UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO, EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO DE INTERSECCIONES OPERANDO EN CONDICIONES CRÍTICAS

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR: Miguel Angel Kassar Kayrouz

Winston Gregorio Proaño Coveña

PROFESOR GUÍA: Elena Asenjo

FECHA: Octubre 2.011

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO, EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO DE INTERSECCIONES OPERANDO EN CONDICIONES CRÍTICAS

REALIZADO POR: Miguel Angel Kassar Kayrouz

Winston Gregorio Proaño Coveña

PROFESOR GUÍA: Elena Asenjo

FECHA: Octubre 2.011

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO, EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO DE INTERSECCIONES OPERANDO EN CONDICIONES CRÍTICAS

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: _____.

JURADO EXAMINADOR

Firma:……	Firma: ……	Firma: ……....
Nombre: Elena Asenjo	Nombre: Wickard Miralles	Nombre: Vladimir Yackovlev

REALIZADO POR: Miguel Angel Kassar Kayrouz

Winston Gregorio Proaño Coveña

PROFESOR GUÍA: Elena Asenjo

FECHA: Octubre 2.011

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, por darnos verdadera vida, y ser inspiración en todos los proyectos que el hombre desarrolla para el bienestar de todos.

A la Ing. Elena Asenjo, por haber aceptado la tutoría de nuestra Tesis, por estar siempre dispuesta a compartir sus conocimientos y experiencia con los demás y que a pesar de las dificultades que la vida le pueda brindar, siempre busca cumplir con la mayor bondad y optimismo los compromisos adquiridos.

A los Ingenieros Juan Manuel Martínez y José Antonio Fajardo por su gran disposición, paciencia y ayuda con el desarrollo del ejemplo práctico, buscando siempre brindar servicios de calidad.

A todas y cada una de las personas que nos apoyaron durante el proceso de la recolección de la información dinámica, Rosa, Lenin, Tony, Frank, Aron, Mery, Daniela, Jonathan, Juan, Gabriel y Jean Carlos, su disposición y colaboración hicieron posible la realización de una parte importante de nuestro trabajo.

A la Ing. Yarisa Rodríguez, por los aportes e informaciones otorgadas para ampliar nuestra recolección de información de la zona de Los Naranjos así como también por su amable atención y disposición.

A la Lic. Vestalia Mendoza por su constante motivación y ayuda durante todo el desarrollo del trabajo de grado.

Agradecemos a todos los entes públicos y privados que compartieron información con nosotros sobre el área de estudio, en especial al Urbanista Leonardo Boscan y a las empresas SOMELCA Y VITRAF.

A las familias Kassar Kayrouz y Proaño Coveña, por su apoyo logístico y motivacional.

A todos ustedes, Gracias.

DEDICATORIA

Dedicado a Dios, como fruto de nuestro trabajo, como muestra de cultivo de nuestros talentos otorgados por el Santo Espíritu.

A mis padres, para que mis triunfos sean la cosecha que se recoge después de veinte y tres años de continua siembra.

A mi compañera de camino Rosa. M. Hernández M. por brindarme el Amor de Dios, acompañándome en las alegrías y tribulaciones, siendo siempre para mi inspiración hacia el éxito.

Winston Gregorio Proaño Coveña.

A mis padres, Joseph Kassar y Therese de Kassar, por servir de guías y por todos aquellos sacrificios realizados para permitirme lograr todas mis metas que me he propuesto.

A mis hermanos George, Mary Lourdes, Jean Carlos y demás familiares, por su incondicional apoyo y por todos aquellos momentos felices que compartimos.

Miguel Angel Kassar Kayrouz

RESUMEN

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO, EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO DE INTERSECCIONES OPERANDO EN CONDICIONES CRÍTICAS.

Miguel Angel Kassar Kayrouz

Winston Gregorio Proaño Coveña

Tutor Académico: Prof. Elena Asenjo. Caracas, UCAB

Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería civil. 2011

Palabras claves: Intersección, Análisis, Niveles de Servicio, Demora, Solución.

El cruce de dos o más flujos vehiculares, representa un área de conflicto, en la cual, con frecuencia, se presentan problemas operativos, que producen demoras a los usuarios de las vías que convergen a la intersección, lo cual obliga a las autoridades competentes, a buscar soluciones para mejorar las condiciones de operación de esas áreas.

En la actualidad, en Venezuela se cuenta con un manual de Diseño de proyectos viales, sin embargo, cuando se requiere estudiar las condiciones de operación de intersecciones que trabajen en condiciones críticas, no existe ninguna metodología disponible, que ayude en la realización de esta tarea.

Este Trabajo Especial de Grado, desarrolla una metodología de fácil aplicación para los especialistas del área, describiendo el procedimiento general que se debe seguir para determinar, tanto las condiciones de operación de una intersección, como el planteamiento de soluciones orientadas a resolver los problemas identificados.

Dicha Metodología, pretende ser una herramienta útil, para el desarrollo de proyectos viales que tengan como finalidad mejorar la calidad de servicio en las intersecciones que trabajan en condiciones críticas, y

comprende, desde las actividades más básicas, como son la identificación del área de estudio, la definición de las características físicas y operativas de la intersección, como la identificación de los problemas que afectan su funcionamiento, para luego proponer planteamientos que una vez evaluados, puedan ser implementados, ofreciendo mejoras en la operación, a corto, mediano o largo plazo, dependiendo de la magnitud de las medidas propuestas y de las expectativas del cliente.

Este trabajo, también incluye la aplicación de la metodología desarrollada, a un ejemplo práctico, a tal fin se eligió una intersección no semaforizada, ubicada en el sector El Paují, Municipio del Hatillo, en Caracas, la cual presenta problemas de congestión y altas demoras durante las horas pico y que además, tiene en su entorno una serie de desarrollos comerciales y habitacionales en ejecución, dado lo cual es de esperar, que una vez que entren en servicio, complicarán aún más la operación de la misma. Esta intersección fue evaluada, siguiendo la metodología propuesta, hasta llegar a un conjunto de alternativas para su mejoramiento, de las cuales finalmente se recomendó la que presentaba mejor desempeño en el mediano plazo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....III

INTRODUCCIÓN.....1

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.....2

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....2

I.2 OBJETIVO GENERAL.....2

I.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....3

I.4 JUSTIFICACIÓN.....3

I.5 ALCANCES.....4

I.6 LIMITACIONES.....5

CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....6

II.1 TÉRMINOS RELATIVOS AL TRÁNSITO. 6

II.2 TÉRMINOS RELATIVOS A LA VIA.....8

II.3 SISTEMAS DE REDES VIALES.....9

II.3.1 Clasificación de las vías urbanas.....10

II.4 INTERSECCIONES.....10

II.4.1 Clasificación de las intersecciones. 11

II.4.2 Diseño de intersecciones a nivel.....11

II.4.2.1 Tipos de diseños de intersecciones.....13

II.5 CANALIZACIONES O ISLAS.....16

II.5.1 Clasificación de las Canalizaciones o Islas.....16

II.6 ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRÁNSITO.....17

II.6.1 Estudio de Volúmenes de Tránsito.....18

II.7 TIPOS DE CONTROL DE INTERSECCIONES.....19

II.8 NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES.....26

II.9 DISEÑO Y MODELADO POR MEDIO DE SOFTWARE.....28

II.9.1 Enfoque macroscópico.....28

II.9.2 Enfoque microscópico.....29

CAPITULO III METODOLOGÍA Y DESARROLLO.....30

III.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VIALIDAD INVOLUCRADA.....32

III.1.1 Identificación de las vías que se intersectan.....32

III.1.2 Jerarquización vial.....33

III.1.3 Secciones transversales.....33

III.1.4 Clasificación del tránsito vehicular y peatonal.....33

III.1.5 Determinación del área de estudio con influencia sobre la intersección.....34

III.2 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA.....34

III.2.1 Recopilación de Información cartográfica.....35

III.2.2 Recopilación de Información de tránsito.....35

III.2.3 Información del entorno circundante.....35

III.2.4 Información de los planes futuros para la zona.....36

III.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....36

III.3.1 Levantamiento de Información Estática.....36

III.3.2 Levantamiento de Información Dinámica.....37

III.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....38

III.5 DIAGNÓSTICO FÍSICO Y OPERATIVO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO.....40

III.6 PLANTEAMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DETECTADOS.....42

III.7 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS. 44

III.8 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA.....45

CAPITULO IV APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....46

IV.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VIALIDAD INVOLUCRADA.....46

IV.1.1 Identificación de las vías que se intersectan.....46

IV.1.2 Jerarquización vial.....47

IV.1.3 Secciones transversales.....47

IV.1.4 Clasificación del tránsito vehicular y peatonal.....48

IV.1.5 Determinación del área de estudio con influencia sobre la intersección.....49

IV.2 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA.....49

IV.2.1 Recopilación de Información cartográfica.....49

IV.2.2 Recopilación de Información de tránsito.....50

IV.2.3 Información del entorno circundante.....50

IV.2.4 Información de los planes futuros para la zona.....51

IV.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....52

IV.3.1 Levantamiento de información estática.....52

IV.3.2 Levantamiento de información dinámica.....53

IV.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....54

IV.5 DIAGNOSTICO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO.....61

IV.5.1 Físico.....61

IV.5.2 Operativo.....61

IV.6 PLANTEAMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DETECTADOS. 62

IV.7 ANALISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS. 67

IV.8 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA. 68

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....71

V.1 CONCLUSIONES.....71

V.2 RECOMENDACIONES.....72

BIBLIOGRAFÍA.....74

ANEXOS (FIGURAS) 75

ANEXOS (TABLAS) 94

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el tiempo es un factor de suma importancia en las actividades humanas, dado que la tendencia en la vida moderna es de realizar más actividades en el menor tiempo posible, esto en el ámbito laboral se traduce en mayor producción en menor tiempo.

Las condiciones en las que presta servicio la vialidad del país, en general, cada día son más precarias y trae como consecuencia que parte de ese tiempo importante de los usuarios se vea desperdiciado en horas ociosas en estancamientos de tránsito; estas pérdidas de tiempo se traducen en disminución de las actividades productivas, que a la vez implica pérdida de dinero para las personas y las empresas, y en una visión macro, para el país.

Es por esta razón, entre otras, que solucionar los problemas de congestionamiento vehicular, comenzando por las zonas con altos volúmenes de tráfico, se ha convertido en un punto muy importante dentro de los planes de desarrollo y mejoras de calidad de vida de las personas.

Un elemento que resalta dentro de los generadores de congestionamiento vehicular son las intersecciones, típicamente por problemas en la infraestructura, fallas de diseño, problemas operacionales, incremento de la demanda a través del tiempo, entre otras.

Este Trabajo Especial de Grado surge ante la necesidad de disponer de una metodología que oriente a los profesionales del área vial, sobre los pasos a seguir para abordar el estudio de una intersección vial, que presente deficiencias en su operación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento de las grandes ciudades del país ha venido acompañado del incremento del parque automotor, sin embargo las obras de infraestructura para el transporte no se corresponden con las nuevas demandas y exigencias de sus habitantes. Este crecimiento ha generado altos niveles de congestionamiento en los tramos viales e intersecciones que componen las redes viales, afectando la movilidad, la circulación vehicular y generando niveles de servicio deficiente.

El parque automotor privado ha sido uno de los responsables del congestionamiento, sin embargo la deficiente calidad del servicio prestado por el sistema de transporte público también ha contribuido.

Los tiempos de viaje que invertimos para desplazarnos en la ciudad son bastante elevados y de crecimiento progresivo, exigiendo importantes tiempos de nuestras vidas para movilizarnos, de lo cual surge la necesidad de encontrar soluciones que mejoren la calidad y eficiencia de los sistemas de transporte que permitan disminuir el tiempo utilizado para trasladarse.

Por otra parte, los presupuestos para obras públicas están altamente comprometidos, lo cual no permite a las autoridades disponer de recursos para grandes obras, en esos casos se debe recurrir a soluciones de bajo costo que ayuden a mejorar los niveles de operación.

I.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología que permita el estudio de soluciones viables y prácticas que ayuden a mejorar las condiciones de operación en

intersecciones viales que presenten como característica principal niveles de servicio deficientes.

I.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar proyectos vinculados al mejoramiento de los elementos que conforman y prestan servicio en una intersección.
- Determinar los problemas que comúnmente afectan a las intersecciones y que hacen que los niveles de servicio sean deficientes.
- Definir indicadores que nos permitan establecer las condiciones de operación de una intersección.
- Caracterizar los problemas que afectan el buen funcionamiento de las intersecciones como punto de partida para la búsqueda de soluciones efectivas, que nos permitan desarrollar soluciones orientadas a un funcionamiento óptimo tanto de los vehículos como de los peatones.
- Desarrollar propuestas que permitan solucionar o reducir los puntos débiles de la operación en las intersecciones, para mejorar su capacidad, aumentando su nivel de servicio.
- Definir un procedimiento para evaluar la factibilidad y buen desempeño de las propuestas aportadas para cada problema.
- Presentar resultados de los análisis y conclusiones obtenidas, organizados de forma metodológica, que sirva de lineamiento en la elaboración de este tipo de estudio.
- Desarrollo de un ejemplo práctico, utilizando la metodología propuesta.

I.4 JUSTIFICACIÓN

El factor tiempo es un elemento muy importante dentro de la planificación de actividades de cualquier persona, debido a que permite el

desarrollo efectivo de actividades que pueden estar comprendidas desde planes de negociación, hasta labores personales en el día a día de cualquier ser humano. En nuestra ciudad, este es un elemento severamente comprometido, debido a que se encuentra afectado por los elevados tiempos de viaje causados por las altas demoras para trasladarse de un lugar a otro y por el deterioro progresivo del servicio que presenta el sistema vial.

Uno de los eslabones más débiles dentro de la cadena que conforma la red vial son los nodos o intersecciones, ya que es un área de intercambio direccional vehicular donde la operación de la misma depende de factores que pueden generar problemas de circulación, funcionamiento y progresión; ocasionando así importantes retrasos en el normal desenvolvimiento del tránsito vehicular.

Este Trabajo Especial de Grado, pretende generar un aporte a la solución de esta problemática mediante el desarrollo de una "Metodología para el estudio, evaluación y propuestas para mejorar el nivel de servicio de intersecciones operando en condiciones críticas".

I.5 ALCANCES

El alcance de este Trabajo de Grado comprende desarrollar una metodología que permita definir, identificar y determinar el nivel de servicio que presta una intersección vial, así como también evaluar y definir posibles soluciones, con la finalidad de mejorar la accesibilidad, movilidad y operación de la red vial.

Para lograr los objetivos planteados se acudirá a bibliografías que reseñen tópicos acerca del tema, además de entrevistas a especialistas en el área para tomar en cuenta sus experiencias en trabajos de esta naturaleza. Así mismo se realizará visitas a organismos públicos como FONTUR, MTC, y alcaldías en busca de información sobre el tema.

Una vez desarrollada la metodología se pondrá a prueba mediante el desarrollo de un ejemplo práctico.

I.6 LIMITACIONES

Entre las limitaciones que se podrían presentar durante la realización del trabajo tenemos:

- La información existente en las oficinas públicas y privadas, muchas veces, tienen acceso restringido, no obstante se buscará recopilar información en algunos organismos como la "Fundación Fondo Nacional de Transporte Urbano" (FONTUR), el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y algunas oficinas de transporte de alcaldías para su utilización en el trabajo.

- Los altos costos de los servicios de conteos mecánicos, hacen que la determinación de los volúmenes de tránsito se deban realizar de manera manual. Para lo cual se requiere de un número de personas suficientes para registrar todos los movimientos generados en la intersección.

- Los conteos clasificados direccionales de la intersección a estudiar se realizarán por cortos períodos de tiempo, debido a que no se dispone del personal necesario para la recopilación de datos durante períodos más prolongados.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

Durante el desarrollo del trabajo de grado se utilizarán diversos términos y conceptos, por lo que se procede a definirlos ya que esto nos ayudará a tener un mejor entendimiento de los puntos que se tratarán. De acuerdo al vocabulario vial del Ministerio de Transporte y Comunicaciones tenemos:

II.1 TÉRMINOS RELATIVOS AL TRÁNSITO.

- Análisis de tránsito: Análisis cuantitativo actualizado del tránsito, en un sistema de calles o carreteras o en una red de transporte.
- Autobús: Vehículo automotor de operación libre destinado al transporte colectivo de pasajeros en número mayor de nueve.
- Automóvil: Vehículo automotor carretero, destinado al transporte hasta de nueve pasajeros.
- Camión: Vehículo automotor de operación libre, destinado al transporte de cargas. Excluye los vehículos livianos de dos ejes, asimilándolos a los de pasajeros.
- Capacidad de tránsito: Máximo número de vehículos que pueden pasar sobre un canal o carretera durante una hora, dicha capacidad está dictaminada por el diseño de la vía.
- Congestión de tránsito: Entorpecimiento del tránsito de una vía por exceso de vehículos o por obstrucción.
- Control de tránsito: Acción de orientar y fiscalizar el tránsito de acuerdo con determinadas normas.
- Dispositivos de control del tránsito: Señales oficiales para controlar el tránsito.

- Demora: Es el tiempo perdido por el vehículo debido a causas ajenas al control del conductor.

- Hora-pico: La correspondiente al máximo número de vehículos, que pasan por una sección determinada de una vía o canal, durante 60 minutos consecutivos.

- Nivel de Servicio (NDS): Una medida calificativa de la efectividad del servicio, relacionado con los volúmenes de tránsito a que deba responder frente a cualquiera de las condiciones de operación que puedan ocurrir en un canal o calzada. Se cataloga entre un flujo libre con fácil manejabilidad (A), hasta aquel que colma la capacidad de la vía (F) y varía inversamente al volumen o la densidad de tránsito. Según Garber y Hoel (2005), para las intersecciones, los criterios de nivel de servicio (NDS) se dan en términos de la demora promedio por vehículo, durante un período de análisis de quince minutos, y la asignación de los NDS varía entre intersecciones que tienen semáforos como sistema de control de tráfico, y las que no.

- Semáforo: Elemento señalador, mediante el cual se regula el movimiento de vehículos y peatones.

- Señal de control de tránsito: Dispositivo de tránsito, mecánico o luminoso, para regular, alertar u ordenar acciones alternativas específicas.

- Tránsito: Los peatones y vehículos de todo tipo, con sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier vía.

- Señales de preferencia de paso: Estos dispositivos de control de tránsito están generalmente ubicados en los accesos de las vías secundarias, e indican a los conductores que circulan en los accesos de la intersección que deben reducir la velocidad y ceder el paso a todos los vehículos que circulan en toda la arteria vial principal. Estas

señales sólo obligan a que los conductores se detengan cuando sea necesario para no interferir con el flujo vehicular que tenga el derecho de paso.

- Señales de pare: Estos dispositivos de control del tránsito indican a los conductores que deben detenerse antes de entrar en el área de la intersección. Estas señales son utilizadas en intersecciones no señalizadas donde convergen una vía principal y una vía secundaria.

II.2 TÉRMINOS RELATIVOS A LA VIA

- Acera: Parte de la vía urbana o de una obra de arte destinada exclusivamente al tránsito de peatones.
- Ángulo de giro: Representa el ángulo comprendido entre los extremos de un trayecto curvo.
- Ángulo de intersección: Es el formado por los ejes de las calzadas de dos vías que se unen o se cortan.
- Avenida: Vía preferencial, de apreciable longitud y con alta densidad de tránsito, por lo que exige la instalación de separadores y controles en sus intersecciones. A veces dispone también de calles laterales de servicio.
- Calzada: Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos.
- Calle de servicio: Calle auxiliar de una vía principal paralela a ella, que sirve a las propiedades adyacentes y hace posible la limitación de accesos a la vía principal.
- Parada de autobuses: Área de una vía pública destinada a ser usada por los autobuses para recibir y dejar pasajeros; existen dos tipos de paradas: sobre la calzada y con bahía de resguardo.

- Paso a nivel: Área común de intersección de carreteras con vía férrea.
- Radio mínimo de giro: El radio de la trayectoria mínima descrita por la parte exterior de la llanta, en la rueda frontal externa de un vehículo, al girar.

II.3 SISTEMAS DE REDES VIALES

Los sistemas de Redes Viales están constituidos por diversos tipos de vías interconectadas y cada una de ellas presenta condiciones geométricas, del tránsito y señalización que permite clasificarlas de diversas formas según su ubicación geográfica y su función; esta clasificación de las vías permite establecer estándares de diseños en cada uno de sus tipos.

Las vías se clasifican según la ubicación geográfica en:

- Vías Urbanas: Están localizadas dentro de las ciudades y prestan servicios a grandes áreas de desarrollo poblacional.
- Vías Rurales: Son aquellas que se encuentran ubicadas fuera del área de las ciudades y su función es conectar y enlazar ciudades y centros poblados separados por grandes distancias.

Dentro las funciones principales que prestan las vías, encontramos dos que resaltan por su importancia:

- Movilidad: Movimiento continuo y progresivo del tránsito.
- Accesibilidad: Facilidad de acceso a una parcela en términos de distancia, tiempo o costo

Por su naturaleza dichas funciones son contrapuestas, debido a que si se componen en más medida de una característica se limita en la otra; es decir, mientras más movilidad menos accesibilidad y viceversa.

Debido a que nuestro trabajo se desarrolla dentro de las intersecciones conflictivas y éstas a su vez se encuentran en las vías urbanas, nos enfocaremos en el tratamiento de las mismas.

II.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS VIAS URBANAS

- Autopistas: Es la vía multicanal, dividida por un separador central y de tránsito rápido. Su función principal brindar movimiento al tráfico de paso. Tiene control total de acceso y conexión con otras vías sólo a través de intersecciones o distribuidores a diferentes niveles.

- Vías Expresas: Es una vía multicanal dividida, cuya función primordial es dar movimiento del tráfico de paso y tiene control total o parcial de acceso. La conexión con otras vías importantes se da través de distribuidores de tránsito a diferentes niveles o dispositivos a nivel.

- Vías Arteriales: Son vías que manejan volúmenes importantes de vehículos, su función es el movimiento del tráfico de paso. Esta prioridad se consigue a través de su diseño geométrico y/o por medio de controles de tránsito.

  Se conectan con otras arteriales y colectoras con intersecciones a nivel generalmente controladas por semáforos.

- Vías colectoras: Son vías que permiten el acceso directo a las parcelas adyacentes y distribuyen o recogen el tráfico de pequeñas áreas, cuyas parcelas son servidas por vías locales con las que tienen muchas intersecciones. El tráfico es conducido desde o hacia vías más importantes.

- Vías locales: Su función primordial es la de dar acceso a las parcelas adyacentes. Generalmente no hay tráfico de paso, el cual es desestimulado por los largos recorridos y/o bajas velocidades propias de estas vías o por obstáculos colocados a propósito.

II.4 INTERSECCIONES

Se define como intersección al área que es compartida por dos o más vías que convergen en un punto y cuya función principal es facilitar la continuidad del flujo vehicular de las vías que se cruzan y posibilitar el cambio de dirección de los vehículos que por ellas circulan. El buen

funcionamiento de las vías, la capacidad y la velocidad que se puede desarrollar en ellas, depende de la eficiencia con las que operan las intersecciones.

II.4.1 CLASIFICACIÓN DE LAS INTERSECCIONES.

- Intersecciones a Desnivel: Son aquellas que "constan de estructuras que distribuyen al tránsito para que crucen a niveles diferentes sin interrupción (Distancias verticales)" (Garber, Hoel, 2005. P 219).

- Intersecciones a Nivel: son aquellas que permiten el intercambio del flujo vehicular a la misma altura, generándose puntos de conflictos entre los vehículos que se cruzan. Las intersecciones a nivel se clasifican en dos grupos dependiendo del sistema de operación de tráfico, los cuales son:

    - Intersecciones no señalizadas con semáforos: Son aquellas en las que el flujo de tránsito no está controlado por los semáforos. Operan mediante señales de pare y/o de preferencia de paso, que dan prioridad a la movilidad del flujo principal obligando al flujo secundario a ceder el paso.

    - Intersecciones señalizadas con semáforos: Son aquellas en las que el flujo de tránsito está controlado por semáforos, estos dispositivos de control de tránsito asignan el uso de la intersección a los diferentes flujos vehiculares en tiempo repartidos, que permiten movimientos en todos sus afluentes en forma ordenada mediante el uso de señales luminosas.

II.4.2 DISEÑO DE INTERSECCIONES A NIVEL

Garber y Hoel (2005) definen que, "el objetivo fundamental del diseño de las intersecciones a nivel es minimizar la gravedad de los conflictos potenciales entre diferentes flujos vehiculares, y entre los peatones y los vehículos que dan vuelta. Al mismo tiempo, es necesario asegurar la fluidez del tránsito que pasa por la intersección.

Por lo tanto el diseño debe incorporar las características operacionales, tanto de los vehículos como de los peatones que utilizan la intersección" (p.229).

La selección del diseño adecuado depende de los volúmenes vehiculares que demandan cada uno de los movimientos permitidos, del espacio disponible y de si la intersección está en área urbana o rural (Garber, Hoel, 2005).

