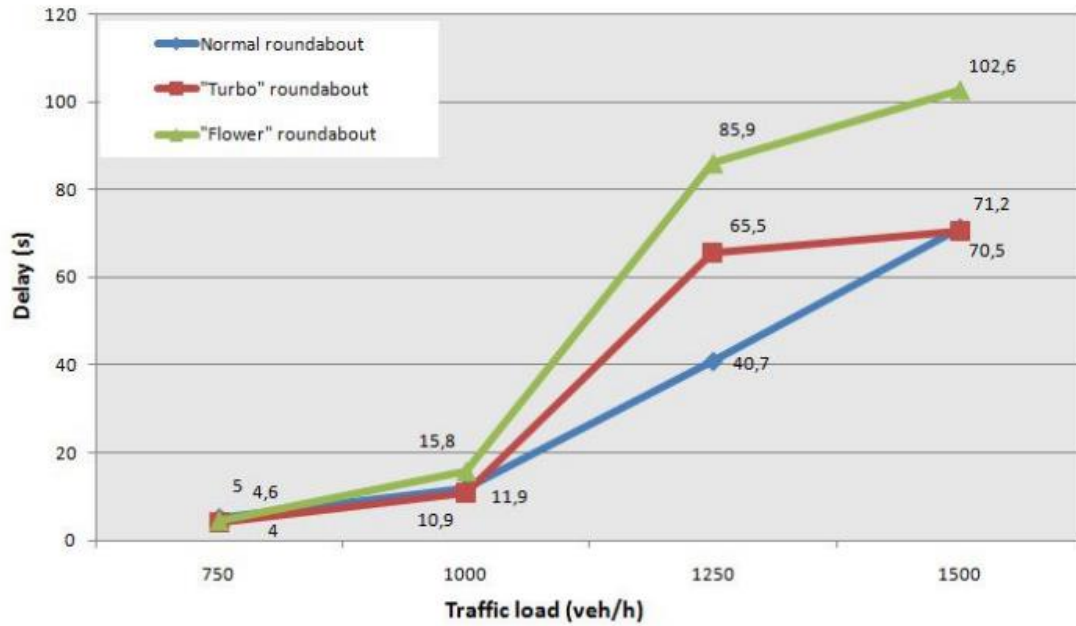
Fuente (*New type of roundabout: dual one-lane roundabouts on two levels with right-hand turning bypasses – "target roundabout", 2013*)

Comparación entre la glorieta turbo, Flower y convencional. Mediante un modelo matemático y la simulación 3d de una glorieta con el programa PTV VISSIM 5 se compararon las glorietas y se analizaron mediante porcentajes de saturación en 3 escenarios, uno al 40% al 60% y el final a 80% los resultados fueron mostrados en las siguientes gráficas.²³

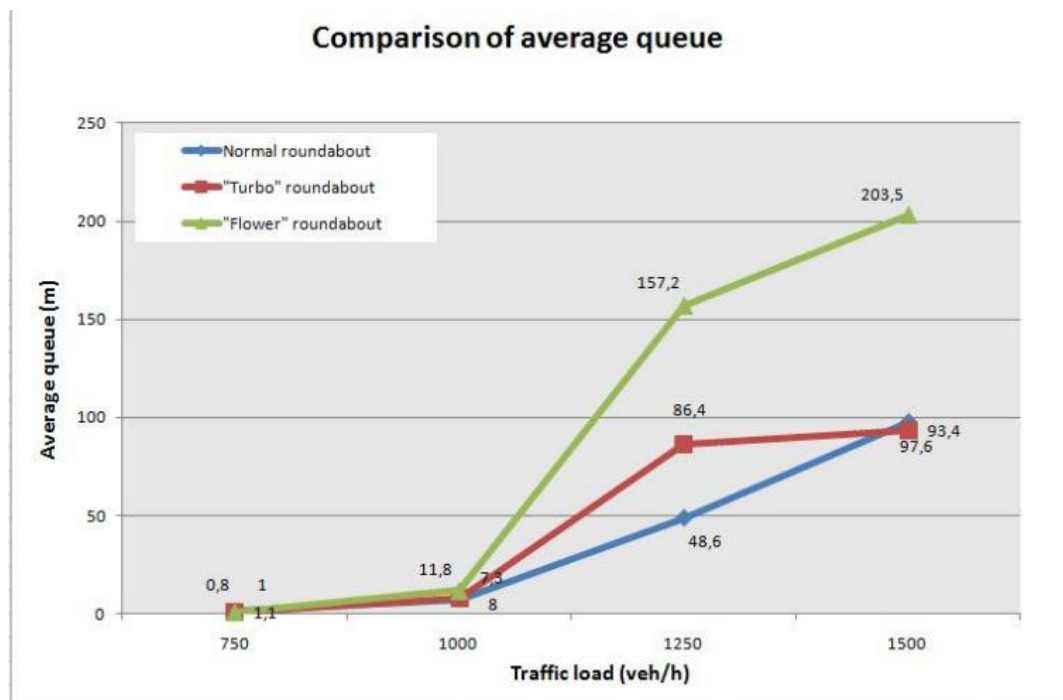
²³ (*Slovenian experiences with alternative types of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011*)

Grafica 1 escenario 40% de tráfico flujo por la derecha

Comparison of delay



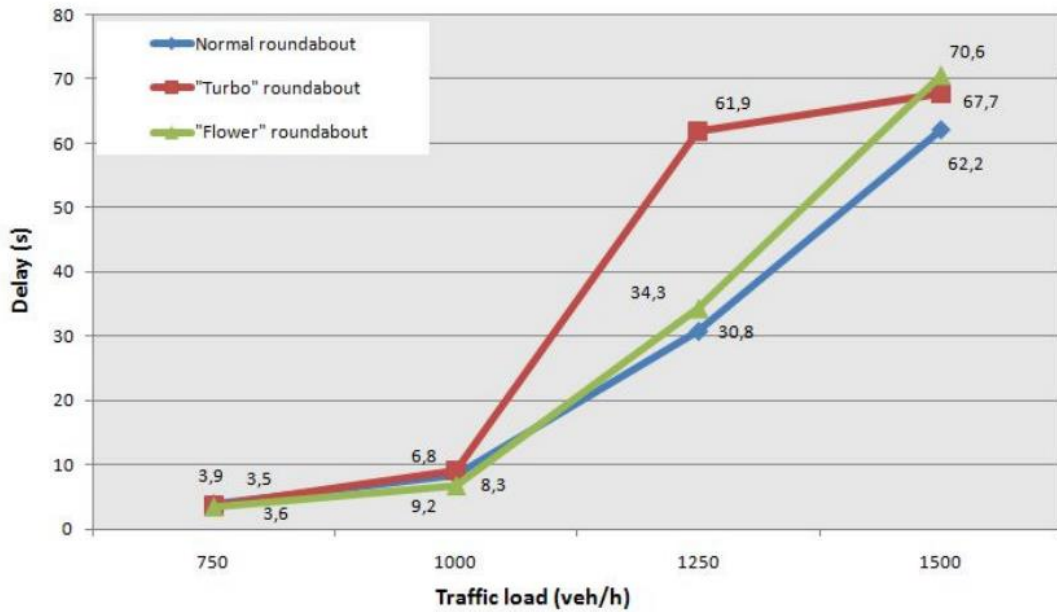
Comparison of average queue



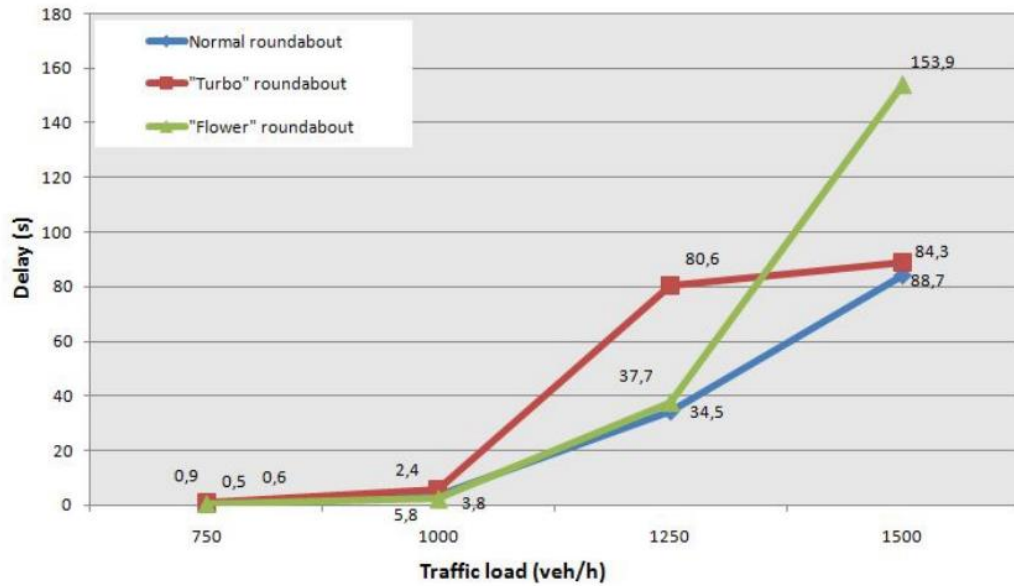
Fuente (Slovenian experiences with alternative tipos of roundabouts "turbo" and "flower" roundabouts, 2011)

Grafica 2 escenario 60% de tráfico flujo por la derecha

Comparison of delay

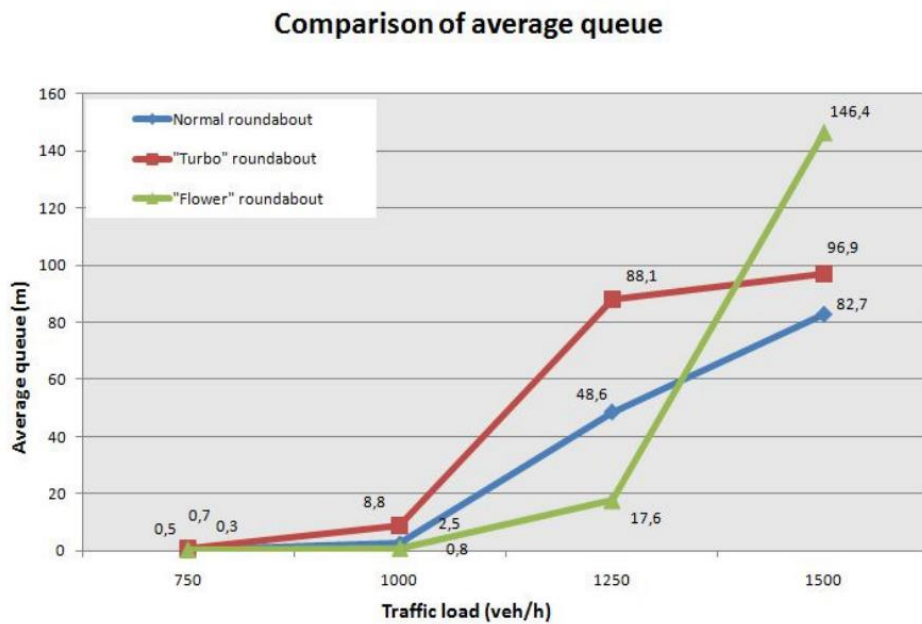
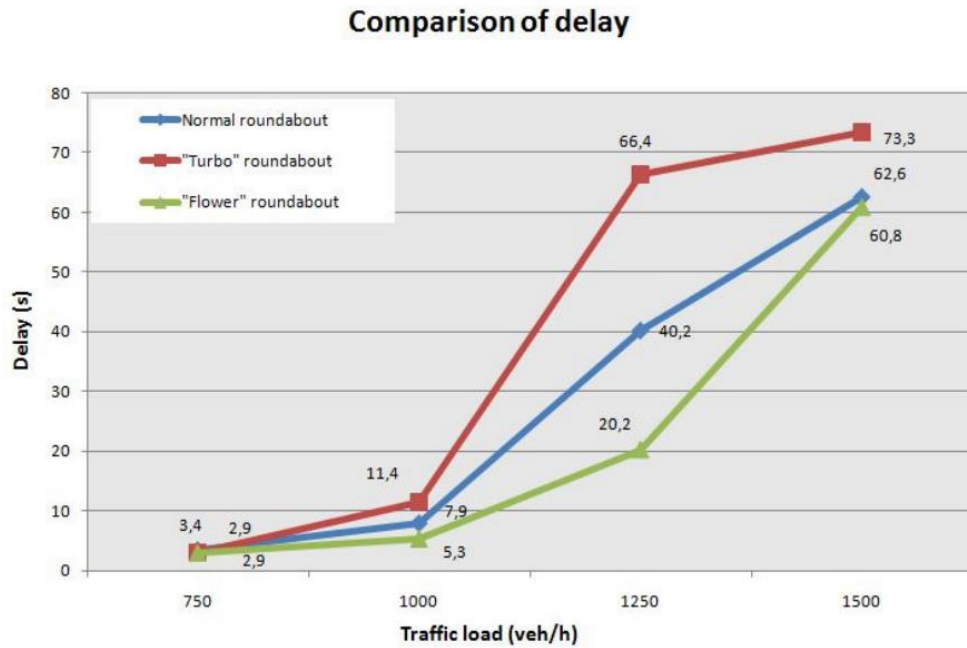


Comparison of average queue



Fuente (Slovenian experiences with alternative tipos of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011)

Grafica 3 escenario 80% de tráfico flujo por la derecho



Fuente (Slovenian experiences with alternative tipos of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts, 2011)

Identificando las gráficas 1, 2 y 3 en los periodos de 40%, 60% y 80%, se identificó el comportamiento de cada una de los distintos escenarios, se observan la glorieta normal glorieta con una línea azul, las turbo glorieta línea roja y la *flower* glorieta en verde. De acuerdo a las gráficas de tiempo de retraso contra capacidad se llega a la conclusión que a menores giros a la derecha funciona mejor la glorieta tipo turbo y a mayor capacidad será más notable su eficiencia, pero en los casos que más de la mitad de los vehículos giran hacia la derecha funciona mejor la glorieta tipo *flower* teniendo menos tiempo de retraso pero extrañamente mayor cola de vehículos.

