

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

1.1 Introducción

Tarija es una ciudad ubicada al sur del país, cuenta con alrededor de 268.387 habitantes (INE) y se encuentra en constante crecimiento, el cual no responde a una planificación integral, tal es el caso del sistema de transporte vial urbano que de manera constante ocasiona grandes perjuicios y quejas por parte de la población que sufre las consecuencias del congestionamiento vehicular en horas pico, falta de señalización en zonas específicas de la ciudad y retraso en la circulación a sus lugares de destino.

En la última década el crecimiento de la ciudad ha sido a pasos agigantados, se crearon nuevas escuelas, complejos deportivos, puentes, edificios, universidades, rotondas, entre otros, y como consecuencia generaron inconvenientes en la población a la hora de desplazarse de un lugar hacia otro ya que algunas de las vías existentes han sido rebasadas en su capacidad. A esto ha contribuido el crecimiento del parque automotor público y privado que influye directamente al congestionamiento vehicular, principalmente en horas pico y en puntos de la ciudad que sirven como accesos de un tipo de zona hacia otra.

En este documento se estudiará la señalización, niveles de servicio y semaforización de uno de los sectores más importantes y estratégicos de la ciudad de Tarija, hablamos del sector del mástil ubicado en el distrito siete de la ciudad de Tarija, en la intersección de la Ruta Nacional N°1, Avenida Circunvalación y Avenida Integración.

Las rotondas han sido ampliamente estudiadas y entre sus beneficios se encuentra la mejora de la seguridad, demoras y capacidad que permiten reducir puntos de conflicto y descongestionan el tráfico vehicular sobre todo en horas pico, por ello la capacidad vehicular, el nivel de servicio, los volúmenes vehiculares que circulan en ese sector, la semaforización y los estacionamientos serán algunos de los factores que podremos determinar a través de recolección de datos de campo y el procesamiento de los datos a través de métodos empíricos de análisis de datos obtenidos.

1.2 Justificación

En Tarija, la provincia Cercado experimenta un incremento del parque automotor que crece significativamente, en el año 2016 las cifras del parque automotor registraron 95.711 vehículos que significan el 5.5% del total de vehículos a nivel nacional, para el 2017 las cifras incrementaron a 102.203 vehículos registrados significando el 5.6% (Estadística, 2019).

Estos datos sin duda han producido algunos problemas como resultado del crecimiento natural de la cantidad de vehículos, la falta de proyección y planificación del ordenamiento vehicular, a todo eso le acompaña la falta de información real sobre parámetros ingenieriles de tráfico vehicular en varias intersecciones y zonas de la ciudad que al parecer se encuentran rebasadas en sus capacidades sobre todo en horas pico del día donde los volúmenes vehiculares se incrementan significativamente.

En este documento se estudiará cuáles son los parámetros ingenieriles de tráfico vehicular con los que cuenta el sector de la rotonda del mástil. Los resultados que se obtenga del presente estudio permitirán sugerir soluciones a los problemas que podamos descubrir. Sin duda si se desea subsanar problemas que causan molestias a la población en general se debe tomar en serio la recolección de información a través de estudios para proponer y aplicar soluciones efectivas basadas en datos reales.

Volúmenes de flujo vehicular, señalizaciones, espacios de parqueo, capacidad de la rotonda y semaforización son parámetros propios de un estudio de ingeniería de tráfico vehicular, que permitirán mejorar la eficiencia en la circulación y tener un mejor ordenamiento y planificación vehicular.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Problema

El crecimiento que atraviesa el municipio de cercado es cada vez más exponencial en todos los aspectos, tanto positivos como negativos; uno de los crecimientos que se ha dado es el del parque automotor en la ciudad, que cada vez ocasiona más perjuicio y reclamos en la población que demanda soluciones al congestionamiento vehicular y una mejor planificación en la movilidad urbana de la ciudad.

El sector donde se encuentra emplazada la rotonda del mástil sirve a la ciudad como conexión de tres avenidas principales e importantes, hablamos de las avenidas Panamericana, Integración y Circunvalación.

La rotonda del mástil ha sido ubicada sobre una vía nacional, por donde hacen su paso vehículos de alto tonelaje y vehículos del transporte público y privado y cumple además la función conectora de dos zonas de diferentes características de la ciudad.

Debido al caos vehicular que parece poseer este sector tan importante para la ciudad, es que este estudio de tráfico vehicular presentará datos que reflejen la realidad y el estado del mismo. Los resultados como el nivel de servicio a la población, permitirá a autoridades municipales tomar acciones que mejoren su funcionamiento o que solucionen algún problema que el presente documento pueda determinar.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar el estudio de señalización y semaforización en el sector de la rotonda del mástil para proponer alternativas de solución que permitan optimizar el funcionamiento de la zona de estudio

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar aforos de flujo vehicular en treinta puntos en el sector de la rotonda del mástil.
- Determinar los niveles de servicio más conflictivos de la zona de estudio.
- Diagnosticar la situación actual de la semaforización y señalización en el sector de estudio.
- Establecer la situación actual de los estacionamientos en el sector de la rotonda del mástil.
- Determinar la capacidad vehicular de cada intersección de la zona de estudio para establecer aquellas que sobrepasen su capacidad.

1.5 Diseño metodológico

1.5.1 Métodos y técnicas empleadas

Para el presente estudio se utilizará el método teórico empírico, debido a que se realizaron observaciones y mediciones dentro del trabajo de campo, mediante los cuales se encontrarán los datos necesarios para la realización de este proyecto, además de realizar un análisis y síntesis de la investigación basada en toda la bibliografía encontrada, previa traducción del documento HCM 2000 debido a que solo se lo consigue en su idioma de origen (inglés).

Los medios para recopilar los datos serán los siguientes:

- Planos: para determinar las ubicaciones de los puntos de aforo permitiendo tener una ubicación exacta de dónde partir para realizar la toma de datos correspondientes.
- Planilla de aforo: es donde se registrará toda la información que se obtiene de la toma de datos de las aforaciones.
- Reloj o cronómetro: para controlar los intervalos de tiempo en el que se realizarán las aforaciones.
- Computadora: instrumento en el que se realizará el contenido de este estudio y se procesarán los datos obtenidos.

1.6 Hipótesis

¿Se podrá optimizar el funcionamiento del sector de la rotonda del mástil obteniendo niveles de servicio adecuados?

1.7 Población

Todos los vehículos y sus tipos pertenecientes a la ciudad de Tarija.

1.8 Muestra

Todos los vehículos de la ciudad de Tarija que circulen por el sector de la rotonda del mástil.

1.9 Alcance

Serán parte del presente estudio todos los accesos y calles del sector de la rotonda del mástil, ubicada en la intersección de las avenidas Circunvalación, Integración y la Ruta Nacional N°1 haciendo un total de treinta puntos que aporten con flujo vehicular a la rotonda y su funcionamiento.

Se realizará un estudio de semaforización, señalización, capacidad vehicular, estacionamientos y niveles de servicio en los principales puntos de la rotonda del mástil que nos permitirán determinar datos como el nivel de servicio que brinda a la población.

Realizado el estudio de tráfico vehicular y obtenidos los resultados se procederá a proponer distintas soluciones que coadyuven a mejorar la semaforización y señalización de la rotonda del mástil.

CAPÍTULO II

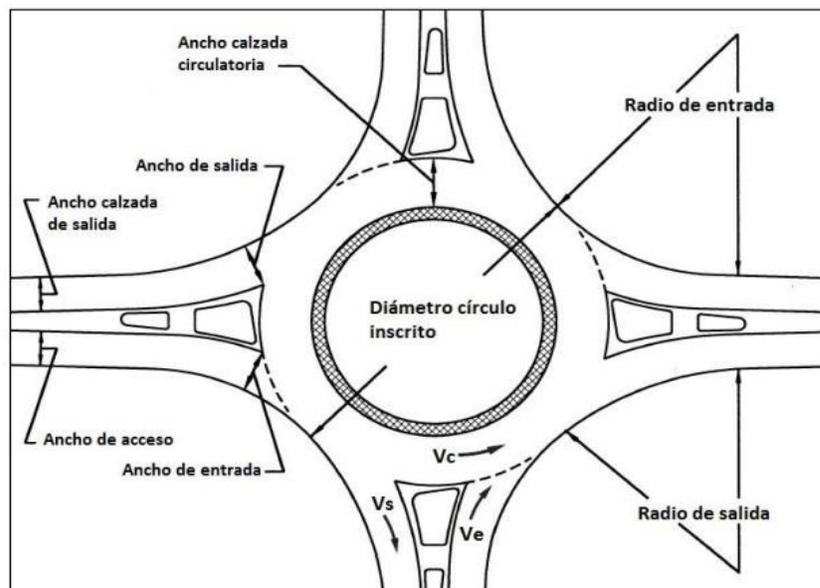
FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Definición de rotonda

Entendemos por rotonda urbana toda aquella intersección dotada de un obstáculo central, materialmente infranqueable y rodeado por una calzada anular con sentido de circulación giratorio a derecha sobre la que confluyen varias calles o avenidas, que se rige por una especial regla de prioridad según la cual los vehículos que pretendan entrar en la calzada anular deben ceder el paso a los que ya se encuentran en ella.

En la práctica el comportamiento de una rotonda se ve afectado por la distribución de la demanda (esta distribución es asimétrica, donde un acceso está más saturado que el resto) en sus accesos en ciertas horas del día, específicamente la punta mañana y la punta tarde (Sepúlveda, 2015)

Figura 1. Descripción de la Rotonda



Fuente: Sepúlveda, 2015

2.1.1 Importancia de las rotondas

En síntesis, dos son las razones principales que explican la actualidad de las rotondas. Por una parte, facilitan la articulación de las distintas categorías de redes permitiendo

la conexión entre vías primarias y secundarias, y entre éstas últimas y las locales. A través de las rotondas se consigue pues que la carretera cumpla uno de sus fines; dotar de acceso a las áreas colindantes. Por otra parte, contribuyen sobremanera a mejorar las condiciones de circulación desde la perspectiva de seguridad vial. Fundamentalmente porque constituyen un elemento físico que «impone» una moderación de la velocidad en las vías afluentes a la rotonda. Pero también porque ordenan eficazmente los giros en las intersecciones al establecer unas claras prioridades de las circulaciones. Por esta misma razón, los rotatorios facilitan una mayor fluidez de la circulación, evitando retenciones. En determinadas condiciones de intensidades de tráfico. La totalidad de las estadísticas recientes referidas tanto a Madrid como a otras regiones europeas, confirman que las rotondas poseen un índice de seguridad muy superior al de las restantes tipologías de intersecciones viarias. (MOPU, 1989)

2.1.2 Aspectos generales de una rotonda

La intersección rotatoria a nivel, llamada rotonda o glorieta, se distingue porque los flujos vehiculares que acceden a ella por sus ramas maniobran al interior de un anillo vial que las conecta. Las trayectorias de los vehículos en el anillo son similares a los entrecruzamientos, razón por la cual el número de puntos de conflicto es menor que en otros tipos de intersecciones.

Hay tres tipos principales de rotondas: normal, mini y doble. Las demás son variantes de este tipo básico: intersección anular, desnivelada o semaforizada. (Gottret, 2011)

2.2 Ingeniería de tráfico vehicular

Es un estudio que tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la carretera, elementos indispensables para la evaluación económica de la carretera y la determinación de las características de diseño para cada tramo de la carretera.

El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que, el tránsito viene a ser el flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero usualmente se denomina tráfico vehicular.

2.2.1 Factores que influyen en el flujo vehicular

El entorno de la calle incluye las características geométricas de la instalación, el carácter de la actividad en el borde de la carretera y los usos de la tierra adyacentes. El entorno refleja el número y ancho de carriles, el tipo de mediana, la densidad del camino de acceso/punto de acceso, el espacio entre intersecciones señalizadas, la existencia de estacionamiento, el nivel de actividad peatonal y el límite de velocidad. La interacción entre vehículos está determinada por la densidad del tráfico, la proporción de camiones y autobuses y los movimientos de giro. Esta interacción afecta la operación de los vehículos en las intersecciones y, en menor medida, entre las señales.

El control del tráfico (incluidas las señales y los letreros) forzan a una parte de todos los vehículos a frenar o detenerse.

2.2.2 Factor de hora pico

El factor de hora pico (FHP), se expresa como la relación que siempre será igual o menor que la unidad, entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico y el volumen mayor registrado durante el lapso de quince minutos dentro de dicha hora pico. Para condiciones congestionadas 0.92 y para flujo uniforme a lo largo de la hora pico 0.88 es una estimación razonable de PHF.

2.2.3 Duración del período de análisis

El período de análisis típico es 15 minutos, sin embargo, si la demanda crea una cola residual para el período de análisis de 15 minutos (es decir, v/c mayor que 1.00), el analista debe considerar el uso de periodos de análisis múltiples o un periodo de análisis más largo para mejorar la estimación del retraso.

2.3 Factores de un estudio de tráfico vehicular

2.3.1 Volumen

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma una

hora, un día dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y tránsito horario respectivamente.

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

- **Recuento automático**

Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador.

Este tipo de recuento es más utilizado en carreteras y no así en trazos urbanos debido a las particularidades que este último tiene.

La contadora automática de volúmenes pueden ser registrados en forma horaria, diaria mensual o anual, normalmente el mayor uso de los contadores automáticos son para llevar registros diarios que a través de una lectura inicial y otra final se pueden obtener diariamente lo que no proporciona este tipo de recuento es el tipo de vehículo que han sido registrado, tampoco se registra el número de ejes de cada uno de los vehículos; en algunos proyectos puede ser indispensable conocer el porcentaje de vehículo pesados o conocer cual el porcentaje de vehículos que tienen más de dos ejes, este tipo de datos no es posible conseguirlos con un recuento automático pero si es muy útil el recuento automático para tener valor de TPD.

- **Recuento manual**

Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc. El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiera de mucho más personal de operadores o aforadores en definitivo representa un presupuesto.

Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos cortos de corta duración o en forma periódica en algunos tramos de carreteras importantes.

Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico.

2.3.2 Estacionamientos

Se define como estacionamiento al área o superficie destinadas a la ocupación por parte de vehículos en un determinado tiempo que pueden estar ubicadas dentro o fuera de la vía.

Sobre los estacionamientos en una rotonda, la legislación boliviana es deficiente al no estipular de manera clara la autorización de poder o no estacionar dentro de una rotonda.

El Código Nacional de Tránsito menciona en su capítulo VI artículo 46, que es prohibido estacionar, parar o detener el vehículo en lugares no autorizados por la Policía de Tránsito, es todo lo que se menciona sobre los estacionamientos en intersecciones urbanas. (CNT)

Como contraste la legislación española por medio de un decreto 1428/2003 del reglamento general de circulación manifiesta textualmente la prohibición de los estacionamientos en rotondas o rotondas. (Decreto Real 1428/2003, 2003).

Con la información obtenida se manifiesta que el cálculo de la capacidad de estacionamientos y su diagnóstico se realizarán sólo con el objetivo de mostrar las condiciones reales que presenta la rotonda respecto a este tema, además que los resultados serán útiles para el cálculo en la determinación de los niveles de servicio de las intersecciones de la rotonda.

a) Causas del estacionamiento

El detener un vehículo ya sea momentánea o en forma permanente se debe a diferentes causas que de acuerdo a estudios realizados normalmente los más usados son:

- Comerciales.
- Laborales.
- De negocios.

- De diversión.

Las primeras dos causas son las más importantes y las más usuales, porcentualmente las más importantes, incluidos a estas a los de transporte público que con un fin laboral tienen que detener su vehículo para el ascenso y descenso de pasajeros.

Los estacionamientos son parte de un área o superficie destinadas a la ocupación por parte de vehículos en un determinado tiempo que pueden estar ubicadas dentro o fuera de la vía. Con el fin de aclarar un poco este concepto vale la pena conocer lo que es una parada corta, parada larga, estacionamiento y parqueo.

- **Parada corta**

Se entiende por parada corta cuando el vehículo se detiene momentáneamente sobre la vía con el motor encendido y el conductor en su sitio, estas paradas cortas se producen en tiempos pequeños generalmente para el acceso o descenso de pasajeros o usuarios de vehículos ya sea particulares o públicas.

- **Parada larga**

Se entiende por parada larga cuando el vehículo se detiene sobre la vía con el motor apagado, pero con el conductor en su sitio, este tipo de parada utiliza un tiempo mayor que el anterior, pero sigue siendo de carácter temporal o momentáneo.

- **Estacionamiento**

Se considera estacionamiento aquel acto en el cual el vehículo es detenido sobre la vía con el motor apagado y sin el conductor pudiendo considerarse el tiempo de detención permanente.

- **Parqueo**

Se entiende por parqueo a la detención de vehículos fuera de la vía, dejados en espacios especialmente establecidos para detener el vehículo en forma permanente y por tiempos largos.

2.3.3 **Semaforización**

Entendemos por semaforización a aquel factor de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es mejorar la circulación en las intersecciones a través de dispositivos especialmente creados con este fin denominado semáforo.

Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tráfico y el paso de peatones que cruzan las calzadas. Se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado, razón por la cual las rotondas en general no deben ser semaforizadas debido a que tienen la regla de ceder el paso a los vehículos que se encuentran dentro de la calzada circular, haciendo que los vehículos que se encuentran en las entradas se detengan para ceder el paso. La finalidad de los semáforos es detener y dar vía libre a vehículos y peatones a diferentes tiempos y en diferentes direcciones.

a) Tipos de semáforos

Figura 2. Tipos de semaforización



Fuente: David Fairlie, 2008

Semáforos de tiempo fijo o pre programado

Se utilizan en intersecciones donde el flujo de tránsito es relativamente estable, que no ocasionen demoras o congestionamientos excesivos. Por su sencillez este tipo de semáforos ha sido hasta ahora el más utilizado en las zonas urbanas, especialmente cuando se emplean varios semáforos próximos entre sí.

El costo del equipo de tiempo fijo es menor que la del equipo accionado por el tránsito y su conservación es más sencilla.

Semáforos accionados por el tráfico

Estos semáforos reciben información del número de vehículos que llegan por los accesos a través de detectores que se instalan en dichos accesos. Teniendo en cuenta las intensidades de tráfico, el regulador del semáforo decide si debe o no cambiar la fase.

Los semáforos accionados por el tráfico son ideales para intersecciones en carreteras.

Semáforos con control centralizados

Estos tipos de semáforos reciben órdenes de un ordenador central, que es el encargado de controlar todos los semáforos de una zona, el cual recibe información del tráfico por medio de detectores colocados en lugares estratégicos y decide lo que conviene realizar en cada momento y son utilizados en grandes zonas urbanas.

Los semáforos adaptativos pertenecen al sistema inteligente de semaforización y tiene como característica principal poder solucionar una crisis vehicular.

Semáforos peatonales

Figura 3. Semáforos peatonales



Fuente: Libro guía de ingeniería de tránsito, 2007

Los semáforos que controlan el paso de peatones son de forma rectangular y tienen dos luces solamente.

En la parte superior tienen escrita la palabra “ALTO” de color rojo, que prohíbe a los peatones cruzar la calzada y en la parte inferior tienen escrita la palabra “SIGA” de color verde, que les permite cruzar la calzada.

b) Partes de los semáforos

Los semáforos vehiculares están constituidos por los siguientes elementos:

Cabeza

Se denomina cabeza de un semáforo al elemento que contiene las señales luminosas esta cabeza contiene un número determinado de caras en las diversas direcciones que a su vez contiene a las señales luminosas o focos.

La cabeza normalmente es un armazón metálico hueco que contiene a los reflectores de cada una de las caras y a los cables que están conectados, en algunos casos llevan además unas vísceras sobre cada una de las señales luminosas para evitar el reflejo del sol y mantener una buena visibilidad de la señal.

Caras

Cada cara de un semáforo contiene una o más elementos ópticos o lentes que están formado verticalmente.

Focos

Son lentes ópticos formados cada uno de ellos una lámpara un reflector cóncavo para concentrar el haz luminoso en una sola dirección un vidrio difusor circular de calor y vísceras arriba y a los costados eventualmente.

Los focos de cada cara ubicadas en un eje vertical van en la siguiente posición: el rojo en la parte alta inmediatamente debajo se ubica el amarillo o ámbar por último el verde. Si hay señales adicionales como giros a la izquierda y giros a la derecha estas pueden ir debajo de la señal verde o a un costado.

c) Significado de los colores del semáforo

Figura 4. Significado de los colores del semáforo



Fuente: Libro guía de ingeniería de tránsito, 2007

El color rojo significa que tanto los vehículos como los peatones que se encuentran frente a un semáforo con luz roja deberán detenerse y esperar que la luz cambie a color verde antes de proseguir su marcha.

El color verde significa que tanto los vehículos como los peatones que se encuentran frente a un semáforo con luz verde pueden continuar su marcha sin detenerse.

El color amarillo significa precaución y este prendido durante unos segundos de transición entre la luz verde y roja.

d) Condiciones de instalación de los semáforos

Para ser instalados semáforos independientes o redes de semáforos de tiempo predeterminado se deben cumplir ciertas condiciones normalizadas por el manual de capacidad de la AASTHO y asumidos por la mayoría de los países de América Latina.

Estas condiciones son:

Primera condición. Volumen mínimo

Es deseable la instalación de semáforos cuando se excede durante un periodo de 8 horas los volúmenes de un día promedio dado por la siguiente tabla:

Tabla 1. Volúmenes mínimos

| N° Carriles en cada acceso | | Volumen horario | |
|----------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Calle principal | Calle secundaria | Calle principal | Calle secundaria |
| 1 | 1 | 500 | 150 |
| 2 o más | 1 | 600 | 150 |
| 2 o más | 2 o más | 600 | 200 |
| 1 | 2 o más | 500 | 200 |

Fuente: Elaboración propia

Cuando el número de habitantes de la ciudad es menor a 10.000 la condición de volumen mínimo, para los volúmenes de las calles principales son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

Segunda condición. Demoras en el tráfico

Si el tráfico de la arteria secundaria no alcanza los valores de la tabla de volúmenes mínimos para los volúmenes de la calle principal son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

Esta condición recomienda la instalación de semáforos si se exceden los valores durante 8 horas consecutivas de un día promedio de la siguiente tabla.

Tabla 2. Volúmenes mínimos por demoras en calle secundaria

| N° Carriles en cada acceso | | Volumen horario | |
|----------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Calle principal | Calle secundaria | Calle principal | Calle secundaria |
| 1 | 1 | 750 | 75 |
| 2 o más | 1 | 900 | 75 |
| 2 o más | 2 o más | 900 | 100 |
| 1 | 2 o más | 750 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

Tercera condición. Volumen mínimo de peatones

Se recomienda la instalación de semáforos de tiempo predeterminado cuando los volúmenes de peatones sean los valores de la siguiente tabla:

Tabla 3. Volumen mínimo de vehículos y peatones

| Tipo de intersecciones | Veh/hora | | Total peatones/hr | Periodo de mantenimiento |
|------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|
| | Calzada no dividida | Calzada con cantero central | | |
| Fuera del área escolar | 600 | 1000 | 150 | 8 |
| En área escolar | 800 | - | 2500 | 2 |

Fuente: Elaboración propia

En ciudades donde la población es menor a 10.000 se recomienda tomar el 70% de los valores de la tabla.

Cuarta condición. Sistema coordinado de semáforos

La condición de movimiento coordinado exige que:

- En un sistema lineal de calle de sentido único deben semaforizarse intersecciones adicionales cuando entre dos intersecciones semaforizadas consecutivas haya una distancia excesiva que no ofrezca la eficiencia requerida en el control vehicular y peatonal.
- Si en una calle de doble sentido los semáforos instalados de acuerdo a las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un funcionamiento eficiente del sistema.

Quinta condición. Prevención de accidentes

Para cumplir con esta condición es necesario que se verifique los siguientes eventos:

- Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados.

- Que no existan ninguna medida preventiva adecuada.
- Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

Sexta condición. Combinación de condiciones

Puede justificarse la instalación de semáforos cuando ninguna condición aislada es satisfecha pero cuando dos o más de ellas excede el 80% de los valores establecidos para cada una.

Es conveniente que una instalación semaforizada cumpla por lo menos dos de las condiciones para asegurar que el proyecto de semaforización tendrá resultados.

e) Cálculo del tiempo de ciclo de un semáforo

Tiempo de ciclo

$$\Rightarrow T_c = 40 \text{ seg.}$$

$$T_c = TVP + TVS + TAP + TAS$$

$$\frac{TVP}{TVS} = \frac{VP \cdot TAP}{VS \cdot TAS}$$

Donde:

T_c = Tiempo de ciclo

TAP = Tiempo de fase amarilla

TAS = Tiempo de fase amarilla del otro acceso

V_p = Volumen del acceso A

V_s = Volumen del acceso B

T_{vp} = Tiempo de fase verde calculado para acceso principal

T_{vs} = Tiempo de fase verde para acceso secundario

Vol. A = 1103 veh/h Vol. B = 559 veh/h

Se resuelve el sistema de ecuaciones:

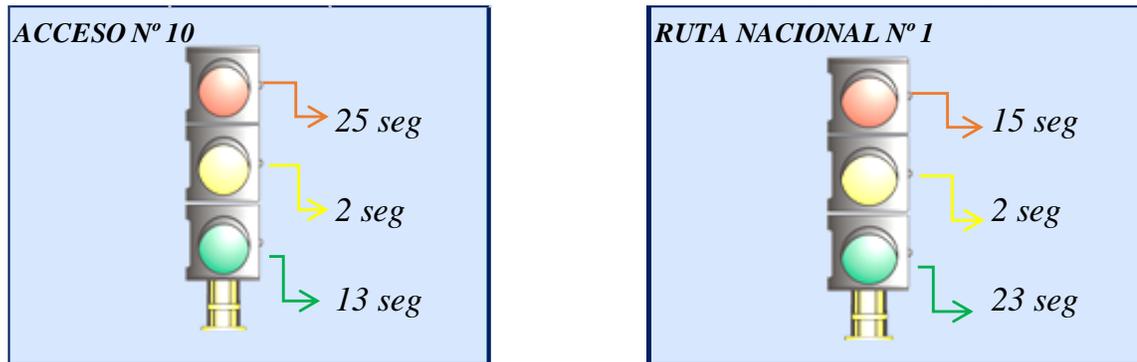
$$40 \text{ seg} = T_{vp} + T_{vs} + 4 \text{ seg} \rightarrow T_{vp} = 36 \text{ seg} - T_{vs}$$

$$T_{vp}/T_{vs} = 1.973$$

$$\rightarrow T_{vs} = 13 \text{ seg.}$$

$$T_{vp} = 23 \text{ seg.}$$

Figura 5. Tiempo determinado de ciclos de semáforos



Fuente: Elaboración propia

2.3.4 Señalización

Definimos a la señalización como un componente metodológico dentro de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es que a través de las señales se mejore la circulación vehicular y peatonal en un trazo urbano o en carreteras.

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. A través de la señalización se indica a conductores y peatones la forma correcta y segura de transitar por la vía, evitando riesgos y demoras innecesarias. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2006).

a) Señalización horizontal

Se abordará conceptos involucrados en la señalización horizontal de tránsito, la que corresponde a demarcaciones tipo líneas, símbolos, letras u otras, entre las que se incluyen las tachas retroreflectantes complementarias, con la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito. Lo que se indica constituye el estándar mínimo aceptable, pudiendo aumentarse atendiendo a las particularidades que la vía pudiere presentar.

Considerando que la señalización horizontal se ubica sobre la calzada, presenta la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención de la pista en que circula. Desde este punto de vista, el lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de la seguridad

vial. No obstante, como desventaja, su visibilidad se ve afectada por variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo, alto tránsito y otros. Por lo tanto, frente a maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, o de detención PARE, deben siempre ser reforzadas con la señalización vertical correspondiente.

Función y clasificación

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada.

La demarcación mediante líneas de pista, de eje y de borde otorga un mensaje continuo al usuario, definiendo inequívocamente el espacio por el cual debe circular, otorgando al conductor la seguridad de estar transitando por el espacio destinado para tal efecto. Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores.

De acuerdo con la función que cumplen, las demarcaciones se clasifican en:

- **Líneas longitudinales**

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.

- **Líneas transversales**

Las líneas transversales tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos: líneas de detención y líneas de cruce.

- **Símbolos y leyendas**

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE y leyendas como LENTO, entre otras. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2006)

- **Otras demarcaciones**

Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, distanciadores, etc. En este caso no es posible agruparlas por sus características geométricas, dado a que ninguna de sus formas o líneas predomina sobre las otras.

Uso de las señalizaciones

Toda demarcación, deberá cumplir con el propósito específico prescrito en este capítulo. Antes que una vía sea abierta al tránsito, deberá verificarse la presencia de todas las demarcaciones definidas en el proyecto y otras que pudiesen resultar necesarias. El uso de las demarcaciones debe estar apoyado en estudios realizados por profesionales con experiencia en el campo de la Ingeniería de Tránsito.

Modificaciones de las características operacionales y/o físicas de una vía, tales como cambios de sentido de tránsito o ensanchamientos, pueden requerir la eliminación o borrado de la demarcación existente, a fin de no confundir a los usuarios, no desacreditar otras señales y no generar accidentes. Las demarcaciones obsoletas deben ser removidas antes que las nuevas condiciones de operación y/o físicas se implementen.

Las marcas se clasifican por su forma y color en tres grupos diferentes: prohibición, indicación y peligro

Las rayas de color amarillo pintadas sobre el pavimento en forma continua, significan una prohibición; ningún vehículo deberá rebasar o cruzar estas rayas.

Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma continua o discontinua significan una indicación. Los vehículos podrán rebasar o cruzar una raya discontinua en caso de adelantamiento o cambio de carril, debiendo abstenerse de rebasar o cruzar las rayas continuas, excepto cuando estas están colocadas a través de la calzada, indicando una precaución.

Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma oblicua significan peligro. Los vehículos podrán continuar su marcha, pero el conductor deberá tomar precaución para detectar el peligro existente que se aproxima.

b) Señalización vertical

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

Clasificación

Por su significado

Las señales verticales se clasifican en tres grupos, manteniéndose una igualdad de formas y colores en cada uno de ellos. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2006)

- **Señales preventivas**

Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

- **Señales reglamentarias**

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

- **Señales informativas**

Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

Colores y retroreflectancia

Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su ubicación debe ser acorde con lo establecido en este manual, para permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aun cuando éste se acerque a la señal a alta velocidad. Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado.

- **Señales preventivas**

Avisan con antelación sobre la proximidad de una circunstancia o variación de las condiciones de la ruta, que puede resultar sorpresiva o peligrosa para el conductor o los peatones. No son de carácter obligatorio, pero es preciso dejarse guiar por su información para que no incurrir en riesgos o comportamientos que atenten nuestra seguridad. También se les denomina señales genéricas de prevención y son romboidales, de color amarillo, con una línea negra perimetral y figura también negra. En algunos países el triángulo equilátero sobre su base, de fondo blanco y línea roja es una señal preventiva que advierte sobre una situación de máximo peligro. Estas señales están colocadas antes del lugar donde existe peligro para dar tiempo al conductor a su reacción. A continuación, se muestran las siguientes señales preventivas y su significado. (Manual, 2004)

Figura 6. Señales de tráfico preventivas

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| SP-01  CURVA PELIGROSA A LA IZQUIERDA | SP-02  CURVA PELIGROSA A LA DERECHA | SP-03  CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA | SP-04  CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA | SP-05  CURVA Y CONTRACURVA PELIGROSA IZO-DER |
| SP-09  CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADA IZO-DER | SP-10  CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADA DER-IZO | SP-11  INTERSECCIÓN DE VÍAS | SP-12  VÍA LATERAL IZQUIERDA | SP-13  VÍA LATERAL DERECHA |
| SP-17  BIFURCACIÓN DERECHA | SP-18  BIFURCACIÓN ESCALONADA IZO-DER | SP-19  BIFURCACIÓN ESCALONADA DER-IZO | SP-20  GLORIETA | SP-21  INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO IZQUIERDA |

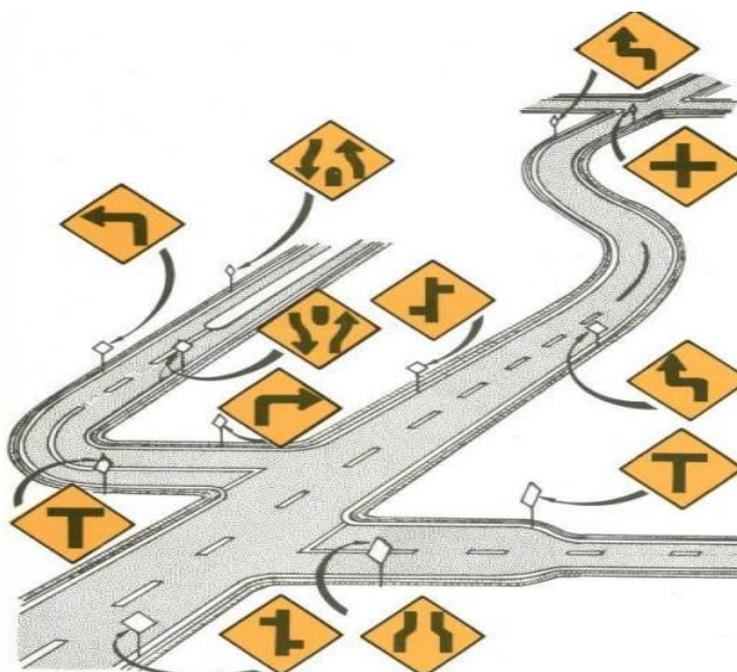
Fuente: Manual, 2004

Figura 7. Señales de tráfico preventivas

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| SP-25  RESALTO | SP-26  DEPRESIÓN | SP-27  DESCENSO PELIGROSO | SP-28  REDUCCIÓN SIMÉTRICA DE LA CALZADA | SP-29  PREVENCIÓN DE PARE |
| SP-33  PREVENCIÓN DE CEDA EL PASO | SP-34  ENSANCHE ASIMÉTRICO DE LA CALZADA IZO | SP-35  ENSANCHE ASIMÉTRICO DE LA CALZADA DER | SP-36  PUENTE ANGOSTO | SP-37  TUNEL |
| SP-41  TRES CARRILES (UNO EN CONTRAFLUJO) | SP-42  ZONA DE DERRUMBE | SP-43  TRES CARRILES (DOS EN CONTRAFLUJO) | SP-44  SUPERFICIE DESLIZANTE | SP-45  MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LA VÍA |

Fuente: Manual, 2004

Figura 8. Señalización preventiva



Fuente: Libro guía de ingeniería de tránsito

- **Significado de formas y colores**

Es fácil diferenciar los grupos de señales por su forma y color. Las formas de las señales son circulares, cuadradas y rectangulares y sus colores son rojo, amarillo, azul y verde.