Los aspectos principales que se deben considerar para el adecuado diseño de una intersección a nivel deben incluir el diseño del alineamiento, el diseño de un sistema adecuado de asignación de canales para el patrón de tránsito, la determinación de los anchos mínimos requeridos de las vialidades para realizar los movimientos de giro a la derecha y a la izquierda, el diseño de los radios de curvatura y la seguridad de las distancias visuales sean adecuadas para el tipo de control en la intersección (Garber. Hoel, 2005).

- Alineamientos de las intersecciones a nivel: El alineamiento más adecuado para una intersección de nivel se obtiene cuando el ángulo entre las vías que se cruzan es recto o casi recto, debido a que se requiere un área menor de vía para realizar las maniobras en las intersecciones y el tiempo de exposición de los vehículos a cruzar al flujo vehicular principal es más corto.

- Trazado de canales en las intersecciones a nivel: La American Association State Highway and Transportation Officials (AASHTO) define el trazado de canales como, "la separación de los movimientos conflictivos de tránsito, en trayectorias definidas de recorrido mediante camellones o marcas en el pavimento, para facilitar los movimientos seguros y ordenados tanto de vehículos como de peatones" (AASHTO, 2001, citado en Garber y Hoel 2005, p. 236). Una intersección con una adecuada asignación de canales "se reflejará en mayor

capacidad, mejor seguridad y mayor confianza en el conductor" (Garber, Hoel, 2005, p. 238)

- Curvas en intersecciones a nivel: La eficiencia operativa en los canales que giran dependen de la correcta asignación de los radios de curvatura, ancho y número de canales, seleccionados a partir de los factores que se deben considerar para el diseño adecuado se las curvas en las intersecciones a niveles los cuales son: el ángulo de giro, la velocidad para el entrecruce o giro, el vehículo de diseño y el volumen de tránsito.

- Distancia Visual en las Intersecciones: La seguridad del flujo vehicular se incrementa "al suministrar distancias visuales de paso que permitan los conductores, tener una visión sin obstáculos de la intersección completa, a una distancia lo suficientemente grande para permitir el control de los vehículos (Garber, Hoel, 2005 p.255).

II.4.2.1 TIPOS DE DISEÑOS DE INTERSECCIONES

- Diseño de Intersecciones Convencionales:

El diseño de una intersección convencional se basa en el principio de que todos los movimientos posibles del flujo vehicular se realicen directamente en el área de la intersección, y el control de la operación de todos los movimientos del flujo vehicular está regido por múltiples fases, que asignan el derecho de paso en los diferentes momentos a cada uno de los flujos vehiculares que llegan a la intersección. (Reid. 2004).

Debido al elevado crecimiento del flujo vehicular en las áreas urbanas, la movilidad del flujo vehicular en las arterias viales principales de una ciudad se ven afectadas por la limitada capacidad de los diseños de intersecciones

convencionales, ya que estas son las que se interconectan con las redes viales urbanas.

Los diseños básicos más comunes de intersecciones convencionales a nivel son:

Intersecciones Tipo T: Son aquellas constituidas por una vía que llega a otra vía por un solo lateral y varían desde las más simples, en vías de un canal por sentido, hasta las más complejas en vías multicanales con islas para encauzar el flujo vehicular.

Intersecciones Tipo Cruz: Son aquellas constituidas por dos vías que se cruzan y varían desde las más simples hasta las más complejas, constituidas por vías multicanales con islas para encauzar el flujo vehicular.

Redomas: Son aquellas que "se caracterizan porque los tramos que a ella confluyen se comunican mediante un anillo en el cual la circulación se efectúa alrededor de una isla central. En este tipo de solución, la mayoría de las trayectorias vehiculares convergen y divergen, por lo que es reducido el número de puntos de conflictos" (Arboleda, 2000, p.13)

- Diseño de Intersecciones No Convencionales:

El diseño de una intersección no convencional se caracteriza por no permitir que todos los movimientos del flujo vehicular se realicen directamente dentro del área de la intersección, generándose movimientos indirectos fuera de la zona de convergencia de los flujos vehiculares.

Los tres principios fundamentales en los que se basa el diseño geométrico y operativo de las intersecciones no convencionales son los siguientes:

- El diseño tiene como propósito dar prioridad a los movimientos a lo largo de la arteria vial principal (Reid, 2004). Esto se logra penalizando los movimientos de giro a la izquierda y a lo largo de la vía secundaria, reduciéndose la demora en la arteria principal e incrementando su movilidad.

- El diseño y la operación de las intersecciones no convencionales tienen como objetivo minimizar el número de fases de las señales de control de tráfico (Reid, 2004). La mayoría de los diseños buscan simplificar el movimiento de los flujos vehiculares en dos fases, reduciendo la longitud del ciclo de los semáforos, permitiendo una mejor distribución de los tiempos de las fases en los flujos principales y disminuyendo la demora en la intersección.

- El diseño de una intersección no convencional permite reducir el número de conflictos dentro del área de la intersección. (Reid, 2004). Por esta razón se incrementa la seguridad de los usuarios y se simplifica el proceso de toma de decisión de los conductores del flujo principal.

Existen diferentes diseños de intersecciones no convencionales y cada uno de ellos presenta diferentes características geométricas y operativas. Cada diseño tiene diferentes condiciones que los hacen adaptarse mejor a la configuración del flujo vehicular existente y al área disponible. Algunos diseños de intersecciones no convencionales definidos por Reid, (2004) son los siguientes: Median U-Turn, Bowtie, Superstreet, Jughandle, Continuous flow intersection, Continuous Green T, Double Wide y Split.

II.5 CANALIZACIONES O ISLAS

Cuando el área pavimentada en la zona de la intersección presenta un ancho apreciablemente grande, debido al diseño geométrico de las vías que se entrecruzan, se presentan problemas de inseguridad en los conductores debido a que los mismos desconocen la trayectoria correspondiente al movimiento a realizar, invadiendo zonas destinadas a otros grupos.

A medida que se diseña para velocidades de giros mayores a 15 km/h, el área de la intersección se incrementa agudizándose el problema.

Las islas de canalización permiten resolver este problema, al separar los movimientos más importantes en ramales de giros independientes, disminuyendo el área pavimentada de circulación en comparación con una intersección sin canalización.

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giros canalizados son:

- La alineación del borde inferior del pavimento.
- El ancho del canal de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización.

II.5.1 Clasificación de las Canalizaciones o Islas:

Las islas pueden clasificarse, funcional y físicamente, del modo siguiente:

A) Islas de refugio para peatones.

La función principal de una isla de refugio es proporcionar un lugar para los peatones que no puedan cruzar todo el ancho de la calzada de una sola vez, debido al cambio de semáforos, a los vehículos que se acercan o a incapacidades físicas de los peatones. En áreas congestionadas estas islas facilitan también el tránsito vehicular, permitiendo la marcha de ciertos

vehículos sin necesidad de que tengan que esperar a que los peatones crucen la totalidad de la calzada.

B) Isla para división del tránsito.

Las islas divisorias se sitúan longitudinalmente en las calzadas para dividir las corrientes de tránsito en dos o más partes. Su misión más común es separar los movimientos opuestos del tránsito formando una divisoria central. Cuando se constituyen en forma continua, forman parte de la sección transversal de diseño de la calzada, denominándose separadores.

C) Islas para canalización del tránsito.

La función principal de una isla de canalización es controlar y dirigir a un conductor hacia el canal apropiado para su ruta y asegurar así la operación segura y eficiente de la intersección. Las islas de canalización se instalan en áreas que de otra manera serían amplias expansiones de pavimento, para lograr el flujo ordenado del tránsito que se desea. Como tal, las islas de canalización primordialmente son una parte del diseño de la intersección.

II.6 ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRÁNSITO

Los Estudios de ingeniería de tránsito buscan identificar los problemas presentes con el flujo de vehículos y personas en una intersección y sirve para planear, operar y diseñar las vialidades.

Las etapas comprendidas en un estudio de ingeniería de tránsito comprende la recopilación de información de la intersección bajo estudio, tanto información del dimensionamiento de la intersección, así como también la información contenida en los organismos del gobierno, que son de ayuda para la evaluación de la intersección.

II.6.1 Estudio de Volúmenes de Tránsito

Los medios estáticos del tránsito (Intersecciones) están sometidos a ciertos volúmenes de tránsito que tienen ciertas características de espacio ocupado en la intersección y tiempo que consumen en transitar.

El diseño de cualquier intersección dependerá principalmente del volumen de tránsito que circulará durante cierto período de tiempo, además de considerar volúmenes de las vías principales y secundarias, volúmenes en las horas pico y la ubicación de escuelas, hospitales y sitios recreacionales, entre otros, que afecten la tasa de crecimiento y expansión de la zona.

El principal objetivo de realizar los estudios de volúmenes de tránsito consiste en cuantificar y clasificar los vehículos y/o personas, para estimar la calidad de servicio que recibirán los usuarios.

Dentro del estudio de volúmenes de tránsito tenemos: los volúmenes de hora pico, que sirven para planificar y diseñar los dispositivos de control de tránsito y determinar suficiencias en la capacidad; la clasificación de volúmenes, que permite diferenciar el tráfico total para cada acceso, diferenciar los vehículos por tipo y cuantificar el tránsito total para cada intersección; Los conteos de volumen peatonal, que proveen datos básicos para evaluar la efectividad de los cruces, semáforos peatonales, programación de los semáforos, en especial el cálculo del tiempo en rojo.

En general, los estudios sobre volúmenes de tránsito permiten evaluar deficiencias en la capacidad, determinar los períodos de máxima demanda y establecer controles en el tránsito.

II.7 TIPOS DE CONTROL DE INTERSECCIONES

Los controles en las intersecciones son dispositivos destinados a controlar el flujo en conflicto que se pueden originar en una intersección, y de acuerdo al MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices) se tienen lineamientos para determinar si un tipo de control es adecuado para una intersección. Los tipos de control de intersecciones son los siguientes:

a) Señales de preferencia de paso: Son señales que dan prioridad a una vía, buscando que los conductores que circulan en los accesos secundarios disminuyan su velocidad, y se detengan de ser necesario, para no interferir con el flujo vehicular que tiene la prioridad. Se busca dar prioridad a los accesos principales, colocando estas señales en accesos secundarios.

b) Señales de alto: Estos señales suelen causar incomodidad para los conductores, por lo tanto se utilizan en los casos en que son necesarios; están destinados a hacer que un vehículo se detenga antes de entrar a la intersección. Se suelen colocar en accesos secundarios para dar prioridad a un acceso principal. También se utilizan en los diferentes afluentes de la intersección (multidireccionales), con la finalidad de detener todos los vehículos que hacen uso de la misma.

c) Demarcación de canales: "Las demarcaciones son las rayas, los símbolos y las letras que se pintan sobre el pavimento, brocales y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos". (Manual interamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras, 1991, Capitulo 3). Su función es servir de advertencia acerca de la presencia de otros dispositivos en la intersección, tales como señales o semáforos, así como también transmitir instrucciones que no se pueden transmitir con otros dispositivos.

d) Semáforos: "Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos proyectados específicamente para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, mediante indicadores visuales de luces de colores universalmente aceptados, como lo son el verde, el amarillo y el rojo." (Cal y Mayor 2000, p.386). La luz Verde indica a los conductores que pueden pasar, la luz amarrilla indica precaución al conductor, que la luz verde está a punto de cambiar a rojo. Y la luz roja indica al conductor que debe detenerse.

La principal ventaja de estos sistemas es que brinda una ordenada circulación del tránsito. Pero producen pérdidas de tiempo innecesarias cuando se trata de volúmenes de tránsito pequeños.

d.1) Sincronización del sistema de semáforos: Para lograr el diseño de la sincronización de los semáforos, debemos definir ciertos términos:

- Ciclo: "Es el tiempo en segundos que se requiere para una secuencia completa de colores en un cambio del semáforo" (Garber, Hoel, 2005, p.298).
- Fase: "Es la parte de un ciclo que se asigna a un flujo vehicular, o a una combinación de dos o más flujos vehiculares, que tienen simultáneamente el derecho de paso durante uno o más intervalos" (Garber, Hoel, 2005, p.298).
- Intervalo: "Es cualquier parte de la duración del ciclo durante la cual no cambian los colores" (Garber, Hoel, 2005, p.299).
- Desfasamiento: "Es el lapso de tiempo en segundos o el porcentaje de la duración del ciclo, entre el inicio de una fase verde en la intersección y el inicio de una fase verde correspondiente en la siguiente intersección" (Garber, Hoel, 2005, p.299).

- Factor de la hora pico (FHP): "Es una medida de la variabilidad de la demanda durante la hora pico" (Garber, Hoel, 2005, p.299)

- Grupo de canales: "Consta de uno o más canales en el acceso de una intersección y que tiene la misma fase verde (Garber, Hoel, 2005, p.299).

- Tasa de flujo de saturación: "es la tasa de flujo en vehículos/hora que puede soportar el grupo de canales, si continuamente tiene la luz verde" (Garber, Hoel, 2005, p.299).

La función principal de la sincronización de los semáforos es "reducir la demora promedio de todos los vehículos así como, la probabilidad de accidentes." (Garber, Hoel, 2005, p.302). Para alcanzar estos objetivos la sincronización de los semáforos busca reducir los puntos de conflicto, debido a que son la principal causa de accidentes en las intersecciones. Además de esto, también se busca reducir las demoras en las intersecciones.

En el diseño de los semáforos se pueden tener criterios encontrados. Por una parte se puede incrementar el número de fases para separar todos los flujos vehiculares y evitar zonas en conflicto o se puede colocar el menor número de fases para reducir las demoras en el tráfico. Por lo general se busca permitir todos los movimientos de los flujos vehiculares con el menor número de fases posible y en el menor tiempo de ciclo.

El primer paso para la sincronización de los semáforos es definir los grupos de canales:

1. "Deben establecerse grupos de canales por separado para el (los) canal(es) exclusivo(s) para dar vuelta a la izquierda, a menos que el acceso también contenga un canal compartido de paso y para dar vuelta a la izquierda. Estos mismos lineamientos se aplican a los canales exclusivos para dar vuelta a la derecha" (Garber, Hoel, 2005, p.299).

2. "Cuando se instalan en un acceso uno o varios canales exclusivos para dar vuelta a la izquierda, uno o varios canales exclusivos para dar vuelta a la derecha o ambos, generalmente todos los demás canales se instalan como grupo individual de canales" (Garber, Hoel, 2005, p.299).

3. Para asignar el tiempo máximo de luz verde en una fase, se determina el grupo crítico de canales, este grupo de canales define el tiempo de luz verde necesario para esta fase.

Una vez asignado el grupo de canales se debe determinar la duración del ciclo y de las fases correspondientes a la intersección. Se debe considerar el efecto de intersecciones adyacentes, debido a que dependiendo de la distancia que las separa, estas podrán estar trabajando de forma aislada o en conjunto con un grupo de intersecciones.

d.1.1) Optimización de los semáforos en intersecciones aisladas:

"Una intersección aislada, es aquella en la cual el período de la señal, no se coordina con el de ninguna otra intersección y por tanto opera en forma independiente". (Garber, Hoel, 2005, p.303).

Se recomienda ciclos de corta duración, entre 35 y 60 segundos, en casos con volúmenes de acceso muy altos se recomienda no superar 120 segundos en la duración del ciclo para evitar demoras excesivas.

El método utilizado para este diseño es el contemplado el "Highway Capacity Manual" (HCM), donde la capacidad del grupo de canales se determina mediante la siguiente ecuación:

$$ci = si * (\frac{gi}{C})$$

Donde:

ci: Es la capacidad del grupo de canales i (Vehiculos/hora)

si: Es la tasa de flujo de saturación para el grupo de canales o el acceso i. (vehículos de pasajeros/hora de luz verde)

gi: Es el tiempo de luz verde efectiva para el grupo de canales i o para el acceso i.

C: Es la duración del ciclo.

El diseño del ciclo total se realiza bajo el concepto de la relación volumen entre capacidad, pero se realiza considerando los accesos críticos de la intersección, que son los accesos a los que corresponde la mayor relación de flujo para cada señalización.

Según Cal y Mayor (2000) "F. V. Webster con base en las observaciones de campo y simulación de un amplio rango de condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforo, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_0 = \frac{1.5\,L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} \gamma_i}$$

Dónde:

C_0 = tiempo óptimo del ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

γ_i = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o canal crítico de la fase i

φ = número de fases.

El intervalo de valores aceptables para la longitud de un ciclo determinado, está entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo, para el cuál las

demoras nunca serán mayores en más del 10% al 20% de la demora mínima." (p.401)

Para determinar la relación crítica de la intersección se usa la siguiente ecuación:

$$Xc = \sum_i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci} * \frac{C}{C-L}$$

Dónde:

Xc: Es la relación crítica v/c para la intersección.

$\left(\frac{v}{s}\right)_{ci}$: Es la razón crítica de los flujos reales entre el flujo de saturación para el acceso "i" o grupo de canales "i".

C: Es la duración del ciclo.

L: Es el tiempo total perdido por ciclo.

Una vez determinada la duración del ciclo, es importante asignar correctamente el tiempo de luz verde para cada acceso, en los casos donde la relación volumen/capacidad sea mayor que 1.00, la asignación de los tiempos de fase fue incorrecta y está superada la capacidad de la intersección. Por lo tanto el diseño busca que todos los accesos tengan una relación volumen/capacidad menor que 1.00.

El diseño de la luz amarilla busca garantizar tiempo suficiente para detenerse con seguridad o poder cruzar la intersección a la velocidad que tenía el vehículo. Dicha luz amarilla es parte de un intervalo de tiempo del ciclo denominado "cambio de fase" en el cuál también se encuentra un tiempo llamado "todo rojo" que muchas veces es usado como un tiempo que actúa como factor de seguridad.

Intervalo de cambio = Amarillo + Todo Rojo

Según Cal y mayor (2000) este intervalo de cambio se puede calcular mediante la siguiente formula:

$$y = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W + L}{v}\right)$$

Dónde:

y = intervalo de cambio de fase, amarillo más todo rojo

t = tiempo de percepción – reacción del conductor (usualmente 1.00 s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de deceleración (valor usual 3.05 m/s2)

W = ancho de intersección

L = longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m)

d.1.2) Sincronización y coordinación de los semáforos entre intersecciones adyacentes:

Para disminuir las demoras e incrementar la movilidad de los corredores viales, en aquellos casos que sea posible, se recomienda realizar la sincronización de los semáforos de modo tal que al recibir el libre paso en una intersección, los vehículos también obtengan el libre paso en la intersección siguiente.

El proceso de diseño y determinación de la duración de los ciclos en cada intersección es el mismo que corresponde a las intersecciones aisladas. Una vez determinado la duración del ciclo se procede a coordinar el corredor vial, se selecciona una duración de ciclo única para todo el corredor vial. La selección del ciclo corresponde a un método iterativo: “esta selección se alcanza mediante un procedimiento de prueba y error” (Garber, Hoel, 2005, p.328).

Los métodos para coordinar este tipo de intersecciones son los siguientes:

1. Sistema simultáneo: Se caracterizan por asignar luz verde al mismo tiempo a todas las intersecciones adyacentes de la misma avenida.

2. Sistema alterno: Este tipo de sistema sincroniza los semáforos para que alternativamente se conceda el derecho de paso a los grupos de semáforos.

3. Sistema progresivo: Este tipo de sistema es similar al sistema simultáneo, pero la indicación de la luz verde en la intersección sucesiva está desfasada un lapso de tiempo que considera la distancia entre intersecciones y la velocidad en el tramo.

II.8 NIVEL DE SERVICIO EN INTERSECCIONES

Para poder determinar el nivel de servicio de una intersección, se recomienda el uso del *Highway Capacity Manual,* donde se dividen las intersecciones en dos grupos:

a) Intersecciones semaforizadas: El nivel de servicio depende de las características geométricas de la intersección, el volumen de tránsito, el porcentaje de vehículos pesados, el factor de hora pico, el número de canales, la progresión de los semáforos, flujo de peatones, estacionamientos, etc. Por lo tanto el *Highway Capacity Manual* ha desarrollado un método para evaluar el nivel de servicio en función de la demora por vehículo en la intersección:

Tabla II.1 Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas

Nivel de Servicio	Demora por Vehículo (Seg)	Descripción Cualitativa
A	Menor a 10	Buena Progresión. Pocas paradas y ciclos cortos.
B	Entre 10 y 20	Buena Progresión y/o ciclos cortos; más paradas.
C	Entre 20 y 35	Progresión aceptable y/o ciclos más largos. Algunos ciclos fallan y hay un porcentaje alto de paradas.
D	Entre 35 y 55	Congestión se hace notable, relación (v/c) alta, demoras largas y frecuentes.
E	Entre 55 y 80	Poco más allá de demoras aceptables, mala progresión, ciclos largos, alto volumen de tránsito y largas colas.
F	Mayor a 80	Condición inaceptable a los conductores. Llegan más vehículos de los que pueden pasar. Largas colas.

b) Intersecciones no semaforizadas: El Nivel de servicio depende de la iteración de la vía principal con la secundaria, las características son las mismas que en las intersecciones semaforizadas y el método para calificarlas es el mismo. La tabla que presenta el *Highway Capacity Manual*, para calificarlas es la siguiente:

Tabla II.2 Niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas

Nivel de Servicio	Demora por Vehículo (Seg)	Descripción Cualitativa
A	Menor a 10	Poco o nada de demoras.
B	Entre 10 y 15	Demoras cortas.
C	Entre 15 y 25	Demoras promedio.
D	Entre 25 y 35	Demoras largas.

E	Entre 35 y 50	Demoras muy largas.
F	Mayor a 50	Demoras inaceptables.

Fuente: Elaboración propia.

II.9 DISEÑO Y MODELADO POR MEDIO DE SOFTWARE

En la ingeniería de tránsito desde hace unas décadas se ha visto una fuerte influencia de la introducción del software de computación, que a través de simuladores de tránsito han permitido modelar situaciones actuales y de diseño las cuales dan como resultados los parámetros que se usan para medir el funcionamiento del sistema vial.

Dichos programas computacionales han permitido un gran avance en materia vial, ya que da a conocer con una aproximación muy cercana a la realidad cuales serían los resultados a futuros de la implementación de diversos desarrollos de proyectos en materia de vialidad.

Estos software han sido desarrollados mediante relaciones matemáticas que describen el comportamiento del flujo del tránsito. Garber y Hoel (2004) indican que "Las relaciones matemáticas que describen el flujo del tránsito se clasifica en dos tipos – macroscópico y microscópico-"(p.183).

II.9.1 ENFOQUE MACROSCÓPICO

"El enfoque macroscópico considera flujos vehiculares y desarrolla algoritmos que relacionan el flujo, con la velocidad y con las velocidades medias del espacio. Los modelos macroscópicos más empleados son los modelos de Greenshields y Greenberg" (Garber y Hoel, 2005, p.183).

El modelo de Greenshields se basa en "la hipótesis de que existe una relación lineal entre la velocidad y la densidad" (Garber y Hoel, 2005, p.183).

El modelo de Greenberg utiliza una relación logarítmica entre la densidad y la velocidad para describir el comportamiento del flujo vehicular.

II.9.2 ENFOQUE MICROSCÓPICO

"El enfoque microscópico, a veces denominado como, teoría de seguir un automóvil o teoría de seguir al líder, considera los espaciamientos entre los vehículos individuales, así como sus velocidades" (Garber y Hoel, 2005, p.190).