1.6 MARCO HISTORICO

En la ciudad de Bogotá se han presentado problemas de movilidad desde hace varios años, las entidades encargadas han intentado proponer soluciones rápidas y económicas obteniendo resultados poco eficientes o temporales, a continuación se presentan algunos ejemplos de las soluciones que se han implementado.

Figura 14.calle 19 con carrera 9



Fuente (El espectador, 2016)

Figura 15.calle 19 con carrera 9 actualmente



Fuente (maps Google, 2017)

En la figura 15 se observa el giro que tiene hacia la izquierda la cual genera un conflicto vehicular en el momento no se aplico los cambios sugeridos al separar el carril con tachones y demarcar más con la señalización.

Figura 16.Av. NQS con calle 8 sur



Fuente (El espectador, 2016)

Figura 17. Av. Ciudad de Cali con calle 42ª Sur



Fuente (El espectador, 2016)

Las soluciones que generalmente se dan es canalizar flujos para giros o controlarlos con semáforos lo cual inevitablemente afecta la totalidad de la intersección deteniendo flujos alternos y aumentando la capacidad.

En otras partes del mundo se han propuesto soluciones con glorietas, por ejemplo las turbo glorietas, que ya se han comenzado a utilizar en varias ciudades españolas, además de con la promesa de reducir la siniestralidad, de tener una mayor capacidad siguiendo el ejemplo de Holanda dónde es evidente que las intersecciones funcionan mejor en seguridad y fluidez del tráfico.

1.7 METODOLOGÍA

Tipo de estudio. La investigación propuesta está en fundamento de la exploración documental y experimental en un estudio de caso, por lo tanto este proyecto es un estudio de investigación aplicada.

Fuentes de información.

- Tesis Lenin Bulla, Google Earth, Google maps, repositorios
- Artículos internacionales, INVIAS, IGAC

1.8 DISEÑO METODOLOGIA

- Obtener información de volúmenes de la cartilla monitoreo tránsito y transporte urbano Bogotá 2014 sobre la intersección que se encuentra localizada en la carrera 50 con calle 24, Geometría preliminar en planta de la intersección.
- Trabajo en campo verificación de datos y calibración de los obtenidos en la investigación anterior.
 - Aforos conteos vehiculares para demostrar los volúmenes durante un periodo horario para determinar la cantidad y los tipos de vehículos que pasan por la vía indicada.
 - Geometría existente identificar dimensiones de carril, cantidad de carriles de cada vía sentidos de flujos.
 - Análisis del sector, se identifica que es una zona de reserva militar ya que por la carrera 50 se tiene el batallón y llegando a la calle 26 se tiene la embajada de los estados unidos y por la calle 24 se encuentra cerca la fiscalía y el comercio de salitre.
 - Verificación de desagües de aguas lluvias, se identifica que se encuentra cerca un canal de aguas lluvias que se encuentra al lado de la carrera 50.

- Diseño mediante el programa torus la glorieta convencional partiendo de datos de entrada para la intersección.
- Diseño de una turbo glorieta por medio del programa torus a partir de la glorieta convencional.
- Análisis del diseño de la glorieta tipo turbo con el programa de análisis VISSIM observar el comportamiento de los movimientos.
- Determinar las ventajas y desventajas para la intersección semaforizada y con glorieta.
- Resultados finales y conclusiones de la aplicación de la investigación
- Compilar los resultados en un documento técnico en virtud de la reglamentación establecida por la Universidad Católica de Colombia

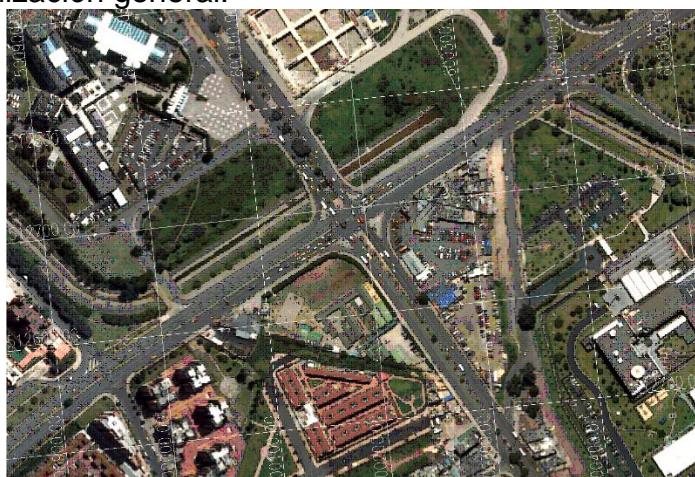
2 DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 CONFIGURACION GEOMETRICA DE LA INTERSECCION A EVALUAR

La intersección entre la carrera 50 con avenida calle 24 se encuentra localizada en la localidad de Quinta Paredes y otra parte en la localidad de Salitre Oriental, actualmente la carrera 50 en sentido sur a norte cuenta con tres carriles de 3.5 metros de ancho, y un ancho total de 10.70 metros se permiten giros a la derecha sin ningún tipo de restricción y a la izquierda intermitentemente controlado por un semáforo, en sentido norte a sur la carrera 50 cuenta con 3 carriles tiene un ancho de 13.67 metros uno de los carriles es el encargado de separar el flujo de los vehículos que giran hacia la derecha dirección oriente dejando solo dos carriles para que continúen transitando sobre la carrera 50, es la vía primordial de la intersección seleccionada por el volumen de vehículos que circulan sobre ella. La avenida calle 24 sentido occidente oriente cuenta con tres carriles y un ancho de 10.08 metros antes de cruzar la 50 y 10.5 metros después de cruzarla, en sentido oriente occidente tiene las mismas dimensiones, la avenida calle 24 cuenta con un separador amplio de 6 metros de ancho contrario al de la carrera 50 que solo tiene un metro de ancho. Es una intersección con un alto nivel de tráfico que presenta congestiones vehiculares en diferentes horas del día ya que la intermitencia del flujo por los semáforos genera grades colas para el cruce.

2.2 LOCALIZACION

Figura 18. Localización general.



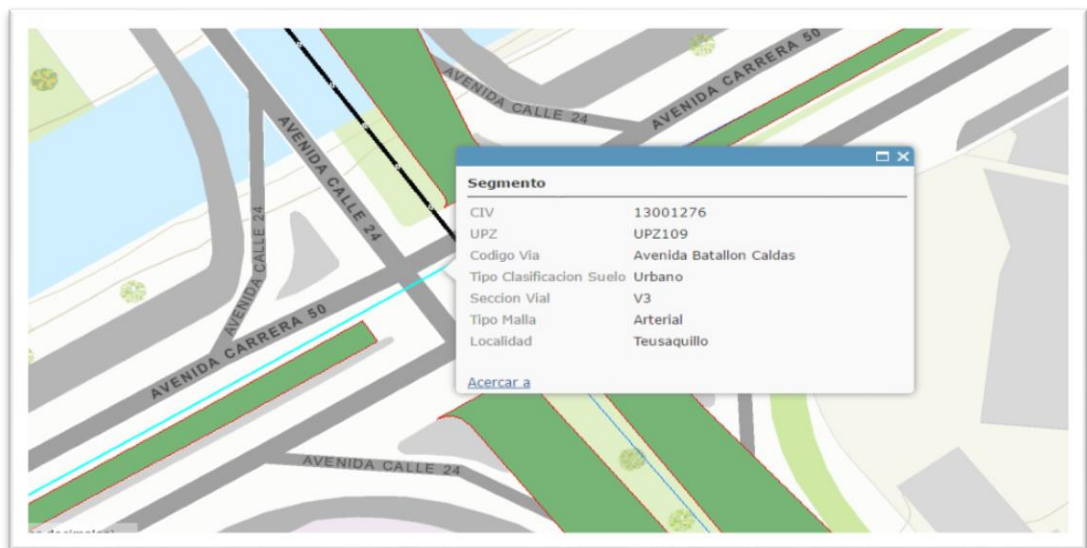
Fuente: (maps Google, 2017)

La intersección está ubicada en la UPZ 109 (Salitre Oriental) y UPZ 107 (Quinta Paredes), de acuerdo al POT (Plan de Ordenamiento Territorial) y a la investigación en campo se concluye que la intersección se encuentra en una zona comercial e institucional y limita por el sur oriente con un colegio de educación primaria y bachillerato por el sur occidente con un canal de agua lluvias y una amplia zona verde seguida de la sede de la fiscalía, hacia el nororiente se encuentran ubicados varios negocios pequeños y la embajada americana, y por el noroccidente también limita con el canal de agua lluvias una amplia zona verde seguida de un edificio dedicado al comercio ver Anexo M.

2.3 TIPO DE VIA

Por medio de la página web SIGIDU se identifican el tipo de vía que compone esta intersección las cuales son de tipo V-3 de acuerdo a la tipología vial que tiene la ciudad de Bogotá.²⁴

Figura 19. Tipo de vía carrera 50.

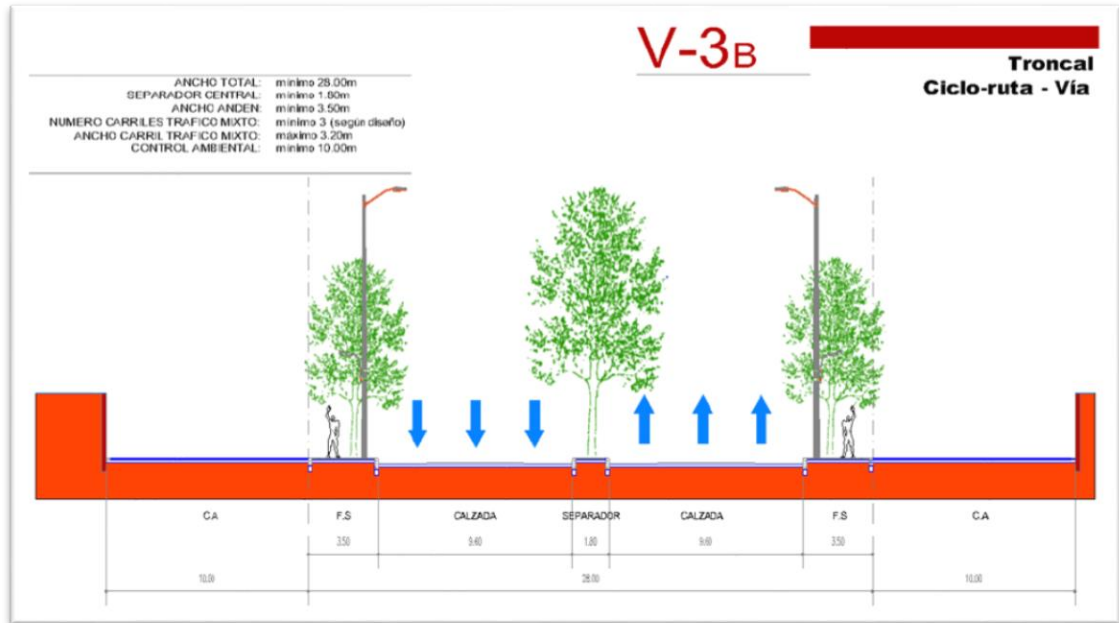


Fuente: (Instituto de desarrollo urbano, 2017).

²⁴ (Instituto de desarrollo urbano,, 2017)

De acuerdo a la tipología vial se muestra la sección que compone la intersección en la carrera 50 y calle 24 son secciones tipo V-3 ya que cuentan con dos calzadas de 3 carriles cada una, un separador y andén a los dos lados.

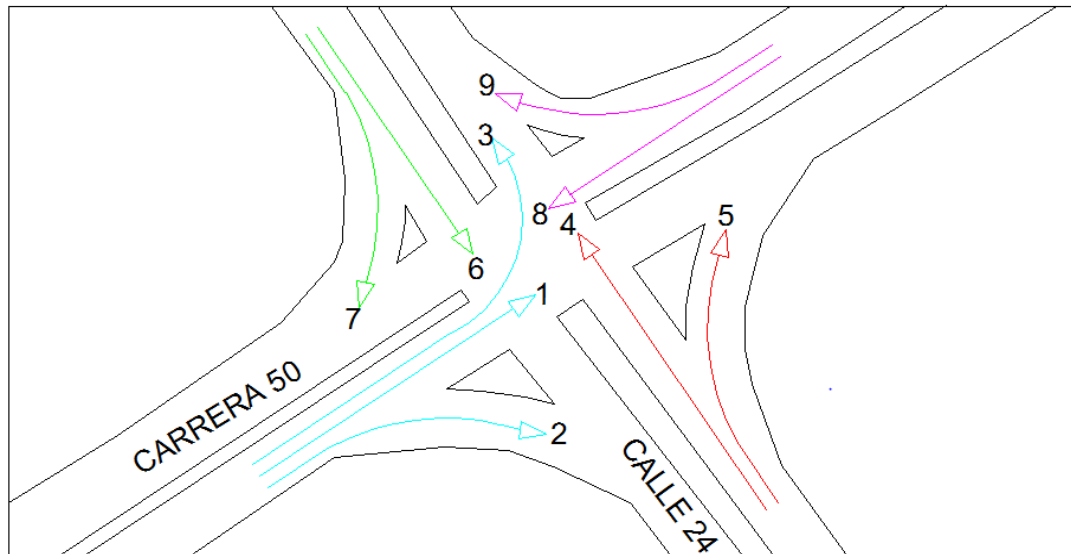
Figura 20. Tipología de vía.