Las señales compuestas básicamente por una orla circular roja significan una restricción o prohibición y pertenecen al grupo de las señales restrictivas. Las señales de PARE y CEDA EL PASO son las únicas señales restrictivas que tienen forma distinta para resaltar su importancia.

2.3.5 Métodos de aforos vehiculares

a) Tipos de aforos

Método manual

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la vía, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser: composición vehicular, flujo direccional y por carriles, volúmenes totales.

Método automático

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son: detectores neumáticos, contacto eléctrico, fotoeléctrico, radar y fotografías.

El estudio sobre volúmenes de tráfico se realizará en treinta intersecciones con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y peatones, sobre puntos o secciones específicas. Dichos datos se expresarán con relación al tiempo, y de su conocimiento se hará posible el desarrollo de metodologías que permitirán estimar de manera razonable, la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios.

b) Metodología para el cálculo de la hora pico

Los aforos a vehículos se realizarán para obtener estimaciones de volumen y capacidad y para conocer sus niveles de servicio.

Los aforos volumétricos serán determinados de forma manual teniendo la ventaja de establecer una mejor información es decir que además del número de vehículos se

podrá obtener información sobre el tipo de vehículo, características, sentido de circulación y otros.

Se necesitará la ayuda de varias personas para realizar un buen trabajo y garantizar el mismo.

El aforo volumétrico se realizará con el llenado de una respectiva planilla, en la cual se tendrá los datos del nombre de la calle, la fecha y hora del aforo, del tipo de vehículo, la cantidad y del sentido.

Para determinar las horas pico se realizará un aforo vehicular y peatonal en un periodo comprendido desde horas 7:00 hasta horas 20:00.

El tiempo de realización de estos aforos manuales será según la Norma Boliviana donde nos indica que se debe aforar 7 días continuos en las horas pico, pero debido a que el estudio a realizar es en los colegios solo se aforará los días que hay clases, es decir 5 días continuos de la semana en las horas pico, durante un periodo de 15 minutos. En el caso del aforo peatonal se contabilizará a las personas que circulen por las aceras y calles de las intersecciones.

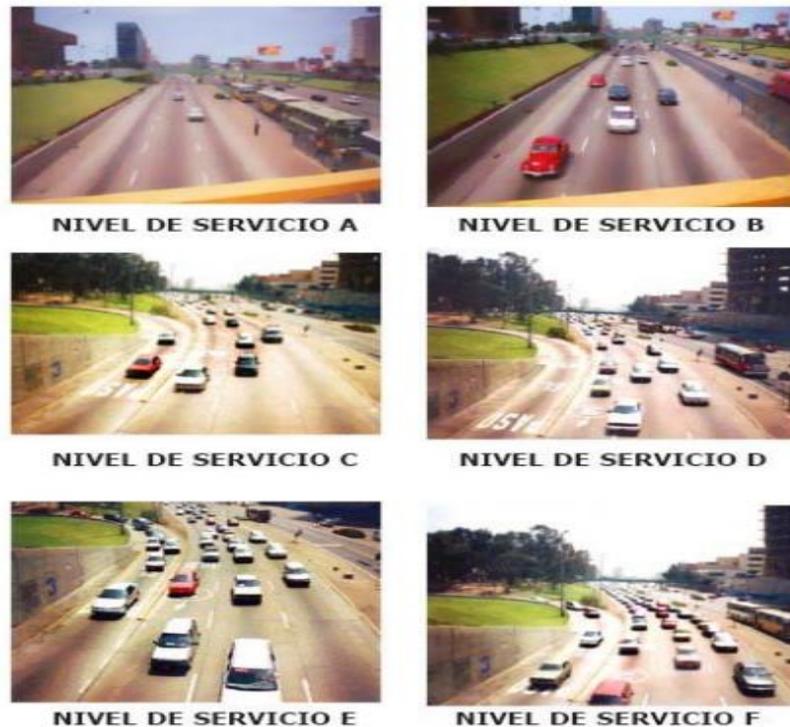
Los aforos vehiculares se clasificarán según su tamaño de la siguiente manera: vehículos livianos, vehículos medianos y vehículos pesados

2.3.6 Niveles de servicio de una intersección

Si bien la capacidad es una medida específica que puede ser definida y estimada, el nivel de servicio (LOS) es una medida cualitativa que "caracteriza a las condiciones operativas dentro de un flujo de tráfico y su percepción por parte de los conductores y pasajeros, en términos de las medidas de servicio como la velocidad, tiempo de viaje, libertad para maniobrar, interrupciones del flujo vehicular y la comodidad del conductor". Para cuantificar el nivel de servicio, la HCM define medidas específicas de eficacia para cada tipo de instalación de la carretera. El Nivel de servicio para intersecciones señalizadas y rotondas se define en términos del control de retardo o demora, que es una medida de la incomodidad del conductor, la frustración, el consumo de combustible, y el aumento del tiempo de viaje Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile 14 En concreto, los criterios de Nivel de Servicio están expresadas

para un período de análisis de 15 min (HCM, 2000). Los N.S se definen cualitativamente utilizando las nomenclaturas A, B, C, D, E y F cuya clasificación dependerá de la demora (s/veh) percibida por vehículo en el acceso analizado.

Figura 9. Niveles de servicio



Fuente: Manual 2005, VCHI de diseño geométrico de vías urbanas

- **Nivel de servicio A**

Describe las operaciones con baja demora de control, hasta 10 s/veh. Este nivel de servicio ocurre cuando la progresión es extremadamente favorable y la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde. Muchos vehículos no se detienen en absoluto. Las longitudes cortas de ciclo pueden tender a contribuir a bajos valores de retardo.

- **Nivel de servicio B**

Describe las operaciones con retardo de control superior a 10 y hasta 20 s/veh. Este nivel generalmente ocurre con una buena progresión, ciclos cortos o ambos. Se detienen más vehículos que con el nivel de servicio A, lo que causa mayores niveles de demora.

- **Nivel de servicio C**

Describe operaciones con retardo de control superior a 20 y hasta 35 s/veh. Estas demoras más altas pueden ser el resultado de una progresión justa, longitudes de ciclo más largas o ambas. Las fallas de ciclo individuales pueden comenzar a aparecer en este nivel. La falla del ciclo ocurre cuando una determinada fase verde no sirve a los vehículos en cola, y se producen desbordamientos. El número de vehículos que se detiene es significativo en este nivel, aunque muchos aún cruzan la intersección sin detenerse.

- **Nivel de servicio D**

Describe las operaciones con retardo de control superior a 35 y hasta 55 s/veh. En el nivel de servicio D, la influencia de la congestión se vuelve más notoria. Retrasos más largos pueden resultar de alguna combinación de progresión desfavorable, longitudes de ciclo largas y altas relaciones v/c. Muchos vehículos se detienen, y la proporción de vehículos que no se detiene disminuye. Las fallas individuales del ciclo son notables.

- **Nivel de servicio E**

Describe operaciones con retardo de control superior a 55 y hasta 80 s/veh. Estos altos valores de retardo generalmente indican una pobre progresión, largas longitudes de ciclo y altas relaciones v/c. Las fallas individuales del ciclo son frecuentes.

- **Nivel de servicio F**

Describe operaciones con retardo de control superior a 80 s/veh. Este nivel, considerado inaceptable para la mayoría de los conductores, a menudo ocurre con la sobresaturación, es decir, cuando las tasas de flujo de llegada exceden la capacidad de los grupos de carriles. También puede ocurrir a altas relaciones v/c con muchas fallas de ciclo individuales. La progresión pobre y las longitudes de ciclo largas también pueden contribuir significativamente a altos niveles de retardo.

2.3.7 Intersecciones semaforizadas

La capacidad de una calle urbana se relaciona principalmente con el tiempo del semáforo y las características geométricas de la instalación, así como con la composición del tráfico en la instalación.

Tasa de flujo de saturación

El índice de flujo de saturación es un parámetro básico utilizado para derivar la capacidad, se calcula para cada uno de los grupos de carril establecidos para el análisis. La tasa de flujo de saturación para las condiciones prevalecientes se puede determinar directamente a partir de la medición de campo y se puede usar como la tasa para el sitio sin ajuste.

Datos de entrada requeridos y valores estimados

La tabla 1 muestra los valores por defecto para los parámetros de entrada en ausencia de datos locales. Así también se debe estimar el flujo de saturación de intersección, se requieren datos de ajuste de flujo de saturación adicionales.

Tabla 4. Datos requeridos para las intersecciones señaladas

| Predeterminado | |
|---|-------------------------------|
| Datos Geométricos | |
| Carriles de vuelta exclusivos | - |
| Datos de demanda | |
| Intersección girando movimientos | - |
| PHF | 0,92 |
| Duración del período de análisis | 0,25 h |
| Datos de intersección | |
| Tipo de control | - |
| Ciclo | - |
| Tiempo perdido | - |
| g/c | - |
| Tipo de llegada (AT) | 3 descoordinado, 4 coordinado |
| Tiempo de extensión de unidad (UE) | 3,0 s |
| Factor de ajuste de control accionado (k) | 0,40 (planificación) |

| | |
|---|------------------|
| Factor de ajuste de filtrado ascendente (I) | 1,00 |
| Tasa de flujo de saturación ajustada | - |
| Datos de flujo de saturación | |
| Tasa de flujo de saturación de base | 1700 pc / h / ln |
| Anchos de carril | 3,6 m |
| Vehículos pesados | 2% |
| Grados | 0% |
| Maniobras de estacionamiento | - |
| Autobús local | - |
| Peatones | - |
| Tipo de área | - |
| Utilización del carril | - |

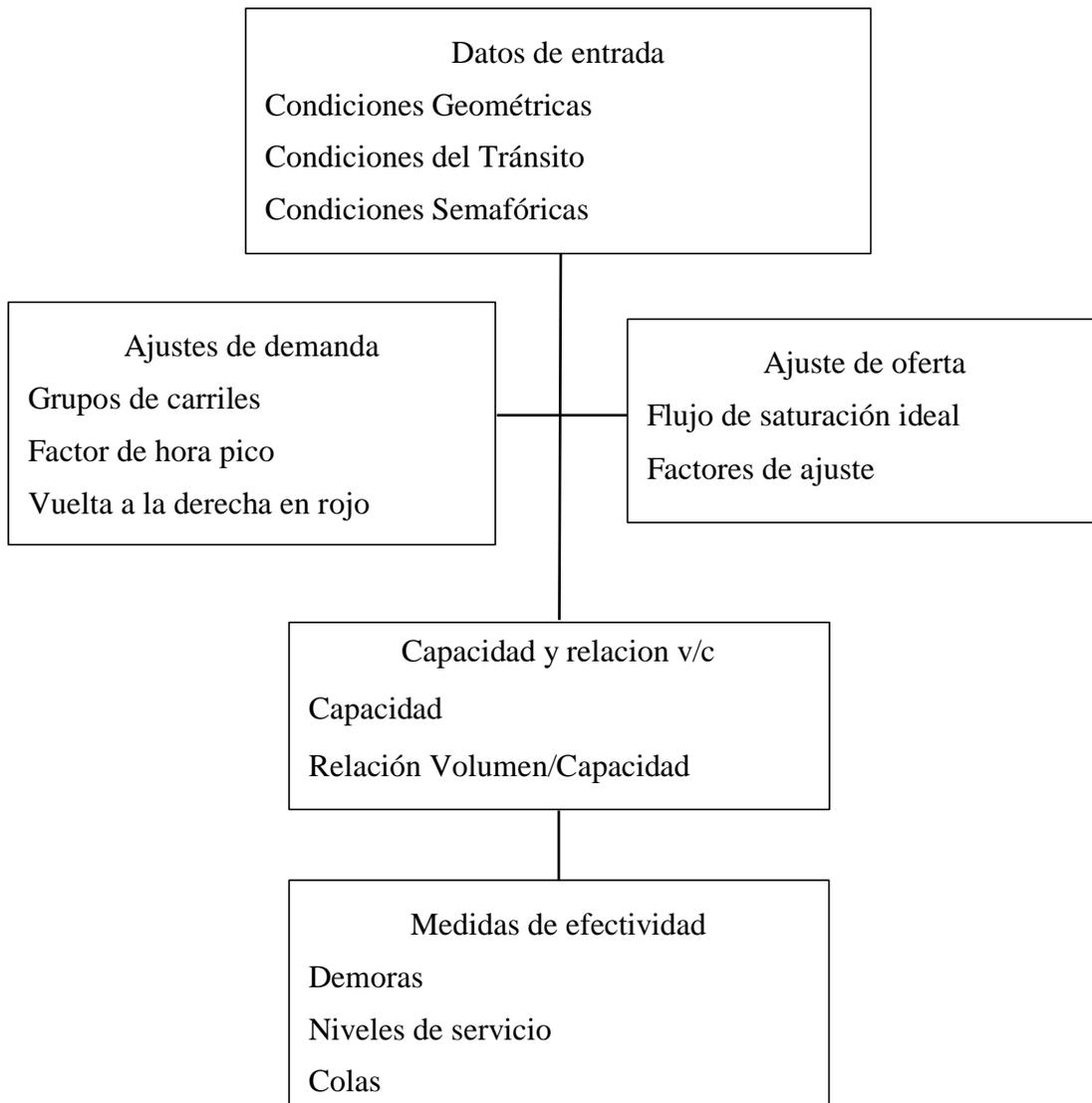
Fuente: HCM 2000, p 10-17

a) Metodología de intersecciones semaforizadas

La junta de investigación de transporte presenta una metodología para el análisis de intersecciones semaforizadas del Manual de Capacidad de Carreteras.

A continuación, se detalla el procedimiento empleado por el HCM 2000.

Figura 10. Metodología de intersecciones semaforizadas



Fuente: HCM, 2000

b) Demora en niveles de servicio

El promedio de demora de control por vehículo se estima para cada grupo de carril y se agrega para cada enfoque y para la intersección como un todo. Los Niveles de Servicio están directamente relacionados con el valor de retardo de control. Los criterios se enumeran en la tabla 5.

Tabla 5. Criterios para las intersecciones señaladas

| Niveles de servicio | Retardo de control por vehículo (s/veh) |
|----------------------------|--|
| A | ≤10 |
| B | > 10–20 |
| C | > 20–35 |
| D | > 35–55 |
| E | > 55–80 |
| F | > 80 |

Fuente: HCM 2000, p 16-29

c) Determinación de la tasa de flujo

Los volúmenes de demanda se proporcionan mejor como tasas de flujo promedio (en vehículos por hora) para el período de análisis. Aunque los períodos de análisis son generalmente de 15 minutos de duración, los procedimientos permiten cualquier período de tiempo para ser utilizado.

Un caudal máximo de 15 minutos se deriva de un volumen por hora dividiendo los volúmenes de movimiento por un factor de hora pico (FHP) apropiado, que puede definirse para la intersección como un todo, para cada aproximación, o para cada movimiento. El caudal se calcula utilizando la ecuación.

$$V_p = \frac{V}{FHP}$$

Donde:

V_p = Tasa de flujo durante el período máximo de 15 minutos (veh/h).

V = Volumen por hora (veh/h).

FHP = Factor de hora pico.

d) Determinación de la tasa de flujo de saturación

La tasa de flujo de saturación para cada grupo de carriles se calcula de acuerdo con la ecuación.

El índice de flujo de saturación es el flujo en vehículos por hora que puede ser acomodado por el grupo de carril suponiendo que la fase verde se mostró el 100 % del tiempo (es decir, $g/C = 1.0$).

$$S = S_0 * N * F_W * F_{HV} * F_g * F_p * F_{bb} * F_a * F_{LU} * F_{LT} * F_{RT} * F_{Lpb} * F_{Rpb}$$

Donde:

S = Índice de flujo de saturación para el grupo de carril sujeto, expresado como un total. para todas las pistas en el grupo de carril (veh/h).

S_0 = Tasa de flujo de saturación base por carril (veh/h/carril).

N = Número de carriles en el grupo de carriles.

F_W = Factor de ajuste para el ancho del carril.

F_{HV} = Factor de ajuste para vehículos pesados en el flujo de tráfico.

F_g = Factor de ajuste para el grado de aproximación.

F_p = Factor de ajuste para la existencia de un carril de estacionamiento y actividad de estacionamiento adyacente al grupo de carril.

F_{bb} = Factor de ajuste para el efecto de bloqueo de los autobuses locales que se detienen dentro del área de intersección.