Dicho enfoque nos permite tener un poco más de control acerca de las características del comportamiento por cada vehículo que participa en la simulación asignando de esta forma características particulares y discretas de cada uno de los elementos de la simulación.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

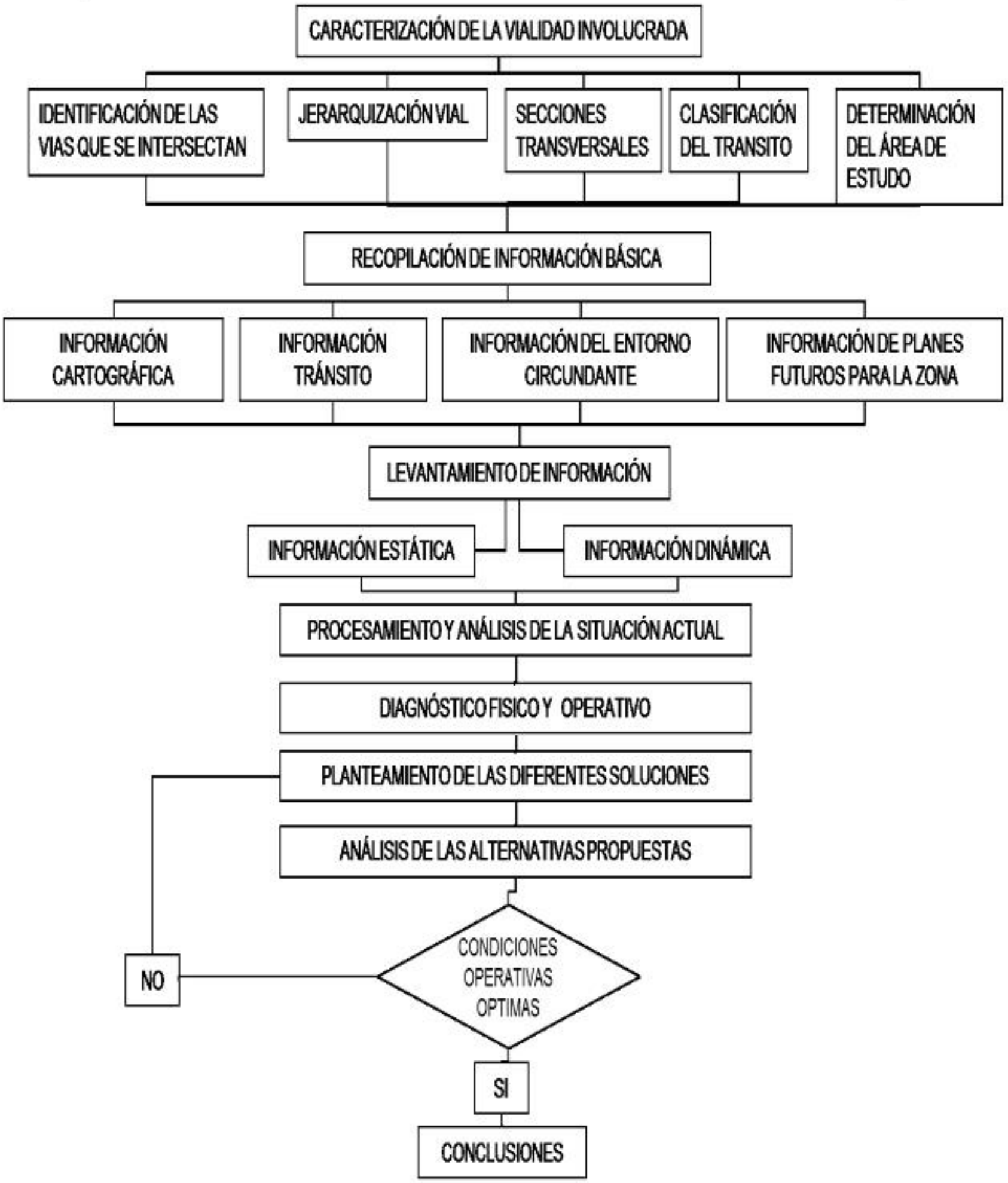
Cuando dos alineamientos horizontales de diferentes tramos viales se intersectan, existe un punto de conflicto, debido a que la intersección de los tramos viales generará un área compartida que permitirá el intercambio de movimientos. Debido a esto se plantea la necesidad de realizar diseños de intersecciones, en los que los volúmenes del tráfico de vehículos y peatones serán el uno de los principales parámetros que regirán el diseño de la intersección y sus características para adecuarlas a las particularidades presentes en este punto de la red vial.

Cuando la congestión vehicular se presenta por la alta demanda de vehículos entre dos flujos que se entrecruzan, se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas que mejoren la operación del tránsito; es aquí donde las características y particularidades de las intersecciones son de primordial importancia, para diseñar una nueva intersección y mejorar la movilidad y operación de la zona en cuestión. Así mismo, cuando los estudios de proyección de demanda indican que se incrementarán los volúmenes de tránsito vehicular en un período de tiempo, también se deben diseñar nuevas intersecciones que presenten una capacidad tal que satisfaga la demanda.

Una vez detectada la necesidad de un nuevo diseño geométrico para un punto de conflicto entre dos tramos viales, se debe estudiar el problema para desarrollar alternativas, que de manera eficaz nos lleve a una solución óptima.

A continuación se presenta un diagrama metodológico con el procedimiento desglosado de los puntos que se deben tomar en cuenta en los estudios de intersecciones problemáticas, así como el posterior desarrollo de cada uno de los pasos mencionando dentro del desarrollo del estudio.

FIGURA III.1 DIAGRAMA METODOLÓGICO PARA EL ESTUDIO, EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE INTERSECCIONES



III.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VIALIDAD INVOLUCRADA

III.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS VÍAS QUE SE INTERSECTAN

Se deben identificar las vías adyacentes a la intersección así como su orientación respectiva, colocando los nombres de cada uno de los afluentes de la intersección y el sentido según sea el caso. Si fuera posible, indicar el organismo público encargado del estudio.

Establecer un formato de identificación para cada una de las vías que entran en conflicto en la intersección, registrando de manera esquemática y organizada cada uno de los parámetros mencionados.

En la información a recopilar resaltarán diferentes aspectos de la vialidad que nos ayuden a identificar problemas y que presenten posibilidades de mejoras. Dentro de estos puntos encontramos, características geométricas, número de canales, ancho de canales, designación de los movimientos permitidos según cada canal cuando se tiene acceso al área de la intersección, velocidad de ingreso a dicha área de intersección, señalizaciones presentes en la vialidad, iluminación en la aproximación a la intersección, así como cualquier otro tipo de información que sea útil para la mejora del servicio ofrecido para dicho tramo vial por la intersección.

Se recomienda que en la designación de la identificación de las vías, se le asigne un nombre o numeración que permita la rápida ubicación y determinación del tramo vial al cual se quiera hacer referencia y de esta forma manejar un lenguaje unificado en el desarrollo del estudio y en la presentación de resultados arrojados por el mismo.

En caso de que la planificación de la zona tenga previsto desarrollar una nueva vialidad, la misma deberá incluirse en el estudio, con las características físicas y operativas proyectadas.

Dependiendo de la distancia entre las intersecciones adyacentes y la dependencia operativa entre las mismas, podría ser necesaria su

identificación como parte del área de influencia de la intersección y ser objeto de estudio.

III.1.2 JERARQUIZACIÓN VIAL

Una vez identificadas las vías que se intersectan, se procede a jerarquizar las que accedan a la intersección, bien sean Autopistas, Vías Expresas, Vías Arteriales, Vías colectoras o Vías locales.

Este paso servirá para establecer cuáles son las vías principales y cuales las secundarias, ya que las principales tienen prioridad de paso sobre las secundarias. Además se identificarán el número de canales que posee cada acceso, ya que está información será necesaria al diseñar y evaluar las condiciones operativas de la intersección.

III.1.3 SECCIONES TRANSVERSALES

Las secciones transversales nos mostrarán cuáles son las características que presentan cada una de las vías que hacen uso de la intersección en estudio.

En la descripción de las secciones transversales se debe nombrar cuantos canales por sentido posee la vía a la cual se está haciendo referencia, así como si posee o no islas centrales, drenajes, hombrillos y toda característica que se crea conveniente para tener una amplia idea de la sección a la cual se hace alusión.

III.1.4 CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR Y PEATONAL

Es importante identificar el tipo de tránsito involucrado en la intersección; se puede diferenciar en vehículos de uso particular, vehículos de transporte público, vehículos pesados, motos o cualquier otro tipo de vehículos que atraviese la intersección.

En zonas con espacios disponibles para urbanizar, es posible tener un importante volumen de vehículos de carga durante su etapa de crecimiento.

III.1.5 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON INFLUENCIA SOBRE LA INTERSECCIÓN

El área de influencia de una intersección es la zona geográfica que presenta una generación y atracción de viajes común, cuyo comportamiento es global y dependiente entre sí. Dependiendo de la distancia entre las intersecciones, la progresión y el comportamiento operativo, se determina la dependencia entre las intersecciones.

Definida el área de influencia de la intersección, se deben identificar los parámetros y características siguientes:

- Definir si la intersección es de sincronización continua o aislada.
- Identificar las zonas destinadas para el paso de peatones y sus resguardos.
- Señalar si las vías involucradas poseen estacionamiento.
- Identificar los accesos de la intersección con la ayuda de una imagen, que facilite su comprensión.
- Definir si la intersección es semaforizada o no, y si posee la señalización adecuada.
- Identificar y localizar comercios importantes, que representen concentraciones numerosas de peatones y vehículos.

III.2 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

Después de haber escogido la intersección a estudiar y haber determinado el área de estudio con influencia sobre la intersección, se procede al siguiente paso, que es recopilar toda información existente del área en cuestión. Para esto, se solicita a los organismos públicos la información disponible:

III.2.1 Recopilación de Información cartográfica:

La información cartográfica sirve para tener la representación del área bajo estudio de forma gráfica y a una escala adecuada. Permite identificar fenómenos físicos y sociales, así como también localizar de acuerdo a un sistema de coordenadas el área de estudio. Además brinda información del relieve, como variaciones altimétricas mediante las curvas de nivel.

III.2.2 Recopilación de Información de tránsito:

La información de tránsito almacenada en las oficinas gubernamentales, sirve como data base de la operación del tránsito vehicular en el área de estudio en períodos de tiempo preliminares. La información de tránsito disponible está compuesta de: conteos de flujo continuo, conteos clasificados direccionales en intersecciones y conteos peatonales, entre otros. Esta información indica las condiciones operativas del área de estudio para el período en que se recolectó la información, además de permitir establecer factores de crecimiento.

La información de tránsito también sirve para definir el incremento o disminución del tránsito entre el período en que se recopiló la información y en el que se va a levantar la nueva información.

III.2.3 Información del entorno circundante:

Se debe recopilar toda información del entorno que sea de interés para el estudio que se está realizando. En especial cuidado sitios con elevados volúmenes los cuales pueden presentar usos comerciales, educacionales, asistenciales, entre otros.

También se debe identificar intersecciones adyacentes, zonas industriales y residenciales aledañas a la intersección, ya que en horas pico pueden aportar un volumen importante de vehículos a la intersección.

III.2.4 Información de los planes futuros para la zona:

Con la ayuda de las alcaldías, centros de desarrollos urbanísticos o cualquier otro organismo público, se debe revisar los planes de desarrollo urbano local y los planes estratégicos que se pudieran tener previstos en la zona, con la finalidad de incorporarlos en el diseño y planificación futura.

III.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Una vez definida el área de estudio y haber recopilado toda la información disponible en los entes públicos se procede al siguiente paso que consiste en el levantamiento de la información de campo no obtenida en el proceso de recopilación o que requiera verificación. Esta se clasifica en dos grupos:

a) Levantamientos de Información Estática: Comprende todas aquellas características geométricas de la intersección y de los afluentes.

b) Levantamientos de Información Dinámica: Representa las especificaciones del flujo vehicular y peatonal, así como también la localización de los dispositivos de control de tránsito y su sistema operativo.

III.3.1 Levantamiento de Información Estática

Se requiere realizar el levantamiento de la información estática para identificar las características geométricas presentes en la intersección, indicando número de canales de cada acceso, ancho de canales, dimensión y ubicación de la zona de resguardo peatonal, distancia entre intersecciones adyacentes, localización de paradas de transporte público y la distancia que la separa de la intersección, ubicar y dimensionar líneas de taxis y mototaxis aledañas. Ubicar entradas y salidas de estacionamientos cercanos a la intersección, así como áreas de estacionamientos sobre la calzada.

Así mismo, los levantamientos de la información estática deben incluir las condiciones en que se encuentra la infraestructura vial, ya que esta puede ser una de las causas del bajo desempeño de la intersección. Entre los aspectos relevantes a estudiar tenemos: las condiciones de drenaje de la vialidad, las condiciones del pavimento, identificar zonas en la intersección o adyacentes a esta que no presenten buenas condiciones, la iluminación, defensas, zonas de resguardo de peatones, canalización o islas, señalización.

III.3.2 Levantamiento de Información Dinámica

Los levantamientos de información dinámica se deben realizar durante períodos de tiempo prolongados, recomendablemente durante toda una semana que sea representativa. En caso de poseer recursos presupuestarios muy limitados para la realización de los mismos, se pueden hacer levantamientos de tránsito durante dos días laborables, los cuales pueden ser martes, miércoles ó jueves y un día no laborable como es el sábado, ya que estos días son los más representativos del flujo vehicular a la cual está sometida la intersección. Los resultados de los volúmenes vehiculares deberán estar expresados en intervalos de 15 minutos.

Los conteos vehiculares deberán realizarse en dos fases: una primera constituida por los conteos de flujo continuo ó conteos mecánicos, en los cuales se registrarán cuáles son los volúmenes vehiculares que pasan hora a hora por la sección transversal de la vía.

Los dispositivos de conteo de flujo continuo están constituidos por un sensor que se coloca transversal a la sección vial y de un dispositivo electrónico de almacenamiento, el cual registra la cantidad de ejes que pasan por la sección vial transmitiéndola al dispositivo electrónico para su almacenamiento y posterior procesamiento.

Este registro nos permite evaluar el comportamiento horario del tránsito vehicular de la zona y determinar las horas pico que se presentan para los días laborables y no laborables.

La siguiente fase comprende la realización de los conteos clasificados direccionales, los cuales están constituidos por la clasificación del tipo de vehículo así como el movimiento que los mismos realizan en la intersección. En este conteo de debe incluir el porcentaje de vehículos pesados, transporte público y motos.

Así mismo, los levantamientos de la información dinámica deben incluir los levantamientos de los dispositivos de control, registrando las diferentes programaciones de los semáforos durante el día, la duración del ciclo y las fases. También se deben ubicar de los postes de semáforos, así como sus respectivos brazos.

III.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se procesan los datos de la siguiente manera: El primer paso es identificar la hora pico de la intersección, sumando el volumen de vehículos para 4 períodos consecutivos de 15 minutos que atraviesan la intersección, los 4 lapsos de tiempo consecutivos que arrojen mayor número de vehículos representan la hora pico. El comportamiento del tránsito en general suele dar más de una hora pico, usualmente uno en la mañana, uno al medio día y otro en la tarde. Para este procedimiento puede utilizarse una hoja de cálculo para facilitar el trabajo.

Durante el procesamiento de datos, se determina el factor de hora pico, el cual se obtiene mediante el cociente del volumen de la hora pico entre 4 veces el mayor volumen en 15 minutos en el período de la hora pico.

Luego, se procede a realizar un diagrama de flujo vehicular, que consiste en elaborar un croquis que represente el área de la intersección y puedan representarse los volúmenes y dirección de cada movimiento permitido en la intersección a la hora pico.

Estos parámetros servirán para realizar un diagnóstico, donde se identifiquen los problemas o deficiencias presentes en la intersección. Así

como también aquellas cualidades que puedan mejorar el nivel de servicio prestado.

El análisis del estado actual se realiza con la obtención de algunos parámetros que nos indicaran en qué condiciones está operando el área de estudio. Entre los parámetros más importantes tenemos: Relación volumen capacidad V/C, Niveles de Servicio NDS, longitud de cola, tiempos de espera, entre otros.

Es usual el uso de Software avanzado para evaluar las propuestas y la situación actual de la intersección. Los procedimientos que requieren estos programas son similares y se describen a continuación:

- Se adjunta una imagen de fondo a la escala adecuada, que sirve de patrón para dibujar los detalles.
- Se dibujan los tramos viales, se asignan número de canales, ancho de los mismos, pendiente de cada tramo, velocidad en los tramos y velocidades al atravesar la intersección.
- Se asigna la totalidad de vehículos particulares, vehículos de carga y transporte público que vienen por cada acceso. Y luego se asignan los volúmenes direccionales.
- Se establece una distancia a la intersección, donde los vehículos toman la decisión del movimiento que van a hacer, se verifican las zonas en conflicto y se asignan las prioridades de paso.
- Por último se debe calibrar el modelo con la ayuda de las mediciones realizadas en campo.

III.5 DIAGNÓSTICO FÍSICO Y OPERATIVO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO

Es importante identificar todos los problemas presentes e indicar los más graves o los que tienen prioridad, ya que esto permitirá realizar un plan de trabajo para dar solución al problema.

Teniendo en cuenta que los problemas generados en las intersecciones pueden ser causados por múltiples factores, se enumerarán los más comunes y que suelen disminuir la operación de las intersecciones con bastante frecuencia:

- Problemas operacionales: Déficit de capacidad, esto ocurre cuando la intersección no está cumpliendo con la función para la cual fue diseñada; puede ser que la cantidad de canales de los tramos que llegan a la intersección no es la adecuada, las maniobras asignadas a cada uno de los flujos no son las debidas o se prestan para confusión por parte de los usuarios, las señales no están cumpliendo su función o no son las más recomendables para las características que posee la intersección, entre otras.

- Falta de mantenimiento: Cuando no se le presta una asistencia periódica y controlada a cada uno de los elementos que componen el funcionamiento óptimo de una intersección, es probable que el nivel de servicio se desmejore por el daño o mal funcionamiento de los elementos necesarios para un buen manejo de los flujos vehiculares. Esta falta de mantenimiento se evidencia en pavimentos deteriorados, que hacen que los vehículos automotores disminuyan la velocidad en el área de la intersección por fallas o baches en el pavimento; también es notable en la falta de pintura en el pavimento donde se dividen los flujos vehiculares según las maniobras permitidas, los daños en los elementos como señales de tránsito, luces de semáforos averiadas entre otros.

- Mala distribución geométrica: Se refiere a cuando las características físicas de elementos como; ancho de canales, islas, redomas, cruces peatonales, resguardo para autobuses o paradas cercanas a las intersecciones que fueron sub-diseñados y no cumplen con las medidas necesarias para que no entorpezcan el normal desenvolvimiento del flujo en la intersección.

- Presencia de nuevos afluentes: Al añadir una nueva vialidad a esta intersección, se debe tomar en cuenta una nueva reestructuración de las maniobras permitidas, ya que si no se toman en cuenta podrían causar congestionamiento y caída del nivel de servicio.

- Falta de Iluminación y demás elementos de tránsito: Es importante que los conductores cuenten en todo momento con la información acerca de cuáles son las características del funcionamiento de una intersección y las maniobras permitidas, esto se logra con la instalación de señales de tránsito y una apropiada iluminación para las noches.

- Falta de Datos: Hace referencia a cuando no se dispone de conteos anteriores que se hayan realizado en el área de estudio, ya que esta data podría ayudar a tener una idea de referencia de cuál es el comportamiento que viene desarrollando la intersección.

- Errores en los conteos de demanda o proyecciones de uso: Si se cometieron errores en el diseño o en intersecciones existentes y no se monitorea como es el comportamiento actual de los flujos que existen en el área de la intersección, puede ocurrir que la cantidad de carros que demandan una maniobra en específico sea mayor a la cantidad que fue diseñada o proyectada la misma, por lo que esto puede causar problemas de tráfico y embotellamiento.

- Problemas con los semáforos: Tales como mala sincronización, deterioro, averías no detectadas a tiempo, o simple ausencia de los

mismos puede ser la causa de muchos accidentes en las intersecciones.

- Flujo peatonal: Cuando se realizan construcciones de edificaciones que van a aumentar la cantidad de personas que intervendrán en la dinámica de las intersecciones, se debe tomar muy en cuenta el tiempo que se les designa a los peatones en el cruce de las intersecciones ya que puede ser determinante para el buen funcionamiento de la misma.

- Hospitales, comercios, centros comerciales, bancos, zonas industriales, u otro sitio que concentra importante número de personas debe considerarse en el diseño de la intersección.

III.6 PLANTEAMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DETECTADOS

Una vez realizado el diagnóstico en la intersección estudiada, y teniendo claramente definidos cuales son los problemas que deterioran las facilidades físicas y operativas de la intersección y disminuyen los niveles de servicio, podemos dar inicio a través de estudios e investigaciones a una búsqueda de soluciones que nos aportarían la mejoría que requerimos para la zona en conflicto.

En esta fase del proyecto no existen limitaciones a la hora de realizar planteamientos acerca de posibles mejoras, ya que se debe tomar en cuenta todo tipo de opiniones que abarcan desde prácticas, económicas y sencillas hasta complejas, de importante inversión y considerable planificación y construcción. Este grado de libertad se ofrece debido a que se debe evitar cerrar las puertas a soluciones que aunque en primera intención, parezcan de difícil aplicación, a largo plazo pueden llegar a ser las más beneficiosas y efectivas; y dicho resultado nos lo indicará un detenido estudio de proyección y planificación que se realizará a posterior.

La recomendación en primera instancia es documentarse acerca de estudios y soluciones encontradas para intersecciones que presentaban problemas y características similares; evaluar si dichas propuestas pueden ser aplicadas a nuestro caso, bien sea de la misma forma que se uso en aquellos casos o realizando algunas modificaciones según se crea conveniente.

Las soluciones que se propongan pueden ser a nivel o desnivel o combinación de ellas; entre las posibles soluciones que se puedan aplicar en una intersección tenemos:

Soluciones a nivel:

a) Ampliar la capacidad de los afluentes.

b) Colocar Isletas separadoras o canalizar los movimientos.

c) Sacar los cruces a la derecha fuera de la intersección

d) Colocar dispositivos de control como los semáforos.

e) Prohibir ciertos movimientos en la intersección y redireccionarlos.

f) Colocar una redoma.

Soluciones a desnivel:

a) Separar el afluente con mayores volúmenes por medio de un distribuidor.

b) Realizar distribuidores más sofisticados, que separen todos los movimientos.

Es recomendable la variedad y cantidad de soluciones ya que esto nos asegurará que la solución que se tome como definitiva será la que mejor se adapte a las exigencias de la intersección.

III.7 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

Se procede con el análisis de cada una de las propuestas que tuvieron lugar en el punto anterior; es momento para comenzar a separar y justificar cada una de las ideas que se plantearon como posibles soluciones a los problemas identificados en nuestra intersección.

Es recomendable establecer un procedimiento de clasificación de las posibles soluciones en donde, de ser posible, se cree una ponderación según categorías, que nos ayuden a visualizar de forma rápida cuál de éstas soluciones es la más viable en aplicación. Dentro de esas categorías se pueden incluir criterios de selección como: inversión inicial, impacto vial durante el período de adecuación de las medidas a tomar, rentabilidad, sustentación, amigable al ambiente, tiempo estimado de obtención de resultado, entre otros.

Si alguna de las soluciones propuestas se ejecutan de forma inmediata y las mismas no perturban negativamente el tránsito en sus diversas fases de aplicación, y se logra con ella una respuesta rápida y positiva del comportamiento vehicular, se puede considerar ejecutar esta propuesta en un corto lapso, el cual denominaremos período de prueba; de su puesta en práctica se obtendrá medidas tan significativas que aportarán soluciones al tránsito vehicular.

Cabe destacar que la aplicación de una alternativa de solución al tránsito vehicular, ha de ser bien estudiada antes de ser implementada, ya que la misma no debe tener en sí ningún inconveniente para su ejecución durante el período de prueba. Tampoco es conveniente extender dicho período, en espera que se puedan obtener resultados positivos de la aplicación de la propuesta en una intersección; es por ello que se recomienda la búsqueda de otro método de medición indirecta de resultados, como lo son los simuladores de tránsito.

III.8 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

Una vez consideradas todas las opciones que se perfilan como posibles soluciones a los problemas de la intersección hay que decidirse por cuál de todas ellas será la más adecuada para implementar como solución definitiva.

Está decisión debe estar fundamentada en los resultados obtenidos de los diferentes mecanismos de evaluación a los que se sometieron las posibles soluciones, como períodos de prueba, simuladores de tránsito entre otros.

Se recomienda elaborar un documento en donde se puntualice cuál es la decisión óptima que se eligió dentro del abanico de propuestas que se realizaron en la búsqueda de la misma. De igual forma es conveniente indicar cuál será el proceso a seguir para llevar a cabo dicha solución y bajo cuales parámetros se cumplirá con las características de la solución.

Existe un punto muy importante respecto a que la solución arrojada tiene que definirse como un proyecto con un tiempo en específico para llevar a cabo, es decir, dicha solución sólo cumplirá con las necesidades requeridas si y sólo si es puesta en marcha hasta una fecha tope, a partir de la cual la efectividad de la solución podría verse comprometida. Esto es debido a que las características del tráfico vial son muy dinámicas y por esta razón las condiciones bajo las cuales fueron realizados los conteos y recopilación de información pueden cambiar con el tiempo, afectando de esta forma los resultados que se habían tenido anteriormente.

CAPITULO IV

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

IV.1. CARACTERIZACIÓN DE LA VIALIDAD INVOLUCRADA

IV.1.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS VIAS QUE SE INTERSECTAN

La Intersección que fue elegida para la aplicación de la metodología desarrollada anteriormente, está ubicada en el sector el Paují, municipio El Hatillo, en la ciudad de Caracas, Venezuela; punto de referencia: en las cercanías del CC. Casa Mall.

Los afluentes de la intersección son:

Norte: Avenida Cafetal – El Hatillo.

Este: Acceso Urb. Lomas del Sol.