Fuente: (Plan de ordenamiento territorial de bogota,, 2013)

2.4 MOVIMIENTOS

Figura 21. Movimientos permitidos en la intersección.



Fuente: Autores

En la figura 21 se muestran los movimientos permitidos por la intersección actual donde se permite que todos los vehículos en cualquiera de las vías giren hacia la derecha o continúen en dirección recta, el único giro a la izquierda permitido es el de la carrera 50 de sur a norte para tomar la avenida calle 24 hacia el occidente controlado por un semáforo. Todos los movimientos se analizaron durante las horas de mayor tráfico. Mediante grabaciones para posteriormente realizar conteos según el tipo de vehículo y dirección de flujo.

2.5 CONTEOS HISTORICOS

En la tabla 4 se muestran aforos realizados por la secretaria de movilidad la cual elaboro la cartilla monitoreo de tránsito y transporte urbano en el año 2014 realizando aforos a varias intersecciones de la ciudad de Bogotá entre ellas la analizada en este proyecto, los aforos fueron realizado según la clasificación vehicular de la figura 22.

Tabla 4 Aforos históricos

Jueves 09/04/2014						
2014	CARROS	MOTOS	BUS	V-CARGA	CAMIONES	TOTAL
6.45-7.45	6396	2238	324		152	9110
Sabado 26/04/2014						
2014	CARROS	MOTOS	BUS	V-CARGA	CAMIONES	TOTAL
6.45-7.45	5095	992	227		195	6509

Fuente: (Movilidad, 2014)

Los aforos históricos se demuestran la cantidad de vehículos las cuales fueron contadas por carros, motos, bus y camiones se identificaron dos fechas en las cuales se realizaron la toma de volúmenes en la intersección seleccionada de mostrando un total de 9110 vehículos en la fecha del jueves 9 de abril del 2014.

En las siguientes tablas se mostraran los aforos realizados en el mes de marzo del 2017 para verificar los volúmenes actuales la cual se pretenderá demostrar un porcentaje de crecimiento que pudo haber tenido la intersección seleccionada.



Figura 22. Clasificación de vehículos



Fuente: (Movilidad, 2014)

2.6 AFOROS

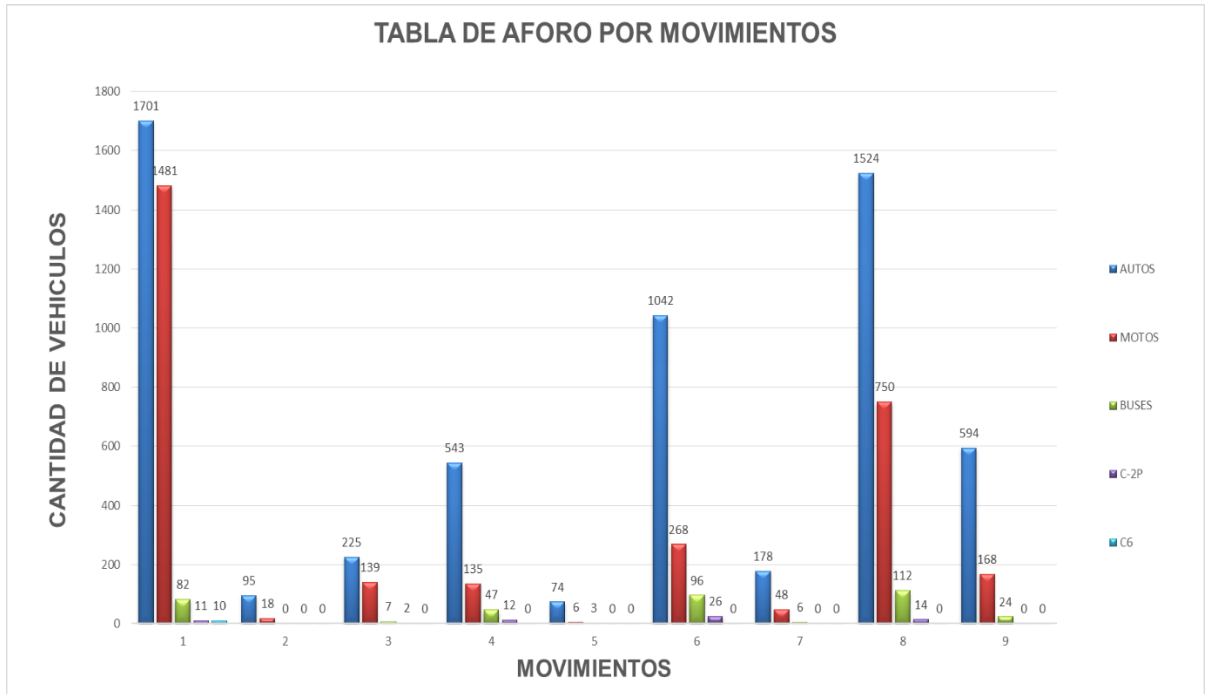
Tabla 5 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 6:40 am

		AFORO VEHICULAR INTERSECCION CARRERA 50 CON CALLE 24					Esquema
INTEGRANTES: EDER YERSON DAVID MONCADA GRANADOS , DIEGO GIOVANNI CASTILLO LABRADOR							
Fecha (D.M.A.): 14.03.207		Estación de Aforo:					
Condición Climática:		Movimientos Aforados : 9 MOVIMIENTOS					
Aforador: EDER YERSON DAVID MONCADA , DIEGO CASTILLO LABRADOR		Hoja 1 de 4					
Coordinador:		Hora de Inicio : 6.40 AM Hora Final : 7.40 AM					
PER	MOV	AUTOS	Motos	BUSETA	C-2P	≥C6	TOTAL
6:40-7:40 AM	1	1701	1481	82	11	10	3285
6:40-7:40 AM	2	95	18	0	0	0	113
6:40-7:40 AM	3	225	139	7	2	0	373
6:40-7:40 AM	4	543	135	47	12	0	737
6:40-7:40 AM	5	74	6	3	0	0	83
6:40-7:40 AM	6	1042	268	96	26	0	1432
6:40-7:40 AM	7	178	48	6	0	0	232
6:40-7:40 AM	8	1524	750	112	14	0	2400
6:40-7:40 AM	9	594	168	24	0	0	786
TOTAL		5976	3013	377	65	10	9441

OBSERVACIONES

Fuente: autores



Grafica 4 Volúmenes de vehículos 6:40 am



Fuente: autores

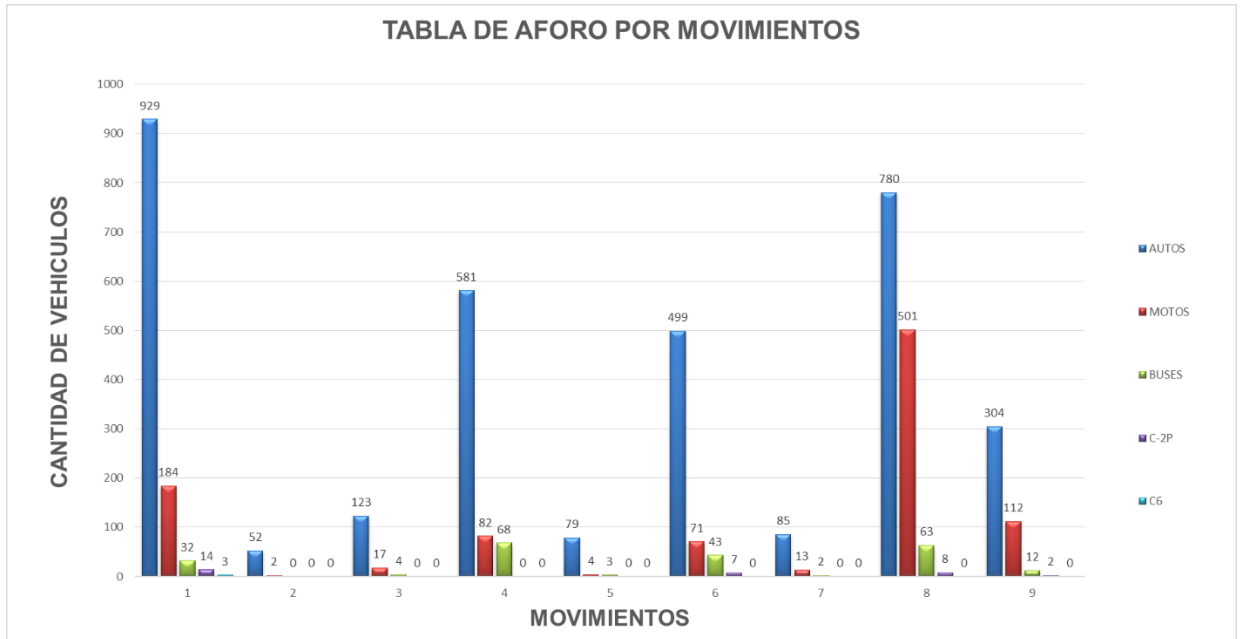
De acuerdo al aforo realizado el día 14 de marzo del 2017 de 6.40 am a 7.40 am se encontró que el mayor flujo está en el movimiento 1, se evidencia que sobre la carrera 50 hay considerablemente mayor cantidad de vehículos que en la avenida calle 24, y que él los tipos de vehículos que más circulan son autos y motos.

Tabla 6 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 7:40 pm

		AFORO VEHICULAR INTERSECCION CARRERA 50 CON CALLE 24						Esquema
INTEGRANTES: EDER YERSON DAVID MONCADA GRANADOS , DIEGO GIOVANNI CASTILLO LABRADOR								
Fecha (D.M.A):		14.03.207		Estación de Aforo:				
Condición Climática:		Movimientos Aforados : 9 MOVIMIENTOS						
Aforador:		EDER YERSON DAVID MONCADA , DIEGO CASTILLO LABRADOR				Hoja 2 de 4		
Coordinador:		Hora de Inicio : 7.40 PM Hora Final : 8.40 PM						
PER	MOV	AUTOS	Motos	BUSETA	C-2P	≥C6	TOTAL	OBSERVACIONES
7:40-8:40 PM	1	929	184	32	14	3	1162	
7:40-8:40 PM	2	52	2	0	0	0	54	
7:40-8:40 PM	3	123	17	4	0	0	144	
7:40-8:40 PM	4	581	82	68	0	0	731	
7:40-8:40 PM	5	79	4	3	0	0	86	
7:40-8:40 PM	6	499	71	43	7	0	620	
7:40-8:40 PM	7	85	13	2	0	0	100	
7:40-8:40 PM	8	780	501	63	8	0	1352	
7:40-8:40 PM	9	304	112	12	2	0	430	
TOTAL		3432	986	227	31	3	4679	

Fuente: autores



Grafica 5 Volúmenes de vehículos 7:40 am



Fuente: autores

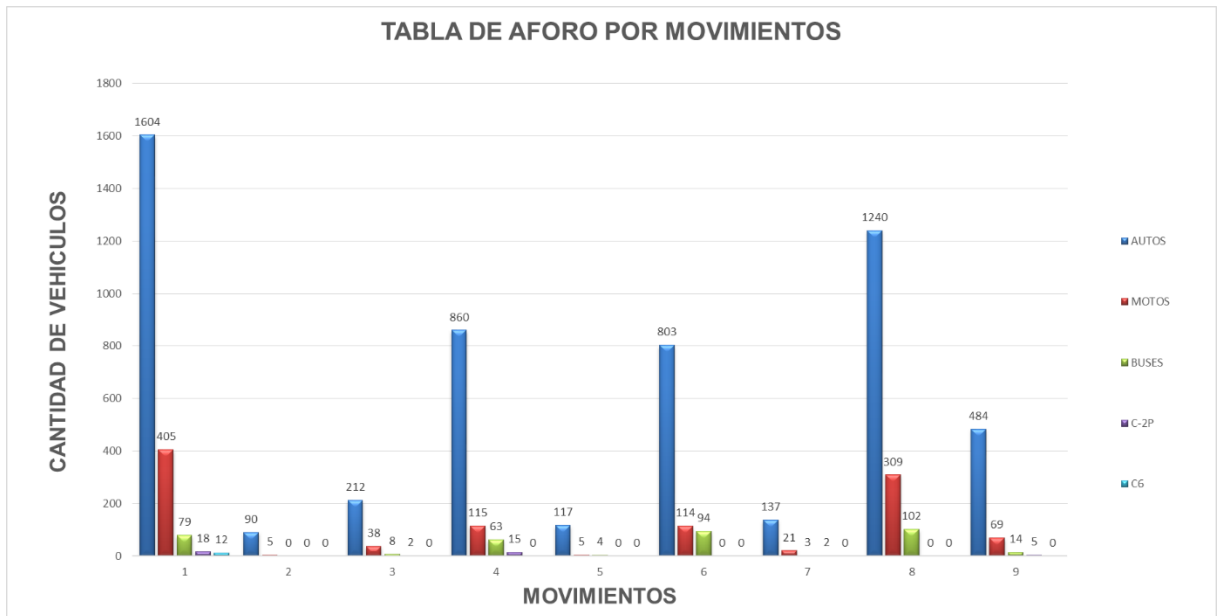
De acuerdo al aforo realizado el día 14 de marzo del 2017 de 7.40 pm a 8.40 pm se indica que el mayor flujo está en el movimiento 1 y 8 que pertenecen al trafico sobre la carrera 50, se evidencia que hay mayor número de autos y motos que en los demás movimientos.