F_a = Factor de ajuste para el tipo de área.

F_{LU} = Factor de ajuste para la utilización del carril.

F_{LT} = Factor de ajuste para giros a la izquierda en el grupo de carriles.

F_{RT} = Factor de ajuste para giros a la derecha en el grupo de carriles.

F_{Lpb} = Factor de ajuste peatonal para los movimientos de giro a la izquierda.

F_{Rpb} = Factor de ajuste peatonal-bicicleta para los movimientos de giro a la derecha.

El HCM recomienda un valor por defecto para la tasa de flujo de saturación ideal (carriles de 3,6 m, pendiente de 0%, mismo tipo de vehículos, sin estacionamientos ni giros, etc.) de 1900 vehículos livianos por hora por carril (veh/h/carril).

e) Ajuste para el ancho del carril (f_W)

El factor de ajuste del ancho de carril, explica el impacto negativo de carriles estrechos en la velocidad de flujo de saturación y permite un mayor caudal en carriles anchos.

Los anchos de carril estándar son de 3.6 m

f) Ajuste para vehículos pesados y grado (f_{HV})

El factor de vehículos pesados representa el espacio adicional ocupado por estos vehículos y la diferencia en las capacidades operativas de los vehículos pesados en comparación con los automóviles de pasajeros. El equivalente del automóvil de pasajeros utilizado para cada vehículo pesado es de unidades de 2.0 pasajeros y se refleja en la fórmula.

g) Ajuste para el grado de aproximación (f_g)

El factor de grado explica el efecto de las calificaciones en el funcionamiento de todos los vehículos.

h) Ajuste para el estacionamiento (f_p)

El factor de ajuste de estacionamiento, explica el efecto de fricción de un carril de estacionamiento en el flujo en un grupo de carril adyacente, así como también el bloqueo ocasional de un carril adyacente por vehículos que entran y salen de espacios de estacionamiento. Se supone que cada maniobra (ya sea dentro o fuera) bloquea el tráfico en el carril al lado de la maniobra de estacionamiento durante un promedio de 18 s.

i) Ajuste para bloqueo de bus (f_{bb})

El factor de ajuste del bloqueo del autobús, explica los impactos de los autobuses de tránsito locales que detienen la descarga o recogen pasajeros en una parada de autobús lateral o lateral lejano a 75 m de la línea de parada. Este factor solo se debe usar cuando los autobuses bloqueen el flujo de tráfico en el grupo de carril del sujeto. Si existen más de 250 autobuses por hora, se debe usar un límite práctico de 250.

j) Ajuste por tipo de área (f_a)

El factor de ajuste del tipo de área, explica la ineficiencia relativa de las intersecciones en los distritos comerciales en comparación con las de otros lugares.

El uso de este factor debe determinarse caso por caso. Este factor no se limita a las áreas designadas del distrito comercial central, ni será necesario usarlo para todas las áreas del distrito comercial central. En cambio, este factor debe usarse en áreas donde el diseño geométrico y los flujos de tráfico o peatones, o ambos, son tales que los

avances del vehículo se incrementan significativamente hasta el punto donde la capacidad de la intersección se ve afectada negativamente.

k) Ajuste para la utilización del carril (f_{LU})

El factor de ajuste de utilización del carril, explica la distribución desigual del tráfico entre los carriles en un grupo de carriles con más de un carril. El factor proporciona un ajuste al índice de flujo de saturación base. El factor de ajuste se basa en el flujo en el carril con el volumen más alto.

l) Ajuste para giro a la derecha (f_{RT})

Los factores de ajuste de giro a la derecha, están destinados principalmente a reflejar el efecto de la geometría. Se usa un factor de bloqueo de peatones y bicicletas para reflejar el volumen de peatones y bicicletas que usan el cruce de peatones en conflicto. El factor de giro a la derecha es 1.0 si el grupo de carril no incluye ningún giro a la derecha.

m) Ajuste para giros a la izquierda (f_{Lpb})

El factor de ajuste de giro a la izquierda, se basa en variables similares a las del factor de ajuste de giro a la derecha, que incluye:

- Si los giros a la izquierda están hechos de carriles exclusivos o compartidos.
- Tipo de eliminación gradual (protegido, permitido o protegido más permitido).
- Proporción de vehículos que giran a la izquierda utilizando un grupo de carril compartido.
- Flujo opuesto cuando se permiten giros a la izquierda. (f_{Lpb})
- Ajuste para peatones y ciclistas. (f_{Rpb})

El procedimiento para determinar el factor de ajuste peatón-bicicleta de giro a la izquierda, y el factor de ajuste peatón-giro de giro a la derecha se detalla en el apéndice D del capítulo 16 del HCM 2000.

Tabla 6. Factores de ajuste para la tasa de flujo de saturación

| Factor | Fórmula | Definición de variables | Observaciones |
|-----------------------|--|--|---|
| Ancho de carril | $f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9}$ | W= Ancho de carril | $W \geq 2.4$ If $W > 4,8$ puede considerarse para dos carriles de análisis |
| Vehículos pesados | $f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$ | %HV=Porcentaje de vehículos pesados-grupo de carriles | $E_T = 2,0$ v veh equivalente/HV |
| Pendiente | $f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$ | %G=Porcentaje de pendiente en el acceso-grupo de carriles | $-6 \leq \% G \leq +10$ negativo para cuesta abajo |
| Parqueos | $f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N}$ | N= Número de carriles por grupo N _m = Número de maniobras de parqueo/hora | $0 \leq N \leq 180$ $f_p \geq 0,050$ $f_p = 1.000$ sin parqueos |
| Bloqueo de buses | $f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_B}{3600}}{N}$ | N= Número de carriles en el acceso N _B = Número de parada de buses/hora | $0 \leq N_B \leq 250$ $f_{bb} \geq 0,050$ |
| Tipo de área | $f_a = 0,900$ en CBD $f_a = 1,000$ en otras áreas | CBD= Centro de negocios | |
| Utilización de carril | $f_{LU} = V_g / (V_{g1}N)$ | V_g = Proporción de flujo de demanda sin ajustar para el grupo de carriles veh/h V_{g1} = Proporción de flujo de demanda sin ajustar en el carril | |

| | | | |
|-----------------------------------|---|---|---------------------|
| | | único con el volumen más alto en el grupo de carriles, veh/h | |
| Giros izquierdos | <p>Fase protegida</p> <p>Carril exclusivo</p> $f_{LT} = 0.95$ <p>Carril compartido</p> $f_{LT} = \frac{1}{1,0} + 0.05P_{LT}$ | P_{LT} = Proporción de giros izquierdos en el grupo de carriles | |
| Giros derechos | <p>Carril exclusive</p> $f_{RT} = 0.85$ <p>Carril compartido</p> $f_{RT} = 1,0 - (0,15)P_{RT}$ <p>Carril único</p> $f_{RT} = 1.0 - (0,135)P_{RT}$ | P_{RT} = Proporción de giros derechos en el grupo de carriles | $f_{RT} \geq 0,050$ |
| Bloqueo por peatones y bicicletas | <p>Ajuste giro izquierdo</p> $f_{Lpb} = 1,0 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA})$ <p>Ajuste giro derecho</p> $f_{Rpb} = 1,0 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(T - P_{RTA})$ | <p>P_{LT} = Proporción de giros izquierdos en el grupo</p> <p>A_{pbT} = Ajuste en la fase permitida</p> <p>P_{LTA} = Proporción de giro izquierdo de la fase protegida sobre el total de verde del grupo</p> <p>P_{RT} = Proporción de giro derecho en el grupo de carriles</p> <p>P_{RTA} = Proporción de giro derecho de la fase protegida sobre el verde total.</p> | |

Fuente: HCM 2000, p 16-11

2.3.8 Capacidad vehicular de una rotonda

El HCM define la capacidad como "el máximo volumen horario equivalente que tiene una razonable probabilidad de pasar por un punto o una sección uniforme de una pista o una calzada, durante un período de tiempo, bajo las condiciones prevalecientes de la calzada, tránsito y control". La capacidad de un carril de entrada de una rotonda depende de la cantidad de tráfico en conflicto (vehículos que viajan a lo largo de la calzada circulatoria) que está presente en cada acceso. Cuando baja el volumen de tráfico en conflicto, el enfoque del acceso tendrá una capacidad superior y a su vez permitir un mayor número de vehículos para entrar en la rotonda

La capacidad en una intersección con semáforo se define para cada acceso, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito, de la calle y del semáforo. Esta medida en vehículos por hora (veh/h), para intervalos pico de 15 minutos.

Para el análisis de la capacidad se debe calcular:

- La relación volumen a capacidad (v/c) para movimientos críticos para carriles simples o grupos de carriles en todo el acceso. Esta relación se determina para un intervalo pico de 15 minutos, donde "v" es el flujo actual del acceso o grupo de carriles y "c" es la capacidad.
- El flujo de saturación (s) en unidades de vehículos por hora de luz verde (veh/hv), esto quiere decir para un 100% del tiempo verde efectivo en un acceso o grupo de carriles dado.
- La relación de flujo para un acceso o grupo de carriles "i", (v/s)

$$\text{Capacidad vehicular} = C_i = S_i \frac{g_i}{c}$$

$$S = ((pc/h)/c) \times F_w \times F_{hu} \times F_g \times F_p \times F_{bb} \times F_a \times F_{lu} \times F_{lt} \times F_{rt} \times F_{lpb} \times F_{rpb} \times N$$

S = Flujo de saturación.

F_w = Factor de ajuste de ancho de carril.

F_{hu} = Factor de ajuste para vehículos pesados.

F_g = Factor de ajuste por pendiente.

F_p = Factor de ajuste por estacionamiento por hora.

Fbb = Factor de ajuste por bloqueo de buses.

Fa = Factor de ajuste por tipo de área.

Flu = Factor de ajuste por utilización de carril.

Flt = Factor de ajuste por giro a la izquierda.

Frt = Factor de ajuste por giro a la derecha.

Flpb = Factor de ajuste por peat/bic para giros a la izquierda.

Frpb = Factor de ajuste por peat/bic para giros a la derecha.

N= Número de carriles

Determinación de la capacidad y la relación v/c

La capacidad en las intersecciones señalizadas se basa en el concepto de flujo de saturación y tasa de flujo de saturación. La capacidad de un grupo de carriles determinado puede establecerse como se muestra en la ecuación.

$$C_i = S_i \frac{g_i}{C}$$

Donde:

C_i = Capacidad del grupo de carril i (veh / h)

S_i = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carril i (veh / h).

g_i = Tiempo verde efectivo para el grupo de carril i (s)

C = Longitud del ciclo de semáforo.

g_i / C = Relación verde efectiva para el grupo de carriles i.

Relación v/c.

La relación de velocidad de flujo a capacidad (v/c), a menudo llamada relación de volumen a capacidad, recibe el símbolo X en el análisis de intersección. Por lo general, se lo conoce como grado de saturación. Para un grupo de carriles dado i, X_i se calcula usando la ecuación.

$$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i = \frac{v_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C}\right)} = \frac{v_i * C}{s_i * g_i}$$

Donde:

$X_i = (v / c) i$ = Razón para el grupo de carril i.

v_i = Tasa de flujo de demanda real o proyectada para el grupo de carril i (veh / h).

s_i = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carril i (veh / h).

g_i = Tiempo verde efectivo para el grupo de carril i (s).

C = Longitud (es) del ciclo.

Determinación del retraso de una intersección

Los valores derivados de los cálculos de retardo representan el retraso de control promedio experimentado por todos los vehículos que llegan en el período de análisis, incluidos los retrasos incurridos más allá del período de análisis cuando el grupo de carril está sobresaturado.

El promedio de demora de control por vehículo para un grupo de carril dado viene dado por la ecuación.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

Donde:

d = Retraso de control por vehículo (s/veh).

d_1 = Retardo de control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

PF = Factor de ajuste de progresión de retardo uniforme, que toma en cuenta los efectos de la progresión de la señal.

d_2 = Retardo incremental para tener en cuenta el efecto de llegadas aleatorias y colas de sobresaturación (s/veh).

d_3 = Retraso inicial de la cola, que representa el retraso de todos los vehículos en el período de análisis debido a la cola inicial al inicio del período de análisis (s/veh).

a) Factor de ajuste de progresión

La buena progresión de la señal dará como resultado una alta proporción de vehículos que lleguen en verde. La progresión pobre de la señal dará como resultado una baja proporción de vehículos que lleguen en verde. El factor de ajuste de progresión, PF , se aplica a todos los grupos de carriles coordinados, incluidos el control prefijado y los grupos de carriles no activados en sistemas de control semiactivos. El valor de PF puede determinarse usando la Ecuación.

$$PF = \frac{(1-P)*f_{PA}}{1-\left(\frac{g}{c}\right)}$$

Donde:

PF = Factor de ajuste de progresión.

P = Proporción de vehículos que llegan en verde.

g/C = Proporción de tiempo verde disponible.

f_{PA} = Factor de ajuste suplementario para el pelotón que llega durante el verde.

b) Retraso uniforme

La ecuación da una estimación de la demora suponiendo llegadas uniformes, flujo estable y ninguna cola inicial. Se basa en el primer término de la formulación de demora de Webster y es ampliamente aceptado como una descripción precisa de la demora para el caso idealizado de llegadas uniformes. Tenga en cuenta que los valores de X más allá de 1.0 no se utilizan en el cálculo de d_1 .

$$d_1 = \frac{0,5C*(1-\frac{g}{C})^2}{1-\left[\min(1,X)*\frac{g}{C}\right]}$$

Donde:

d_1 = Retardo de control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh)

C = Longitud de ciclo; longitud de ciclo empleada en semáforos con controladores

g = Tiempo verde efectivo para grupo de carril (s), tiempo verde utilizado en semáforos con controladores de tiempo fijo

X = Relación v/c o grado de saturación para el grupo de carriles

c) Retraso incremental

La ecuación se usa para estimar el retraso incremental debido a llegadas no uniformes y fallas cíclicas temporales (retardo aleatorio) así como a la demora causada por períodos prolongados de sobresaturación (retardo de sobresaturación). Finalmente, el término de retardo incremental es válido para todos los valores de X , incluidos los grupos de carriles altamente sobresaturados.

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right]$$

Donde:

d_2 = retardo incremental para tener en cuenta el efecto de las colas aleatorias y de sobresaturación, ajustadas para la duración del período de análisis y el tipo de control de la señal (s/veh)

T = Duración del período de análisis (h).

k = Factor de retardo incremental que depende de la configuración del controlador.

I = Factor de ajuste de filtrado / medición aguas arriba.

c = Capacidad del grupo de carriles (veh/h).

X = Relación v / c del grupo de carriles o grado de saturación.

d) Retraso de cola inicial

Cuando una cola residual de un período de tiempo anterior causa una cola inicial al comienzo del período de análisis (T), los vehículos que llegan en el período experimentan un retraso adicional ya que la cola inicial debe despejar primero la intersección.

Este procedimiento también se extiende para analizar el retraso en múltiples períodos de tiempo, cada uno con una duración T , en el que una demanda no satisfecha puede ser transportada de un período a otro. Si este no es el caso, se usa un valor de cero para d_3 .

La demora de cola inicial d_3 se podrá calcular mediante la ecuación.

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1+u)t}{cT}$$

Donde:

Q_b = Cola inicial al inicio del período T (veh).

c = Capacidad ajustada del grupo de carriles (veh/h).

T = Duración del período de análisis (h).

t = Duración de la demanda no satisfecha en T (h).

u = Parámetro de retraso.

2.3.9 Intersecciones no semaforizadas

Las intersecciones sin semáforos constituyen la inmensa mayoría de las intersecciones a nivel de cualquier sistema viario. En este caso se estudiará las intersecciones de parada total.

a) Características de las intersecciones de parada total (AWSC)

Las intersecciones de parada total (AWSC) requieren que cada vehículo se detenga en la intersección antes de continuar. Como cada conductor debe detenerse, el juicio sobre si se debe avanzar hacia la intersección es una función de las condiciones del tráfico en

los otros enfoques. Si no hay tráfico presente en los otros accesos, un conductor puede proceder inmediatamente después de que se realiza la parada. Si hay tráfico en uno o más de los otros enfoques, el conductor procede solo después de determinar que no hay vehículos actualmente en la intersección y que es el turno del conductor para proceder.

b) Flujo en intersecciones de parada total (AWSC)

Las observaciones de campo indican que las intersecciones de parada total (AWSC) operan en un patrón de dos fases o de cuatro fases, basándose principalmente en la complejidad de la geometría de intersección. Los flujos están determinados por un consenso de derecho de paso que alterna entre las corrientes norte-sur y este-oeste (para un enfoque de carril único) o continúa a cada enfoque de intersección (para una intersección de aproximación de varios carriles).

Si el tráfico está presente solo en el enfoque del sujeto, los vehículos salen tan rápido como los conductores individuales pueden acelerar y despejar con seguridad la intersección.