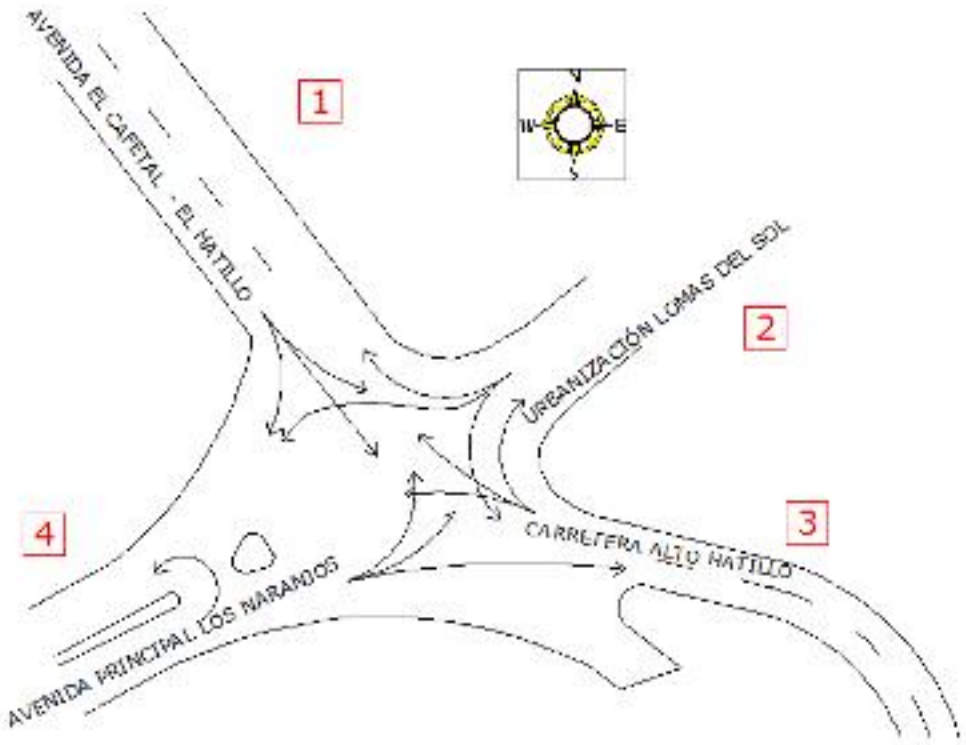
Sur: Carretera Alto Hatillo.

Oeste: Avenida principal de Los Naranjos.

Esta intersección ha sido objeto de estudio por la municipalidad de El Hatillo, específicamente por la Oficina Municipal de Planificación, la cual desde hace varios años está abocada a la búsqueda de proyectos de ingeniería que puedan ayudar a solucionar los problemas de seguridad y congestionamiento que se desarrollan en el lugar.

Con fines prácticos se le asignó un número a cada uno de los afluentes que descargan flujo vehicular en la intersección, la numeración se realizó desde el número uno al número cuatro, empezando desde el afluente Norte (Avenida El Cafetal – El Hatillo Nº1), y en sentido horario afluente Este (Acceso Urbanización Lomas del Sol – Nº2), El afluente Sur (Carretera Alto Hatillo Nº 3) y el afluente Oeste (Av. Ppal. Los Naranjos Nº4), según se indica en la siguiente figura:

Figura IV.1 Esquema de la intersección en estudio



Fuente: Elaboración Propia.

IV.1.2 JERARQUIZACIÓN VIAL

Los afluentes números 1 y 4 son vías arteriales, el afluente número 3 es una vías colectora que recoge el flujo que se genera en el Alto Hatillo y sus adyacencias, y finalmente la vía número 2 tiene comportamiento de vía local ya que solamente maneja los flujos que provienen de la Urbanización Lomas del Sol.

Esta intersección además, no solo está compuesta de diferentes tipos de vías dentro de la jerarquización vial, sino que también la geometría de aproximación de algunas de las vías es en curva y con pendientes fuertes, lo cual añade complicaciones operativas y de seguridad.

IV.1.3 SECCIONES TRANSVERSALES

Vía 1: Avenida El Cafetal – El Hatillo, de tres canales por sentido de 2.90 metros de ancho cada canal e isla central con separador de 0.80 metros y con hombrillo en la parte exterior de la vía de 0.40 metros.

Vía 2: Acceso a la Urbanización Lomas del Sol, no posee secciones de canales claramente definidas, sin embargo, el uso común es de dos

canales por sentido y no posee ningún tipo de separador entre ellos, el ancho del acceso es de 16 metros.

Vía 3: La carretera hacia Alto hatillo presenta una vía de un canal por sentido de 3.40 metros de ancho cada uno, los cuales no poseen ni hombrillos ni separadores de sentidos; esta carretera cuenta con cunetas a ambos lados.

Vía 4: La avenida principal de Los Naranjos cuenta con una calzada de dos canales por sentido de 3.30 metros, incluyendo una isla central con separador de 1.20 metros de ancho y hombrillo de 0.20 metros.

Las figuras IV.2, IV.3, IV.4 IV.5 en los anexos muestran las secciones transversales típicas de las 4 vías.

IV.1.4 CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO VEHICULAR Y PEATONAL

El tránsito vehicular está compuesto básicamente por vehículos de uso particular en su mayoría y también hay presencia de transporte público; este se compone de jeeps de transporte de pasajeros y minibuses, los cuales tienen mayor frecuencia en las horas de la mañana y de la tarde, presentando menor frecuencia de flujo entre las 9:00 y 11:00am así como también entre las 2:00 y 4:00 de la tarde.

Debido a que en la zona de Lomas del Sol se encuentran en desarrollo proyectos habitacionales y, aunado a eso, el centro comercial Casa Mall dispone de una zona de carga cercana al área de intersección, también se hacen presentes vehículos de carga durante el tránsito diario.

Con respecto al tránsito peatonal, se puede señalar que es muy escaso, exceptuando las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde, debido a que son las horas en que se aproximan a la intersección para tomar el transporte público los trabajadores de los desarrollos habitacionales.

IV.1.5 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO CON INFLUENCIA SOBRE LA INTERSECCIÓN

Como ya se mencionó anteriormente, a la intersección llegan cuatro afluentes y cada uno de ellos con posibilidad de realizar tres maniobras: Giro a la izquierda, continuar derecho o cruce a la derecha, con excepción del afluente Nº4 que permite la vuelta en "U". En la figura IV.1 se visualizan gráficamente estos movimientos.

Esta intersección se puede considerar en forma aislada, debido a que ninguno de los dispositivos de control ubicados en las intersecciones más próximas afecta de manera alguna el comportamiento del nodo, por lo que no es necesario ampliar el área de estudio a otras intersecciones cercanas.

IV.2 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN BÁSICA

Para la búsqueda de todo tipo de información referente a la Intersección en donde se desarrolla el estudio, se acudió en primer lugar a FONTUR en donde se nos indicó que toda la información acerca de esa intersección se manejaba a través de la alcaldía de El Hatillo, por lo que entre otros sitios, se acudió principalmente a los siguientes lugares: Dirección de Desarrollo Urbano y Catastro en El Hatillo, Servicio Autónomo de Transporte y Tránsito El Hatillo, Servicio Autónomo de Transporte y Tránsito La Trinidad, Plan de Desarrollo Urbano Local, Oficina Municipal de Planificación del Hatillo, la empresa consultora SOMELCA, entre otros.

IV.2.1 Recopilación de Información cartográfica:

El plano cartográfico de la zona nos fue proporcionado por el Urbanista Leonardo Boscán, quien trabaja en la oficina Municipal de Planificación. Dicho plano se muestra en la figura IV.6 y data del año 2007; a pesar de que no se muestran los movimientos de tierra que se han realizado en el área de Lomas del Sol, el plano se ajusta en gran medida a la situación en la que se encuentra la zona actualmente.

IV.2.2 Recopilación de Información de tránsito:

El Urbanista Leonardo Boscán nos facilitó conteos direccionales que se realizaron en esa intersección en el año 2007; los mismos nos sirvieron de referencia para poder tener una primera estimación de los volúmenes en cada sentido y como valor de comparación para calcular la tasa de crecimiento vehicular. Estos conteos no incluían procesamientos para poder conocer acerca del nivel de servicio que prestaba la intersección.

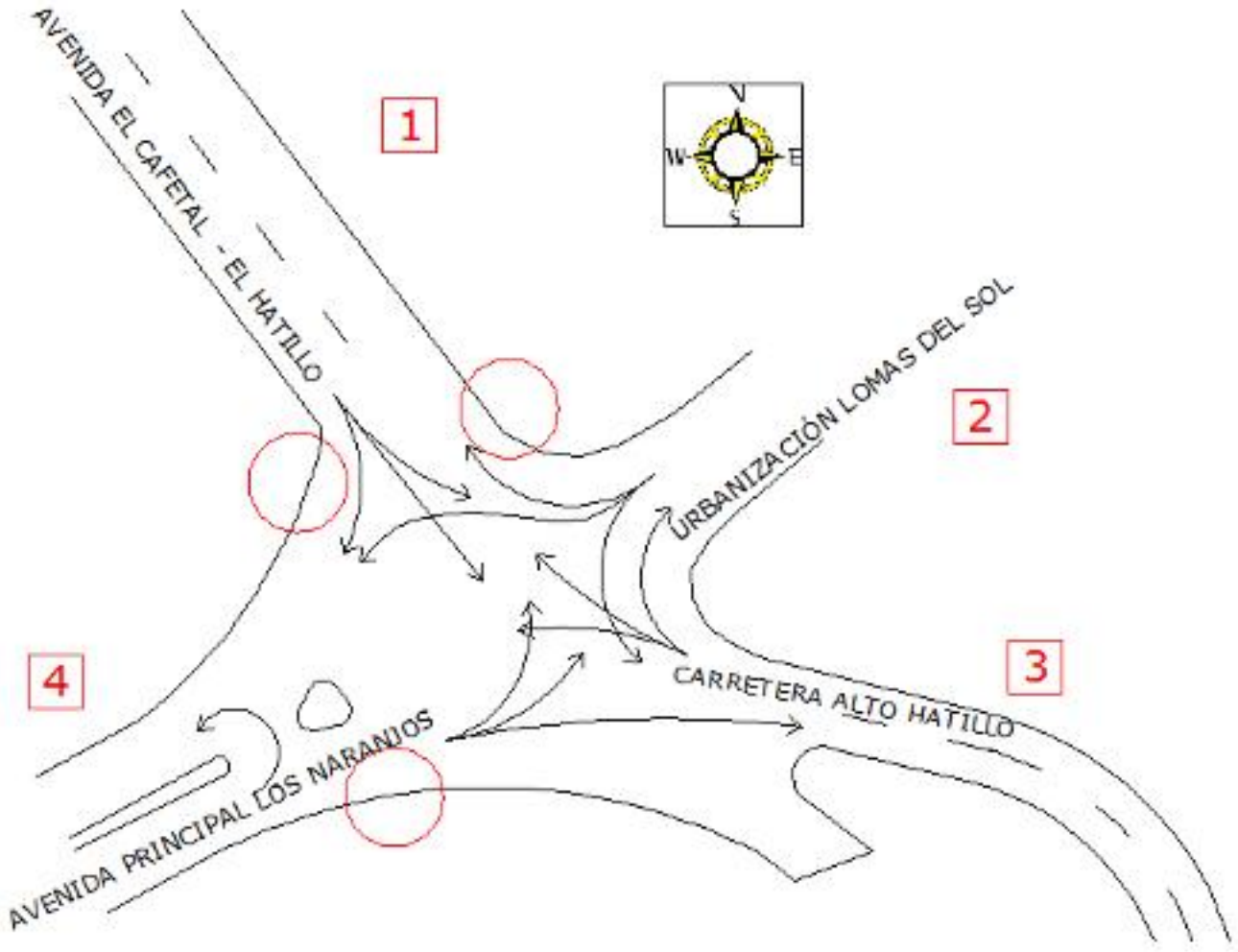
IV.2.3 Información del entorno circundante:

En el entorno de la intersección se encuentran algunos conjuntos residenciales que afectan de forma indirecta los flujos vehiculares que allí se registran.

Se puede señalar que las dos edificaciones que en la actualidad causan más impacto directo sobre la intersección son el conjunto residencial (Residencias Antonia) que se localiza justo en una esquina de la intersección y que tiene acceso directo desde la intersección, y la segunda es el centro comercial Casa Mall, debido a que es un ente de atracción importante de vehículos particulares que visitan el centro comercial y de vehículos de carga que se encargan de aprovisionar los locales comerciales que allí se encuentran; todos estos vehículos, en su mayoría, son usuarios de la intersección en estudio.

Otra información importante del entorno son las paradas de transporte público. Dentro de la intersección no existen paradas definidas para tal uso; sin embargo, como se indica en la siguiente figura, existen varios puntos que son usados como paradas de autobuses y éstas se realizan sobre la calzada ocupando un canal de circulación, como se indica a continuación:

Figura IV.7: Paradas de Autobuses dentro del área de la Intersección



Fuente: Elaboración propia

IV.2.4 Información de los planes futuros para la zona:

La intersección es un enlace importante para la zona, ya que aunque no se encuentra directamente dentro de una zona densamente poblada en la actualidad, se espera que en un corto período, de alrededor de dos a tres años, las obras de algunas edificaciones en construcción en la Urbanización Lomas del Sol ya estén para ese entonces, terminadas, por lo que la zona experimentará un crecimiento vehicular importante que afectará la interacción habitual entre las vías que componen la intersección y por las que actualmente transita un importante volumen de vehículos de paso.

A esta situación se le añade el hecho de que a no más de 1km de la intersección, sobre la Avenida El Cafetal – El Hatillo, se encuentra en construcción el Centro Comercial Sigo Cerro Verde, el cual se espera genere una alta demanda de clientes, por lo cual están construyendo un distribuidor

sobre la avenida antes citada, el cual facilitará el acceso al centro comercial. Es de esperarse un incremento en los flujos vehiculares cuando entre en funcionamiento el centro comercial.

IV.3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

IV.3.1 Levantamiento de información estática

La información recolectada en una visita de campo a la intersección acerca de las características de las vías que confluyen en el nodo son:

Tabla IV.1 Levantamiento de secciones transversales e infraestructura

Código	Afluente	Nro. de Canales p/sentido	Ancho de canal (m)	Condiciones del pavimento	Señalización
1	Norte	3	2.90	Malo	Inexistente
2	Este	2	2.70	Malo	Inexistente
3	Sur	1	3.40	Regular	Precaución
4	Oeste	2	3.30	Malo	Inexistente

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la intersección las condiciones del pavimento son deficientes, el mantenimiento de la carpeta asfáltica es escaso, la iluminación existe pero está parcialmente inoperativa, no existe ningún tipo de señalización hacia dónde se dirigen cada uno de los tramos viales que existen en la intersección, la demarcación de los canales y el rayado sobre la calzada, al igual que las maniobras, es muy pobre o inexistente.

No existen líneas de Mototaxis o líneas de taxis que operen dentro del área de la intersección.

El afluente Nº 4 tiene de una canalización que permite la vuelta en "U", de retorno a Los Naranjos; y tanto el afluente Nº1 como el Nº4 tienen una isla central que divide los sentidos de circulación.

IV.3.2 Levantamiento de información dinámica

Se llevaron a cabo los conteos de la primera etapa: los conteos volumétricos fueron realizados el día martes 13 de septiembre del 2011 (un día laborable), desde las 5:00 a.m. hasta las 8:30 p.m. de forma continua, totalizando los vehículos cada 15 minutos. Esto nos permitió definir las horas pico en las que había la mayor demanda en la intersección para posteriormente realizar los conteos direccionales.

Continuamos con la segunda etapa de los conteos, la cual se realizó el día jueves 22 de septiembre y el día sábado 24 de septiembre del 2011. De igual forma se fue totalizando cada 15 min los vehículos particulares, transporte público y vehículos de carga que realizaban cada maniobra. Los conteos direccionales se llevaron a cabo la semana siguiente a los conteos volumétricos, el día jueves (día laborable) y el sábado (día no laborable) y se comenzó a tomar medidas media hora antes y después de la hora pico.

Las tablas IV.2, IV.3 representan el resumen de la hora pico de la intersección de una semana representativa (semana que refleja el comportamiento de los vehículos en el año).

De igual manera se midieron en campo las demoras por grupo de canales, los cuales nos sirvieron para calibrar el modelo utilizado y determinar los niveles de servicio en los cuales operaban los afluentes y la intersección en general. Se utilizó el método del vehículo flotante, donde se realizó un recorrido de 500 metros, medidos en cada afluente antes de llegar a la intersección. El recorrido se hizo en un vehículo particular, evitando rebasar a los vehículos que se encontraban al frente y de igual forma no permitiendo que los vehículos ubicados en la parte posterior nos adelantaran.

La asignación de flujo principal y flujo secundario fue dictada por los altos volúmenes vehiculares que manejan los afluentes 1 y 4, colocando a los tramos viales 2 y 3 como flujos secundarios, los cuales en principio deberán ceder el paso ante las maniobras que permitan los flujos de mayor

volumen. En el nodo que es objeto de estudio no se presenta ningún dispositivo de control, más que anuncios en algunos de los afluentes que se aproximan a una intersección; sin embargo no hay señales de pare y ceda el paso que ayuden a diferenciar cuál de los flujos tiene la preferencia de paso.

Por otra parte, el transporte público realiza sus paradas justo en las esquinas de la intersección sin tener ningún tipo de zona asignada o diseñada para tal uso.

Se identificaron dos rutas realizadas por los vehículos de transporte público, el primero sube por la Avenida El Cafetal – El Hatillo (acceso número 1), y continúa en la Avenida principal de Los Naranjos hacia el Oeste (acceso número 4) y la segunda también sube por la Avenida El Cafetal – El Hatillo y continúa subiendo vía el Hatillo por el acceso número 3.

En relación con la seguridad vial, se contactó al Sargento Centeno, encargado del módulo de tránsito de La Trinidad, el cual nos informó que aproximadamente se reportaban entre 4 y 5 accidentes en la intersección por mes. Sin embargo esta información no fue posible recibirla en un documento para adjuntarla en el presente trabajo.

IV.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Una vez levantado y procesado el conteo volumétrico se determinó la hora pico con la ayuda de la hoja de cálculo del software Microsoft Excel. Los conteos se almacenaron en celdas en períodos de 15 minutos, y se determinaron las horas pico.

La figura IV.8 muestra un gráfico de barras con los picos del día, como resultado del procesamiento de los datos. También se determinaron los factores de hora pico.

Los resultados arrojaron dos horas picos notables, uno en la mañana a las 06:30 a.m. a 07:30 a.m. y el segundo en la tarde desde las 05:30 p.m.

hasta las 06:30 p.m. Sin embargo, en los conteos direccionales se incluyó un período al medio día.

Las figuras correspondientes a la sección IV.9, IV.10, IV.11, IV.12 y IV.33, representan los croquis de demanda vehicular para cada acceso en los días hábiles para los períodos de la mañana, el medio día y la tarde, así como también los correspondientes al conteo del sábado, en los períodos mañana y la tarde.

Estos croquis realizados representan la cantidad de vehículos que toman cada dirección; y permitieron realizar simulaciones del estado actual haciendo uso del software de microsimulación VISSIM, con la ayuda y coordinación de VITRAF Construcciones. El procedimiento utilizado fue el descrito en el punto anterior, se calibró el modelo con las mediciones hechas en campo; los resultados de estas mediciones fueron las siguientes:

Tabla IV.4 Demoras promedios levantadas en campo

Período de la Mañana	Avenida El Cafetal - El Hatillo	Urb. Lomas del Sol	Calle Alto Hatillo	Avenida Los Naranjos
Demora Promedio (Seg.)	31	29	14	184
Período de la Tarde	Avenida El Cafetal -	Urb. Lomas del Sol	Calle Alto Hatillo	Avenida Los Naranjos
Demora Promedio (Seg.)	81	9	24	280

Fuente: Elaboración Propia.

El estado actual de la intersección presenta problemas operativos y de infraestructura, los días de semana en la mañana se tiene una demora promedio de 79.4 segundos en la intersección en la hora pico (6:30 a.m. a 7:30 a.m.). y la máxima demora se encuentra en la Avenida Principal de Los Naranjos con tiempos entre 172.3 y 183.8 segundos. En este tramo la longitud de cola medida en campo corresponde a las obtenidas por la simulación realizada, con una cola promedio de 500 metros, que almacena aproximadamente 170 vehículos. El nivel de servicio prestado por la intersección en el período de la mañana es “F”.

El período del medio día mantiene el nivel de servicio de la intersección, sin embargo las demoras disminuyen a 51.20 segundos, la máxima demora se encuentra en la Avenida Principal de Los Naranjos con tiempos entre 95.4 y 101.0 segundos y longitudes de cola de 197.5 metros.

En el período de la tarde se repite la situación con el nivel de servicio (F), se forma una cola de menor magnitud que en la mañana, el nivel de servicio del acceso a Lomas del Sol es "A", el correspondiente a la Carretera Alto Hatillo es "C". Sin embargo, las altas demoras de los accesos provenientes de la Avenida principal de Los Naranjos y de la Avenida El Cafetal – El Hatillo es el que hace que la intersección obtenga un "F" en su calificación. Las demoras en este período llegan hasta los 91.40 segundos.

Los fines de semana la intersección no presenta problemas de saturación, los volúmenes son relativamente bajos, el nivel de servicio de la intersección es "A". Las demoras son bajas al igual que las longitudes de cola.

Las tablas que se presentan a continuación representan las condiciones operativas de la intersección.

Tabla IV.5 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables, para el estado actual, durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.)

INTERSECCIÓN	Av. El Cafetal - El Hatillo, Av. Ppal Los Naranjos, Carretera Alto Hatillo, Lomas del Sol											
ACCESO	Av. El Cafetal - El Hatillo N-S (Cod.1)			Urb. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera Alto Hatillo S-N (Cod.3)			Av. Ppal. Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	1.48	1.5			2.03			10.08		183.8	172.3	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			B		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.	37.6	37.6			0			19.6		509.9	509.9	
DEMORA (seg.)	1.5			2.03			10.08			180.47		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			B			F		
DEMORA (seg.)	79.40											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.6 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para el estado actual durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.)

INTERSECCIÓN	Av. El Cafetal - El Hatillo, Av. Ppal Los Naranjos, Carretera Alto Hatillo, Lomas del Sol										
ACCESO	Av. El Cafetal - El Hatillo N-S (Cod.1)			Urb. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera Alto Hatillo S-N (Cod.3)			Av. Ppal. Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	47.4	0.8			1.5			98.8		95.4	101	
NIVEL DE SERVICIO	E	A			A			F		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	21	0			0			127		264.7	290	
DEMORA (seg.)	1.0			1.50			98.80			101.10		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			F			F		
DEMORA (seg.)	54.20											
NIVEL DE SERVICIO	D											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.7 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para el estado actual durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.)

INTERSECCIÓN	Av. El Cafetal - El Hatillo, Av. Ppal Los Naranjos, Carretera Alto Hatillo, Lomas del Sol										
ACCESO	Av. El Cafetal - El Hatillo N-S (Cod.1)			Urb. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera Alto Hatillo S-N (Cod.3)			Av. Ppal. Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	125.27	120			7.32			18.5		306	329	
NIVEL DE SERVICIO	F	F			A			C		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	510	510			28.4			51.1		433	405.3	
DEMORA (seg.)	125.3			7.32			18.50			314.00		
NIVEL DE SERVICIO	F			A			C			F		
DEMORA (seg.)	91.40											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.8 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para el estado actual durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.)

INTERSECCIÓN	Av. El Cafetal - El Hatillo, Av. Ppal Los Naranjos, Carretera Alto Hatillo, Lomas del Sol											
ACCESO	Av. El Cafetal - El Hatillo N-S (Cod.1)			Urb. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera Alto Hatillo S-N (Cod.3)			Av. Ppal. Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	0.6	0.6			0.88			0.5		3.4	1	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
NGITUD DE COLA (r	0	0			0			0		0	0	
DEMORA (seg.)	0.0			0.88			0.50			3.29		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	1.90											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.9 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para el estado actual durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.)

INTERSECCIÓN	Av. El Cafetal - El Hatillo, Av. Ppal Los Naranjos, Carretera Alto Hatillo, Lomas del Sol											
ACCESO	Av. El Cafetal - El Hatillo N-S (Cod.1)			Urb. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera Alto Hatillo S-N (Cod.3)			Av. Ppal. Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	6.44	7.25			3.12			1.6		14	21	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		B	C	
NGITUD DE COLA (r	79.5	76.5			0			0		72.9	73.2	
DEMORA (seg.)	3.1			3.12			1.60			20.60		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			C		
DEMORA (seg.)	8.80											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Notamos que el nivel de servicio en los picos de los días laborables refleja las malas condiciones operacionales actuales; de no tomar en cuenta medidas que disminuyan las demoras, la calidad del servicio continuará deteriorándose debido al incremento del flujo vehicular. Las tablas que se presentan a continuación reflejan el nivel de servicio que se alcanzará en un período de 10 años, si los flujos vehiculares siguen creciendo a la misma tasa a la que lo han hecho hasta ahora.