Tabla 7 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 1:20 pm

		AFORO VEHICULAR INTERSECCION CARRERA 50 CON CALLE 24						Esquema
INTEGRANTES: EDER YERSON DAVID MONCADA GRANADOS , DIEGO GIOVANNI CASTILLO LABRADOR								
Fecha (D.M.A):		17.03.207		Estación de Aforo:				
Condición Climática:		Movimientos Aforados : 9 MOVIMIENTOS						
Aforador:		EDER YERSON DAVID MONCADA , DIEGO CASTILLO LABRADOR				Hoja 3 de 4		
Coordinador:		Hora de Inicio : 1.20 PM Hora Final : 2.20 PM						
PER	MOV	AUTOS	Motos	BUSETA	C-2P	≥C6	TOTAL	OBSERVACIONES
1:20-2:20 PM	1	1604	405	79	18	12	2118	
1:20-2:20 PM	2	90	5	0	0	0	95	
1:20-2:20 PM	3	212	38	8	2	0	260	
1:20-2:20 PM	4	860	115	63	15	0	1053	
1:20-2:20 PM	5	117	5	4	0	0	126	
1:20-2:20 PM	6	803	114	94	0	0	1011	
1:20-2:20 PM	7	137	21	3	2	0	163	
1:20-2:20 PM	8	1240	309	102	0	0	1651	
1:20-2:20 PM	9	484	69	14	5	0	572	
TOTAL		5547	1081	367	42	12	7049	

Fuente: autores



Grafica 6 Volúmenes de vehículos 1:20 am



Fuente: autores

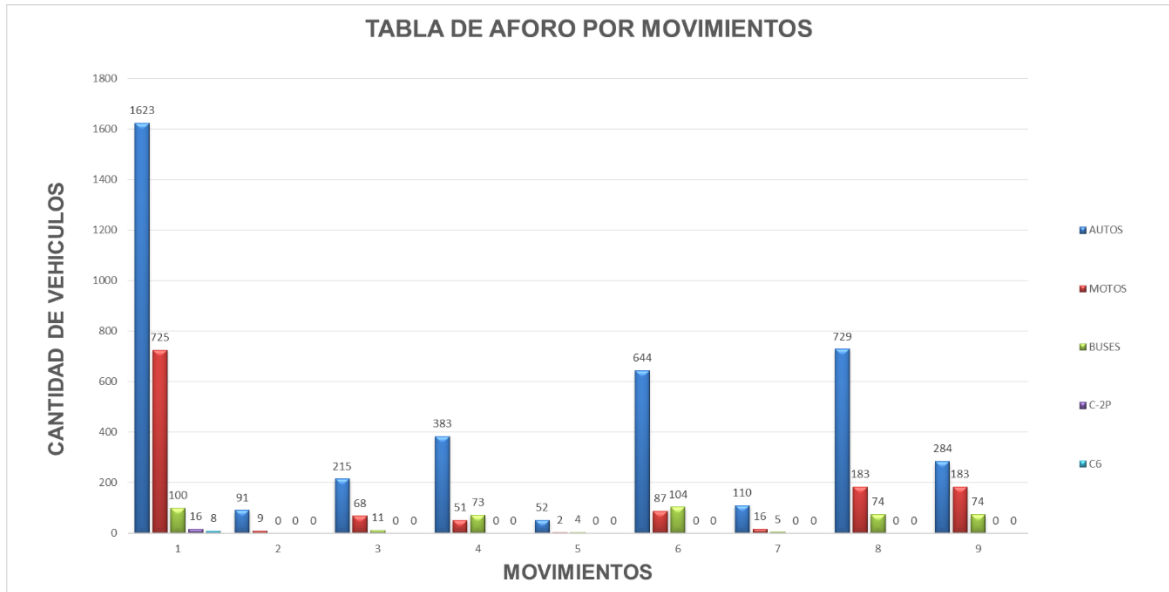
De acuerdo al aforo realizado el día 17 de marzo del 2017 de 1.20 pm a 2.20 pm se indica que el mayor flujo está en el movimiento 1, se denota que hay mayor número de autos y motos que en los demás movimientos.

Tabla 8 Formato de aforo para volúmenes vehiculares 6:40 am (sábado)

		AFORO VEHICULAR INTERSECCION CARRERA 50 CON CALLE 24						Esquema
INTEGRANTES: EDER YERSON DAVID MONCADA GRANADOS , DIEGO GIOVANNI CASTILLO LABRADOR								
Fecha (D.M.A):		18.03.207		Estación de Aforo:				
Condición Climática:		Movimientos Aforados : 9 MOVIMIENTOS						
Aforador:		EDER YERSON DAVID MONCADA , DIEGO CASTILLO LABRADOR				Hoja 4 de 4		
Coordinador:		Hora de Inicio : 6.40 AM		Hora Final : 7.40 AM				
PER	MOV	AUTOS	Motos	BUSETA	C-2P	≥C6	TOTAL	OBSERVACIONES
	1	1623	725	100	16	8	2472	
	2	91	9	0	0	0	100	
	3	215	68	11	0	0	294	
	4	383	51	73	0	0	507	
	5	52	2	4	0	0	58	
	6	644	87	104	0	0	835	
	7	110	16	5	0	0	131	
	8	729	183	74	0	0	986	
	9	284	183	74	0	0	541	
TOTAL		4131	1324	445	16	8	5924	

Fuente: autores

Grafica 7 Volúmenes de vehículos 6:40 am (sábado)



Fuente: autores

De acuerdo al aforo realizado el día 18 de marzo del 2017 de 6.40 am a 7.40 am de la mañana se indica que el mayor flujo está en el movimiento 1, se denota que hay mayor número de autos y motos que en los demás movimientos.

Al realizar los 4 aforos en diferentes horas que se escogieron según el HMD de los estudios existentes,²⁵ se analiza los 4 aforos los cuales en las tablas mostradas anteriormente se representa los diferentes tipos de vehículos y al final se suman la cantidad la cual nos da una cantidad de vehículos en los diferentes movimientos, en la tabla 5 se muestra un total de 9441, en la tabla 6 se muestra un total de 4579, en la tabla 7 se muestra un total de 7049 y en la tabla 8 se muestra un total de 5924 la cual comparando las cantidades nos permite demostrar que el volumen de mayor paso de vehículos fue el del aforo del día 14 de marzo del 2017 en la hora de 6.40am a 7.40am hora pico en donde la mayor de las personas se dirigen a sus sitios de trabajo ver anexo A.

El análisis de la información obtenida permite concluir que el flujo primario para los vehículos de la intersección corresponde al movimiento 1.

²⁵ (Movilidad, 2014)

2.7 CRECIMIENTO VEHICULAR

Partiendo de los datos históricos recolectados por la secretaria de movilidad en el año 2014 y los aforos realizados por los autores se identifica un crecimiento leve en el volumen de vehículos que transitan sobre la intersección en la hora de máxima demanda y comparando el volumen aforado más alto se compara y se tendrá el porcentaje de crecimiento que pudo tener en los últimos años ver tabla 9 y 10.

Tabla 9 Volumen vehicular actual e histórico

Año	CARROS	MOTOS	BUS	V-CARGA	CAMIONES	TOTAL
2017	5976	3013	377	65	10	9441
2014	6396	2238	324	0	152	9110

Fuente: autores

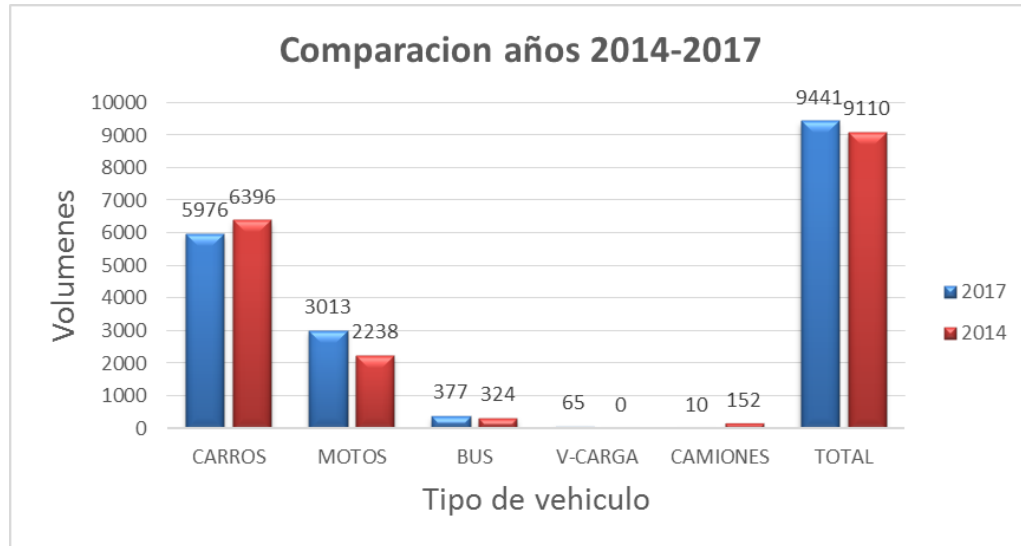
En el 2017 año actual y comparando los datos del año 2014 se presentaron que está circulando 331 vehículos más esto representa un crecimiento en la hora de máxima demanda lo cual representa un 3.63% un porcentaje moderado de aumento de flujo vehicular en la intersección analizada, teniendo en cuenta que ha incrementado el parque automotor en Bogotá los últimos años Ver Tabla 10.

Tabla 10 crecimiento vehicular

aumento	%
331	3.63

Fuente: autores

Grafica 8 Comparación años 2014-2017





Fuente: autores

2.8 ANÁLISIS DE VELOCIDAD

Se realizaron análisis de velocidad para los mismos puntos donde se realizaron los aforos vehiculares, a continuación se presenta el análisis de velocidad realizados ver anexo B.

Para el análisis de velocidad se registraron los valores de 80 datos, de los cuales se presentaron velocidades mínimas y máximas de 12 km/h y 58 km/h respectivamente. En la siguiente tabla se pueden observar los datos de velocidad en la hora donde se presentó la máxima demanda vehicular ver tabla 11.

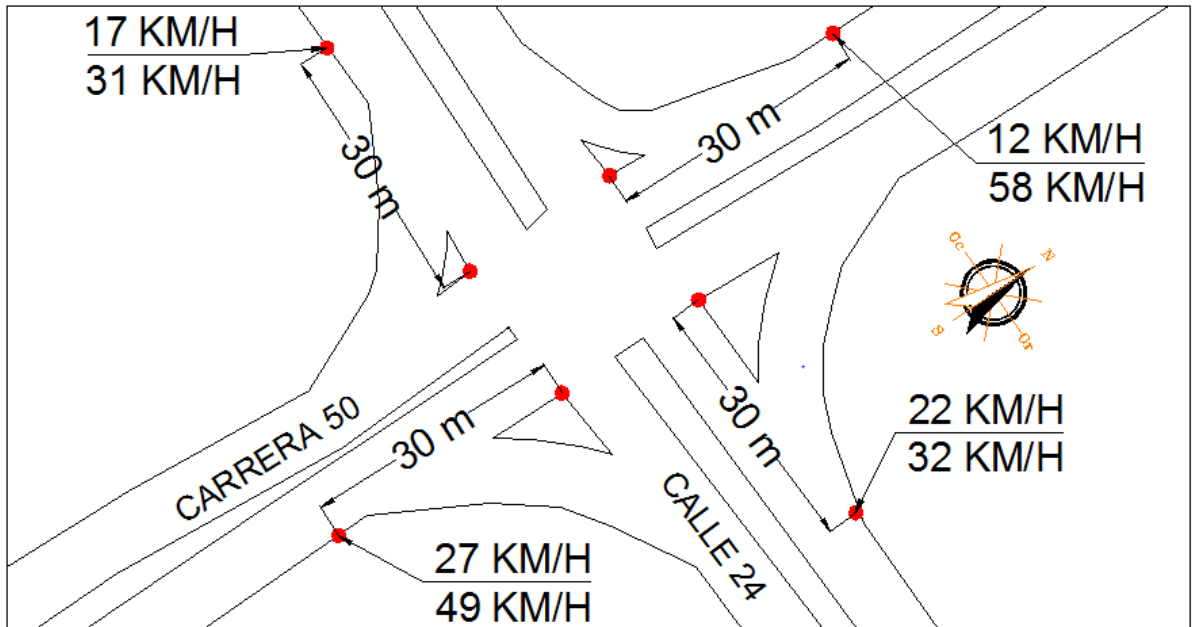
Tabla 11 Velocidades

			ESTUDIO DE VELOCIDAD PUNTUAL MEDIDAS DE VELOCIDAD O TIEMPO DE RECORRIDO									
Fecha:	14/03/2017	Localización:	CALLE 50 CON CALLE 24									
Hora de Inicio:	6:40	Longitud de Base (m):	30									
Hora final:	7:40											
Aforador:	EDER YERSON DAVID MONCADA , DIEGO CASTILLO LABRADOR											
VELOCIDAD MINIMA DETERMINADA	12								Nº Automoviles Aforados:	80		
VELOCIDAD MAXIMA DETERMINADA	58											
DETERMINACION DE VELOCIDADES PUNTALES												
CARRERA 50 DE SUR A NORTE			CARRERA 50 DE NORTE A SUR			CALLE 24 ORIENTE A OCCIDENTE			CALLE 24 OCCIDENTE A ORIENTE			
OBS	TIEMPO (SEG)	KPH	OBS	TIEMPO (SEG)	KPH	OBS	TIEMPO (SEG)	KPH	OBS	TIEMPO (SEG)	KPH	
1	3.37	32	1	3.84	28	1	4.52	24	1	5.57	19	
2	2.87	38	2	2.99	36	2	4.15	26	2	4.75	23	
3	3.76	29	3	4.02	27	3	3.85	28	3	4.21	26	
4	3.47	31	4	3.85	28	4	3.94	27	4	6.13	18	
5	2.55	42	5	4.76	23	5	4.05	27	5	4.83	22	
6	2.50	43	6	4.06	27	6	4.25	25	6	5.21	21	
7	3.52	31	7	3.86	28	7	3.96	27	7	5.27	20	
8	3.92	28	8	3.98	27	8	3.75	29	8	4.12	26	
9	3.15	34	9	4.06	27	9	4.36	25	9	4.31	25	
10	3.25	33	10	3.69	29	10	4.76	23	10	4.86	22	
11	2.49	43	11	4.19	26	11	3.96	27	11	4.55	24	
12	2.19	49	12	8.90	12	12	3.75	29	12	4.43	24	
13	3.52	31	13	3.45	31	13	3.41	32	13	4.92	22	
14	3.20	34	14	2.82	38	14	3.64	30	14	3.45	31	
15	3.48	31	15	1.85	58	15	3.79	28	15	3.42	32	
16	2.75	39	16	2.72	40	16	3.35	32	16	4.12	26	
17	3.24	33	17	2.47	44	17	4.65	23	17	4.54	24	
18	3.69	29	18	1.95	55	18	3.73	29	18	3.85	28	
19	2.47	44	19	3.48	31	19	3.64	30	19	3.46	31	
20	3.04	36	20	2.87	38	20	3.94	27	20	4.13	26	
PROMEDIO	3.12	35.51	PROMEDIO	3.69	32.64	PROMEDIO	3.97	27.42	PROMEDIO	4.51	24.54	
V-MAX		49.32	V-MAX		58.38	V-MAX		32.24	V-MAX		31.58	
V-MIN		27.55	V-MIN		12.13	V-MIN		22.69	V-MIN		17.62	