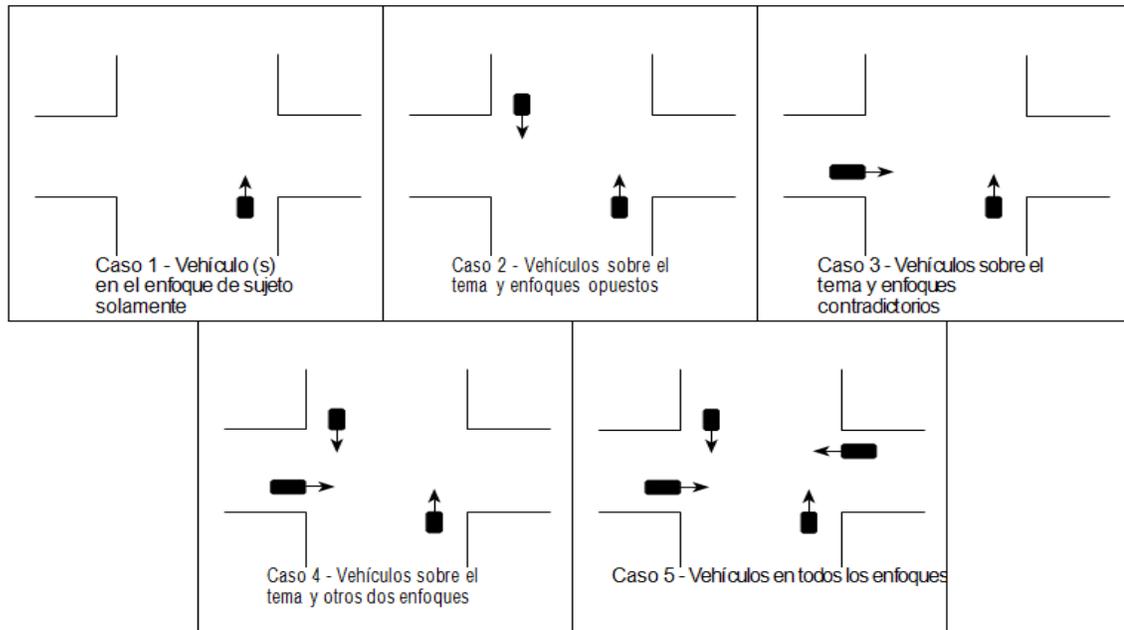
Si el tráfico está presente en los otros enfoques, así como en el enfoque sujeto, el avance de saturación en el enfoque sujeto aumentará un poco.

En el Caso 2, se introduce cierta incertidumbre con un vehículo en el enfoque opuesto

En el Caso 3, los vehículos en uno de los enfoques conflictivos restringen aún más la tasa de salida de vehículos en el enfoque sujeto.

En el caso 4, dos vehículos están esperando enfoques opuestos o conflictivos. Cuando todos los enfoques tienen vehículos como en el Caso 5, los avances de saturación son incluso más largos que en los otros casos.

Figura 11. Casos de análisis para las intersecciones de parada total



Fuente: HCM 2000, p 10-30

c) Metodología de las intersecciones de parada total

Los criterios de nivel de servicio se dan en la tabla 7. Los criterios para las intersecciones de parada total (AWSC) tienen diferentes valores de umbral que los de las intersecciones señalizadas principalmente porque los conductores esperan diferentes niveles de rendimiento de distintos tipos de instalaciones de transporte. La expectativa es que una intersección señalizada esté diseñada para transportar mayores volúmenes de tráfico que una intersección de parada total (AWSC). Por lo tanto, es aceptable un mayor nivel de retardo de control en una intersección señalizada para el mismo nivel de servicio.

Tabla 7. Criterios de nivel de servicio para intersecciones AWSC

| Nivel de servicio | Retardo de control (s/veh) |
|--------------------------|---------------------------------------|
| A | 0-10 |
| B | >10-15 |
| C | >15-25 |
| D | >25-35 |
| E | >35-50 |
| F | >50 |

Fuente: Highway, 2000

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 Determinación de parámetros del tráfico vehicular de la rotonda del mástil

3.1.1 Recolección de datos de campo

La recolección de datos es una de las etapas con mayor relevancia dentro de un estudio, es la parte donde se procede a la recolección de datos bajo metodologías ya definidas previamente. En nuestro estudio la recolección de datos se la realizó de forma manual y en campo.

Figura 12. Zona de estudio sector de la rotonda del mástil



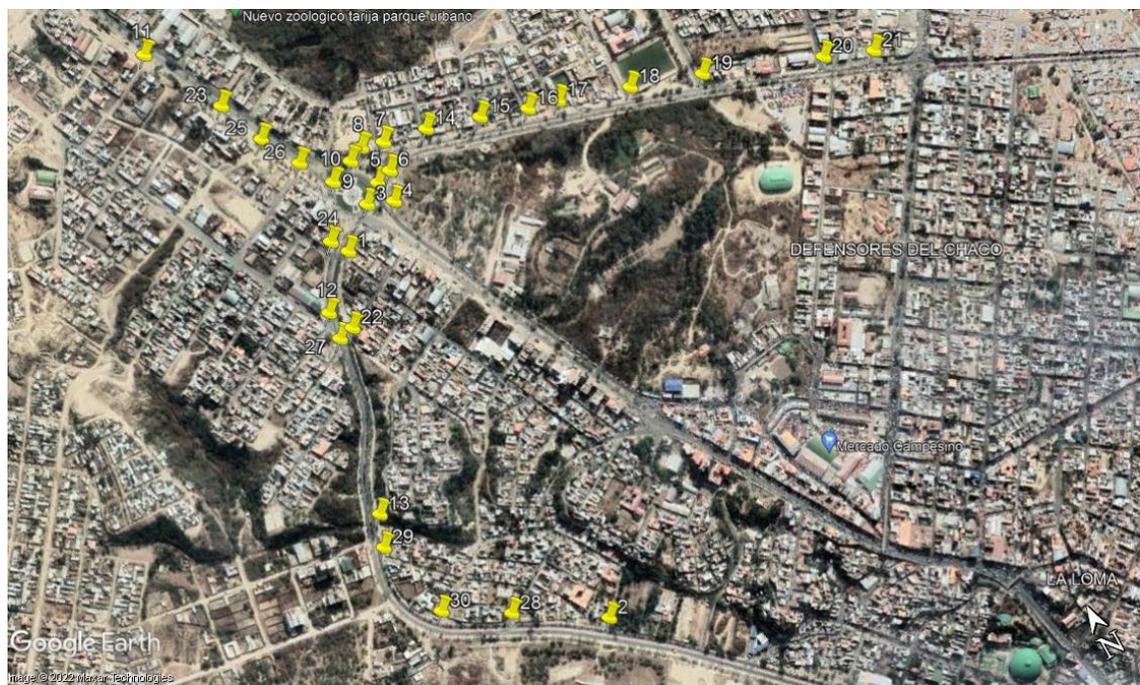
Fuente: Elaboración propia

La zona de estudio del presente documento es el sector de la rotonda del Mástil e intersecciones cercanas a la misma, es una intersección de bastante importancia para nuestra ciudad, ya que funciona como un punto de distribución del tráfico vehicular proveniente de distintas zonas de la ciudad de Tarija, por esta particular rotonda circula todo el sector del transporte regional e interdepartamental que quiera dirigirse en

dirección norte de la ciudad. Flotas de pasajeros, camiones de carga, minibuses inter provinciales y vehículos livianos tipo Ipsum circulan por la zona de nuestro estudio. La rotonda está ubicada en el departamento de Tarija, provincia Cercado, distrito siete y en la intersección de la Ruta Nacional N°1, avenida Circunvalación y la avenida Integración, las intersecciones que hacen parte del presente estudio están ubicadas de manera referencial a continuación.

3.2 Selección de la zona de análisis

Figura 13. Mapa de la zona de estudio e intersecciones de estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Puntos de estudio del sector de la rotonda del mástil

| Intersección | Calle | Intersección | Calle | Intersección | Calle |
|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| 1 | Av. Integración | 12 | Av. Integración | 22 | Calle Centro América |
| | Calle Galilea | | Av. Canadá | | Av. Integración |
| 2 | Av. Integración | | Calle Costa Rica | 23 | Ruta Nacional N° 1 |
| | Calle Manuel León | Av. Integración | S/N | | |
| 3 | Av. Integración | Calle Los Apóstoles | Ruta Nacional N° 1 | | |
| | Ruta Nacional N° 1 | S/N | 24 | Galilea | |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | Av. Circunvalación | | Av. Integración | |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 15 | Calle Lazareto | 25 | Ruta Nacional N° 1 |
| | Av. Circunvalación | | Av. Circunvalación | | Avenida "E" |
| 6 | Av. Circunvalación | 16 | S/N | | Ruta Nacional N° 1 |
| | Ruta Nacional N° 1 | | Av. Circunvalación | Ruta Nacional N° 1 | |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 17 | Av. Camila Moreno | 26 | Calle Panamá |
| | Av. Circunvalación | | Av. Circunvalación | | Ruta Nacional N° 1 |
| 8 | Av. Circunvalación | 18 | Calle 15 de Junio | 27 | Calle Centro América |
| 9 | Av. Circunvalación | | Av. Circunvalación | | Av. Integración |
| | Ruta Nacional N° 1 | 19 | Av. Jorge Majluf | 28 | Av. Jerusalén |
| 10 | Av. Circunvalación | | Av. Circunvalación | | Av. Integración |
| | Ruta Nacional N° 1 | 20 | Calle Tomayapo | 29 | Calle Emaus |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | | Av. Circunvalación | | Av. Integración |
| | Calle S/N | 21 | Calle Calderillas | Av. Santísima Trinidad | |
| | Ruta Nacional N° 1 | | Av. Circunvalación | Av. Integración | |

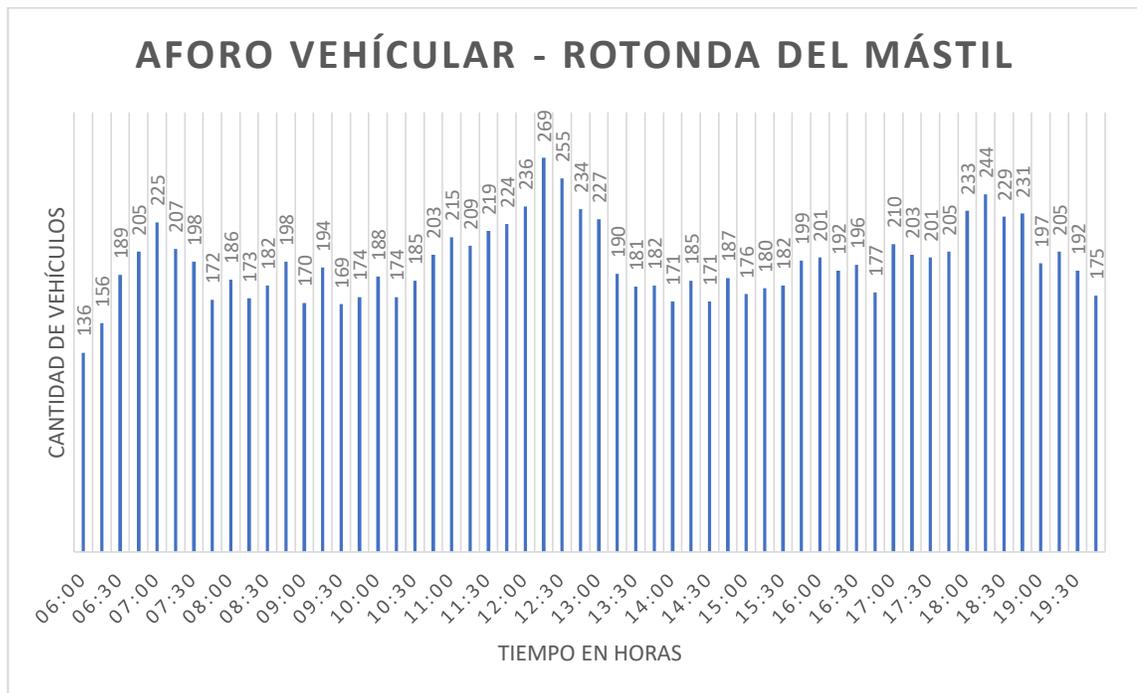
Fuente: Elaboración propia

Las intersecciones fueron seleccionadas de manera visual y objetiva ya que cada una de ellas forma parte activa de la rotonda, influyendo sobre el tráfico de la intersección

y aportando cantidades importantes de volumen vehicular a la rotonda y a toda la zona de estudio.

3.3 Determinación de horas pico

Gráfica 1: Horas pico (vehículos) - 5 de octubre



Fuente: Elaboración propia

Realizados los aforos vehiculares para la determinar las horas pico, se concluyó en los horarios 7:00 – 7:15 am, 12:15 – 12:30 pm y 18:00 – 18:15 pm, debido a que poseen mayor cantidad de vehículos en periodos de 15 minutos como se observa en la gráfica. Los aforos vehiculares se realizaron de manera manual en cada una de las intersecciones mencionadas, en un periodo comprendido desde las 6:00 am. hasta las 20:00 pm. La determinación de los horarios de aforos se realizó mediante la observación del flujo vehicular, ya que pasadas las horas estipuladas el tráfico disminuía considerablemente. Como el objeto de este aforo es encontrar las horas pico, dado lo observado no se consideró necesario continuar con el registro de datos pasadas esas horas mencionadas.

Se determinó la hora pico a través de aforos vehiculares manuales durante cinco días de la semana, se quitó del estudio los días sábado y domingo por considerarse no relevantes, esto porque en el momento que se desarrollaba este estudio, el país entero atravesaba por una pandemia global de coronavirus, el aislamiento y las prohibiciones de circulación hicieron que nuestra recolección de datos este imposibilitada.

Fue en fecha 18 de septiembre que se emitió un comunicado oficial por el Comité de Operaciones de Emergencia Departamental de Tarija donde autorizaba la circulación de personas y vehículos a partir del 21 de septiembre en los horarios de 5:00 am – 19:00 pm de lunes a viernes y fines de semana de 5:00 am – 15:00 pm. (COED, 2020)

El impedimento sobre los horarios disponibles de circulación impidió parcialmente la toma de datos, por lo que tuvieron que ser medidos y adecuados nuevamente una vez la circulación vehicular se normalizó conjuntamente con la dinamización de la actividad humana.

3.3.1 Aforos de tráfico

Factores de equivalencia para diversos tipos de vehículos

Para el presente trabajo se utilizaron los siguientes factores de equivalencia:

Tabla 9. Factores de equivalencia de vehículos

| | |
|--------------------|------|
| Motos - Bicicletas | 0,33 |
| Vehículos Livianos | 1 |
| Vehículos Medianos | 2 |
| Vehículos Pesados | 2,25 |

Fuente: Guido Radelat, Ingeniería de Tránsito

Depuración de datos de volumen de tráfico

En toda muestra estadística que se realice se debe calcular la dispersión de datos, es decir entre qué valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor obtenido en los aforos de cada punto y tramo.

Para obtener este rango se procede a ordenar todos los datos, encontrar la media aritmética, la desviación estándar y se define el rango de depuración.

Media aritmética

$$X = \frac{\sum i^n}{n} = 0 \frac{x}{n}$$

Dónde:

X= Media Aritmética

x=Valor de Observación

n= Número de Datos

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x-X)^2}{n}}$$

Dónde:

σ = Desviación Estándar

X= Media Aritmética

x=Valor de Observación

n= Número de Datos

El rango se define en la siguiente ecuación:

$$r = X + \sigma$$

$$r = X - \sigma$$

3.4 Determinación de aforos vehiculares en el sector de la rotonda del mástil

Tabla 10. Comparativa de aforos finales en el sector de la rotonda del mástil

7:00 - 8:00 am.