Tabla IV.10 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días laborables dentro de 10 años, durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	3.5	1			2.9			12.85		204	201.3	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			B		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	37.5	37.5			0			21.2		651.1	651.1	
DEMORA (seg.)	1.6			2.90			12.85			203.20		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			B			F		
DEMORA (seg.)	109.00											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.11 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días laborables dentro de 10 años durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	4.5	3			8.6			121		145.7	147.7	
NIVEL DE SERVICIO	E	A			A			F		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	25.7	25.7			0			131		405.3	405.3	
DEMORA (seg.)	3.8			8.60			121.00			146.50		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			F			F		
DEMORA (seg.)	51.20											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.12 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días laborables dentro de 10 años durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	148.5	143.6			10.4			54		314	344	
NIVEL DE SERVICIO	F	F			B			F		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	515.1	515.1			29.8			54		453	421	
DEMORA (seg.)	146.6			10.40			54.00			321.00		
NIVEL DE SERVICIO	F			B			F			F		
DEMORA (seg.)	140.10											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.13 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días no laborables dentro de 10 años durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	0.85	0.85			0.6			0.66		4.48	4.48	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
NGITUD DE COLA (r	0	0			0			0		0	0	
DEMORA (seg.)	0.0			0.60			0.66			3.29		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	2.60											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Tabla IV.14 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días no laborables dentro de 10 años durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	30.9	29			9.8			9		298	298	
NIVEL DE SERVICIO	D	D			A			A		F	F	
NGITUD DE COLA (r	171	171			18			0		432	432	
DEMORA (seg.)	30.0			9.80			9.00			298.00		
NIVEL DE SERVICIO	D			A			A			F		
DEMORA (seg.)	74.20											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

En general las altas pendientes, las malas condiciones de la infraestructura, la falta de señalización y de dispositivos de control en la intersección hacen de esta un sitio de poca seguridad vial, propensa a generar accidentes graves.

IV.5 DIAGNOSTICO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO

IV.5.1 FÍSICO

Las condiciones físicas de la intersección no son las ideales, presenta importantes problemas en la infraestructura que afectan el flujo vehicular, en las figuras IV.14, IV.15, IV.16 y IV.17 se observan los daños en el pavimento, así como también las constantes reparaciones en forma inadecuada en los accesos de la intersección.

A pesar de disponer de los postes de iluminación, la mayoría de estos no funcionaban. En las cercanías de la intersección el rayado es deficiente y confuso, y a algunos vehículos no les resulta fácil identificar los canales.

Solo los accesos principales (el número 1 y el 4) poseen islas centrales. Ninguno de los accesos a la intersección posee señales que contribuyan a dirigir a los vehículos.

La Residencia Antonia drena parte de sus aguas proveniente de la zona de estacionamientos, sobre la intersección y no llega a ningún colector de drenaje.

Los afluentes de la intersección están en curvas, poseen fuertes pendientes.

IV.5.2 OPERATIVO

La intersección solo posee un giro en “U” permitido y es el correspondiente al acceso número 4, sin embargo se realizan también vueltas en “U” en el acceso número 1, aunque no está permitida.

Los vehículos de transporte público realizan paradas en zonas sin bahía, ocupando un canal de circulación afectando el flujo de vehículos se detienen en las esquinas identificadas anteriormente.

No se observó ningún tipo de control por parte de las autoridades, por lo cual los de vehículos carga del Centro Comercial Casa Mall suelen bajar en contraflujo por el afluente de la Avenida Principal de Los Naranjos y llegar a la zona de carga. Este comportamiento también se repite con los vehículos de la venta de carros usados que está en el Centro Comercial.

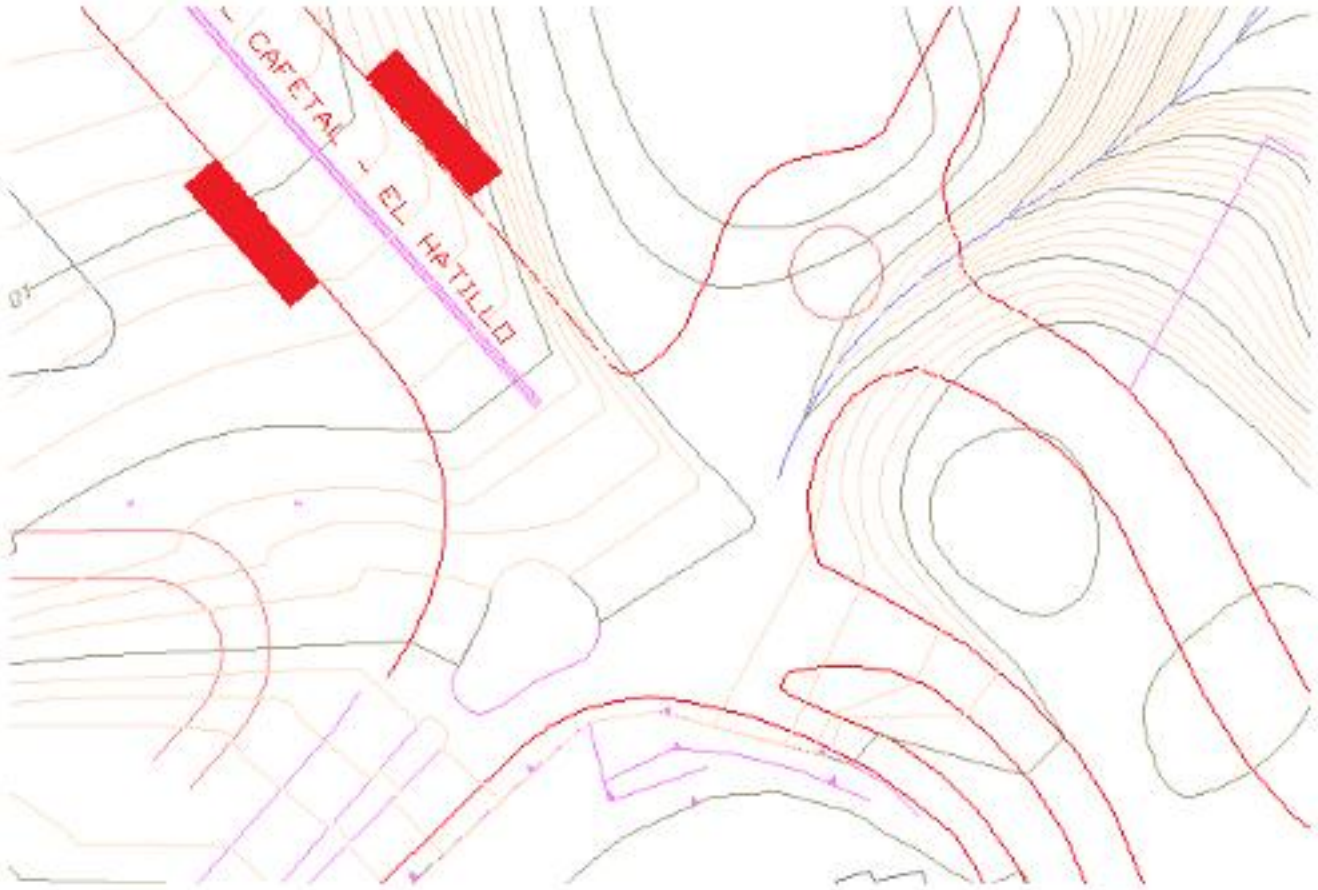
La intersección presenta elevadas demoras y longitudes de cola, esto se debe al conflicto existente entre los vehículos que bajan por la Avenida Principal de Los Naranjos en dirección al norte por la Avenida El Cafetal – El Hatillo y los vehículos que suben por la Avenida El Cafetal – El Hatillo, en dirección a la urbanización Lomas del Sol y a la carretera Alto Hatillo.

IV.6 PLANTEAMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DETECTADOS.

Para cualquier solución que se plantee es necesario resolver primero algunos problemas de infraestructura que presenta la intersección: reparación en el pavimento, demarcaciones en los tramos, señalización y reparaciones del sistema de iluminación. Así como también establecer medidas de supervisión al centro comercial para controlar la situación de los vehículos que circulan en contraflujo y a las residencias que drenan sus aguas sobre las vías.

También se deben realizar paradas de autobuses con bahías que no obstaculicen los canales de circulación, la figura IV.18 identifica los posibles sitios destinados a la ubicación de dichas paradas.

Figura IV.18 Propuesta de ubicación de las paradas de transporte público con bahías.



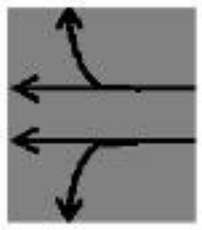
Fuente: Elaboración Propia

Para solucionar los problemas en la intersección se estudiaron varias alternativas:

La primera opción estudiada fue la posibilidad de semaforizar la intersección; se evaluó el comportamiento del flujo para un ciclo con 4 fases, permitiendo los siguientes movimientos:

FIGURA IV.19 DISTRIBUCIÓN DE MANIOBRAS PARA SEMÁFORO DE CUATRO FASES

Fase	Código	Movimiento
1	1-2 1-3 1-4	
2	3-4 3-1 3-2	

3	4-4 4-1 4-2 4-3	
4	2-3 2-4 2-1	

Fuente: Elaboración Propia

Además se permitió el cruce libre a la derecha en todos los accesos de la intersección.

Para el estudio de las opciones semaforizadas se utilizó el programa de macrosimulación Synchro, en la versión 7. Se seleccionó la imagen de fondo de la simulación proveniente del plano topográfico obtenido en la recolección de información y se continuó con el procedimiento preestablecido.

Las Figuras IV.20, IV.21 y IV.22 muestra los paneles de configuración del programa durante el proceso de simulación. Se analizó la intersección para el período de la mañana, el medio día y la tarde en días laborables y en la mañana y la tarde para fines de semana.

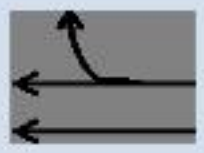
Los resultados arrojados por la simulación se reflejaron en las tablas de procesamiento IV.15 hasta las tablas IV.19, donde se puede observar que el nivel de servicio es “F” para los días laborables. Está propuesta no mejora el nivel de servicio que actualmente presta la intersección.

Debido a que no se alcanzó un nivel de servicio mejor, se intento una segúnda alternativa.

La segunda alternativa también consideraba la posibilidad de semaforizar la intersección, pero tratando de mejorar el nivel de servicio, por

lo cual requería disminuir las demoras de cada acceso. En tal sentido, se eliminaron los giros a la izquierda de los vehiculos que bajan por la Carretera Alto Hatillo (código número 3), y de los vehiculos que suben por la Avenida El Cafetal – El Hatillo (código número 1) y se definió otra ruta para permitirle a los vehiculos acceder a estos destinos. Esta propuesta permitió disminuir el número de fases a 3. El procedimiento para la utilización del software es el mismo al utilizado en la primera opción con 4 fases. Los movimientos permitidos en está solución fueron las siguientes:

FIGURA IV.23 Distribución de maniobras para semáforo de tres fases

Fase	Código	Movimiento
1	4-1 4-2 4-3	
2	3-2 3-1 1-3 1-4	
3	2-4 2-1	

Fuente: Elaboración Propia

Las tablas IV.20 - IV.24 reflejan los resultados procesados arrojados por el programa, a pesar de mejorar el nivel de servicio en los días laborables, mantiene un nivel de servicio “D”.

Se estudio una tercera alternativa propuesta tiempo atrás por el Ing. Orlando Russo, la cual se obtuvo durante la recopilación de información, la propuesta implica la utilización una redoma, acompañada de un desnivel

para el giro a la izquierda en el acceso número 4, la figura IV.24 y IV.25 en los anexos indica los detalles de la alternativa.

Las condiciones geométricas de esta propuesta contemplan un redoma de dos canales, con un ancho de canales de 3.20 metros, el acceso de la Avenida principal de los Naranjos posee dos canales para el giro a la izquierda a desnivel subterráneos de 2.90 metros c/u y una pendiente del 13%. Además de un canal de 3.20 metros de ancho, con hombrillo de 1.80 metros, para acceder a la redoma. Las características geométricas de los accesos restantes permanecen igual a las condiciones actuales.

Para poder analizar esta alternativa se utilizó el Software de microsimulación VISSIM. El procedimiento utilizado para simular la alternativa fue el descrito en la metodología.

Ya que la propuesta requiere de una inversión de alto costo debido al desnivel, se estableció un período de vida útil mínimo de 10 años, con un incremento de los volúmenes de vehículos del 2%, que se determinó con los conteos suministrados por la oficina municipal de planificación.

Las tablas IV.25 - IV.29 resumen los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas. Se indican las demoras y nivel de servicio de cada canal de acceso, de cada grupo de canal y del total de la intersección. El nivel de servicio de la propuesta con los volúmenes actuales es “A”, para los días laborables.

Con los volúmenes futuros (10 años) la intersección sigue prestando un nivel de servicio “A” a todas horas, menos en la hora pico de la tarde de los días laborables, donde el nivel de servicio pasa a ser “B” (tablas IV.30 – IV.34).

Adicionalmente se estudió el funcionamiento para un período de 10 años si no se realizan cambios en la intersección, esto con la finalidad de poder comparar los beneficios que aporta esta alternativa. Los resultados también se reflejaron en las tablas IV.10 – IV.14 (página 59 y 60).

IV.7 ANALISIS DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS.

La primera alternativa de semaforizar con un ciclo de 4 fases, con los volúmenes de la actualidad, no mejora el nivel de servicio de la intersección en ninguno de los períodos picos estudiados; en todos los casos el nivel de servicio decae resultando ser "F" con demoras de 194.40 segundos. Aunque brinda seguridad en la intersección, no resulta ser una alternativa atractiva.

En la segunda alternativa se diminuyó a 3 fases el ciclo, con los volumenes de la actualidad notamos que mejora el nivel de servicio con respecto a la primera alternativa, el nivel de servicio que prestará la intersección con este dispositivo de control es "D" para los días de laborales y "C" para los fines de semana. Disminuyen las demoras los días laborables en la mañana y en la tarde, así como también disminuyen las longitudes de cola. Los fines de semana el nivel de servicio empeora. Pasa de ser "A" a "C". Esta opción también brinda seguridad vial, ya que disminuye los puntos en conflicto en la intersección, pero no representa un nivel de servicio óptimo.

La tercera opción corresponde a la redoma con un paso a desnivel, arrojo los resultados más favorables, reflejando nivel de servicio "A" para los días laborables y no laborables. Las demoras en todos los accesos son menores a los 10 segundos. Además las longitudes de cola en todos los casos son inferiores a los 15 metros.

Para el flujo vehicular estimado en el período de 10 años la intersección sigue prestando un nivel de servicio aceptable ("B" en la tarde de los días laborables y "A" en las demás horas de los días laborables y no laborables). La implementación de esta solución requiere mayor inversión y tiempo para su ejecución, ya que las obras requieren modificar la topografía de la zona y la construcción de un paso a desnivel.

IV.8 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA.

Debido a las limitaciones de tiempo, solo se realizó la evaluación de las condiciones operativas de la intersección para escoger la mejor alternativa. Se evaluaron las condiciones actuales y cada una de las alternativas propuestas para los períodos de la mañana, el medio día y la tarde. La alternativa que ofrece mejores niveles de servicio, menores longitudes de cola, menores demoras es la propuesta de la redoma con el desnivel.

Por lo tanto, la solución que consideramos más adecuada para la intersección estudiada fue la propuesta de la redoma con el paso a desnivel, pues aunque es la más costosa es la que ofrece un mejor nivel de servicio en el mediano plazo y dispone de holgura para absorber el crecimiento del tránsito por los nuevos desarrollos.

Cabe destacar que esta no es la única solución que puede dar respuesta a los requerimientos de la intersección, pues pueden plantearse otras soluciones, que si son evaluadas de acuerdo a la metodología propuesta en este trabajo, pudieran llegar a ser de igual manera proyectos realizables en tiempo futuro.

Es importante señalar que los flujos vehiculares con los cuales fueron proyectados para la propuesta seleccionada, no toman en cuenta el incremento vehicular que se espera por la construcción del Centro Comercial Sigo Cerro Verde, debido a que no tuvimos acceso a dicha información; sin embargo, los resultados arrojados por la simulación nos indican que tiene tan buen nivel de servicio dentro de 10 años que sin problema alguno podría absorber el incremento del tránsito atraído por el nuevo desarrollo comercial y los desarrollos habitacionales que se construyen en la zona y aún así seguir presentando un buen nivel de servicio.

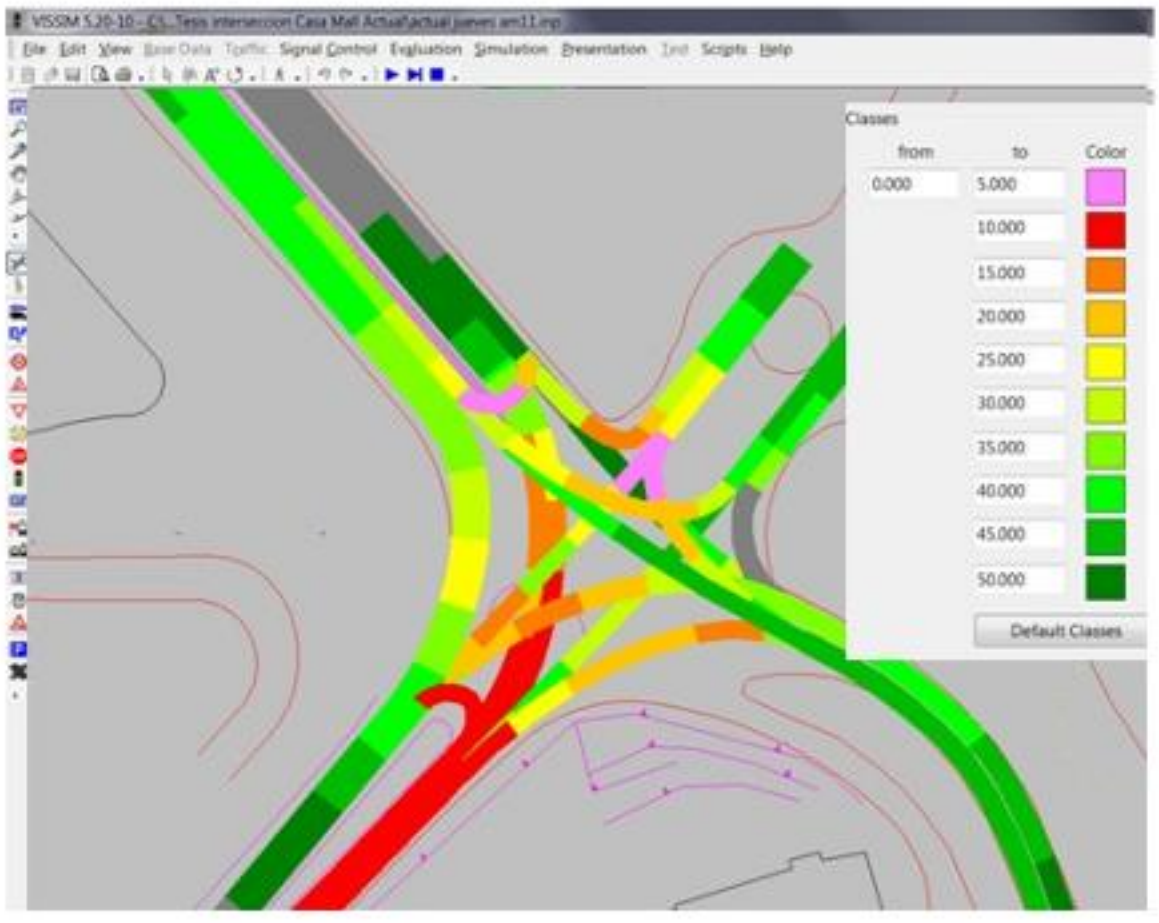
La tabla IV.35 resume las mejoras de las condiciones operativas que aporta la solución seleccionada, en el período más crítico (05:15pm – 06:15pm), para los afluentes de mayores volúmenes.

Tabla IV.35 Comparación de las condiciones operativas del estado actual y de la alternativa escogida.

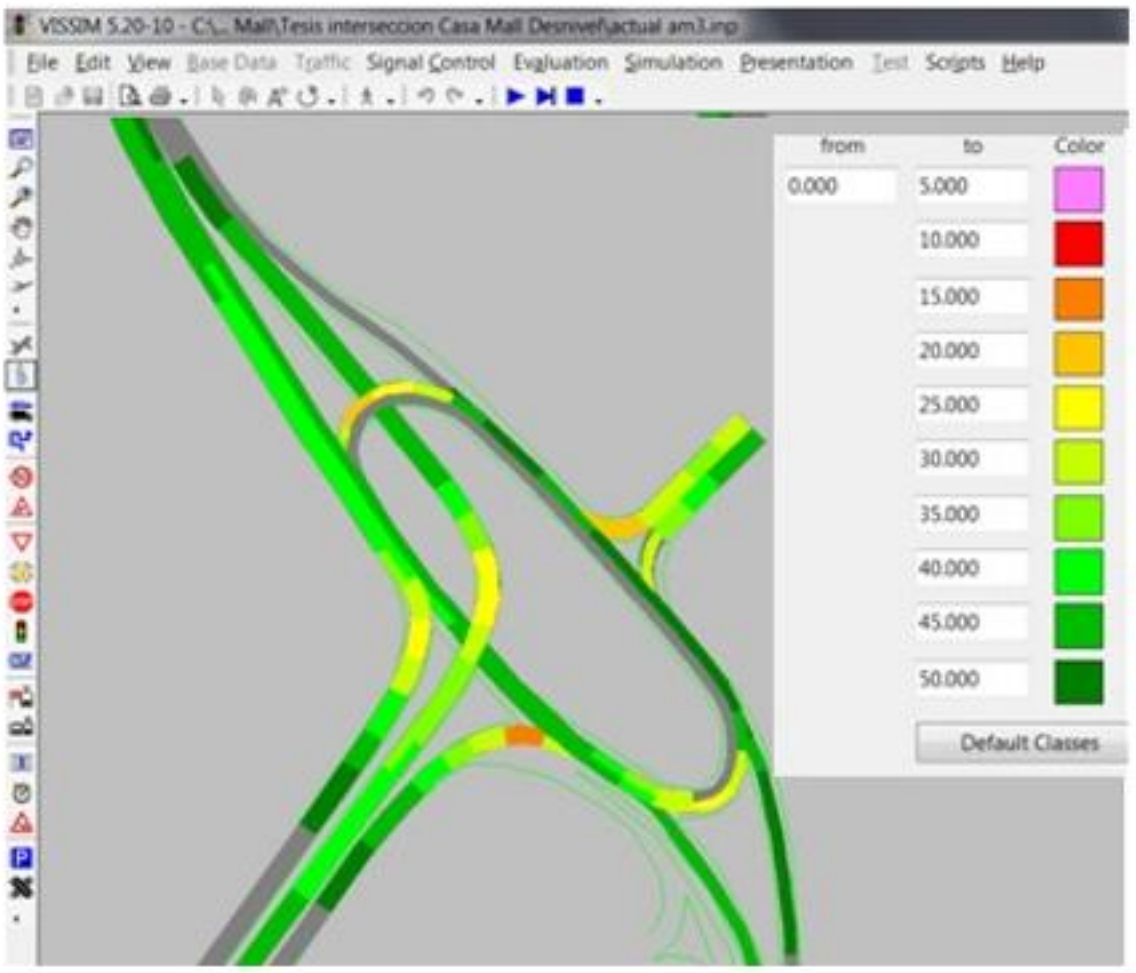
Avenida	Estado actual		Redoma + Desnivel	
	Demora (seg.)	NDS	Demora (seg.)	NDS
Ppal. Los Naranjos	314	F	1.85	A
El Cafetal - El Hatillo	125.3	F	4.8	A

Fuente: Elaboración Propia

Las mejoras en las condiciones operativas también las podemos notar en los diagramas de velocidades de la intersección, obtenidos con el uso del software y presentados a continuación:



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Notamos que los vehículos en las condiciones actuales circulan en algunos casos a velocidades de hasta 5 o 10 km/h para los vehículos provenientes de la Av. Principal de Los Naranjos. Y en la propuesta recomendada la mínima velocidad de este tramo es de 25 km/h. En general esta propuesta no genera congestionamiento en la intersección, por lo tanto las velocidades para todos los movimientos son adecuadas.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 CONCLUSIONES

Las intersecciones viales periódicamente deben ser evaluadas por las autoridades competentes, a fin de verificar las condiciones en que se encuentran trabajando dado que la dinámica de los desarrollos en su entorno y el crecimiento del tráfico a través del tiempo, causan deterioro en sus condiciones operativas

A lo largo de este trabajo, se desarrolló una metodología que permite estudiar de forma sencilla intersecciones que operan en condiciones críticas, con el fin de poder identificar cuáles son las deficiencias que presentan y proponer soluciones efectivas para el mejoramiento de las condiciones de servicio de las mismas.

Se determinaron los problemas que comúnmente afectan el normal desenvolvimiento de los flujos vehiculares a través de las intersecciones, pudiendo clasificarlos en dos grandes grupos: problemas de tipo operativo y problemas en la infraestructura. Los primeros están relacionados con la capacidad de la intersección y los niveles de servicio a los cuales opera; los segundos tienen que ver con las características geométricas de los afluentes, así como las secciones transversales de las vías que se intersectan y las condiciones de mantenimiento de los distintos elementos de la infraestructura.

Por otra parte, se identificaron los indicadores importantes que determinan las características del servicio que presentan las intersecciones. Entre los más importantes tenemos: longitudes de cola, tiempos de espera y niveles de servicio.