Fuente: autores

Se realizó el análisis de velocidad para cada ramal de entrada a la intersección, ubicando un punto 30 metros antes del semáforo a continuación se presenta el análisis de velocidades realizado en la intersección ver imagen 24.

Figura 23. Velocidades.



Fuente: autores.

2.9 GEOMETRIA INTERSECCION ACTUAL

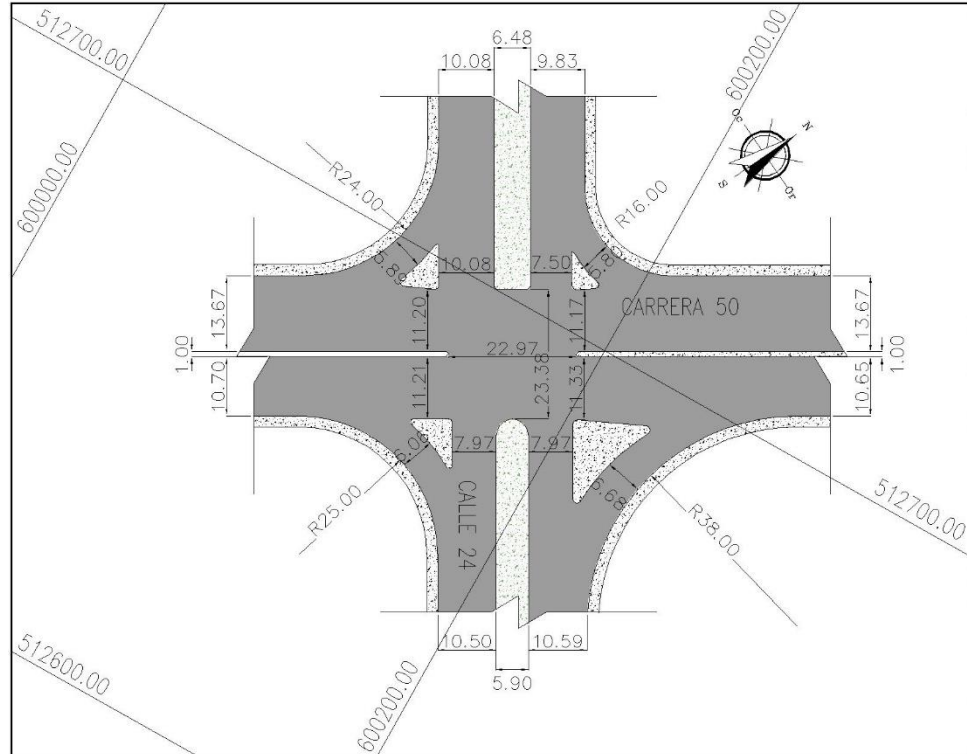
Como parte geométrica de la intersección actual toda la carrera 50 cuenta con un separador con un ancho de 1 metro en sentido sur norte la vía de la derecha cuenta con un ancho total de 10.70m y la vía de la izquierda tiene un ancho de 13.67m la cual las dos tienen 3 carriles, cuando se interseca con la calle 24 los separadores tienen una distancia de 22.97m para que los vehículos que pasan por la calle 24 crucen sin ningún problema, esta parte de la intersección es de una importancia muy alta ya que cuenta en una parte militar porque está cerca la embajada de los estados unidos y la fiscalía.

En la calle 24 la vía cuenta con un separador de 6.48m en sentido occidente a oriente el carril derecho tiene un ancho de 10.08m este carril cuenta con tres carriles continuos y el carril izquierdo tiene 9.83m cuenta con tres carriles pero al entrar al cruce con la carrera 50 queda en dos carriles la separación de la vía durante la intersección es de 23.38m ver Anexo K.

El levantamiento geométrico en planta de la intersección también se apoyó partiendo del plano de la ciudad de Bogotá y herramientas como google earth y google maps, brindando dimensiones aproximadas de la intersección las cuales fueron confirmadas y actualizadas en campo brindando un levantamiento confiable

y bastante aproximado, cumpliendo con el objetivo de conocer el área disponible para la implantación del diseño de la glorieta tipo turbo ver Anexo C.

Figura 24. Levantamiento geométrico en planta.



Fuente: autores.

2.10 MODELO DE MICROSIMULACION INTERSECCION ACTUAL

Con todos los datos tomados en campo en cuanto a geometría, volúmenes vehiculares, tiempo de semáforos, y velocidades se elaboró un modelo de micro simulación en el programa Vissim con una licencia de prueba solicitada directamente con el fabricante PTV GROUP, para las condiciones actuales de la intersección.

Obteniendo datos similares a los observados en campo principalmente el de grandes atascos sobre la carrera 50 en ambos sentidos norte y sur por el semáforo.

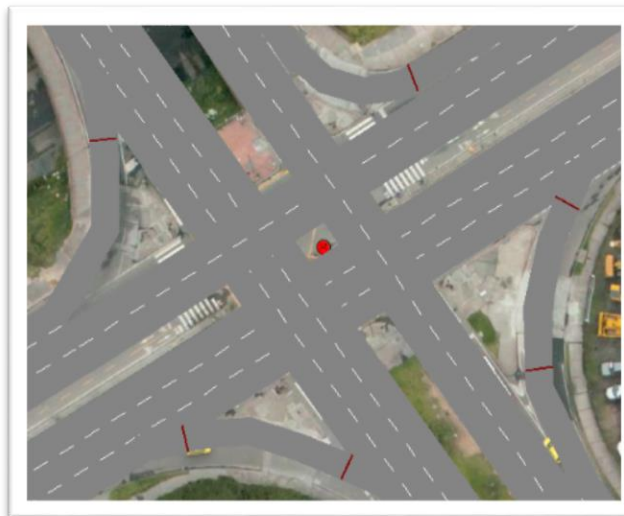
Figura 25. Modelo Intersección semaforizada actual.



Fuente: autores.

Los puntos donde se generaron las reglas de prioridad en la intersección son los inicios de todos los giros a la derecha y al final de dos de estos giros debido a que se comparte carril al momento de girar de la carrera 50 a la calle 24 sentido oriente y de la calle 24 a la carrera 50 sentido norte ver Anexo D.

Figura 26. Reglas de prioridad en el modelo de la intersección actual.



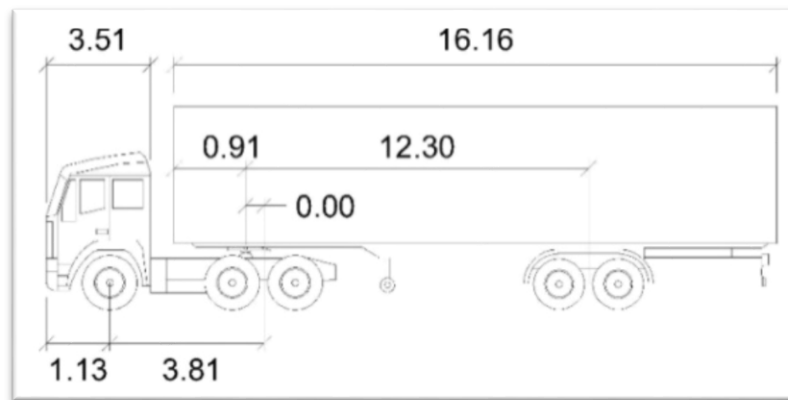
Fuente: autores.

2.11 GLORIETA CONVENSIONAL

Dentro de los rangos establecidos para el diseño de la glorieta convencional por medio del programa civil 3d proporcionado por la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA y el aplicativo torus suministrado por TRANSOFT SOLUTIONS.

Se procede a elaborar el diseño de la glorieta convencional con un vehículo de diseño WB-17 de dimensiones similares a los que transitan por la intersección este vehículo muestra las dimensiones que tiene el camión la cual nos ayuda a dimensionar los radios de giro para verificar si se puede aplicar los cambio necesario y miras si puede tener un buen radio de giro.

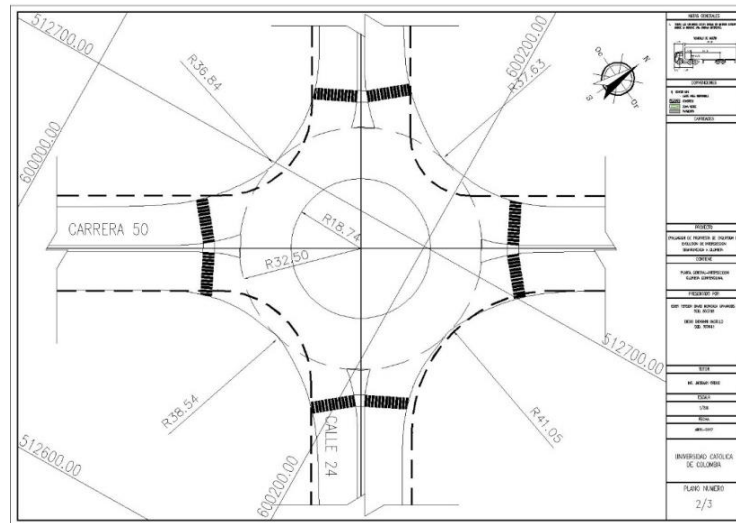
Figura 27. Vehículo WB-17.



Fuente: civil 3d.

Siguiendo la norma para el diseño de glorietas en el área disponible el programa arroja un diseño de geometría con radio de isleta principal 18.74 metros invadiendo algunas zonas que actualmente pertenecen a los andenes del sector la cual puede tener un problema ante el espacio público, para la glorieta convencional se utilizaron los criterio de diseño la isleta principal cuenta con diámetro de 36.5m y la norma como mínimo sugiere 25m, se utilizaron las dimensiones mínimas como los ángulos de entrada y de salida. Ver Anexo E.

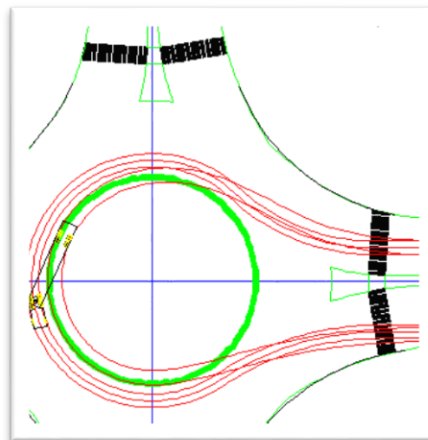
Figura 28. Diseño glorieta convencional.



Fuente: autores.

La glorieta convencional presenta problemas para el giro del vehículo de diseño WB-17 invadiendo la isleta central al momento de hacer retornos.

Figura 29. Conflicto en retorno.



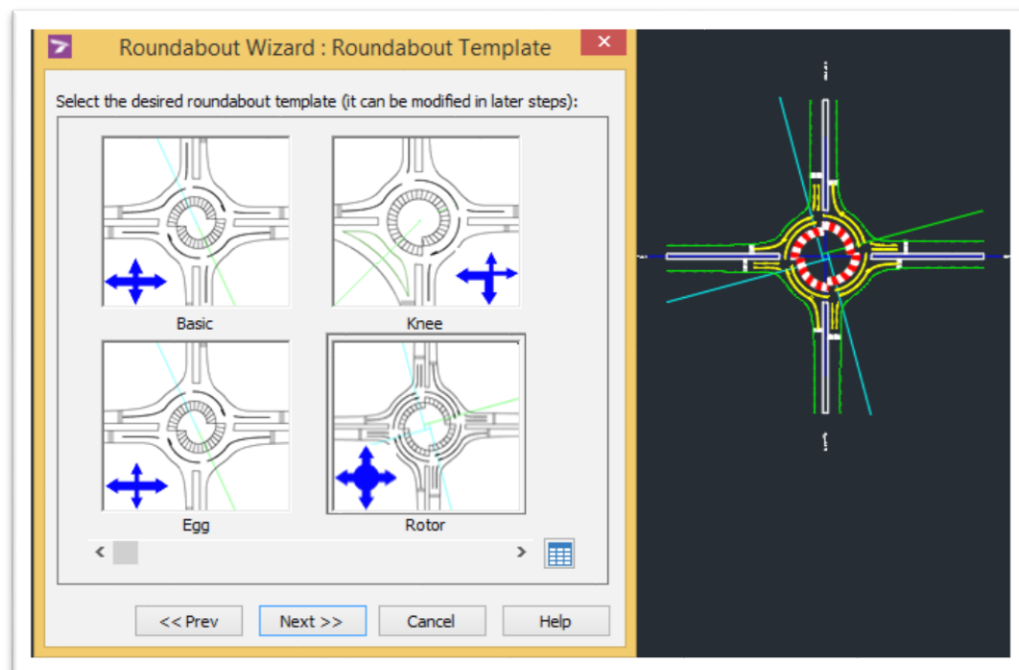
Fuente: autores.