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | Av. Integración | | 698 | 4 | S-N |
| | Calle Galilea | | 18 | 69 | E-O |
| 2 | Av. Integración | | 665 | | S-N |
| | Calle Manuel León | | | 10 | E-O |
| 3 | Av. Integración | | 630 | 79 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 581 | 563 | 484 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | | 645 | 148 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | | 645 | | E-O |
| | Av. Circunvalación | 359 | 650 | | S-N |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 6 | Av. Circunvalación | 109 | 597 | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | | 28 | 171 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 8 | 134 | | E-O |
| | Av. Circunvalación -Ruta Nacional N° 1 | | 780 | 15 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 364 | 456 | | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | | 364 | | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 167 | 823 | | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 357 | 87 | 92 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | | 1106 | 59 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | | 5 | 3 | O-E |
| | Calle S/N | 3 | | 6 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 6 | 5 | | E-O |
| 12 | Av. Integración | | 503 | | N-S |
| | Av Canadá | | | 6 | O-E |
| | Calle Costa Rica | | | 8 | S-N |
| 13 | Av. Integración | | 692 | | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | | | 7 | E-O |
| 14 | S/N | | | 14 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 782 | | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 0 | | 7 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 768 | 5 | N-S |
| 16 | S/N | 0 | | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 755 | | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 0 | | 7 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 746 | 15 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 0 | | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 741 | | N-S |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 19 | Av. Jorge Majluf | 84 | | 95 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 642 | 48 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 0 | | 7 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 629 | | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 0 | | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 624 | | N-S |
| 22 | Calle Centro America | 7 | 4 | 10 | E-O |
| | Av. Integración | | 708 | | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 13 | | O-E |
| | S/N | 4 | | 5 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 4 | 11 | | E-O |
| 24 | Galilea | 11 | | 15 | N-S |
| | Av. Integración | | 494 | | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 11 | 8 | O-E |
| | Avenida "E" | 4 | | 4 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 26 | 14 | | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | | 14 | 7 | O-E |
| | Calle Panamá | 4 | | 9 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 23 | 55 | | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 11 | 7 | 20 | O-E |
| | Av. Integración | | 512 | | N-S |
| 28 | av. Jerusalén | 7 | | 11 | E-O |
| | Av. Integración | | 683 | | S-N |
| 29 | Calle Emaus | | | 6 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 687 | | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | | | 16 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 678 | | S-N |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Comparativa de aforos finales en el sector de la rotonda del mástil**12:00 - 13:00 pm.**

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | Av. Integración | | 842 | 5 | S-N |
| | Calle Galilea | | 20 | 30 | E-O |
| 2 | Av. Integración | | 762 | | S-N |
| | Calle Manuel León | | | 15 | E-O |
| 3 | Av. Integración | | 858 | 27 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 495 | 532 | 580 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | | 593 | 245 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | | 593 | | E-O |
| | Av. Circunvalación | 593 | 788 | | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 117 | 639 | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | | 50 | 174 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 21 | 165 | | E-O |
| | Av. Circunvalación | | 740 | 29 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 396 | 427 | | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | | 370 | | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 390 | 800 | | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 470 | 160 | 115 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | | 1023 | 50 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | | 7 | 4 | O-E |
| | Calle S/N | 4 | | 8 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 4 | 14 | | E-O |
| 12 | Av. Integración | | 508 | | N-S |
| | Av Canadá | | | 10 | O-E |
| | Calle Costa Rica | | | 12 | S-N |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|----------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 13 | Av. Integración | | 810 | | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | | | 10 | E-O |
| 14 | S/N | | | 26 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 720 | | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | | | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 700 | 8 | N-S |
| 16 | S/N | | | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 690 | | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | | | 8 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 685 | 15 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | | | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 680 | | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 86 | | 83 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 612 | 66 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | | | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 560 | | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | | | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 555 | | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 9 | 5 | 15 | E-O |
| | Av. Integración | | 818 | | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | | 15 | | O-E |
| | S/N | 7 | | 5 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 5 | 19 | | E-O |
| 24 | Galilea | 14 | | 14 | N-S |
| | Av. Integración | | 491 | | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | | 10 | 10 | O-E |
| | Avenida "E" | 6 | | 6 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 30 | 22 | | E-O |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | | 11 | 5 | O-E |
| | Calle Panamá | 5 | | 15 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 43 | 53 | | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 13 | 10 | 20 | O-E |
| | Av. Integración | | 530 | | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 9 | | 15 | E-O |
| | Av. Integración | | 775 | | S-N |
| 29 | Calle Emaus | | | 8 | E-O |
| | Av. Integración | | 801 | | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | | | 11 | E-O |
| | Av. Integración | | 791 | | S-N |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Comparativa de aforos finales en el sector de la rotonda del mástil

18:00 - 19:00 am.

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | Av. Integración | | 665 | 12 | S-N |
| | Calle Galilea | | 24 | 57 | E-O |
| 2 | Av. Integración | | 615 | | S-N |
| | Calle Manuel León | | | 6 | E-O |
| 3 | Av. Integración | | 668 | 64 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 557 | 470 | 419 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | | 520 | 117 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | | 520 | | E-O |
| | Av. Circunvalación | 520 | 650 | | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 85 | 630 | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | | 30 | 94 | E-O |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 15 | 104 | | E-O |
| | Av. Circunvalación - Ruta Nacional N° 1 | | 726 | 12 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 400 | 405 | | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | | 338 | | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 225 | 844 | | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 358 | 90 | 111 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | | 1058 | 45 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | | 6 | 4 | O-E |
| | Calle S/N | 4 | | 7 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 14 | 13 | | E-O |
| 12 | Av. Integración | | 693 | | N-S |
| | Av Canadá | | | 10 | O-E |
| | Calle Costa Rica | | | 12 | S-N |
| 13 | Av. Integración | | 649 | | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | | | 14 | E-O |
| 14 | S/N | | | 14 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 714 | | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | | | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 701 | 12 | N-S |
| 16 | S/N | | | 9 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 713 | | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | | | 14 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 698 | 18 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | | | 18 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 690 | | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 100 | | 94 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 600 | 54 | N-S |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 20 | Calle Tomayapo | | | 8 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 645 | | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | | | 11 | O-E |
| | Av. Circunvalación | | 633 | | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 11 | 7 | 12 | E-O |
| | Av. Integración | | 661 | | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | | 13 | | O-E |
| | S/N | 8 | | 8 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 18 | | E-O |
| 24 | Galilea | 14 | | 17 | N-S |
| | Av. Integración | | 435 | | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | | 12 | 9 | O-E |
| | Avenida "E" | 4 | | 6 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 52 | 29 | | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | | 11 | 6 | O-E |
| | Calle Panamá | 11 | | 12 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 53 | 66 | | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 16 | 12 | 22 | O-E |
| | Av. Integración | | 706 | | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 9 | | 12 | E-O |
| | Av. Integración | | 620 | | S-N |
| 29 | Calle Emaus | | | 7 | E-O |
| | Av. Integración | | 639 | | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | | | 10 | E-O |
| | Av. Integración | | 630 | | S-N |

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realizó el aforo en las intersecciones en las que actualmente existe mayor influencia, con la finalidad de correlacionar con los datos aforados en tiempo de

pandemia, dándonos los siguientes coeficientes de incremento y decremento del aforo vehicular.

Tabla 13. Coeficientes intersección 3

| Horarios de aforo | Intersección 3 | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | GI | FR | GD |
| 7:00 - 8:00 hrs | - | 0.99 | 1.21 |
| 12:00-13:00hrs | - | 1.11 | 1.37 |
| 18:00-19:00 hrs | - | 1.08 | 0.87 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Coeficientes intersección 4

| Horarios de aforo | Intersección 4 | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | GI | FR | GD |
| 7:00 - 8:00 hrs | - | 0.97 | 1.18 |
| 12:00-13:00hrs | - | 1.23 | 0.39 |
| 18:00-19:00 hrs | - | 1.36 | 1.64 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Coeficientes intersección 8

| Horarios de aforo | Intersección 8 | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | GI | FR | GD |
| 7:00 - 8:00 hrs | 1.14 | 1.20 | - |
| 12:00-13:00hrs | 1.06 | 1.09 | - |
| 18:00-19:00 hrs | 1.06 | 1.35 | - |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Coeficientes intersección 10

| Horarios de aforo | Intersección 10 | | |
|--------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| | GI | FR | GD |
| 7:00 - 8:00 hrs | - | 1.28 | 1.14 |
| 12:00-13:00hrs | - | 1.20 | 1.18 |
| 18:00-19:00 hrs | - | 1.13 | 1.24 |

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se promediaron los índices para ajustar los datos de todo el estudio.

Tabla 17. Promedio de índices

| Horarios de aforo | Promedio | | |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| | GI | FR | GD |
| 7:00 - 8:00 hrs | 1.14 | 1.11 | 1.17 |
| 12:00-13:00hrs | 1.06 | 1.16 | 0.98 |
| 18:00-19:00 hrs | 1.06 | 1.23 | 1.25 |

Fuente: Elaboración propia

Del promedio de índices, se obtuvieron los datos que se muestran a continuación.

Tabla 18. Aforos finales 7:00 – 8:00 am.

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | Av. Integración | 0 | 777 | 5 | S-N |
| | Calle Galilea | 0 | 20 | 81 | E-O |
| 2 | Av. Integración | 0 | 740 | 0 | S-N |
| | Calle Manuel León | 0 | 0 | 12 | E-O |
| 3 | Av. Integración | 0 | 701 | 93 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 664 | 627 | 570 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 718 | 174 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 718 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 410 | 724 | 0 | S-N |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|---------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 6 | Av. Circunvalación | 125 | 665 | 0 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 31 | 201 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 9 | 149 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 0 | 868 | 18 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 416 | 508 | 0 | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 0 | 405 | 0 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 191 | 916 | 0 | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 408 | 97 | 108 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 1231 | 69 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 6 | 4 | O-E |
| | Calle S/N | 3 | 0 | 7 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7 | 6 | 0 | E-O |
| 12 | Av. Integración | 0 | 560 | 0 | N-S |
| | Av Canadá | 0 | 0 | 7 | O-E |
| | Calle Costa Rica | 0 | 0 | 9 | S-N |
| 13 | Av. Integración | 0 | 770 | 0 | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 0 | 0 | 8 | E-O |
| 14 | S/N | 0 | 0 | 16 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 870 | 0 | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 0 | 0 | 8 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 855 | 6 | N-S |
| 16 | S/N | 0 | 0 | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 840 | 0 | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 0 | 0 | 8 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 830 | 18 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 0 | 0 | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 825 | 0 | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 96 | 0 | 112 | O-E |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 19 | Av. Circunvalación | 0 | 715 | 57 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 0 | 0 | 8 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 700 | 0 | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 0 | 0 | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 695 | 0 | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 8 | 4 | 12 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 788 | 0 | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 14 | 0 | O-E |
| | S/N | 5 | 0 | 6 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 5 | 12 | 0 | E-O |
| 24 | Galilea | 13 | 0 | 18 | N-S |
| | Av. Integración | 0 | 550 | 0 | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 12 | 9 | O-E |
| | Avenida "E" | 5 | 0 | 5 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 30 | 16 | 0 | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 16 | 8 | O-E |
| | Calle Panamá | 5 | 0 | 11 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 26 | 61 | 0 | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 13 | 8 | 24 | O-E |
| | Av. Integración | 0 | 570 | 0 | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 8 | 0 | 13 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 760 | 0 | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 0 | 0 | 7 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 765 | 0 | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 0 | 0 | 19 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 755 | 0 | S-N |

Fuente: Elaboración propia

*Los datos de la Tabla 18 están graficados en el Plano N° 1 que se encuentra en Anexos.

Tabla 19. Aforos finales 12:00 – 13:00 pm.

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | Av. Integración | 0 | 978 | 5 | S-N |
| | Calle Galilea | 0 | 23 | 29 | E-O |
| 2 | Av. Integración | 0 | 885 | 0 | S-N |
| | Calle Manuel León | 0 | 0 | 15 | E-O |
| 3 | Av. Integración | 0 | 996 | 27 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 525 | 618 | 570 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 689 | 241 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 689 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 629 | 915 | 0 | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 124 | 742 | 0 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 58 | 171 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 22 | 192 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación - Ruta Nacional N° 1 | 0 | 859 | 28 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 420 | 496 | 0 | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 0 | 430 | 0 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 414 | 929 | 0 | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 498 | 186 | 113 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 1188 | 49 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 8 | 4 | O-E |
| | Calle S/N | 4 | 0 | 8 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 4 | 16 | 0 | E-O |
| 12 | Av. Integración | 0 | 590 | 0 | N-S |
| | Av Canadá | 0 | 0 | 10 | O-E |
| | Calle Costa Rica | 0 | 0 | 12 | S-N |
| 13 | Av. Integración | 0 | 941 | 0 | S-N |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|----------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 13 | Calle Los Apóstoles | 0 | 0 | 10 | E-O |
| 14 | S/N | 0 | 0 | 26 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 836 | 0 | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 0 | 0 | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 813 | 8 | N-S |
| 16 | S/N | 0 | 0 | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 801 | 0 | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 0 | 0 | 8 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 795 | 15 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 0 | 0 | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 790 | 0 | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 91 | 0 | 82 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 711 | 65 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 0 | 0 | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 650 | 0 | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 0 | 0 | 12 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 644 | 0 | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 10 | 6 | 15 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 950 | 0 | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 17 | 0 | O-E |
| | S/N | 7 | 0 | 5 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 5 | 22 | 0 | E-O |
| 24 | Galilea | 15 | 0 | 14 | N-S |
| | Av. Integración | 0 | 570 | 0 | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 12 | 10 | O-E |
| | Avenida "E" | 6 | 0 | 6 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 32 | 26 | 0 | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 13 | 5 | O-E |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| | Calle Panamá | 5 | 0 | 15 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 46 | 62 | 0 | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 14 | 12 | 20 | O-E |
| | Av. Integración | 0 | 615 | 0 | N-S |
| 28 | av. Jerusalén | 10 | 0 | 15 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 900 | 0 | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 0 | 0 | 8 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 930 | 0 | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 0 | 0 | 11 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 918 | 0 | S-N |

Fuente: Elaboración propia

*Los datos de la Tabla 19 están graficados en el Plano N° 2 que se encuentra en Anexos.

Tabla 20. Comparativa de aforos finales 17:00 – 18:00 pm.

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|--------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | Av. Integración | 0 | 820 | 15 | S-N |
| | Calle Galilea | 0 | 30 | 71 | E-O |
| 2 | Av. Integración | 0 | 758 | 0 | S-N |
| | Calle Manuel León | 0 | 0 | 8 | E-O |
| 3 | Av. Integración | 0 | 824 | 80 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 590 | 580 | 525 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 641 | 147 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 641 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 551 | 802 | 0 | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 90 | 777 | 0 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 37 | 118 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 128 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 0 | 895 | 15 | N-S |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|---------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 8 | Av. Circunvalación | 424 | 499 | 0 | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 0 | 417 | 0 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 239 | 1041 | 0 | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 379 | 111 | 139 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 1305 | 56 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 7 | 5 | O-E |
| | Calle S/N | 4 | 0 | 9 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 15 | 16 | 0 | E-O |
| 12 | Av. Integración | 0 | 855 | 0 | N-S |
| | Av Canadá | 0 | 0 | 13 | O-E |
| | Calle Costa Rica | 0 | 0 | 15 | S-N |
| 13 | Av. Integración | 0 | 800 | 0 | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 0 | 0 | 18 | E-O |
| 14 | S/N | 0 | 0 | 18 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 880 | 0 | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 0 | 0 | 13 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 864 | 15 | N-S |
| 16 | S/N | 0 | 0 | 11 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 879 | 0 | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 0 | 0 | 18 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 861 | 23 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 0 | 0 | 23 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 851 | 0 | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 106 | 0 | 118 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 740 | 68 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 0 | 0 | 10 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 795 | 0 | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 0 | 0 | 14 | O-E |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 21 | Av. Circunvalación | 0 | 781 | 0 | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 12 | 9 | 15 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 815 | 0 | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 16 | 0 | O-E |
| | S/N | 8 | 0 | 10 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 17 | 22 | 0 | E-O |
| 24 | Galilea | 15 | 0 | 21 | N-S |
| | Av. Integración | 0 | 536 | 0 | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 15 | 11 | O-E |
| | Avenida "E" | 4 | 0 | 8 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 55 | 36 | 0 | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 14 | 8 | O-E |
| | Calle Panamá | 12 | 0 | 15 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 56 | 81 | 0 | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 17 | 15 | 28 | O-E |
| | Av. Integración | 0 | 871 | 0 | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 10 | 0 | 15 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 765 | 0 | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 0 | 0 | 9 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 788 | 0 | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 0 | 0 | 13 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 777 | 0 | S-N |

Fuente: Elaboración propia

*Los datos de la Tabla 20 están graficados en el Plano N° 3 que se encuentra en Anexos.

A continuación, en la Tabla 21 se muestran los datos promedio obtenidos del aforo de los tres horarios.

Tabla 21. Aforos finales promedio - tres horarios

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|--------------|---------------------|-----|--------|-----|---------|
| 1 | Av. Integración | 0 | 858 | 8 | S-N |
| | Calle Galilea | 0 | 24 | 60 | E-O |
| 2 | Av. Integración | 0 | 794 | 0 | S-N |
| | Calle Manuel León | 0 | 0 | 12 | E-O |
| 3 | Av. Integración | 0 | 840 | 67 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 593 | 608 | 555 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 683 | 187 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 683 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 530 | 814 | 0 | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 113 | 728 | 0 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 42 | 163 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 156 | 0 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 0 | 874 | 20 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 420 | 501 | 0 | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 0 | 417 | 0 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 281 | 962 | 0 | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 428 | 131 | 120 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 1241 | 58 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 7 | 4 | O-E |
| | Calle S/N | 4 | 0 | 8 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 9 | 13 | 0 | E-O |
| 12 | Av. Integración | 0 | 668 | 0 | N-S |
| | Av Canadá | 0 | 0 | 10 | O-E |
| | Calle Costa Rica | 0 | 0 | 12 | S-N |
| 13 | Av. Integración | 0 | 837 | 0 | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 0 | 0 | 12 | E-O |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|----------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 14 | S/N | 0 | 0 | 20 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 862 | 0 | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 0 | 0 | 11 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 844 | 10 | N-S |
| 16 | S/N | 0 | 0 | 11 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 840 | 0 | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 0 | 0 | 11 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 829 | 19 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 0 | 0 | 16 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 822 | 0 | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 98 | 0 | 104 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 722 | 63 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 0 | 0 | 9 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 715 | 0 | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 0 | 0 | 13 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 0 | 707 | 0 | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 10 | 6 | 14 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 851 | 0 | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 16 | 0 | O-E |
| | S/N | 7 | 0 | 7 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 9 | 19 | 0 | E-O |
| 24 | Galilea | 14 | 0 | 18 | N-S |
| | Av. Integración | 0 | 552 | 0 | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 13 | 10 | O-E |
| | Avenida "E" | 5 | 0 | 6 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 39 | 26 | 0 | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 0 | 14 | 7 | O-E |

| Intersección | Calle | GI | Frente | GD | Sentido |
|---------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| 26 | Calle Panamá | 7 | 0 | 14 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 43 | 68 | 0 | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 15 | 12 | 24 | O-E |
| | Av. Integración | 0 | 685 | 0 | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 9 | 0 | 14 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 808 | 0 | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 0 | 0 | 8 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 828 | 0 | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 0 | 0 | 14 | E-O |
| | Av. Integración | 0 | 817 | 0 | S-N |

Fuente: Elaboración propia

*Los datos de la Tabla 21 están graficados en el Plano N° 4 que se encuentra en Anexos.