Pudimos constatar la importancia de disponer de softwares apropiados para la simulación, tanto de la situación inicial, como las de posibles soluciones para intersecciones que presentan problemas

operativos, los cuales son de gran utilidad, ya que nos permiten visualizar el comportamiento del flujo vehicular con la aplicación de las diferentes soluciones planteadas, siendo una herramienta fundamental para la comparación entre alternativas y para la toma de la decisión en cuanto a la opción de mejor desempeño.

Es importante destacar la importancia de que los organismos gubernamentales cuenten con datos históricos de conteos de flujos vehiculares que ayuden a determinar de forma estadística como es el comportamiento y crecimiento del flujo vehicular a lo largo del tiempo, ya que de esta forma se puede proyectar con mayor confiabilidad el tiempo de vida útil de las propuestas de mejoras que se realicen para la intersección.

Se puso en práctica la metodología desarrollada en una intersección vial perteneciente al área metropolitana de Caracas, lo cual nos permitió hacer ajustes a la metodología durante la ejecución del trabajo, así como confirmar su utilidad práctica.

V.2 RECOMENDACIONES

Como resultado del desarrollo del trabajo, consideramos oportuno hacer las siguientes recomendaciones:

- En el levantamiento de información se debe tratar de ubicar la mayor cantidad de información posible en los organismos públicos y privados que hayan desarrollado proyectos en el área de estudio, ya que esto facilitará el análisis de nuevas alternativas para el estudio.

- En el levantamiento de información dinámica es recomendable que sea de un período de una semana completa, ya que los conteos volumétricos y direccionales son los elementos que nos indican cuál es la condición actual que presenta la intersección y mientras más precisa sea la información, entonces más verídica la clasificación de nivel de servicio y más cercana a la realidad serán las proyecciones a futuro sobre el comportamiento de la misma.

- Es conveniente investigar sobre los diferentes tipos de programas de simulación de tránsito disponibles, que nos pueden ayudar a estudiar la intersección en cuestión, ya que cada intersección presenta particularidades y estas pueden influir en los resultados arrojados si el programa seleccionado no es el adecuado.

- Prestar atención a aspectos como las paradas de autobuses que están presentes en la intersección en estudio, ya que muchas veces las paradas están ubicadas en lugares tales que obstruyen el normal tránsito de los vehículos y que con solo realizar una reubicación estratégica de dicha parada se pueden obtener mejoras importantes en la intersección.

- Es muy importante la adecuada selección del área de estudio, pues en muchos casos las soluciones que se proponen para una intersección en específico, deberían estar acompañadas por mejoras en los tramos viales e intersecciones aledañas al sitio de estudio; en estos casos, podríamos estar realizando una importante inversión en la solución de una intersección determinada, pero en general el comportamiento del flujo vehicular de la zona podría no presentar una mejora importante.

- Como se mencionó en el desarrollo de la metodología, se debe tener en consideración que las propuestas, que ser realicen para dar solución a los problemas de una intersección, podrían perder vigencia si no se llevan a cabo en un tiempo prudencial luego de haberlas propuesto, ya que la dinámica del entorno puede generar cambios en las condiciones del tránsito que podría ameritar la revisión de propuestas hechas con anterioridad.

BIBLIOGRAFÍA

Highway Capacity Manual (2000). Transportation research board National Research Board. Estados Unidos.

Rafael Cal y Mayor R. (1995). Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones 7° Ed. pp. 386. México. Alfaomega.

Garber, N., Hoel, L (2005). Ingeniería de tránsito y carreteras. 3° ed. Pp. 3-488. Virginia. Estados Unidos: Ediciones Thomson.

Husch, D., Albeck, J. (2006). Synchro Studio 7. Synchro plus Simtraffic and 3D Viewer. pp. 4-10. Estados Unidos: Trafficware.

Arboleda, G (2000). Cálculo y diseño de Glorietas. pp. 13. Cali. Colombia: AC Editorea

Reid, J. (2004). Unconventional Arterial Intersection Design, Management and Operations Strategies. Pp 5-24. New York. Estados Unidos

AASHTO (2001). American Association State Highway and Transportation Officials. Estados Unidos.

Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) (1988). Estados Unidos

Saldaña M. David G. (2000) "Guías Para Establecer la Posibilidad de Efectuar Vuelta a la Izquierda con Precaución en Rojo en Intersecciones Semaforizadas en T". México

Gustavo Di Rado. (2003) Tránsito urbano. pp. 16. México.

Vocabulario Vial del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (1977)

Manual Interamericano de Dispositivos Para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras (1991)

Martínez J., Fajardo J. (2008) "Evaluación y Propuestas de Mejoras de un Tramo de un Corredor vial que Opera en Condiciones Críticas en el área Metropolitana de Caracas"

ANEXOS

(Figuras)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1 Diagrama metodológico para el estudio, evaluación y propuestas de Intersecciones.....31

Figura IV.1 Esquema de la intersección en estudio.....78

Figura IV.2 Sección transversal típica de la Avenida El Cafetal – El Hatillo..78

Figura IV.3 Sección transversal típica de las calles en la urbanización Lomas del Sol.....79

Figura IV.4 Sección transversal típica de la Carretera Alto Hatillo.....79

Figura IV.5 Sección transversal típica de la Avenida Principal de Los Naranjos. 80

Figura IV.6 Plano cartográfico de la intersección.....81

Figura IV.7: Paradas de Autobuses dentro del área de la Intersección.....51

Figura IV.8 Resultado de los conteos volumétricos en el día laboral, expresados por medio de un gráfico de barras.....82

Figura IV.9. Demanda vehicular del día laboral durante la hora pico de la mañana en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall.....83

Figura IV.10 Demanda vehicular del día laboral durante la hora pico del medio día en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall.....84

Figura IV.11. Demanda vehicular del día laboral durante la hora pico de la tarde en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall.....85

Figura IV.12. Demanda vehicular del día no laboral durante la hora pico de la mañana en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall.....86

Figura IV.13. Demanda vehicular del día no laboral durante la hora pico de la tarde en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall.....87

Figura IV.14 Condiciones del Pavimento en el acceso de la Avenida El Cafetal – El Hatillo……88

Figura IV.15 Condiciones del Pavimento en el acceso de la Avenida Principal de Los Naranjos……88

Figura IV.16 Condiciones del Pavimento en el acceso de la urbanización Lomas del Sol……89

Figura IV.17 Condiciones del Pavimento en la Intersección……89

Figura IV.18 Propuesta de ubicación de las paradas de transporte público con bahías……63

Figura IV.19 Distribución de maniobras para semáforo de cuatro fases …63

Figura IV.20 Panel de Configuración de los Canales de Synchro 7……90

Figura IV.21 Panel de Configuración de Volúmenes de Synchro 7……90

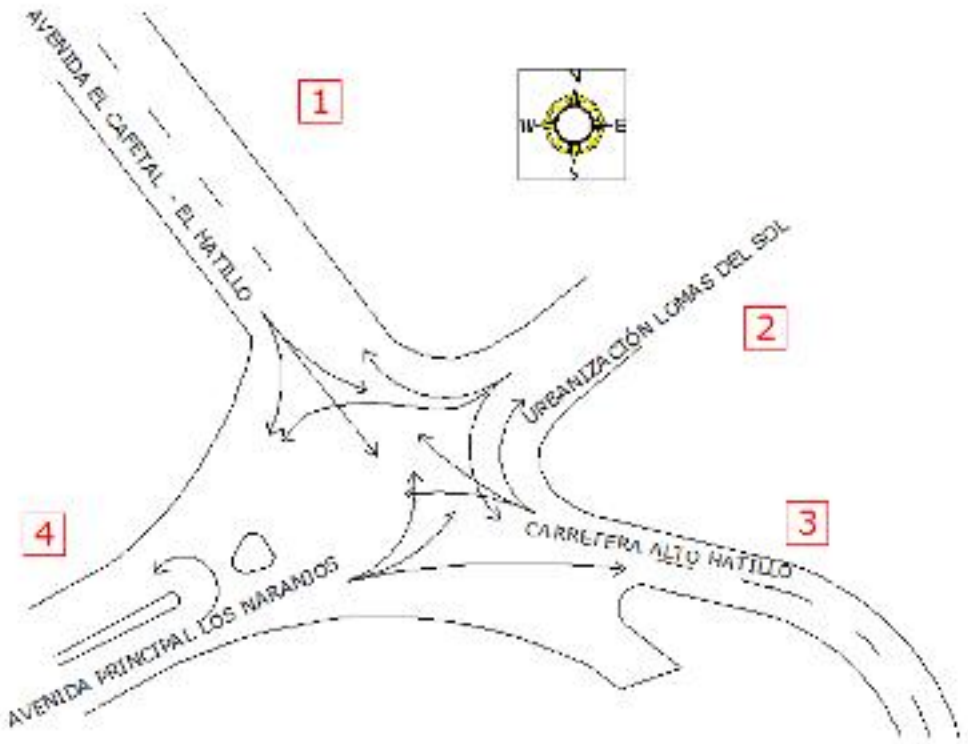
Figura IV.22 Panel de Configuración del Ciclo ……91

Figura IV.23 Distribución de maniobras para semáforo de tres fases……65

Figura IV.24 Plano cartográfico de la propuesta del Ing. Orlando Russo…..92

Figura IV.25 Propuesta de la redoma con paso a desnivel……93

Figura IV.1 Esquema de la intersección en estudio

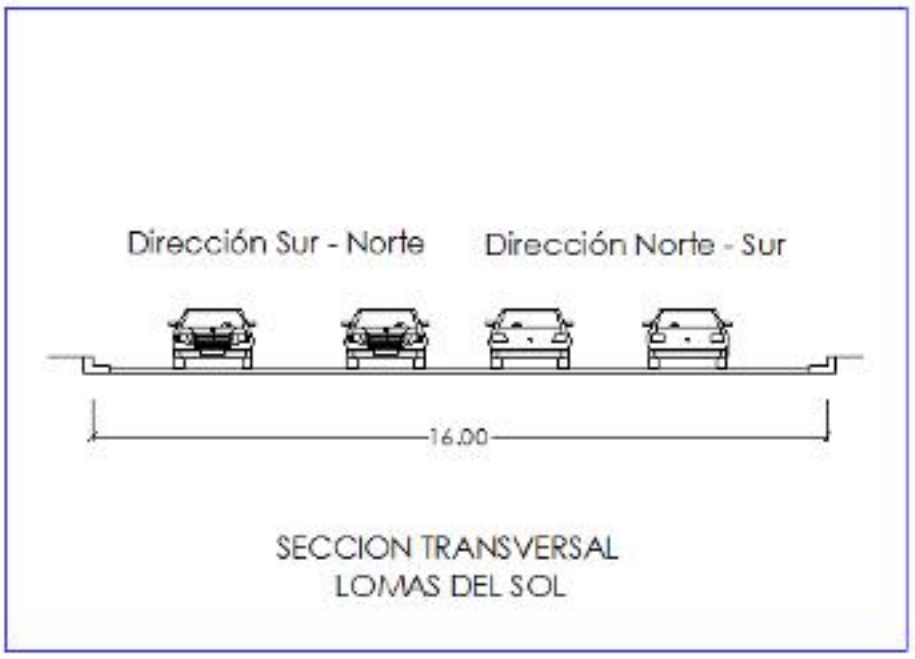


Fuente: Elaboración Propia.

Figura IV.2 Sección transversal típica de la Avenida El Cafetal – El Hatillo.

Fuente: SOMELCA Ingenieros Asociados

Figura IV.3 Sección transversal típica de las calles en la urbanización Lomas del Sol



Fuente: SOMELCA Ingenieros Asociados

Figura IV.4 Sección transversal típica de la Carretera Alto Hatillo.

Fuente: SOMELCA Ingenieros Asociados

Figura IV.5 Sección transversal típica de la Avenida Principal de Los Naranjos.

Fuente: SOMELCA Ingenieros Asociados

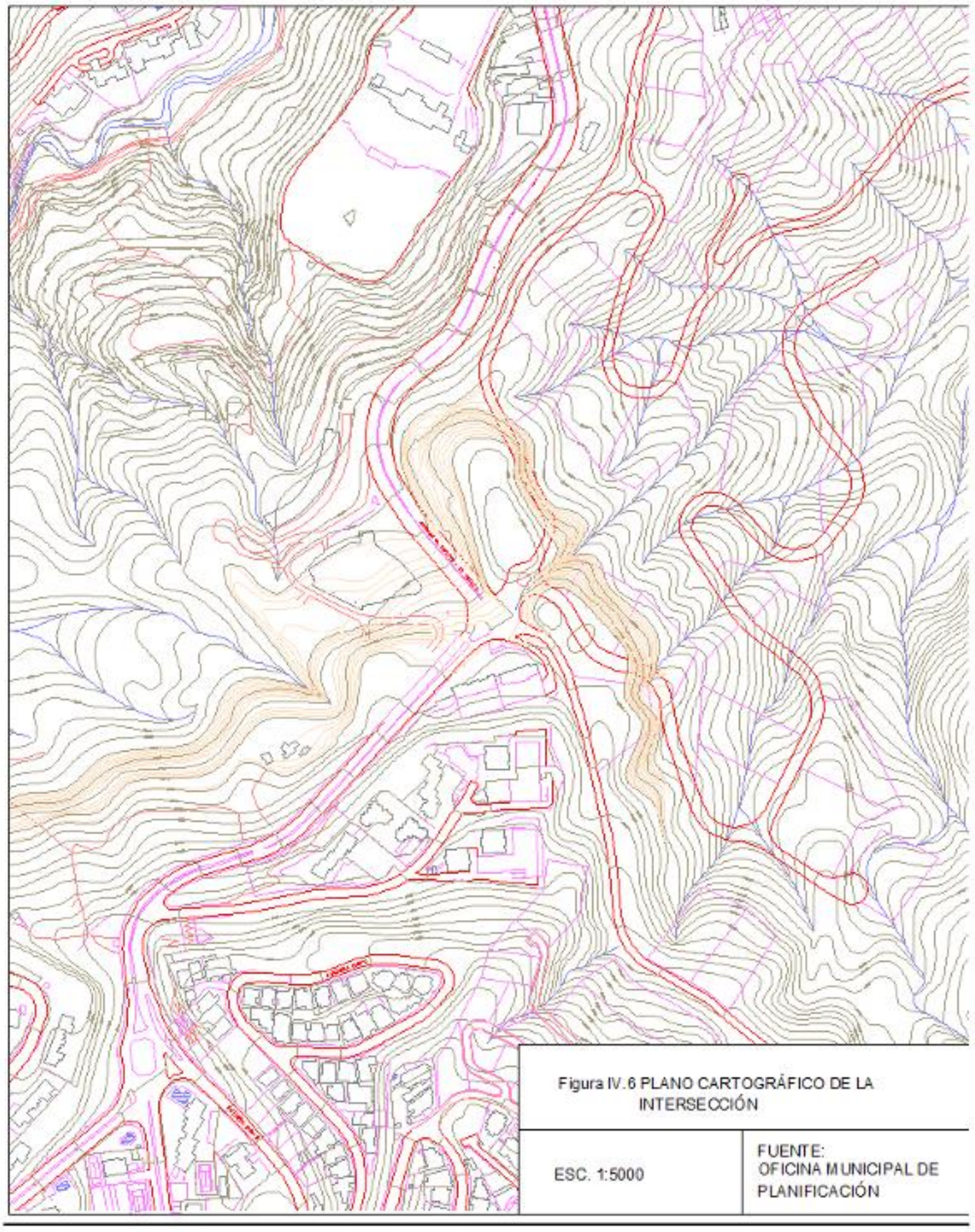
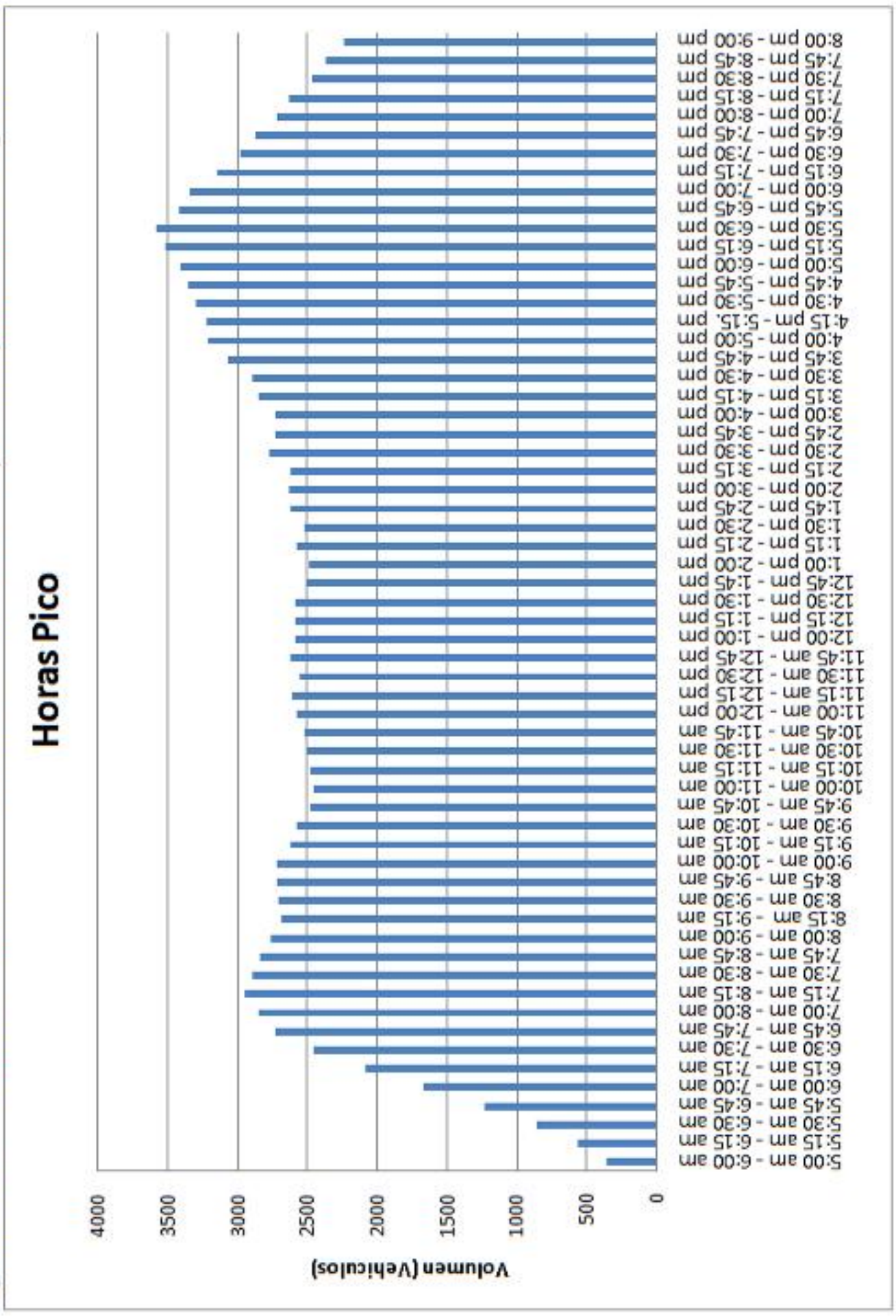


Figura IV.6 PLANO CARTOGRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN

ESC. 1:5000

FUENTE:
OFICINA MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN

Figura IV.8 Resultado de los conteos volumétricos en el día laboral, expresados por medio de un gráfico de barras.



Fuente: Elaboración Propia

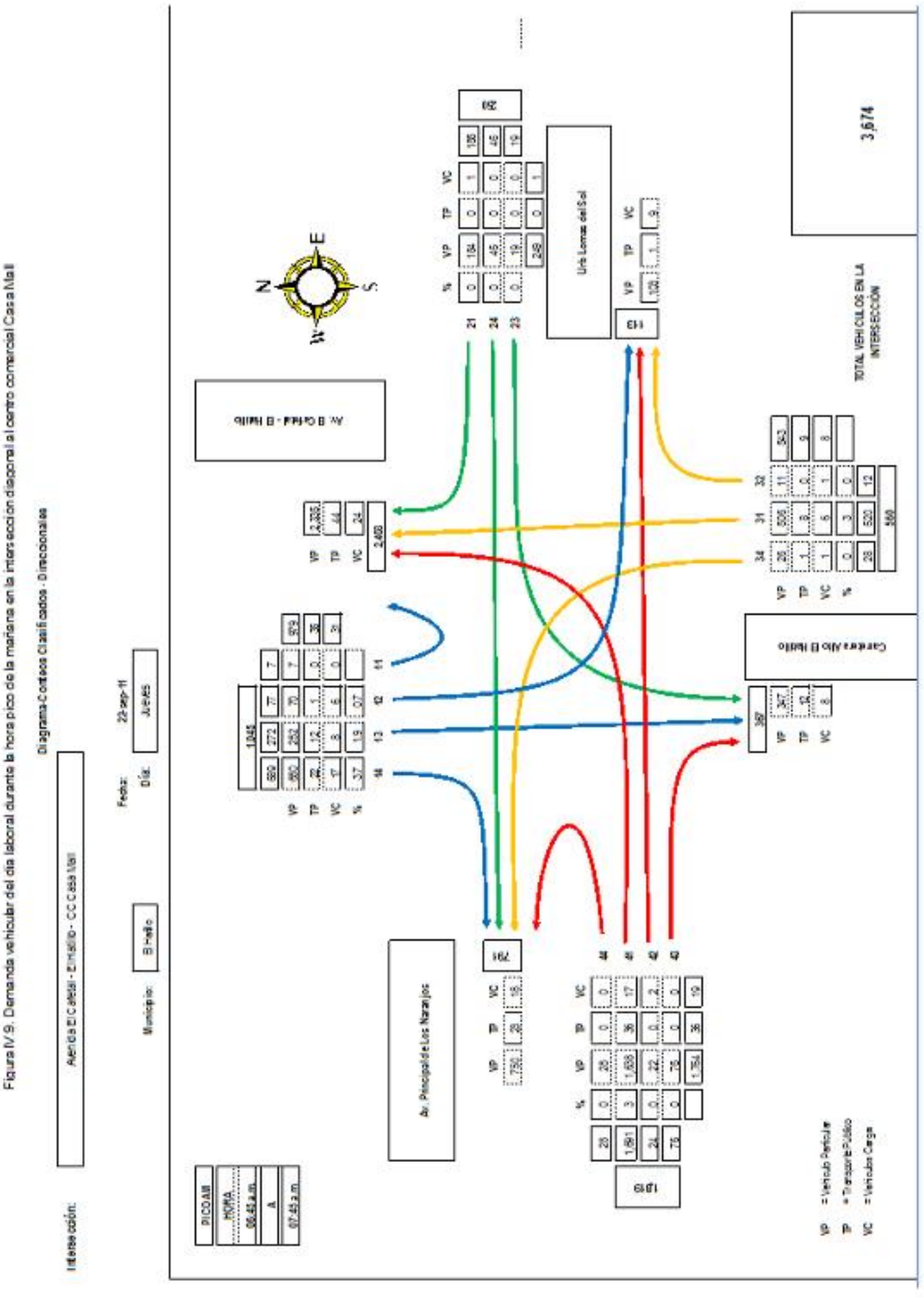


Figura IV.9. Demanda vehicular del día laboral durante la hora pico de la mañana en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall

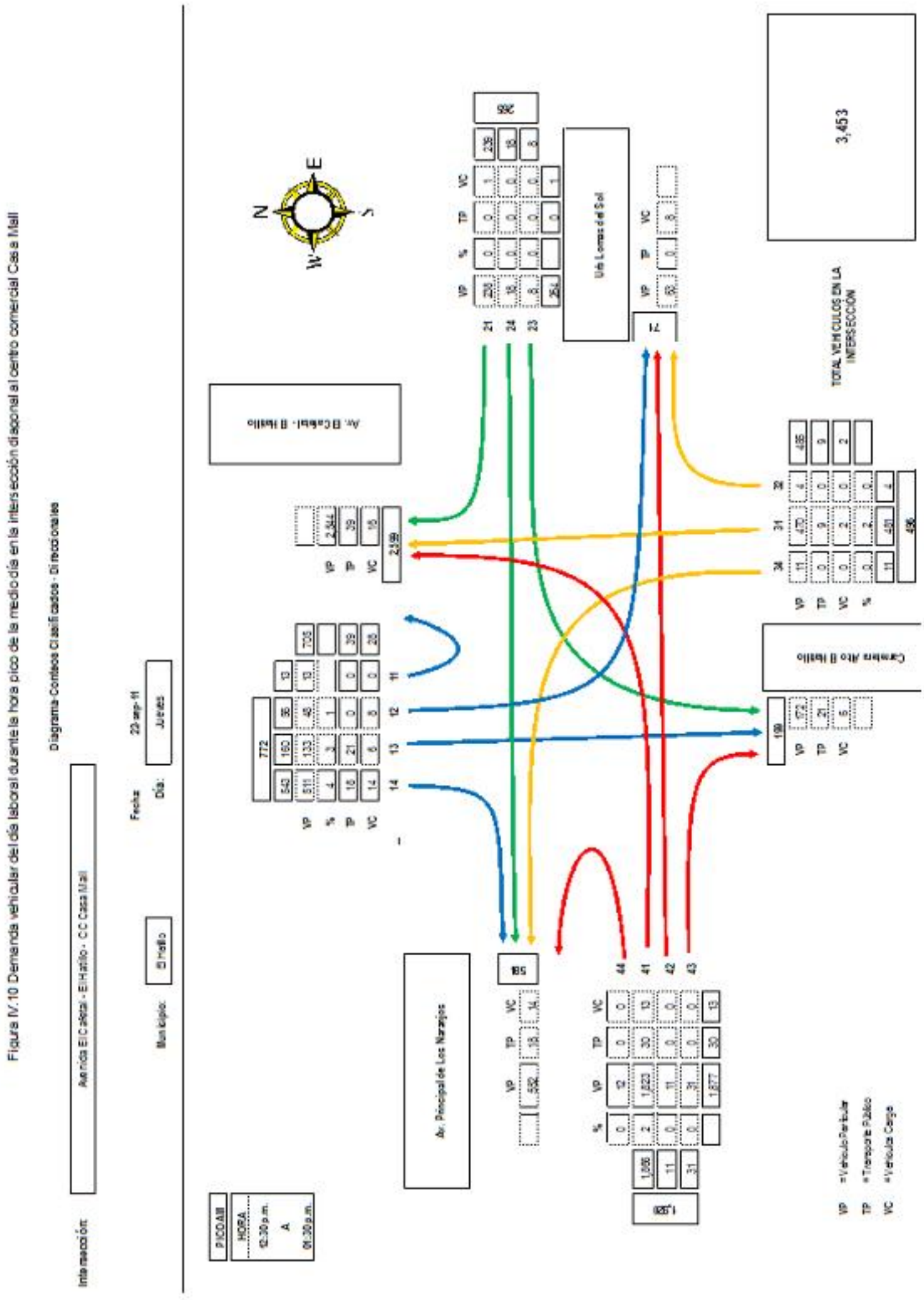


Figura IV.10 Demanda vehicular del día laboral durante la hora pico de la medio día en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall

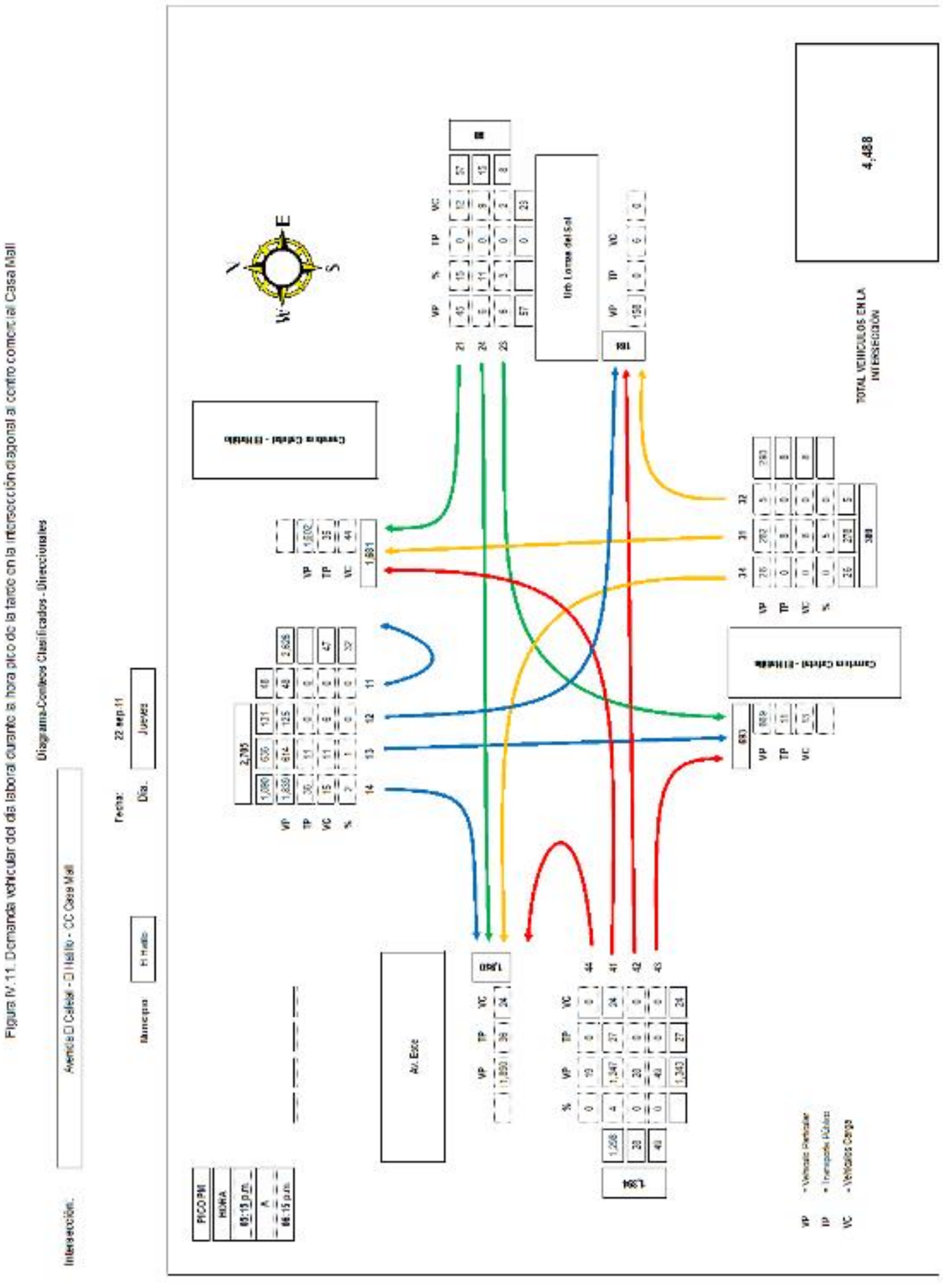


Figura IV.11. Demanda vehicular del día laboral durante la hora pico de la tarde en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall

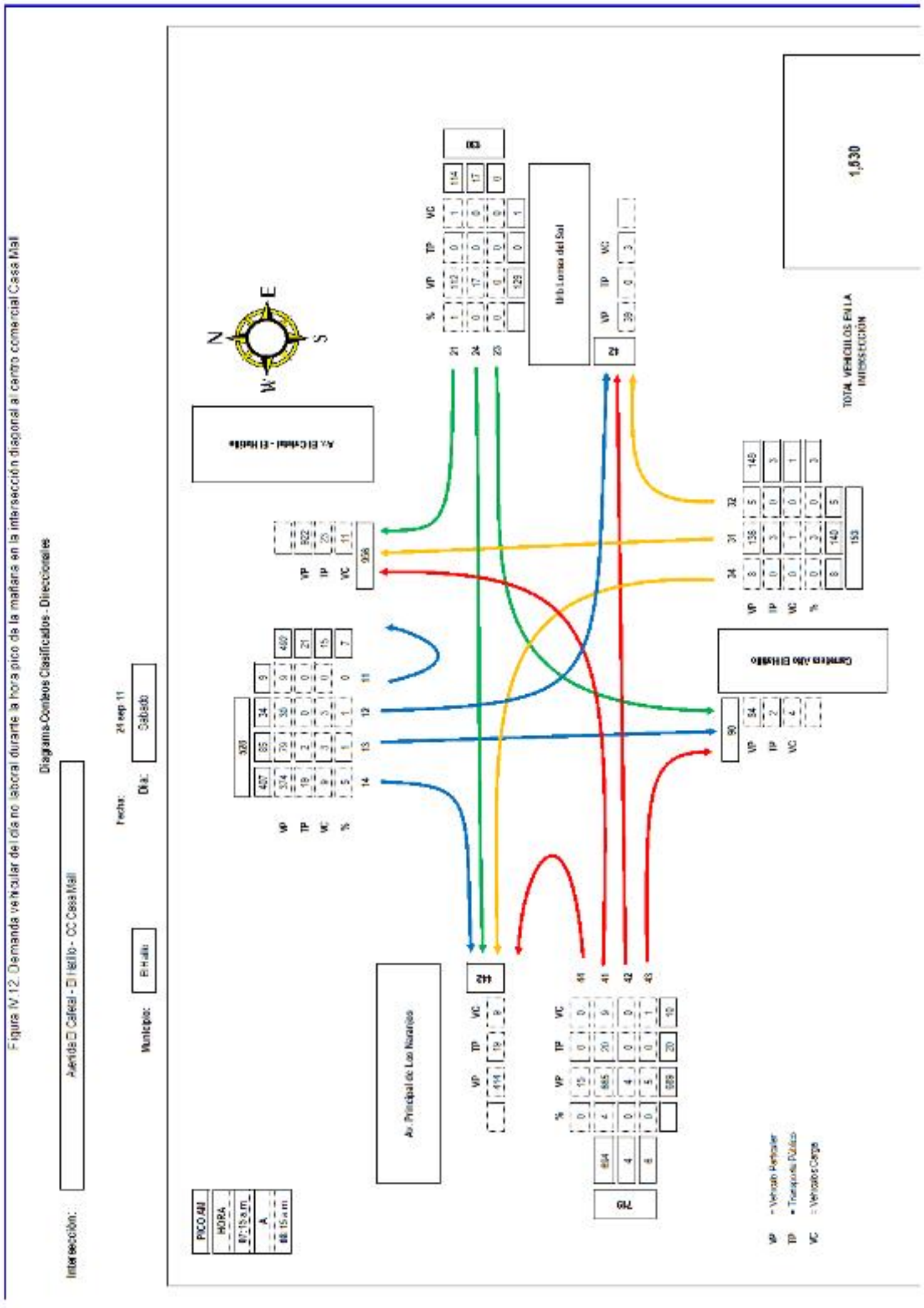


Figura IV.12. Demanda vehicular del día no laboral durante la hora pico de la mañana en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall
Diagrama-Conteos Clasificados - Direccionales
Intersección:
Avenida El Calvario - El Hatillo - CC Casa Mall
Fecha:
24 sep 11
Día:
Sábado
Municipio:
El Hatillo
PICO AM
HORA
07:15 a.m.
A
08:15 a.m.
Av. Principal de Los Naranjos
Urb. Lomas del Sol
Av. El Calvario - El Hatillo
Centro Plaza El Hatillo
TOTAL VEHICULOS EN LA INTERSECCIÓN
1,830
VP = Vehículo Particular
TP = Transporte Público
VC = Vehículo Carga

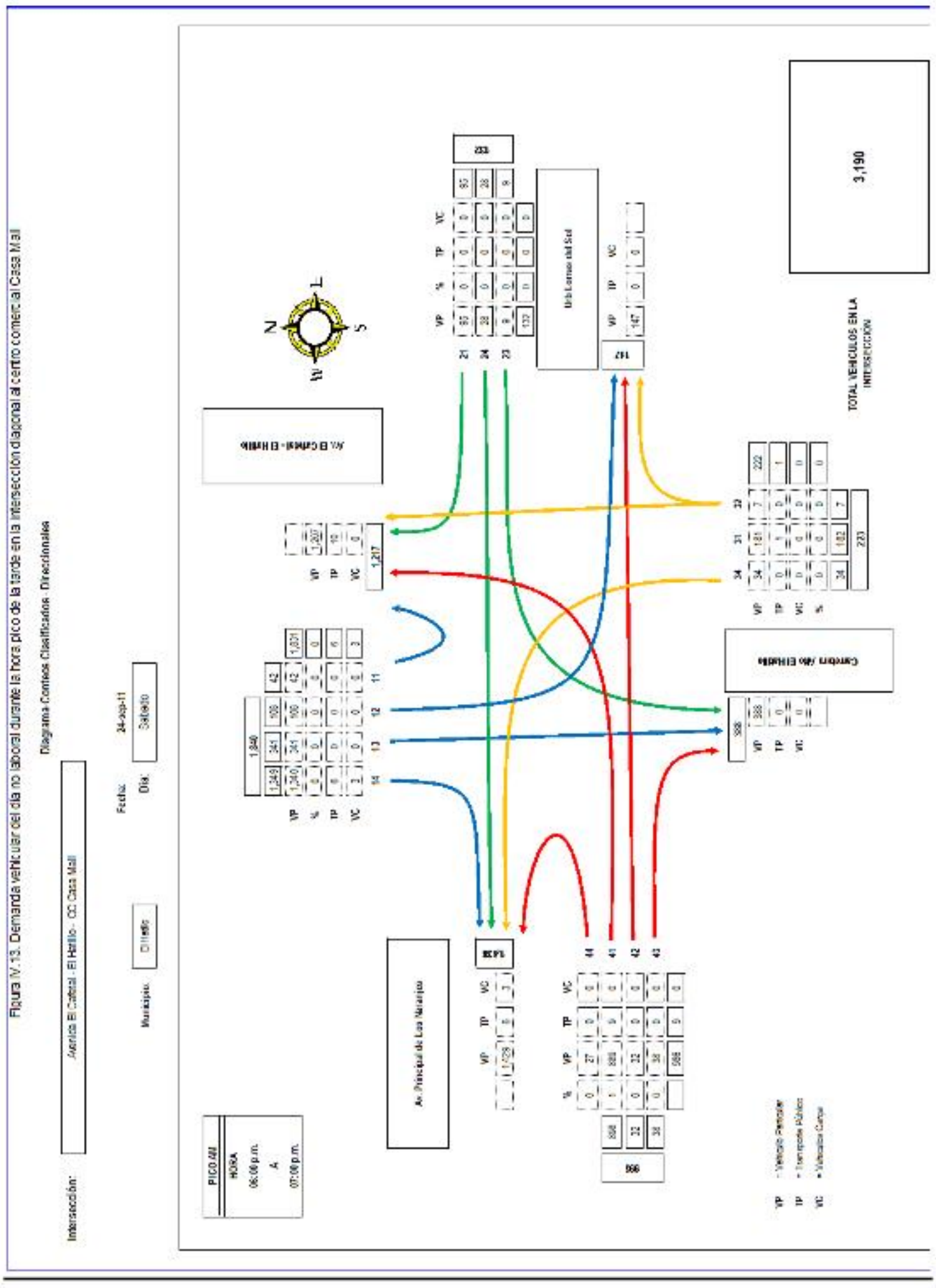


Figura IV.13. Demanda vehicular del día no laboral durante la hora pico de la tarde en la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall

Figura IV.14 Condiciones del Pavimento en el acceso de la Avenida El Cafetal – El Hatillo

Fuente: Elaboración Propia

Figura IV.15 Condiciones del Pavimento en el acceso de la Avenida Principal de Los Naranjos

Fuente: Elaboración Propia

Figura IV.16 Condiciones del Pavimento en el acceso de la urbanización Lomas del Sol

Fuente: Elaboración Propia

Figura IV.17 Condiciones del Pavimento en la Intersección

Fuente: Elaboración Propia

Figura IV.20 Panel de Configuración de los Canales de Synchro 7

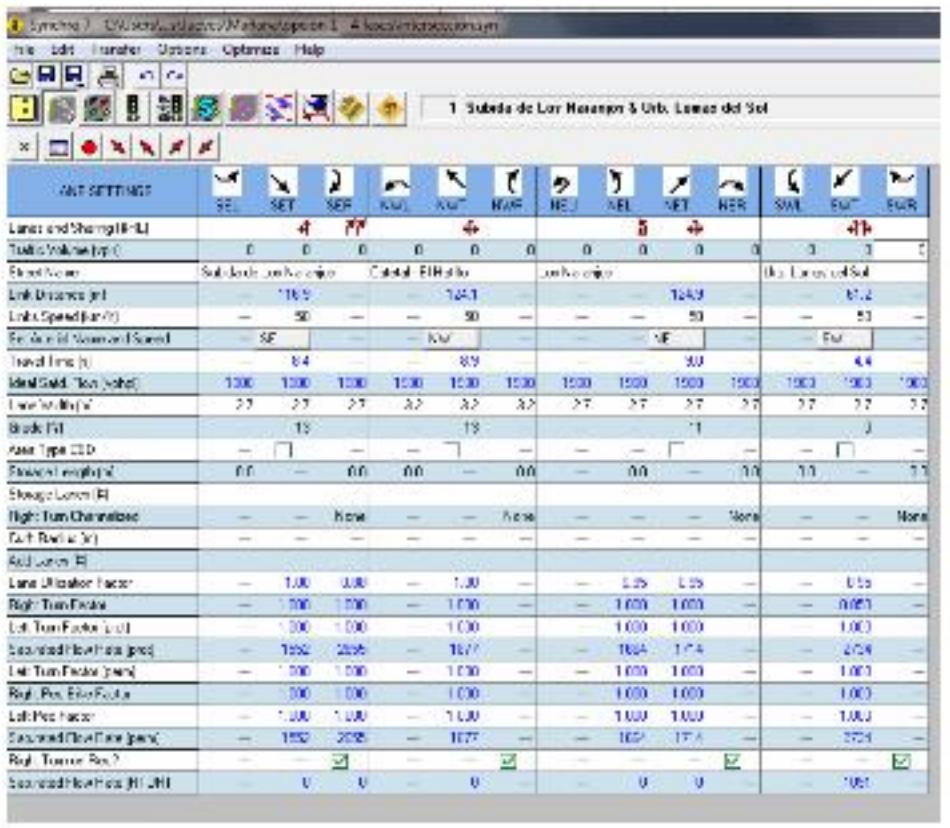
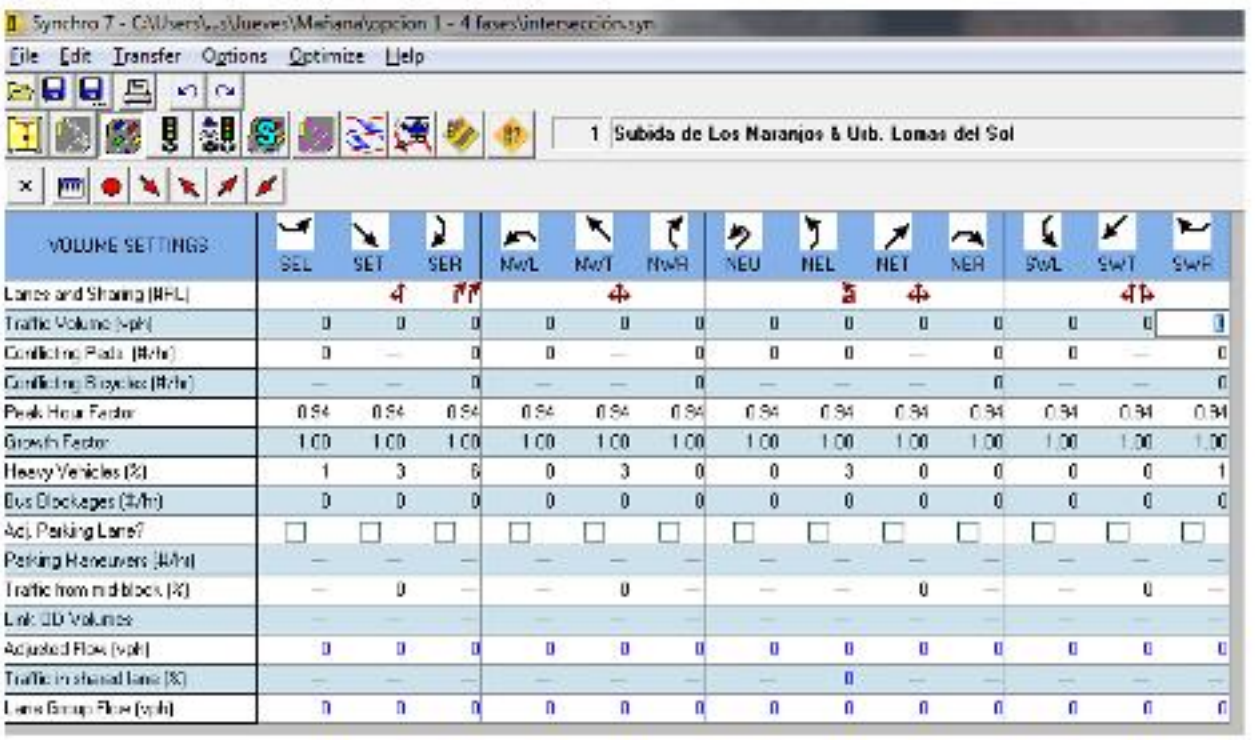
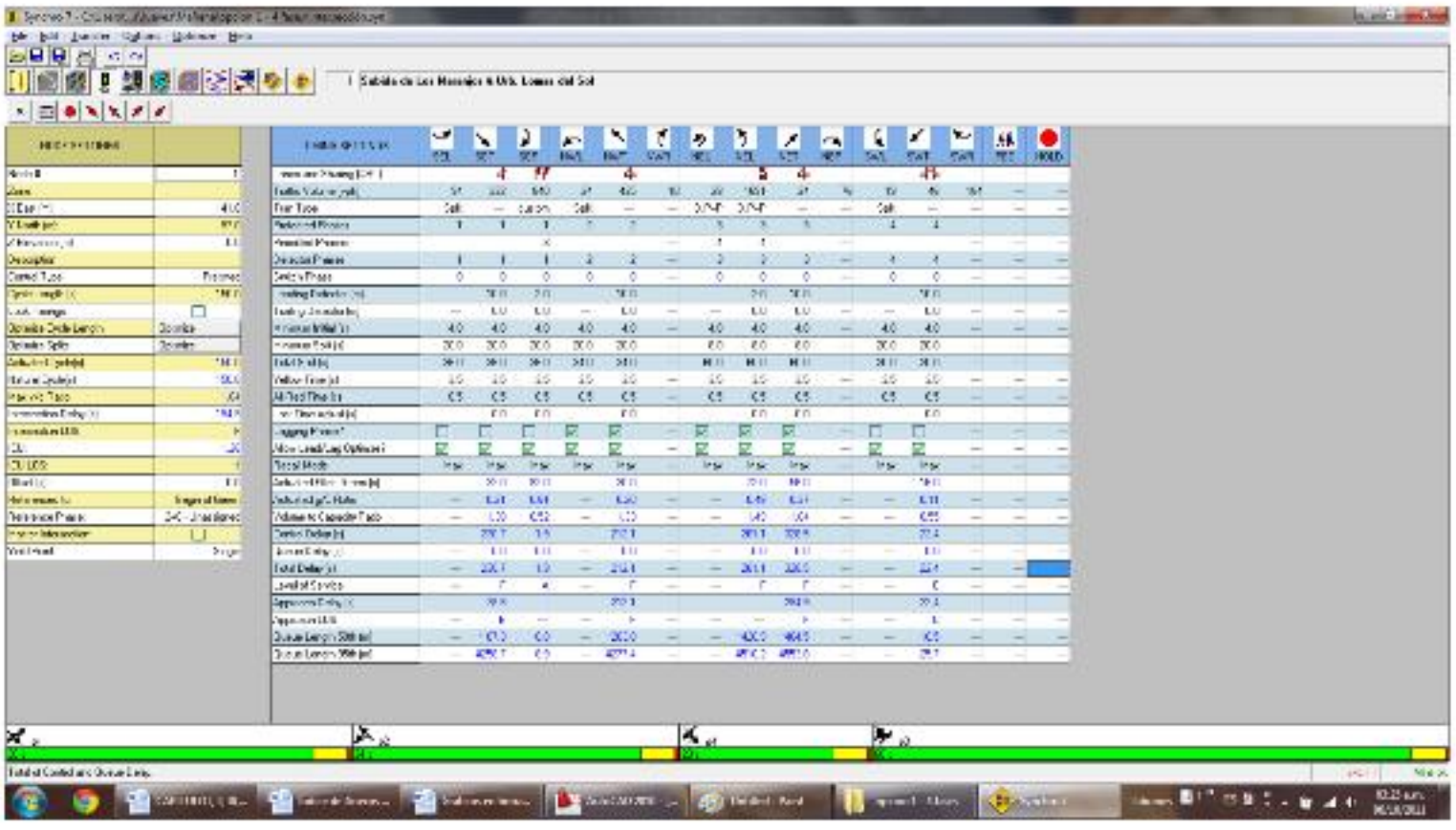


Figura IV.21 Panel de Configuración de Volúmenes de Synchro 7



VOLUME SETTINGS	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR	NEU	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#HL)													
Traffic Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conflicting Peds (#/hr)	0	—	0	0	—	0	0	0	—	0	0	—	0
Conflicting Bicycles (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	1	3	6	0	3	0	0	3	0	0	0	0	1
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from midblock (%)	—	0	—	—	0	—	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Adjusted Flow (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Traffic in shared lane (%)	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—
Lane Group Flow (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura IV.22 Panel de Configuración del Ciclo