Debido a este conflicto por parte del vehículo de diseño se descarta este tipo de glorieta ya que ocupa demasiado espacio, aumenta la inseguridad y no es una solución innovadora para el mejoramiento de la intersección se procede a diseñar una turbo glorieta que aporta muchos más beneficios a la intersección en cuanto a espacio, seguridad y funcionamiento.

2.12 GLORIETA TIPO TURBO

Para el diseño de este tipo de glorieta se procede a utilizar el programa torus 5.0 el cual brinda diferentes tipos de glorietas dependiendo de la capacidad el número de ramales y el sentido del flujo de mayor volumen para la intersección evaluada se aplicó la turbo glorieta tipo rotor ver Anexo F.

Figura 30. Tipos de turbo glorieta.



Fuente: autores.

Se obtiene un diseño predeterminado del cual se inicia ajustando todos los parámetros necesarios y así cumpla en la intersección a evaluar, la inclinación del Angulo primario se modifica a 15 grados para que favorezca los radios de entrada que necesitan los vehículos de mayor tamaño que circulan en el sector, y ayuda a que la isleta principal sea de menor tamaño aprovechando más el área disponible y facilitar las maniobras de giro.

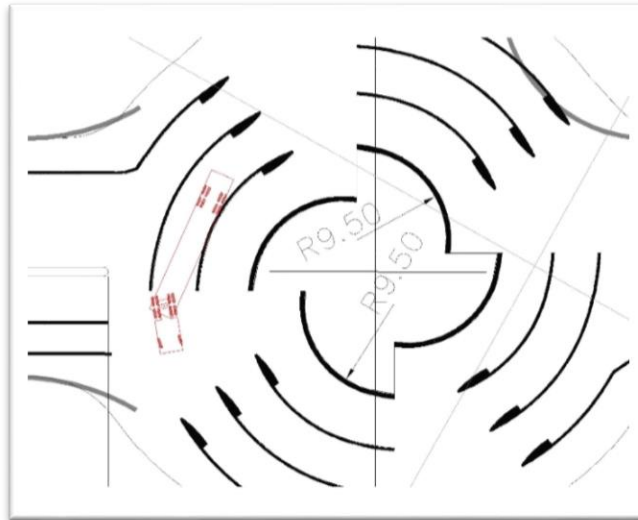
Teniendo en cuenta la tabla 3 Radios y otra dimensiones de la turbo glorieta básica se trabajan, se adoptan radios de entra y salida mayores a los sugeridos

para seguir brindando mayor seguridad vial a la hora de girar los vehículos de mayor tamaño

Para los canalizadores de carril dentro de la glorieta se tomaron las dimensiones por defecto del programa.

Con las nuevas dimensiones que se le han dado a la turbo glorieta cumple todos los radios de giro para el vehículo de diseño.

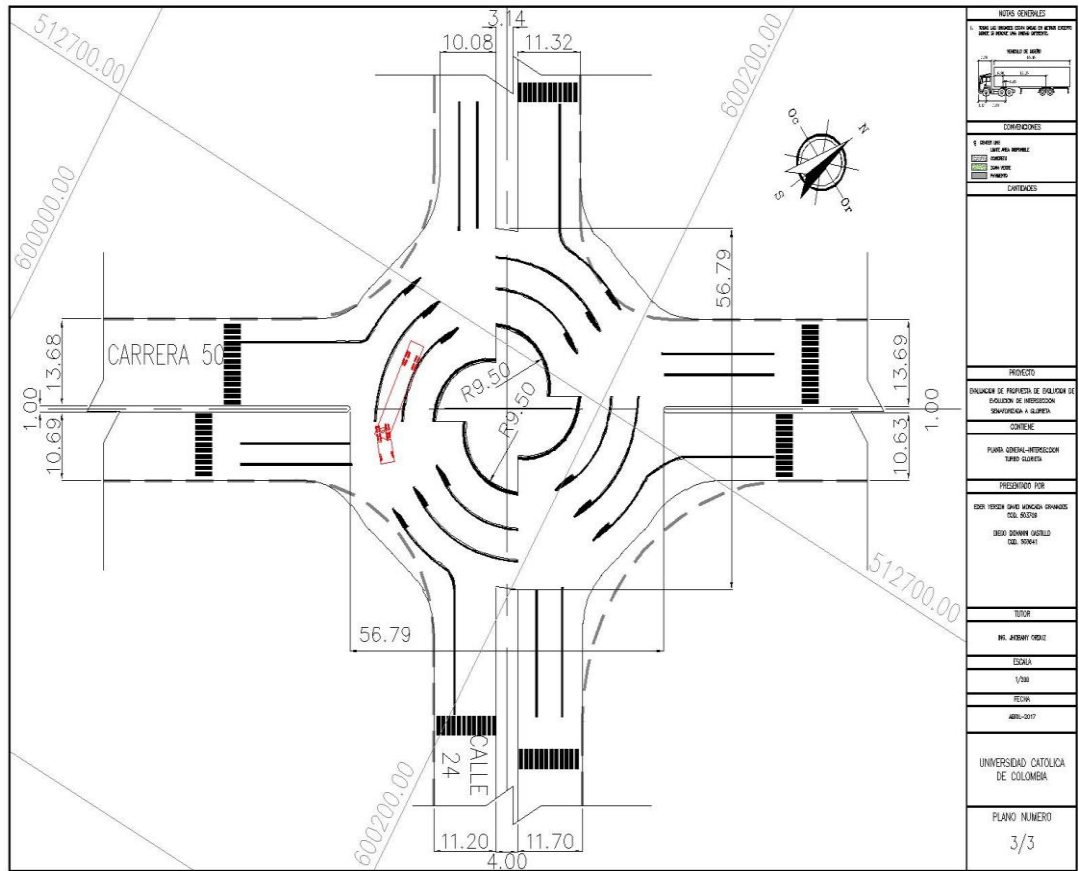
Figura 31. Maniobra de giro en turbo glorieta.



Fuente: autores.

Teniendo en cuenta aprovechar al máximo la intersección actual se conservaran los anchos de carril y de separadores y así minimizar el tiempo al remodelar la intersección ver Anexo G.

Figura 32. Diseño glorieta tipo turbo.

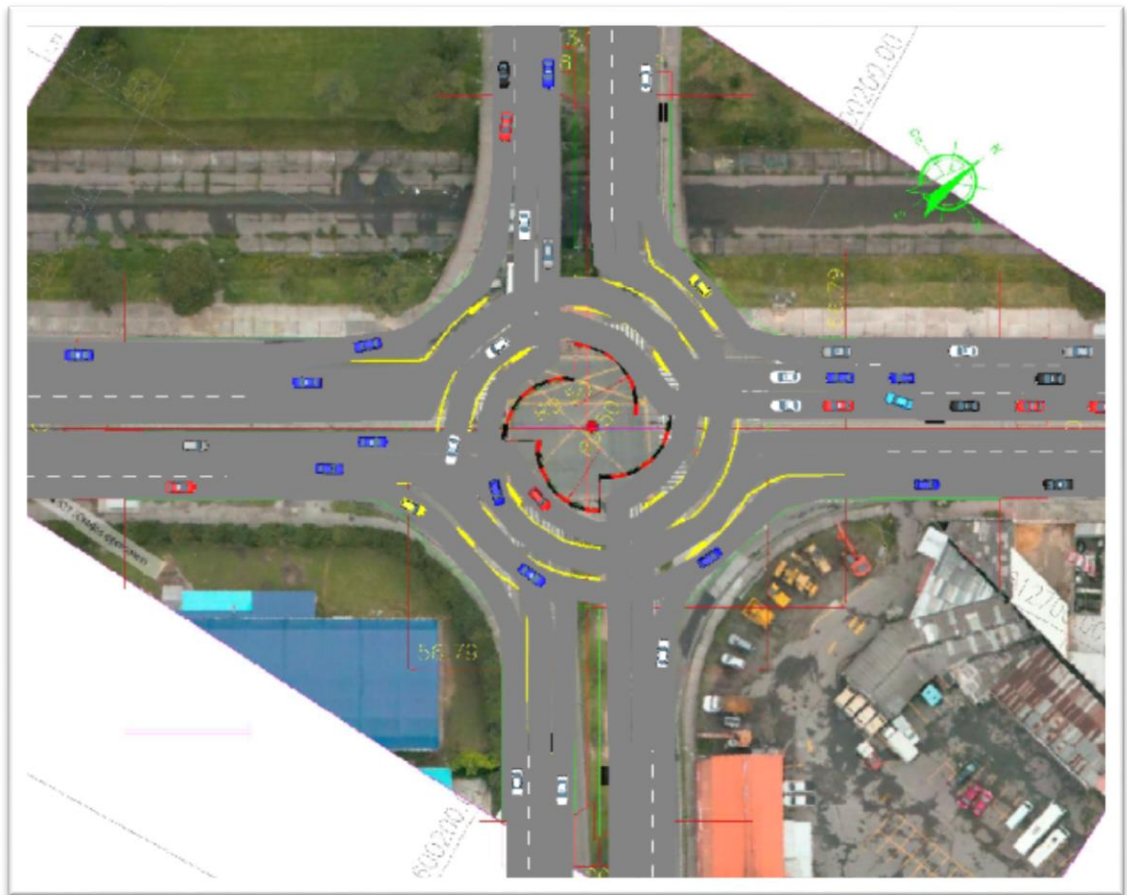


Fuente: autores.

2.13 MODELO DE MICROSIMULACION TURBO GLORIETA

De acuerdo a los mismos datos del modelo de micro simulación de la intersección actual la cual se tomaron los mismos datos de anchos de carriles, direcciones de flujo y volúmenes vehiculares aplicando la nueva geometría y prioridades de la turbo glorieta se elabora el modelo referente arrojando en la animación un tráfico más fluido que la intersección semaforizada ver Anexo H.

Figura 33. Modelo Intersección turbo glorieta.

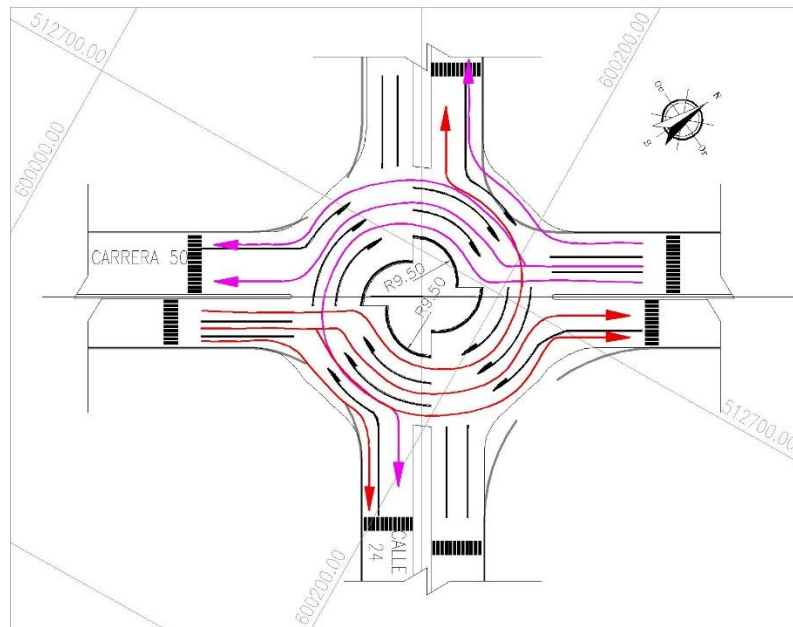


Fuente: autores.

2.14 FLUJOS PERMITIDOS

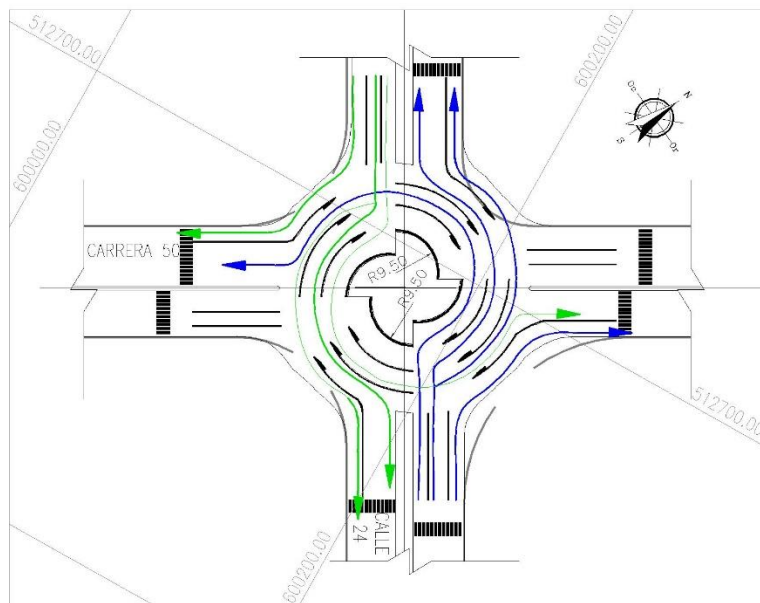
El éxito de las turbo glorietas en el mundo radica principalmente en el respeto por las señales de prioridad y por ceder el paso a los vehículos que están circulando sobre el anillo, el conductor antes de llegar a la glorieta debe saber su destino para escoger el carril por el cual debe ingresar a la intersección, a continuación en las imágenes 41 y 42 se muestran los recorridos permitidos en el nuevo diseño de la intersección semaforizada a glorieta tipo turbo.