Se puede observar que las intersecciones 3, 5, 9 y 10 presentan mayor cantidad de vehículos que transitan en los distintos horarios medidos, esto debido a que las intersecciones mencionadas están ubicadas en puntos donde confluyen volúmenes de vehículos correspondientes a las principales avenidas como Circunvalación, Ruta Nacional N°1 y la Avenida Integración.

El volumen vehicular de las otras intersecciones no llega a ser tan influyente como el volumen de vehículos de las avenidas principales que confluyen directamente en la intersección tipo rotonda.

3.5 Resultados del estudio de la capacidad de estacionamientos

El número de casillas se obtuvo a través de un levantamiento de la zona de estudio, previo a la determinación de las medidas de diseño para cada casilla de estacionamiento. El levantamiento consiste en determinar la longitud de las cuadras en la zona de estudio y a partir de ellas determinar las longitudes útiles.

3.5.1 Oferta de estacionamientos

Oferta = N° de Casillas * Índice de Ocupación

Tabla 22. Oferta de estacionamientos

| Intersección | Calle | Longitud útil | Ancho diseño | N° Casilla | Ocupación | Oferta |
|---------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|---------------|
| 1 | Av. Integración | 170 | 6 | 28 | 3 | 84 |
| | Calle Galilea | 90 | 6 | 15 | 3 | 45 |
| 2 | Av. Integración | 180 | 6 | 30 | 4 | 120 |
| | Calle Manuel León | 55 | 6 | 9 | 4 | 36 |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 200 | 6 | 33 | 4 | 132 |
| 6 | Av. Circunvalación | 20 | 6 | 3 | 3 | 9 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 45 | 6 | 8 | 4 | 32 |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 65 | 6 | 11 | 4 | 44 |
| | Av. Circunvalación | 95 | 6 | 16 | 3 | 48 |
| 8 | Av. Circunvalación | 40 | 6 | 7 | 1 | 7 |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 60 | 6 | 10 | 2 | 20 |
| | Calle S/N | 70 | 6 | 12 | 2 | 24 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 60 | 6 | 10 | 2 | 20 |
| 12 | Av. Integración | 150 | 6 | 25 | 3 | 75 |
| | Av Canadá | 80 | 6 | 13 | 3 | 39 |
| | Calle Costa Rica | 65 | 6 | 11 | 3 | 33 |
| 13 | Av. Integración | 80 | 6 | 13 | 3 | 39 |
| | Calle Los Apóstoles | 210 | 6 | 35 | 3 | 105 |
| 14 | S/N | 70 | 6 | 12 | 3 | 36 |
| | Av. Circunvalación | 120 | 6 | 20 | 4 | 80 |
| 15 | Calle Lazareto | 70 | 6 | 12 | 3 | 36 |
| | Av. Circunvalación | 120 | 6 | 20 | 2 | 40 |

| Intersección | Calle | Longitud útil | Ancho diseño | N° Casilla | Ocupación | Oferta |
|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|---------------|
| 16 | S/N | 70 | 6 | 12 | 3 | 36 |
| | Av. Circunvalación | 60 | 6 | 10 | 3 | 30 |
| 17 | Av. Camila Moreno | 150 | 6 | 25 | 4 | 100 |
| | Av. Circunvalación | 150 | 6 | 25 | 4 | 100 |
| 18 | Calle 15 de Junio | 110 | 6 | 18 | 3 | 54 |
| | Av. Circunvalación | 150 | 6 | 25 | 2 | 50 |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 100 | 6 | 17 | 3 | 51 |
| | Av. Circunvalación | 40 | 6 | 7 | 2 | 14 |
| 20 | Calle Tomayapo | 80 | 6 | 13 | 2 | 26 |
| | Av. Circunvalación | 105 | 6 | 18 | 2 | 36 |
| 21 | Calle Calderillas | 80 | 6 | 13 | 4 | 52 |
| | Av. Circunvalación | 80 | 6 | 13 | 4 | 52 |
| 22 | Calle Centro América | 130 | 6 | 22 | 3 | 66 |
| | Av. Integración | 380 | 6 | 63 | 2 | 126 |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 100 | 6 | 17 | 2 | 34 |
| | S/N | 80 | 6 | 13 | 2 | 26 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 90 | 6 | 15 | 2 | 30 |
| 24 | Galilea | 56 | 6 | 9 | 2 | 18 |
| | Av. Integración | 100 | 6 | 17 | 2 | 34 |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 90 | 6 | 15 | 2 | 30 |
| | Avenida "E" | 95 | 6 | 16 | 2 | 32 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 72 | 6 | 12 | 2 | 24 |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 72 | 6 | 12 | 2 | 24 |
| | Calle Panamá | 70 | 6 | 12 | 2 | 24 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 70 | 6 | 12 | 2 | 24 |

| Intersección | Calle | Longitud útil | Ancho diseño | N° Casilla | Ocupación | Oferta |
|--------------|------------------------|---------------|--------------|------------|-----------|--------|
| 27 | Calle Centro América | 75 | 6 | 13 | 4 | 52 |
| | Av. Integración | 55 | 6 | 9 | 4 | 36 |
| 28 | Av. Jerusalén | 40 | 6 | 7 | 4 | 28 |
| | Av. Integración | 190 | 6 | 32 | 3 | 96 |
| 29 | Calle Emaus | 110 | 6 | 18 | 4 | 72 |
| | Av. Integración | 200 | 6 | 33 | 3 | 99 |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 60 | 6 | 10 | 4 | 40 |
| | Av. Integración | 140 | 6 | 23 | 3 | 69 |

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 Demandas de estacionamientos

$$\text{Demanda} = fp * fv * f \text{ Índice Ocupación} * \text{Parque Automotor}$$

Tabla 23. Demanda de estacionamientos

| Intersección | Calle | fp | Fv | Volumen | Vehículos Estacionados | f Índice Ocupación | Parque Automotor | Demanda |
|--------------|--------------------|------|------|---------|------------------------|--------------------|------------------|---------|
| 1 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 866,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,09 |
| | Calle Galilea | 0,36 | 0,00 | 84,00 | 10,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,08 |
| 2 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 794,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,09 |
| | Calle Manuel León | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 10,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,10 |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,01 | 870,00 | 15,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,04 |
| 6 | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 841,00 | 7,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,28 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 205,00 | 12,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,14 |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 172,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,16 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 894,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,23 |

| Intersección | Calle | fp | Fv | Volumen | Vehículos Estacionados | f Índice | Ocupación | Parque Automotor | Demanda |
|---------------------|---------------------|-----------|-----------|----------------|-----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------------|----------------|
| 8 | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 921,00 | 8,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,41 | |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 7,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,13 | |
| | Calle S/N | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 8,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,12 | |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 15,00 | 15,00 | 0,05 | 69618,00 | 0,27 | |
| 12 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 668,00 | 15,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,07 | |
| | Av Canadá | 0,36 | 0,00 | 10,00 | 45,00 | 0,12 | 69618,00 | 0,42 | |
| | Calle Costa Rica | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 35,00 | 0,09 | 69618,00 | 0,38 | |
| 13 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 837,00 | 40,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,37 | |
| | Calle Los Apóstoles | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 20,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,07 | |
| 14 | S/N | 0,36 | 0,00 | 20,00 | 10,00 | 0,01 | 69618,00 | 0,10 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 862,00 | 50,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,23 | |
| 15 | Calle Lazareto | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 12,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,12 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 854,00 | 45,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,41 | |
| 16 | S/N | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 15,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,15 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 840,00 | 45,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,54 | |
| 17 | Av. Camila Moreno | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 30,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,11 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 848,00 | 60,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,22 | |
| 18 | Calle 15 de Junio | 0,36 | 0,00 | 16,00 | 20,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,13 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 822,00 | 70,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,50 | |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 0,36 | 0,00 | 202,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,21 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 785,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,51 | |
| 20 | Calle Tomayapo | 0,36 | 0,00 | 9,00 | 15,00 | 0,06 | 69618,00 | 0,21 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 715,00 | 45,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,45 | |
| 21 | Calle Calderillas | 0,36 | 0,00 | 13,00 | 20,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,14 | |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 707,00 | 50,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,35 | |

| Intersección | Calle | fp | Fv | Volumen | Vehículos Estacionados | f Índice | Ocupación | Parque Automotor | Demanda |
|--------------|------------------------|------|------|---------|------------------------|----------|-----------|------------------|---------|
| 22 | Calle Centro América | 0,36 | 0,00 | 30,00 | 15,00 | 0,01 | 69618,00 | 0,08 | |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 851,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,06 | |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 16,00 | 25,00 | 0,05 | 69618,00 | 0,26 | |
| | S/N | 0,36 | 0,00 | 14,00 | 20,00 | 0,06 | 69618,00 | 0,28 | |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 28,00 | 35,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,42 | |
| 24 | Galilea | 0,36 | 0,00 | 32,00 | 22,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,44 | |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 552,00 | 25,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,26 | |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 23,00 | 30,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,36 | |
| | Avenida "E" | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 15,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,17 | |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 65,00 | 45,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,68 | |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 21,00 | 45,00 | 0,09 | 69618,00 | 0,68 | |
| | Calle Panamá | 0,36 | 0,00 | 21,00 | 25,00 | 0,05 | 69618,00 | 0,38 | |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 111,00 | 45,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,68 | |
| 27 | Calle Centro América | 0,36 | 0,00 | 51,00 | 12,00 | 0,01 | 69618,00 | 0,08 | |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 685,00 | 15,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,15 | |
| 28 | Av. Jerusalén | 0,36 | 0,00 | 23,00 | 17,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,22 | |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 808,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,11 | |
| 29 | Calle Emaus | 0,36 | 0,00 | 8,00 | 20,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,10 | |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 828,00 | 40,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,15 | |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 0,36 | 0,00 | 14,00 | 12,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,11 | |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 817,00 | 50,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,26 | |

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se observa que la demanda no sobrepasa la oferta, pero lo que genera alarma es que, pese a que en la rotonda no se permite los estacionamientos, los conductores hacen caso omiso a las normas.

3.6 Semáforos

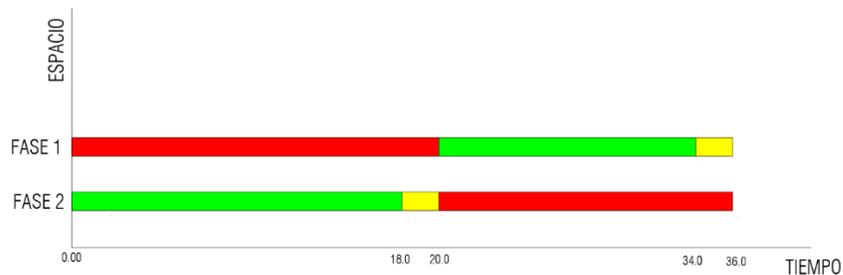
a) Intersecciones semaforizadas

Tabla 24. Tiempo de ciclo de semáforos

| Intersección | Calle | Tiempo actual | | |
|--------------|--------------------|---------------|----------|-------|
| | | Rojo | Amarillo | Verde |
| 3 | Av. Integración | 20 | 2 | 14 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 |
| | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 |
| 9 | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 |
| 10 | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 |

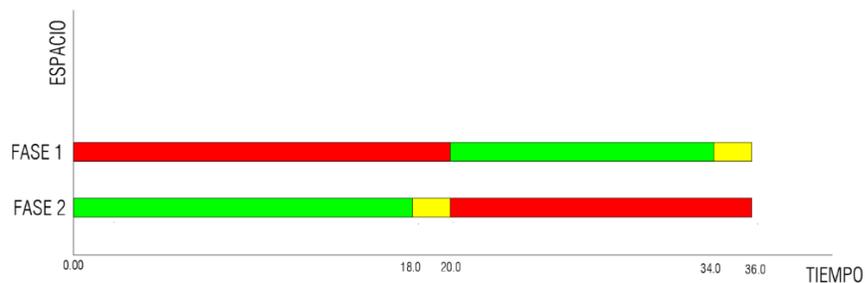
Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Diagrama espacio tiempo intersección 3



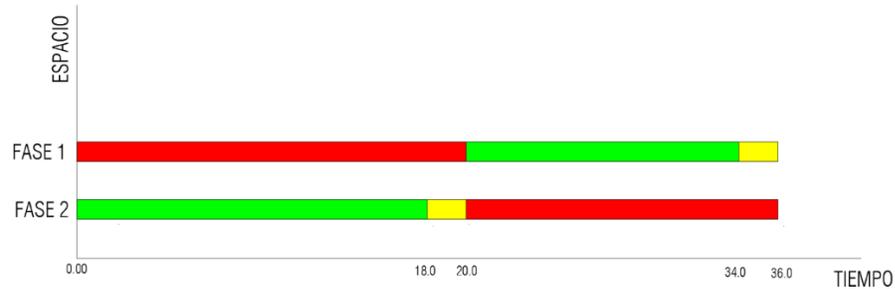
Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Diagrama espacio tiempo intersección 5



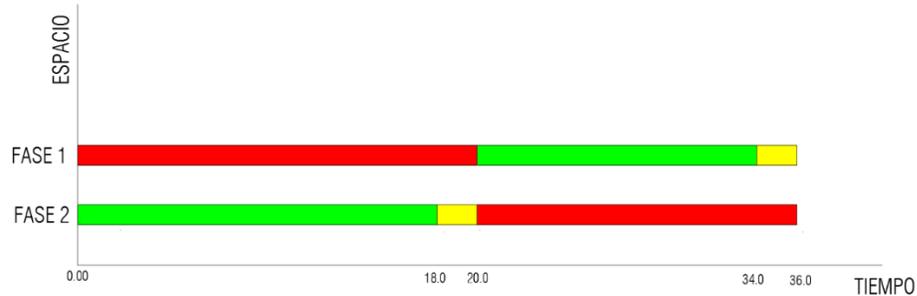
Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Diagrama espacio tiempo intersección 9



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Diagrama espacio tiempo intersección 10



Fuente: Elaboración propia

La toma de datos se realizó bajo el método manual utilizando de un cronómetro, libreta de apuntes y dos personas para la toma de datos, las intersecciones 3, 5, 9 y 10 son intersecciones semaforizadas, con semáforos de tiempos de ciclo fijos, el resto de intersecciones no semaforizadas funcionan como intersecciones en cruz y en T. Según las condiciones de instalación se determinaron los lugares donde se requiere el colocado de semáforos.