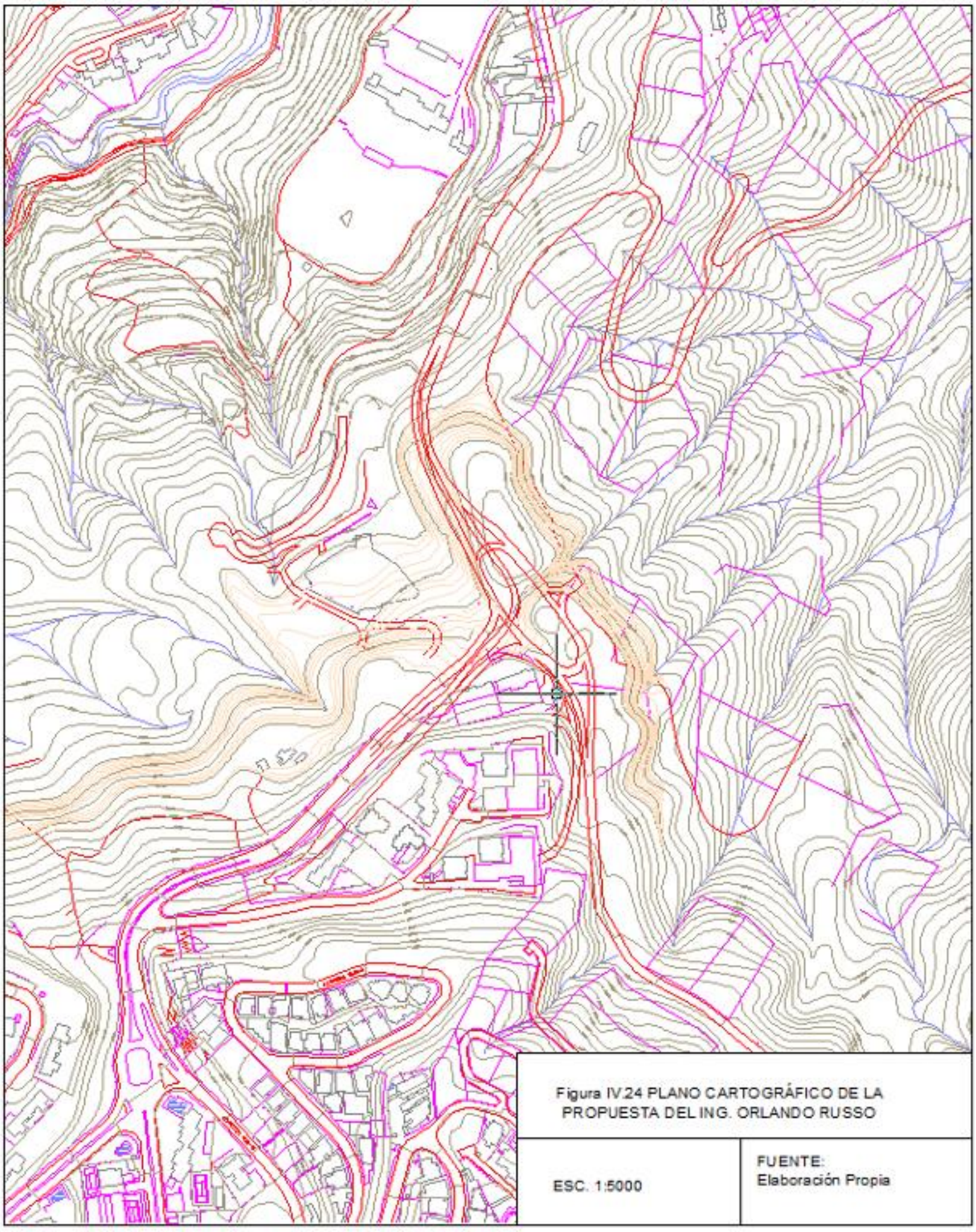
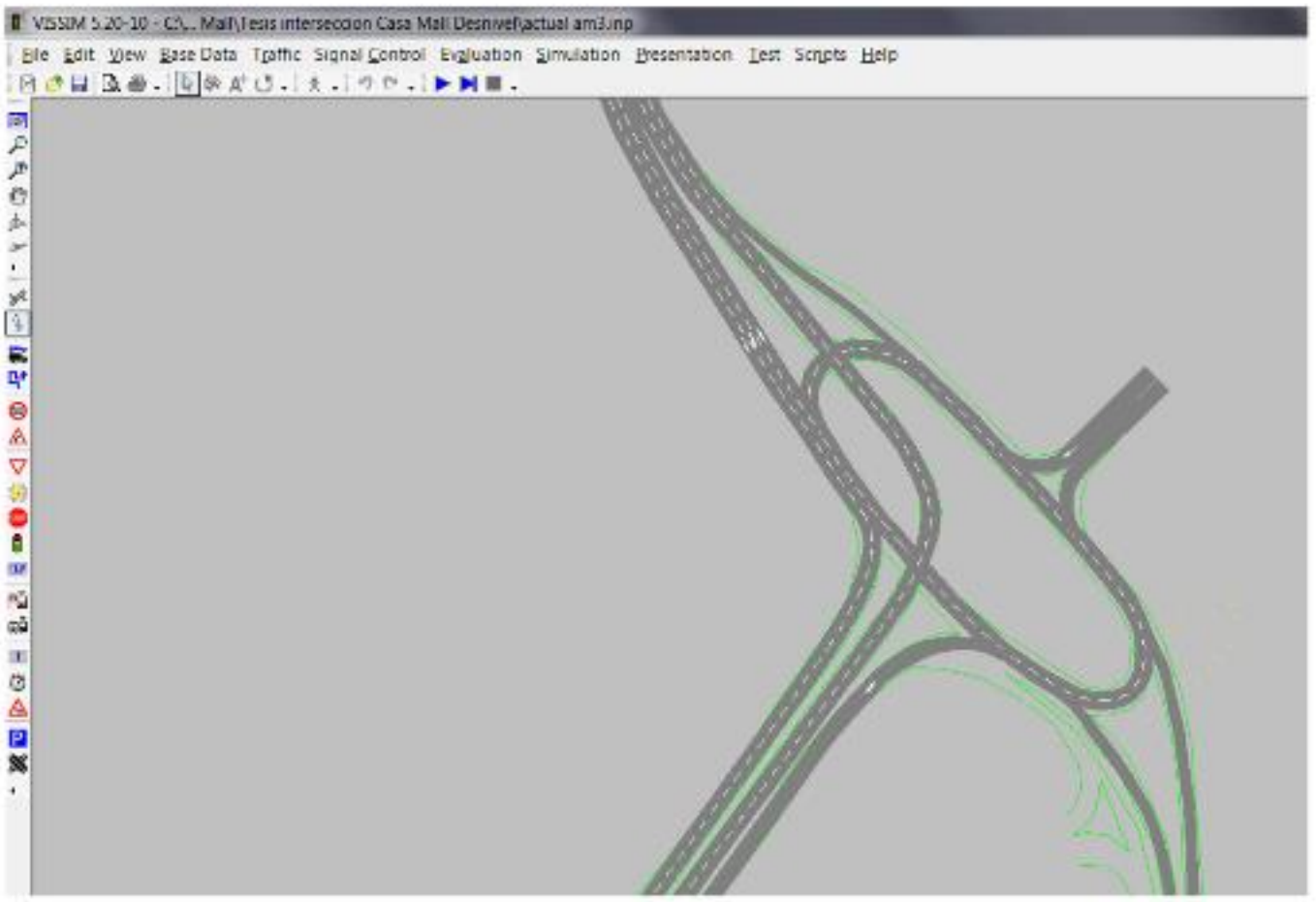


Figura IV.24 PLANO CARTOGRÁFICO DE LA PROPUESTA DEL ING. ORLANDO RUSSO

Figura IV.25 Propuesta de la redoma con paso a desnivel.



ANEXOS

(Tablas)

INDICE DE TABLAS

Tabla II.1 Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas.....27

Tabla II.2 Niveles de servicio en intersecciones no semaforizadas.....27

Tabla IV.1 Levantamiento de secciones transversales e infraestructura...52

Tabla IV.2 Resumen de la hora pico de la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall (días laborables).....99

Tabla IV.3 Resumen de la hora pico de la intersección diagonal al centro comercial Casa Mall (días no laborables).....101

Tabla IV.4 Demoras promedios levantadas en campo.....55

Tabla IV.5 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables, para el estado actual, durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.).....56

Tabla IV.6 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para el estado actual durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.).....57

Tabla IV.7 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para el estado actual durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.).....57

Tabla IV.8 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para el estado actual durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.).....58

Tabla IV.9 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para el estado actual durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.) 58

Tabla IV.10 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días laborables dentro de 10 años, durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.).....59

Tabla IV.11 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días laborables dentro de 10 años durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.).....59

Tabla IV.12 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días laborables dentro de 10 años durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.).....60

Tabla IV.13 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días no laborables dentro de 10 años durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.).....60

Tabla IV.14 Resultados de las condiciones operativas de la intersección en días no laborables dentro de 10 años durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.).....60

Tabla IV.15 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.).....102

Tabla IV.16 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.).....102

Tabla IV.17 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.).....103

Tabla IV.18 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.).....103

Tabla IV.19 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.).....104

Tabla IV.20 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.).....104

Tabla IV.21 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.).....105

Tabla IV.22 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.).....105

Tabla IV.23 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.).....106

Tabla IV.24 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.).....106

Tabla IV.25 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.).....107

Tabla IV.26 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.).....107

Tabla IV.27 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.).....108

Tabla IV.28 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.).....108

Tabla IV.29 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.).....109

Tabla IV.30 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana dentro de 10 años (06:45a.m.-7:45a.m.)109

Tabla IV.31 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del medio día dentro de 10 años (12:30p.m.-01:30p.m.).....110

Tabla IV.32 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período de la tarde dentro de 10 años (05:15p.m.-06:15p.m.).....110

Tabla IV.33 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana dentro de 10 años (07:15a.m.-8:15a.m.).....111

Tabla IV.34 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la Tarde dentro de 10 años (06:00p.m.-7:00p.m.).....111

Tabla IV.35 Comparación de las condiciones operativas del estado actual y de la alternativa escogida.....69

Tabla IV.2 Resumen de la hora pico De la intersección diagonal al Centro Comercial Casa Mall

Resumen Conteos Clasificados - Direccionales en días laborables

Periodo Pico AM

Afluente 1: Av. Mohedano (N-S)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:45 a.m.	13	De Frente	252	0	12	8	272	1,045
	11	Vuelta en U	7	0	0	0	7	
07:45 a.m.	14	Giro a la Derecha	650	0	22	17	689	
	12	Giro a la Izquierda	70	0	1	6	77	

Afluente 2: 1ra Transversal (E-O)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:45 a.m.	24	De Frente	46	0	0	0	46	250
	22	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
07:45 a.m.	21	Giro a la Derecha	184	0	0	1	185	
	23	Giro a la Izquierda	19	0	0	0	19	

Afluente 3: Av. Mohedano (S-N)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:45 a.m.	31	De Frente	506	0	8	6	520	560
	33	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
07:45 a.m.	32	Giro a la Derecha	11	0	0	1	12	
	34	Giro a la Izquierda	26	0	1	1	28	

Afluente 4: 1ra Transversal (O-E)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:45 a.m.	42	De Frente	22	0	0	2	24	1,819
	44	Vuelta en U	28	0	0	0	28	
07:45 a.m.	43	Giro a la Derecha	76	0	0	0	76	
	41	Giro a la Izquierda	1,638	0	36	17	1,691	

Periodo Pico Md

Afluente 1: Av. Mohedano (N-S)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
12:45 p.m.	13	De Frente	133	0	21	6	160	772
	11	Vuelta en U	13	0	0	0	13	
01:45 p.m.	14	Giro a la Derecha	511	0	18	14	543	
	12	Giro a la Izquierda	48	0	0	8	56	

Afluente 2: 1ra Transversal (E-O)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
12:45 p.m.	24	De Frente	18	0	0	0	18	265
	22	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
01:45 p.m.	21	Giro a la Derecha	238	0	0	1	239	
	23	Giro a la Izquierda	8	0	0	0	8	

Afluente 3: Av. Mohedano (S-N)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
12:45 p.m.	31	De Frente	470	0	9	2	481	496
	33	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
01:45 p.m.	32	Giro a la Derecha	4	0	0	0	4	
	34	Giro a la Izquierda	11	0	0	0	11	

Afluente 4: 1ra Transversal (O-E)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
12:45 p.m.	42	De Frente	11	0	0	0	11	1,920
	44	Vuelta en U	12	0	0	0	12	
01:45 p.m.	43	Giro a la Derecha	31	0	0	0	31	
	41	Giro a la Izquierda	1,823	0	30	13	1,866	

Resumen Conteos Clasificados - Direccionales

Periodo Pico PM

Afluente 1: Av. Mohedano (N-S)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
05:15 p.m.	13	De Frente	614	0	11	11	636	2,705
	11	Vuelta en U	48	0	0	0	48	
06:15 p.m.	14	Giro a la Derecha	1,839	0	36	15	1,890	
	12	Giro a la Izquierda	125	0	0	6	131	

Afluente 2: 1ra Transversal (E-O)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
05:15 p.m.	24	De Frente	6	0	0	9	15	80
	22	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
06:15 p.m.	21	Giro a la Derecha	45	0	0	12	57	
	23	Giro a la Izquierda	6	0	0	2	8	

Afluente 3: Av. Mohedano (S-N)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
05:15 p.m.	31	De Frente	262	0	8	8	278	309
	33	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
06:15 p.m.	32	Giro a la Derecha	5	0	0	0	5	
	34	Giro a la Izquierda	26	0	0	0	26	

Afluente 4: 1ra Transversal (O-E)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
05:15 p.m.	42	De Frente	28	0	0	0	28	1,394
	44	Vuelta en U	19	0	0	0	19	
06:15 p.m.	43	Giro a la Derecha	49	0	0	0	49	
	41	Giro a la Izquierda	1,247	0	27	24	1,298	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.3 Resumen de la hora pico de la intersección diagonal al Centro Comercial Casa Mall

Resumen Conteos Clasificados - Direccionales en días no laborables

Periodo Pico AM

Afluente 1: Av. Mohedano (N-S)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
07:15 a.m.	13	De Frente	79	0	2	3	84	528
	11	Vuelta en U	9	0	0	0	9	
	14	Giro a la Derecha	374	0	19	9	402	
08:15 a.m.	12	Giro a la Izquierda	30	0	0	3	33	

Afluente 2: 1ra Transversal (E-O)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
07:15 a.m.	24	De Frente	17	0	0	0	17	130
	22	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
	21	Giro a la Derecha	112	0	0	1	113	
08:15 a.m.	23	Giro a la Izquierda	0	0	0	0	0	

Afluente 3: Av. Mohedano (S-N)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
07:15 a.m.	31	De Frente	136	0	3	1	140	153
	33	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
	32	Giro a la Derecha	5	0	0	0	5	
08:15 a.m.	34	Giro a la Izquierda	8	0	0	0	8	

Afluente 4: 1ra Transversal (O-E)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
07:15 a.m.	42	De Frente	4	0	0	0	4	719
	44	Vuelta en U	15	0	0	0	15	
	43	Giro a la Derecha	5	0	0	1	6	
08:15 a.m.	41	Giro a la Izquierda	665	0	20	9	694	

Periodo Pico PM

Afluente 1: Av. Mohedano (N-S)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:00 p.m.	13	De Frente	341	0	0	0	341	1,840
	11	Vuelta en U	42	0	0	0	42	
	14	Giro a la Derecha	1,340	0	6	3	1,349	
07:00 p.m.	12	Giro a la Izquierda	108	0	0	0	108	

Afluente 2: 1ra Transversal (E-O)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:00 p.m.	24	De Frente	28	0	0	0	28	132
	22	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
	21	Giro a la Derecha	95	0	0	0	95	
07:00 p.m.	23	Giro a la Izquierda	9	0	0	0	9	

Afluente 3: Av. Mohedano (S-N)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:00 p.m.	31	De Frente	181	0	1	0	182	223
	33	Vuelta en U	0	0	0	0	0	
	32	Giro a la Derecha	7	0	0	0	7	
07:00 p.m.	34	Giro a la Izquierda	34	0	0	0	34	

Afluente 4: 1ra Transversal (O-E)

Hora	Movimiento		Vehículos Particular	Motos	Transporte Público	Vehículos de Carga	Subtotal	TOTAL
06:00 p.m.	42	De Frente	32	0	0	0	32	995
	44	Vuelta en U	27	0	0	0	27	
	43	Giro a la Derecha	38	0	0	0	38	
07:00 p.m.	41	Giro a la Izquierda	889	0	9	0	898	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.15 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	1.38	0.52			0.58			1.33		1.49	1.64	
DEMORA (seg.)	230.7	1.9			21.4			212.1		261.1	328.5	
NIVEL DE SERVICIO	F	A			C			F		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	187.3	0			10.2			203.8		420.9	464.5	
DEMORA (seg.)	78.9			21.40			212.10			294.90		
NIVEL DE SERVICIO	E			C			F			F		
DEMORA (seg.)	194.90											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.16 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	1.18	0.32			0.53			1.08		1.1	1.19	
DEMORA (seg.)	181.6	1.2			21.5			107.6		94.8	136.1	
NIVEL DE SERVICIO	F	A			C			F		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	76.9	0			9.2			148.3		296.7	336.7	
DEMORA (seg.)	55.2			21.50			107.60			115.30		
NIVEL DE SERVICIO	E			C			F			F		
DEMORA (seg.)	93.30											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.17 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	1.66	0.99			0.27			1.13		1.25	1.55	
DEMORA (seg.)	339.5	22.3			25.8			145.5		159.9	292.3	
NIVEL DE SERVICIO	F	C			C			F		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	371.7	34.9			4.4			119.8		181.4	263	
DEMORA (seg.)	114.1			25.80			145.50			223.50		
NIVEL DE SERVICIO	F			C			F			F		
DEMORA (seg.)	148.90											
NIVEL DE SERVICIO	F											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.18 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	0.9	0.39			0.2			0.39		0.61	0.96	
DEMORA (seg.)	89.4	2.1			7.6			27.5		16.5	66.2	
NIVEL DE SERVICIO	F	A			A			C		B	E	
ONGITUD DE COLA (r	19.4	0			1.1			20.5		35.6	58.7	
DEMORA (seg.)	22.2			7.60			27.50			41.20		
NIVEL DE SERVICIO	C			A			C			D		
DEMORA (seg.)	30.40											
NIVEL DE SERVICIO	C											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.19 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 4 fases durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	1.21	0.78			0.5			0.73		0.85	1.26	
DEMORA (seg.)	151.5	3.7			8.7			53.9		37.7	168.3	
NIVEL DE SERVICIO	F	A			A			D		D	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	120.2	0			3			46.2		88	144.5	
DEMORA (seg.)	40.7			8.70			53.90			103.30		
NIVEL DE SERVICIO	D			A			D			F		
DEMORA (seg.)	62.00											
NIVEL DE SERVICIO	E											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.20 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	0.61	0.64			0.19			1.07		1.05	1.02	
DEMORA (seg.)	51.4	5			18.1			106.3		80.9	73.8	
NIVEL DE SERVICIO	D	A			B			F		F	E	
LONGITUD DE COLA (m.)	77.8	0			3.7			41.7		301.3	291	
DEMORA (seg.)	17.1			18.10			106.30			77.30		
NIVEL DE SERVICIO	B			B			F			E		
DEMORA (seg.)	45.71											
NIVEL DE SERVICIO	D											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.21 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	0.4	0.57			1.09			1.03		1.00	0.99	
DEMORA (seg.)	46.5	5.9			58.7			98.8		59.4	56.4	
NIVEL DE SERVICIO	D	A			E			F		E	E	
LONGITUD DE COLA (m.)	33	0			28.7			127		240.7	235.4	
DEMORA (seg.)	14.4			58.70			98.80			57.80		
NIVEL DE SERVICIO	B			E			F			E		
DEMORA (seg.)	54.20											
NIVEL DE SERVICIO	D											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.22 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
V/C	1.02	0.97			0.25			0.42		1.06	1.04	
DEMORA (seg.)	82.9	19.8			26			31.7		86.8	81.6	
NIVEL DE SERVICIO	F	B			C			C		F	F	
LONGITUD DE COLA (m.)	149.1	22.4			5.4			51.1		198.6	195.8	
DEMORA (seg.)	34.7			26.00			31.70			83.80		
NIVEL DE SERVICIO	C			C			C			F		
DEMORA (seg.)	50.80											
NIVEL DE SERVICIO	D											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.23 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES	↑	↱			↑↑↱			↱		↰	↔↑	
V/C	0.18	0.44			0.07			0.27		0.79	0.79	
DEMORA (seg.)	18.4	4.1			9.3			18		37	36.5	
NIVEL DE SERVICIO	B	A			A			B		D	D	
ONGITUD DE COLA (r	6.8	0			1			11.6		37.1	37.2	
DEMORA (seg.)	6.4			9.30			18.00			36.70		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			B			D		
DEMORA (seg.)	22.60											
NIVEL DE SERVICIO	C											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.24 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta de semaforizar con 3 fases durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES	↑	↱			↑↑↱			↱		↰	↔↑	
V/C	0.65	0.81			0.47			0.35		0.92	0.91	
DEMORA (seg.)	30.6	6.4			10.2			21.4		49.3	48.1	
NIVEL DE SERVICIO	C	A			B			C		D	D	
ONGITUD DE COLA (r	39	0			7.3			21.1		72.9	73.2	
DEMORA (seg.)	10.9			10.20			21.40			48.70		
NIVEL DE SERVICIO	B			B			C			D		
DEMORA (seg.)	23.10											
NIVEL DE SERVICIO	C											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.25 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana (06:45a.m.-7:45a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos										
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	1.5	1.1			1.8			4.07		3.8	4.2	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
LONGITUD DE COLA (m.)	0	0			13			22.4		14	14	
DEMORA (seg.)	1.3			1.80			4.07			2.34		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	2.10											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.26 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del medio día (12:30p.m.-01:30p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos										
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	1.3	0.8			0.93			3.75		2.1	3	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
LONGITUD DE COLA (m.)	5.1	5.1			9.2			36.4		14	14	
DEMORA (seg.)	1.0			0.93			3.75			2.48		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	2.00											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.27 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período de la tarde (05:15p.m.-06:15p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	4.8	4			2.15			3.32		5	6.1	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
LONGITUD DE COLA (m.)	1.4	1.4			6.67			13.2		13.9	13.9	
DEMORA (seg.)	4.8			2.15			3.32			1.85		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	3.70											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.28 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana (07:15a.m.-8:15a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	1.2	0.79			0.42			1.18		0.8	1.1	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
LONGITUD DE COLA (m	8.2	8.2			0			0		0	0	
DEMORA (seg.)	0.8			0.42			1.18			0.90		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	0.90											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.29 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la Tarde (06:00p.m.-7:00p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	2.6	2.3			1.78			3.17		3.2	3.4	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
ONGITUD DE COLA (r	0.6	0.6			0.4			19.8		7.4	7.4	
DEMORA (seg.)	2.6			1.78			3.17			1.24		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	2.30											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.30 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana dentro de 10 años (06:45a.m.-7:45a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	2	1.5			2.36			6.68		3.7	5.1	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
LONGITUD DE COLA (m.)	6.3	6.3			16.5			51.7		14.3	14.3	
DEMORA (seg.)	1.8			2.36			6.68			3.79		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	3.20											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.31 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del medio día dentro de 10 años (12:30p.m.-01:30p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	1.2	0.9			1.5			5.33		4.1	5	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
LONGITUD DE COLA (m.)	9.7	9.7			19.4			51.5		14.1	14.1	
DEMORA (seg.)	1.1			1.50			5.33			4.13		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	3.20											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.32 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período de la tarde dentro de 10 años (05:15p.m.-06:15p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	18.2	15.8			2.15			5.19		2.1	11	
NIVEL DE SERVICIO	C	C			A			A		A	B	
LONGITUD DE COLA (m.)	282	282			6.67			22.5		22.5	22.5	
DEMORA (seg.)	16.7			2.15			5.19			2.74		
NIVEL DE SERVICIO	C			A			A			A		
DEMORA (seg.)	11.40											
NIVEL DE SERVICIO	B											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.33 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la mañana dentro de 10 años (07:15a.m.-8:15a.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	0.8	0.9			0.53			1.53		1.1	1.9	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
NGITUD DE COLA (r	0	0			6.2			13.8		6.2	6.2	
DEMORA (seg.)	0.9			0.53			1.53			1.13		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	0.90											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IV.34 Resultados de las condiciones operativas de la intersección durante los días no laborables para la propuesta del Ing. Orlando Russo durante el período del pico de la Tarde dentro de 10 años (06:00p.m.-7:00p.m.)

INTERSECCIÓN	Calle Alto Hatillo Y Carretera El Cafetal - El Hatillo Con Res. Lomas del Sol y Avenida Los Naranjos											
ACCESO	Calle Alto Hatillo N-S (Cod.1)			Res. Lomas del Sol E-O (Cod. 2)			Carretera El Cafetal - El Hatillo S-N (Cod.3)			Avenida Los Naranjos O-E (Cod. 4)		
GRUPO DE CARRILES												
DEMORA (seg.)	4.2	2.8			2.39			4.48		1.3	5	
NIVEL DE SERVICIO	A	A			A			A		A	A	
NGITUD DE COLA (r	11.2	11.2			13.2			38.8		13.5	13.5	
DEMORA (seg.)	3.9			2.39			4.48			1.68		
NIVEL DE SERVICIO	A			A			A			A		
DEMORA (seg.)	2.30											
NIVEL DE SERVICIO	A											

Fuente: Elaboración Propia