Figura 34. Flujos permitidos al ingresar sobre la carrera 50 sentido sur o norte.



Fuente: autores.

Figura 35. Flujos permitidos al ingresar sobre la avenida calle 24 sentido oriente u occidente



Fuente: autores.

3 RESULTADOS

De acuerdo a los datos analizados durante el trabajo en la intersección y los datos obtenidos en campo como los aforos y la toma de velocidades, se trabajó con información investigada por diferentes documentos.

Como primer análisis de datos de acuerdo a los aforos realizados se encontraron la cantidad de 9 movimientos la intersección en las cuales se comunica a diferentes puntos de la ciudad, de acuerdo a las horas aforadas se indica que la de mayor flujo se encuentra en las horas de 6.40 am hasta las 7.40 del día 14 de marzo del 2017.

En los movimientos iniciales que son el 1,2 y 3 inician en la carrera 50 de sur a norte.

El movimiento 1 que está en dirección sur norte puede estar conectado a las vías principales como la avenida el dorado y más hacia el norte se comunica con la avenida calle 63 cerca al complejo acuático del simón bolívar, este movimiento presenta el mayor volumen de vehículos la cual se aforo cerca de 3285, incluyendo 1701 autos, 1481 motocicletas, 82 buses y 21vehiculos de carga.

El movimiento 2 que está en dirección sur oriente se puede estar comunicando a corferias y la avenida las américas, con un total de 113 vehículos que se desplazaron por esta dirección se aforo cerca de 65 autos y 18 motocicletas no se evidencio vehículos de carga o rutas de buses.

Movimiento 3 que está en dirección sur occidente se comunica la fiscalía y el centro comercial salitre plaza a una zona comercial de salitre, con un total de 373 vehículos totales se presentaron 225 autos, 139 motocicletas, 7 buses y 2 vehículos de carga.

En los movimientos siguientes que son el 4 y 5 inician en la calle 24 de oriente a occidente.

Movimiento 4 se dirige hacia el occidente se comunica en toda la zona comercial del sector de salitre, con un total de 737 vehículos se presentaron 543 automóviles, 135 motocicletas, 47 buses y 12 vehículos de carga.

Movimiento 5 se comunica o se dirige hacia el norte comunicándose con las vías principales del movimiento 1, con un total de 83 vehículos totales se presentaron 74 autos, 6 motocicletas, 3 buses.

En los movimientos siguientes que son el 6 y 7 inician en la calle 24 de occidente a oriente.

Movimiento 6 se dirige de occidente a oriente comunicándose con vías principales como en el movimiento 2, con un total de 1432 vehículos totales se presentaron 1042 autos, 268 motocicletas, 96 buses y 26 vehículos de carga.

Movimiento 7 se dirige de occidente a sur comunicando hacia la calle 13 y la localidad de puente aranda con un total de 232 vehículos totales se presentaron 178 autos, 48 motocicletas, 6 buses.

En los movimientos siguientes que son el 8 y 9 inician en la carrera 50 de norte a sur.

Movimiento 8 se dirige de norte a sur comunicándose con las mismas vías del movimiento 7, con un total de 2400 vehículos totales se presentaron 1524 autos, 750 motocicletas, 112 buses y 14 vehículos de carga.

Movimiento 9 se dirige de norte a occidente dirigiéndose a la zona comercial del sector de salitre con un total de 786 vehículos totales se presentaron 594 autos, 168 motocicletas, 24 buses.

Presentados los movimientos y sus volúmenes en HMD se identifica que es una intersección de un buen flujo vehicular la cual en algunos momentos se presenta congestión por la espera del cambio de tiempo de semáforo se analiza que la única dirección que contiene una ventaja de 3 movimientos es la vía de la carrera 50 de sur a norte ya que las demás solo cuentan con solo dos movimientos la cual se restringe alguna posibilidad de giro, si se quisiera tomar otro sentido de flujo se tendrá que dirigir más adelante buscando algún retorno posible en cada vía.

Como análisis de la turbo glorieta cumpliendo con los radios y dimensiones de carriles se identifica que la glorieta tiene como ventaja de generar un movimiento extra de los demás carriles evitando un desplazamiento mayor para poder tomar otro sentido en la figura 41 y 42 se muestra los tres sentidos de flujo que se generan en cada vía que componen la intersección, gracias a estos nuevos sentidos de flujo se ganaría un desplazamiento menor de los vehículos a buscar la dirección adecuada.

Con los datos de entrada del programa VISSIM cada carril de flujo tiene un ancho de 3.50m y de acuerdo a los aforos y al observar con la visita de campo se identificaron las cantidades de carriles que poseen cada vía, la carrera 50 de sentido sur norte cuenta con 3 carriles con una desviación a la derecha para la calle 24 sentido oriente con un ancho de carril de 6.06m. La carrera 50 cuenta de sentido

norte sur cuenta con 3 carriles llegando a la intersección con la calle 24 cuenta con un giro a la derecha tomando el destino hacia el occidente lo cual la vía en un momento queda de dos carriles para después retomar a 3 carriles más adelante. En la vía calle 24 de oriente a occidente cuenta con carriles que llegando a la carrera 50 un carril se desvía hacia sentido norte y continuando en dos carriles para después recibir la carrera 50 en sentido sur a occidente. La calle 24 en sentido occidente oriente una vía que se mantiene de 3 carriles con un desvío hacia la carrera 50 ha sentido sur y más adelante recibiendo los vehículos de sentido norte hacia el oriente.

De acuerdo a los parámetros se modeló todo en el programa la cual nos arroja los siguientes resultados y comparando el diseño en turbo glorieta respetando los sentidos de flujo y anchos de carriles, se ejecuta en la glorieta radios de salida que son de 30m, de entrada 15m los radios de diseño con el programa TORUS.

Comparando la geometría actual de la intersección y el diseño propuesto de la turbo glorieta se evalúa las velocidades promedio tomadas en campo pueden variar de acuerdo a la nueva geometría ya que la nueva se tiene una ventaja en la parte de eliminar los semáforos para tener un flujo continuo con el modelo VISSIM de los diseños se evaluaron y se sacaron las tablas de velocidades.

Por los datos obtenidos de la intersección actual la velocidad máxima se encuentra entre 57.9 Km/h y la velocidad mínima se encuentra entre los 48 Km/h. Ver ANEXO I.

Tabla 12 Velocidades intersección actual (modelo Vissim)

INTERSECCION										
Time	Link	Lane	VehNo	TypeNo	Line	DesSpeed	CatTemp	CoolTemp	DestPark	StartTime
0.9	2	1	1	100	0	52.4	15	15	0	1
1	1	1	2	100	0	50.9	15	15	0	1
1.4	1	3	3	100	0	51.9	15	15	0	1.4
155.3	2	2	294	100	0	56.9	15	15	0	155.4

MAX	57.9
MIN	48.1

Fuente: autores.

Por los datos obtenidos para la glorieta turbo la velocidad máxima se encuentra entre 58Km/h y la velocidad mínima se encuentra entre los 48 Km/h Ver ANEXO I.

Tabla 13 Velocidades turbo glorieta (modelo Vissim)

TURBO										
Time	Link	Lane	VehNo	TypeNo	Line	DesSpeed	CatTemp	CoolTemp	DestPark	StartTime
0.3	1	1	1	100	0	50.9	20	20	0	0.4
1.7	7	1	2	100	0	53.1	20	20	0	1.8
2.1	9	1	3	100	0	52.4	20	20	0	2.2
70.7	9	3	171	100	0	54.1	20	20	0	70.8
72.2	1	2	172	100	0	54.5	20	20	0	72.2

MAX	58
MIN	48

Fuente: autores.

Con los datos obtenidos se comparan con la tabla 11 de velocidades de la intersección actual se analiza que las velocidades en la turbo glorieta son adecuadas y se mantienen en un buen nivel de movimiento para que se mantenga su flujo continuo como se observa en la tabla 13.

En las siguientes tablas muestra información de distancias recorridas por el vehículo en el trayecto, se comparan las distancias con el diseño actual de la intersección con la glorieta propuesta.

Tabla 14 distancia de recorrido intersección actual (modelo Vissim)

INTERSECCION																
No.	1 (Carrera50-S-N):	from	link	1	at	67.5	m	to	link	1	at	182.4	m,	Distance	114.9	m
No.	2 (Carrera50-N-S):	from	link	2	at	59.5	m	to	link	6	at	17.1	m,	Distance	114.5	m
No.	3 (Calle24-Or-Oc):	from	link	3	at	35.2	m	to	link	3	at	134.6	m,	Distance	99.4	m
No.	4 (Calle24-Oc-Or):	from	link	5	at	28.5	m	to	link	4	at	8.8	m,	Distance	99.3	m

Fuente: autores.

Tabla 15 distancia de recorrido turbo glorieta (modelo Vissim)

TURBO																
No.	1 (Carrera50-S-N):	from	link	1	at	24.1	m	to	link	3	at	33.7	m,	Distance	157.2	m
No.	2 (Calle24-Oc-Or):	from	link	4	at	19.8	m	to	link	6	at	19.3	m,	Distance	124.1	m
No.	3 (Calle24-Or-Oc):	from	link	9	at	12.8	m	to	link	2	at	7.3	m,	Distance	123.2	m
No.	4 (Carrera50-N-S):	from	link	7	at	17.3	m	to	link	8	at	15.2	m,	Distance	156.8	m

Fuente: autores.

Con los datos de la tabla se observa que para los recorridos rectos la distancia es mucho mayor en la glorieta que en la intersección observando los siguientes datos mostrados por el análisis del programa VISSIM.

La distancia de la carrera 50 sur norte tenemos una distancia de 114.9m en el recorrido recto de la intersección la cual es menor a la distancia recorrida en la glorieta la cual es 157.2m unos 43m mas de los recorridos actuales.

La distancia de la carrera 50 norte sur tenemos una distancia de 114.5m en el recorrido recto de la intersección la cual es menor a la distancia recorrida en la glorieta la cual es 156.8m unos 41m mas de los recorridos actuales.

La distancia de la calle 24 occidente oriente tenemos una distancia de 99.3 en el recorrido recto de la intersección la cual es menor a la distancia recorrida en la glorieta la cual es 124.1m unos 24m mas de los recorridos actuales.

La distancia de la calle 24 oriente occidente tenemos una distancia de 99.4 en el recorrido recto de la intersección la cual es menor a la distancia recorrida en la glorieta la cual es 123.2m unos 23m mas de los recorridos actuales.

Como se indicó las distancias son mayores en el nuevo diseño y geometría se deberá también verificar los espacios públicos como los andes ya que en la parte del colegio en la carrera 50 con calle 24 se observa que toma una parte de espacio se deberá tener en cuenta para no afectar los peatones y con eso tener un diseño que sea beneficioso para toda la comunidad del sector y movilidad.

Analizando visualmente las animaciones del modelo VISSIM se observa que en la intersección actual por el control de los semáforos se generan congestiones considerables sobre la carrera 50 sentido sur norte y norte sur coincidiendo con lo observado en campo, en la animación del modelo de la turbo glorieta se observa gran cantidad de tráfico pero solo una pequeña congestión sobre la carrera 50 sentido norte a sur, concluyendo por visualización que el flujo de la turbo glorieta es más constante y menos congestionado ver Anexo J.

4 CONCLUSIONES

Bogotá es una ciudad que sufre problemas de tráfico hace varios años, las turbo glorietas son soluciones notables para el mejoramiento de flujo y seguridad en intersecciones ya que por su diseño eficiente controla las velocidades y desplazamiento de los vehículos, la ciudad debe darse la oportunidad de utilizarlas y al mismo tiempo crear la conciencia en los conductores para maniobrar correctamente antes de entrar y dentro de ella.

Las intersecciones controladas por semáforo no solo vuelven intermitente la movilidad, también limita en muchas ocasiones más del 50% de los giros posibles aumentando la longitud y el tiempo de recorrido realizado por los vehículos, al implementar una turbo glorieta en cambio de un par de semáforos se están agregando mayor posibilidad de giros en la intersección reduciendo notablemente los tiempos de ruta y al mismo tiempo las congestiones alternas a la intersección.

Para el estudio de caso particular de esta investigación no se logró implantar la turbo glorieta en la zona disponible actualmente, por lo tanto se deberán realizar obras menores en los andenes y separadores para cumplir los parámetros geométricos del nuevo diseño en la intersección.

Gracias al trabajo en campo realizado se identificaron los sumideros existentes de la intersección en un funcionamiento aceptable que puede seguir funcionando para el nuevo diseño y evitar obras de alcantarillado.

Con los análisis se identificaron ventajas que la glorieta turbo al ofrecer un constante movimiento y poder retirar los semáforos ya que a veces pueden fallar y no se le presta un mantenimiento en el momento adecuado, esta glorieta puede generar una buena cultura ciudadana ya que las personas que crucen por la glorieta deberán estar atentos a los movimientos a realizar ya que no se permitirá realizar cambios de carriles bruscos la cual generarían una gran congestión las que presentan las glorietas convencionales.

Con el crecimiento que ha tenido esta intersección seleccionada se identificó que puede funcionar sin ningún problema con los volúmenes actuales y las velocidades son las adecuadas ya que no cambiaron y se demostró con el programa Vissim que no hay ningún cambio drástico.

Ante las distancias de recorrido pueden ser mayores ante la intersección pero al ganar otro sentido de dirección para las demás vías eso es una ventaja muy grande

ya que ayuda que las intersecciones cercanas puedan disminuir un poco los volúmenes vehiculares evitando dar giros o retornos innecesarios la cual ahorraría tiempo para las personas que se dirijan a un destino cercano.

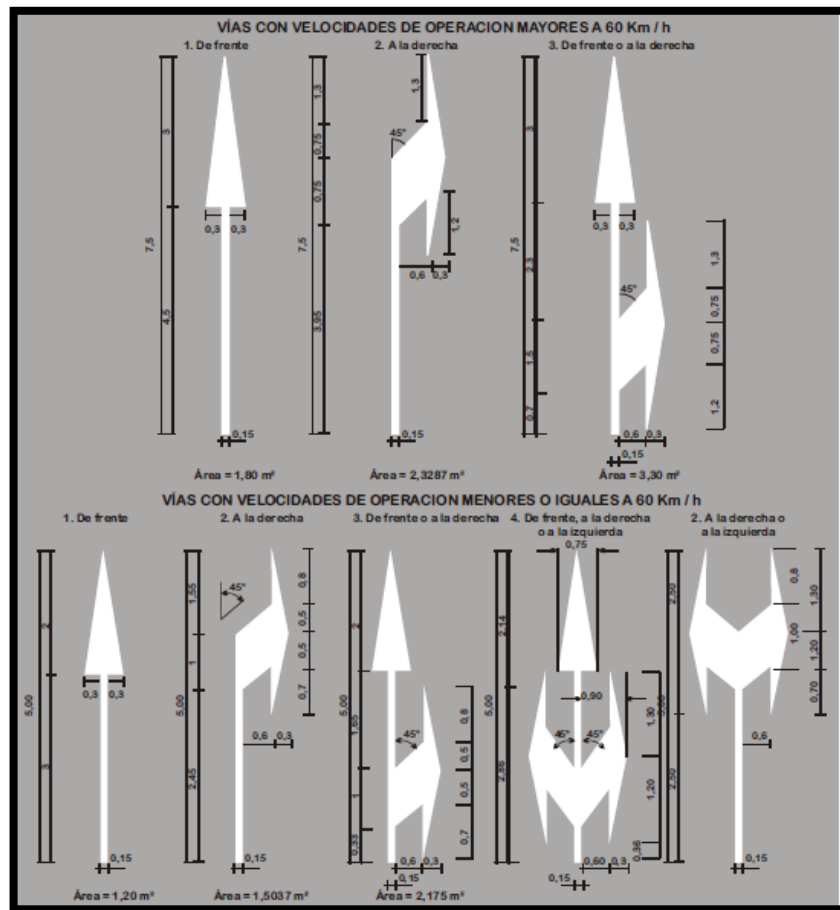
5 RECOMENDACIONES

5.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Al implementar el nuevo diseño de la turbo glorieta la señalización horizontal ya no aplicaría adecuadamente el manual de señalización, en las turbo glorietas lo que se caracteriza es su señalización horizontal es que dibujan el diámetro exterior de la glorieta las cuales señalan sus salidas.

Para un buen entendimiento las señales deben ser claras para las personas en sus vehiculos para no entrar en confusiones en el momento no se tiene una norma clara con la señalización las cuales se adoptara las dimensiones más parecidas posibles según en el manual a velocidades no mayores a 60 Km/h.

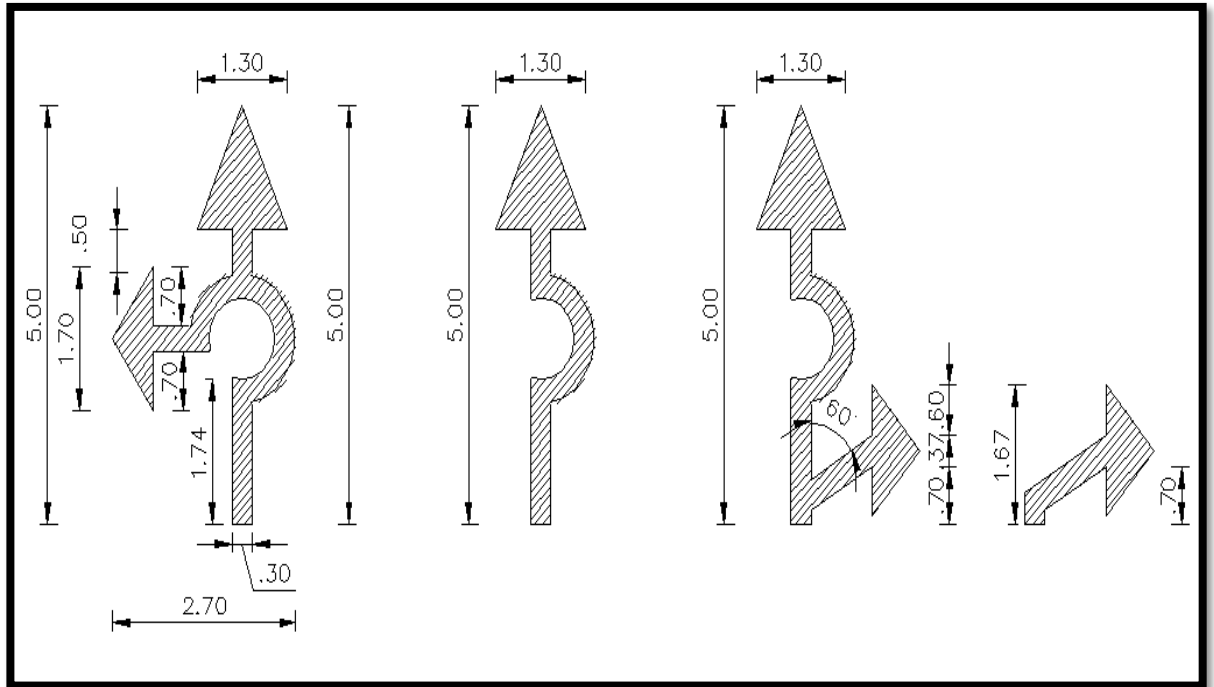
Figura 36. Flechas sobre el pavimento (medidas en metros)



Fuente. (Ministerio de transporte, 2004)

Al adoptar las dimensiones según en el manual de señalización se tienen unas dimensiones aproximadas las cuales se demuestran en la figura 43.

Figura 37. Señalización horizontal turbo glorieta.



Fuente. Autores

Para dar una mejor visibilidad por parte del radio indicando el giro o entrada a la glorieta se aumentó el ancho al doble dejando en 30 cm.

5.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Esta señalización es importante también ya que también ayuda al conductor en la toma de decisiones como el giro que debe realizar para dirigirse a su destino adecuadamente.

Las señales más importantes que para que la glorieta funcione adecuadamente son la del ceda el paso y señales tipo croquis como lo describe en el manual de señalización.

Figura 38. Señal tipo croquis



Fuente (Ministerio de transporte, 2004)

Esta señal se emplea para informar los diferentes destinos y movimientos correspondientes que hay en la glorieta.

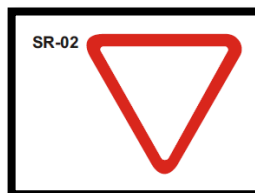
Figura 39. Señal aproximación de glorieta.



Fuente: (Ministerio de transporte, 2004)

Esta señal se emplea para avisar a tiempo al conductor que se acerca a una glorieta.

Figura 40. Señal ceda el paso.



Fuente Manual de señalización Ministerio de transporte 2004

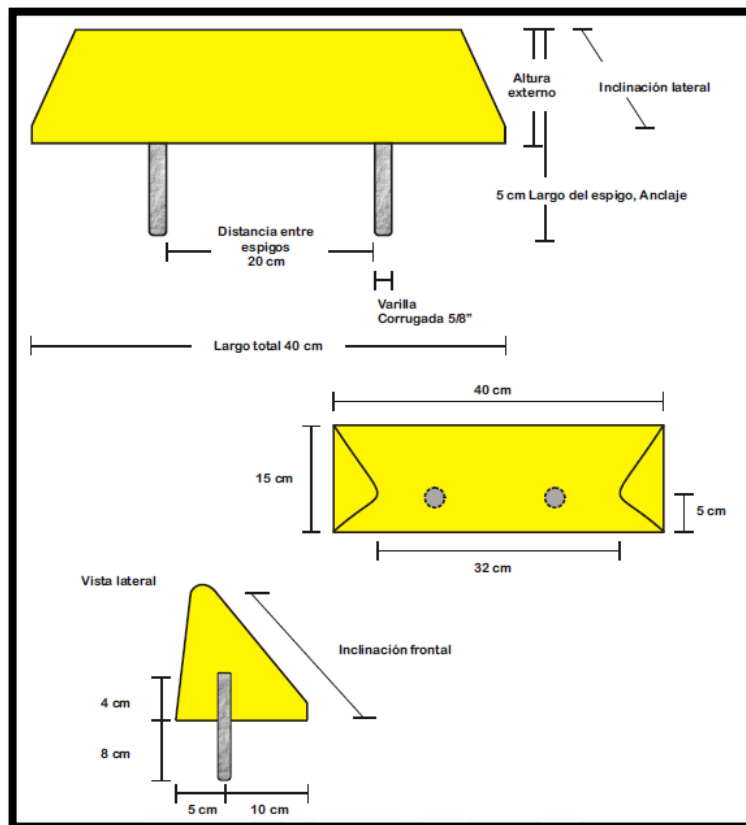
Señal que indica al conductor a disminuir su velocidad para ceder el paso a otros vehículos que se encuentran en la vía prioritaria en el cruce para evitar a cualquier costa un accidente.

5.3 SEPARACIONES DE CARRILES

Un punto importante es la separación de los carriles que tiene que trabajar la turbo glorieta para evitar cambios bruscos de carriles de los vehículos ya que esto genera altos niveles de congestionamiento, ya como se hablaba antes la glorieta cuenta con sus carriles de dirección que se deberán respetar y el conductor deberá estar atento.

Unas de las alternativas adecuadas siguiendo las normas colombianas se sugieren implementar los tachones en las delimitaciones de los carriles ya que impiden que un vehículo invada el carril que no le corresponda.

Figura 41. Tachones.



Fuente: (Ministerio de transporte, 2004)

5.4 SEGURIDAD VIAL

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores otro factor que influye o de tener en cuenta es que la turbo glorieta puede disminuir la accidentabilidad si se tiene claro cómo trabaja la cual es necesario aplicar un plan de cultura ciudadana de cómo se debe usar respetando las señales de tránsito, su velocidad y ser más consiente.

Una buena ayuda puede ser los medios de comunicación de antes de terminar alguna obra vial se le informe a las personas como es su uso adecuado y el acompañamiento de la policía de tránsito ayudando a dar conocimiento y guiando a los ciudadanos a respetar las normas.

6 BIBLIOGRAFIA

Cardenas. 2000. *Diseño geometrico de carreteras.* 2000.

Comparative Analysis of Four New Alternative Types of Roundabouts . Tollazzi, Tomaz. 2015. 2015, Periodica Polytechnica Civil Engineering , pp. 1-10.

Cruz, Lenin Alexander Bulla. 2010. *Metodología para la evaluación tecnica y operativa de turboglorietas como alternativa de intersección vial en el ámbito urbano.* Bogotá : Universidad nacional de colombia, 2010.

El espectador. 2016. *El espectador.* 2016.

El tiempo. 2011. A PESAR DE LOS PUENTES INAUGURADOS EN LA 100 CON 15 SIGUE EL TRANCON. 2011, pág. 1.

Google earth. 2010. 2010.

Instituto de desarrollo urbano. 2017. Sistema de informacion geografica. [Online] 2017. <http://gisidu.idu.gov.co/portalgis/apps/webappviewer/index.html?id=d5ef034923f04f73b56fb32f5ef4a9be>.

Instituto de desarrollo urbano,. 2017. S I G I D U - Sistema de Información Geográfico del IDU - DTE. [Online] Instituto de desarrollo urbano, 2017. [Cited: abril 11, 2017.] <http://gisidu.idu.gov.co/portalgis/apps/webappviewer/index.html?id=d5ef034923f04f73b56fb32f5ef4a9be>.

Instituto nacional de vias. 2008. *Manual de diseño geométrico de carreteras.* 2008.

maps Google. 2017. 2017.

maps Google. 2016. 2016.

Ministerio de transporte. 2004. *Manual de señalizacion vial.* Bogota : s.n., 2004.

Movilidad, Secretaria de. 2014. *Monitoreo transito y transporte urbano.* bogota : s.n., 2014.

New type of roundabout: dual one-lane roundabouts on two levels with right-hand turning bypasses – "target roundabout". Tollazzi, Tomaz. 2013. Slovenia : University of Maribor, 2013.

Plan de ordenamiento territorial de bogota,. 2013. ANEXO NO. 8 Secciones Viales. *Decreto 619.* Bogota : s.n., 2013.

Slovenian experiences with alternative types of roundabouts "turbos" and "flower" roundabouts. **Tomaz tollazi, Marco rencelj, Saso turnsek. 2011.** Slovenia : Universty of maribor, 2011.

Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance. **Lambertus, Fortuijn. 2009.** Netherland : s.n., 2009, Engineering and Geosciences Delft University of Technology, pp. 1-18.