Tabla 25. Condiciones para semáforos

| Intersección | Calle | Importancia | Volumen peatones | 1ra condición | | 2da condición | | 3ra condición | | 4ta condición | 5ta condición | 6ta condición | Requiere |
|--------------|--|-------------------------------------|------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|-----------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| | | | | >600 cumple | >200 no cumple | >900 cumple | >100 no cumple | >1000 Cumple | >150 No cumple | | | | |
| 1 | Av. Integración calle Gaillea | calle principal calle secundaria | 866 84 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Av. Integración Calle Manuel Leon | calle principal calle secundaria | 794 12 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Ruta Nacional Nº 1 Av. Integración | calle principal calle secundaria | 1756 907 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | Si |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Ruta Nacional Nº 1 | calle principal calle secundaria | 870 0 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Av. Circunvalación Ruta Nacional Nº 1 | calle principal calle secundaria | 1344 683 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | Si |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Av. Circunvalación Ruta Nacional Nº 1 | calle principal calle secundaria | 841 205 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Av. Circunvalación Ruta Nacional Nº 1 | calle principal calle secundaria | 894 172 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Av. Circunvalación | calle principal calle secundaria | 921 0 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Ruta Nacional Nº 1 Av. Circunvalación | calle principal calle secundaria | 1243 417 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | Si |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Ruta Nacional Nº 1 Av. Circunvalación | calle principal calle secundaria | 1299 679 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | Si |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Ruta Nacional Nº 1 Calle S/N | calle principal calle secundaria | 11 12 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | No cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | Av. Integración Av. Canada | calle principal calle secundaria | 668 10 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Calle Los Apostoles Av. Integración | calle principal calle secundaria | 837 12 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Av. Circunvalación S/N | calle principal calle secundaria | 862 20 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Av. Circunvalación Calle Lazareto | calle principal calle secundaria | 854 11 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Av. Circunvalación S/N | calle principal calle secundaria | 840 11 | >600 >200 | cumple no cumple | >900 >100 | cumple no cumple | >1000 >150 | Cumple No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No |
| | | | | | | | | | | | | | |

| Intersección | Calle | Importancia | Volumenpeatones | 1ra condición | | | 2ra condición | | | 3ra condición | | | 4ta condición | 5ta condición | 6ta condición | Requiere |
|--------------|------------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------|------|---------------|-------|-----------|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|---------------|----------|
| | | | | >600 | no cumple | >900 | cumple | >1000 | cumple | >1500 | cumple | >1000 | | | | |
| 17 | Av. Circunvalación | calle principal | 848 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Av. Camila Moreno | calle secundaria | 11 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 18 | Av. Circunvalación | calle principal | 822 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Calle 15 de Junio | calle secundaria | 16 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 19 | Av. Circunvalación | calle principal | 785 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Av. Jorge Majluf | calle secundaria | 202 | >200 | cumple | >100 | cumple | >1500 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 20 | Av. Circunvalación | calle principal | 715 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Calle Tomayapo | calle secundaria | 9 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 21 | Av. Circunvalación | calle principal | 707 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Calle Calderillas | calle secundaria | 13 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 22 | Av. Integración | calle principal | 851 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Calle Centro America | calle secundaria | 30 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 23 | Ruta Nacional Nº 1 | calle principal | 16 | >600 | no cumple | >900 | no cumple | >1000 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | S/N | calle secundaria | 14 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 24 | Ruta Nacional Nº 1 | | 28 | | | | | | | | | | | | | |
| | Av. Integración | calle principal | 552 | >600 | no cumple | >900 | no cumple | >1000 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 25 | Galilea | calle secundaria | 32 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Ruta Nacional Nº 1 | calle principal | 23 | >600 | no cumple | >900 | no cumple | >1000 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 26 | Avenida "E" | calle secundaria | 11 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Ruta Nacional Nº 1 | | 65 | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | Ruta Nacional Nº 1 | calle principal | 21 | >600 | no cumple | >900 | no cumple | >1000 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Calle Panama | calle secundaria | 21 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 28 | Ruta Nacional Nº 1 | | 111 | | | | | | | | | | | | | |
| | Av. Integración | calle principal | 685 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 29 | Calle Centro America | calle secundaria | 51 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Av. Integración | calle principal | 808 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 30 | av. Jerusalén | calle secundaria | 23 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Av. Integración | calle principal | 828 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| 30 | Calle Ermaus | calle secundaria | 8 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Av. Integración | calle principal | 817 | >600 | cumple | >900 | cumple | >1000 | Cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |
| | Av. Santísima Trinidad | calle secundaria | 14 | >200 | no cumple | >100 | no cumple | >150 | No cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | no cumple | No | |

Fuente: Elaboración propia

Se colocaron semáforos en los lugares establecidos según las condiciones requeridas.

3.7 Señalización

Tabla 26. Señalización existente

| | Tipo de señales | Intersecciones |
|----------------------|---|-----------------------|
| Señales Horizontales | Rayas Separadoras de Carriles | - |
| | Rayas de Parada | 6, 9, |
| | Rayas de Cruce de Peatones | 22,3,10,9,6 |
| | Marcas de Estacionamiento Permitido | - |
| | Marcas de Estacionamiento Prohibido | - |
| | Marcas Reguladoras | - |
| | Postes Delineadores | 3, 5, 9, 10 |
| | Marcas de Parada de Buses | - |
| | Pare | - |
| | Línea Doble Continua | - |
| | Línea Blanca Discontinua | - |
| | Rompe Muelles | 4,7,18,28 |
| | Flechas | - |
| | Leyendas | - |
| | Línea de Borde | - |
| | Achurado | - |
| Resaltos | - | |
| Señales Verticales | Prohibido Estacionar | 3,5,9,8,20 |
| | Permitido Estacionar | 7 |
| | Parada de Buses | - |
| | No Girar a la Derecha | - |
| | Señal de Identificación | - |
| | Velocidad Máxima | - |
| | Paso Peatonal | 3,5,6,7,9,10 |
| | Intersección de Sentido Giratorio Obligatorio | 3,5,8 |
| | Ceda el Paso | 3,7,8 |
| | Reductor de Velocidad | 29 |

Fuente: Elaboración propia

La señalización de la rotonda ha sido el resultado de la inspección visual que se hizo en toda el área que comprende la zona de estudio, se pudo notar que la señalización vertical tiene mejores condiciones en comparación a la señalización horizontal, esto quizá se debe a la falta de mantenimiento de la señalización horizontal y que con el paso del tiempo se deteriorara incluso llegando a desaparecer, tal es el caso de nuestra zona de estudio.

Es importante la implementación de la señalización faltante que sin duda le dará mejor funcionalidad a la rotonda y le otorgará mejor aspecto a la misma.

*Los datos de la Tabla 26 están graficados en el Plano N° 5 que se encuentra en Anexos.

3.8 Capacidad

Tabla 27. Capacidad (veh/hr)

| Intersección | Calle | Capacidad | Sentido |
|---------------------|--------------------|------------------|----------------|
| 1 | Av. Integración | 874 | S-N |
| | Calle Galilea | 703 | E-O |
| 2 | Av. Integración | 916 | S-N |
| | Calle Manuel León | 757 | E-O |
| 3 | Av. Integración | 1127 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1649 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 954 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 1236 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 1838 | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 801 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 699 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 631 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 817 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 901 | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 1206 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1833 | E-O |

| Intersección | Calle | Capacidad | Sentido |
|---------------------|----------------------|------------------|----------------|
| 10 | Av. Circunvalación | 1131 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1230 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 967 | O-E |
| | Calle S/N | 991 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 916 | E-O |
| 12 | Av. Integración | 915 | N-S |
| | Av Canadá | 774 | O-E |
| | Calle Costa Rica | 797 | S-N |
| 13 | Av. Integración | 916 | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 742 | E-O |
| 14 | S/N | 732 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 912 | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 738 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 918 | N-S |
| 16 | S/N | 741 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 917 | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 740 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 920 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 745 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 914 | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 653 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 827 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 779 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 918 | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 780 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 916 | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 679 | E-O |
| | Av. Integración | 905 | S-N |

| Intersección | Calle | Capacidad | Sentido |
|---------------------|------------------------|------------------|----------------|
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 911 | O-E |
| | S/N | 950 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 914 | E-O |
| 24 | Galilea | 767 | N-S |
| | Av. Integración | 905 | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 968 | O-E |
| | Avenida "E" | 938 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 914 | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 938 | O-E |
| | Calle Panamá | 940 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 910 | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 718 | O-E |
| | Av. Integración | 895 | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 702 | E-O |
| | Av. Integración | 909 | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 746 | E-O |
| | Av. Integración | 918 | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 747 | E-O |
| | Av. Integración | 915 | S-N |

Fuente: Elaboración propia

La capacidad vehicular nos permite conocer si los vehículos que circulan en cada acceso superan la cantidad determinada, de ser así, se generaría un grave conflicto de tráfico, ya que las colas y demoras se incrementarían y el flujo de vehículos sería de condiciones pésimas.

Para cada intersección correspondiente a nuestra rotonda se determinó la capacidad vehicular que posee cada una de las mismas en los diferentes horarios que se hizo el estudio.

A continuación, se presenta la tabla comparativa de la capacidad vehicular y el porcentaje de la capacidad vehicular en uso.

Tabla 28. Comparativa de la capacidad vehicular y la capacidad en uso

| Intersección | Calle | Capacidad | Volumen actual | % Uso | Sentido |
|---------------------|--------------------|------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| 1 | Av. Integración | 874 | 866 | 99,08 | S-N |
| | Calle Galilea | 703 | 84 | 11,95 | E-O |
| 2 | Av. Integración | 916 | 794 | 86,68 | S-N |
| | Calle Manuel León | 757 | 12 | 1,59 | E-O |
| 3 | Av. Integración | 1127 | 907 | 80,48 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1649 | 1756 | 106,49 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 954 | 870 | 91,19 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 1236 | 683 | 55,26 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 1838 | 1344 | 73,12 | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 801 | 841 | 104,99 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 699 | 205 | 29,33 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 631 | 172 | 27,26 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 817 | 894 | 109,42 | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 901 | 921 | 102,22 | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 1206 | 417 | 34,58 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1833 | 1243 | 67,81 | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 1131 | 679 | 60,04 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1230 | 1299 | 105,61 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 967 | 11 | 1,14 | O-E |
| | Calle S/N | 991 | 12 | 1,21 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 916 | 22 | 2,4 | E-O |

| Intersección | Calle | Capacidad | Volumen actual | % Uso | Sentido |
|---------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| 12 | Av. Integración | 915 | 668 | 73,01 | N-S |
| | Av Canadá | 774 | 10 | 1,29 | O-E |
| | Calle Costa Rica | 797 | 12 | 1,51 | S-N |
| 13 | Av. Integración | 916 | 837 | 91,38 | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 742 | 12 | 1,62 | E-O |
| 14 | S/N | 732 | 20 | 2,73 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 912 | 862 | 94,52 | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 738 | 11 | 1,49 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 918 | 854 | 93,03 | N-S |
| 16 | S/N | 741 | 11 | 1,48 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 917 | 840 | 91,6 | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 740 | 11 | 1,49 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 920 | 848 | 92,17 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 745 | 16 | 2,15 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 914 | 822 | 89,93 | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 653 | 202 | 30,93 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 827 | 785 | 94,92 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 779 | 9 | 1,16 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 918 | 715 | 77,89 | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 780 | 13 | 1,67 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 916 | 707 | 77,18 | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 679 | 30 | 4,42 | E-O |
| | Av. Integración | 905 | 851 | 94,03 | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 911 | 16 | 1,76 | O-E |
| | S/N | 950 | 14 | 1,47 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 914 | 28 | 3,06 | E-O |

| Intersección | Calle | Capacidad | Volumen actual | % Uso | Sentido |
|--------------|------------------------|-----------|----------------|-------|---------|
| 24 | Galilea | 767 | 32 | 4,17 | N-S |
| | Av. Integración | 905 | 552 | 60,99 | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 968 | 23 | 2,38 | O-E |
| | Avenida "E" | 938 | 11 | 1,17 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 914 | 65 | 7,11 | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 938 | 21 | 2,24 | O-E |
| | Calle Panamá | 940 | 21 | 2,23 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 910 | 111 | 12,2 | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 718 | 51 | 7,1 | O-E |
| | Av. Integración | 895 | 685 | 76,54 | N-S |
| 28 | av. Jerusalén | 702 | 23 | 3,28 | E-O |
| | Av. Integración | 909 | 808 | 88,89 | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 746 | 8 | 1,07 | E-O |
| | Av. Integración | 918 | 828 | 90,2 | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 747 | 14 | 1,87 | E-O |
| | Av. Integración | 915 | 817 | 89,29 | S-N |

Fuente: Elaboración propia

La presente tabla contiene los datos calculados de la capacidad vehicular con la que cuenta cada intersección que ha sido estudiada, la columna del medio contiene el volumen de vehículos que posee cada intersección y la columna de color verde del lado derecho contiene el porcentaje de la capacidad vehicular calculada que está siendo utilizada.

En una revisión simple podemos observar que existen intersecciones que ya sobrepasaron la capacidad vehicular con la que cuenta su intersección en los horarios pico del día.

3.9 Niveles de servicio

Tabla 29. Niveles de servicio

| Intersección | Calle | Tiempo de demora | Nivel de servicio | | Sentido |
|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|---|----------------|
| 1 | Av. Integración | 22,92 | C | C | S-N |
| | calle Galilea | 8,81 | A | | E-O |
| 2 | Av. Integración | 11,23 | B | B | S-N |
| | Calle Manuel León | 7,82 | A | | E-O |
| 3 | Av. Integración | 30,48 | C | E | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 97,21 | F | | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 30,91 | D | D | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 23,21 | C | C | E-O |
| | Av. Circunvalación | 19,39 | B | | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 34,89 | D | D | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 10,26 | B | | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 10,82 | B | D | E-O |
| | Av. Circunvalación - | 29,63 | D | | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 34,82 | D | D | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 19,21 | B | C | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 21,39 | C | | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 23,33 | C | E | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 103,74 | F | | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 6,76 | A | A | O-E |
| | Calle S/N | 6,68 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,03 | A | | E-O |
| 12 | Av. Integración | 16,77 | C | C | N-S |
| | Av Canadá | 7,71 | A | | O-E |
| | Calle Costa Rica | 7,58 | A | | S-N |

| Intersección | Calle | Tiempo de demora | Nivel de servicio | | Sentido |
|---------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|---|----------------|
| 13 | Av. Integración | 17,06 | C | C | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 7,92 | A | | E-O |
| 14 | S/N | 8,05 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 27,36 | D | | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 7,94 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 34,54 | D | | N-S |
| 16 | S/N | 7,92 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 32,45 | D | | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 7,93 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 33,22 | D | | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 7,93 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 30,12 | D | | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 10,94 | B | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 40,34 | E | | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 7,67 | A | C | O-E |
| | Av. Circunvalación | 19,18 | C | | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 7,68 | A | C | O-E |
| | Av. Circunvalación | 18,82 | C | | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 8,53 | A | C | E-O |
| | Av. Integración | 21,59 | C | | S-N |
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 7,02 | A | A | O-E |
| | S/N | 6,84 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,06 | A | | E-O |
| 24 | Galilea | 7,89 | A | B | N-S |
| | Av. Integración | 12,97 | B | | O-E |

| Intersección | Calle | Tiempo de demora | Nivel de servicio | | Sentido |
|---------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|---|----------------|
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 6,81 | A | A | O-E |
| | Avenida "E" | 6,88 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,24 | A | | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 6,92 | A | A | O-E |
| | Calle Panamá | 6,91 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,5 | A | | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 8,39 | A | C | O-E |
| | Av. Integración | 18,81 | C | | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 8,29 | A | B | E-O |
| | Av. Integración | 13,82 | B | | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 7,87 | A | C | E-O |
| | Av. Integración | 15,33 | C | | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 7,91 | A | B | E-O |
| | Av. Integración | 14,14 | B | | S-N |

Fuente: Elaboración propia

*Los datos de la Tabla 29 están graficados en el Plano N° 6 que se encuentra en Anexos.

El nivel de servicio es una clasificación numérica que se define por la calidad o satisfacción del conductor al realizar su paso por una determinada intersección, pero además está relacionada directamente con el tiempo de demora de cada intersección, el nivel de servicio “A” es el de mejor calidad y el “F” es el nivel de servicio de peor condición y calidad.

El nivel de servicio de cada una de las intersecciones en su mayoría es estable al pertenecer al grupo NS de A, B y C.

Las intersecciones 10 y 3 como casos aislados presentan un nivel de servicio de la más baja calidad (E).

3.10 Paradas de transporte

Gráfica 2. Ingreso a la rotonda



Fuente: Elaboración propia

Se identificaron las paradas habilitadas en la zona, encontrando una sola parada al ingreso de la intersección 5 sobre la ruta nacional y los vehículos pesados se instalan al ingreso de la intersección 10 sin tener una parada establecida; es decir, adoptándola.

Gráfica 3. Ingreso a la rotonda desde la parada del norte



Fuente: Elaboración propia

3.11 Sector Gremial

Gráfica 4. Antes de intersección 5



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5. Ingreso intersección 5



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6. Ingreso intersección 6



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7. Ingreso intersección 8



Fuente: Elaboración propia

El sector gremial se encuentra asentado en las intersecciones indicadas impidiendo el libre transitar de los peatones por las aceras y ocasionando que varios vehículos se estacionen para adquirir los productos, influyendo en el tráfico vehicular

3.12 Surtidor Agrupa en la rotonda del mástil

Gráfica 8. Surtidor agrupa



Fuente: Elaboración propia

En el Estudio del Sector de la Rotonda del Mástil, el Surtidor Agrupa no influye en el aumento o decremento del volumen que interactúa con la rotonda, tampoco ocasiona congestión o cuellos de botella ya que próximo a la salida del surtidor se encuentran semáforos que facilitan el ordenamiento vehicular (200 vehículos por hora aprox. entre livianos, medianos, pesados y motocicletas), teniendo un aforo posterior de todos los vehículos que transitan.

Para obtener datos más amplios y detallados respecto a la influencia exacta que ejerce el Surtidor Agrupa en la zona, se deberá realizar un estudio específico del mismo.

3.13 Alternativas de solución

Las soluciones que se plantean a continuación son el resultado del procesamiento de datos obtenidos en campo, así también por medio de la observación visual.

Cada una de las soluciones planteadas a continuación están fundamentadas en cálculo de los datos aforados en campo, su procesamiento y sus resultados.

Sí las alternativas a soluciones presentadas en este estudio son tomadas en cuenta; como una necesidad ciudadana y una responsabilidad obligatoria de las autoridades políticas en garantizar la calidad de circulación de las personas en nuestra ciudad, sin sufrir percances ni retrasos, con seguridad que sus resultados serán la optimización del funcionamiento del sector de la rotonda que fue objeto de estudio.

a) SemafORIZACIÓN

El sector de la rotonda del mástil presenta semáforos de tiempo de ciclo fijo, lo que nos quiere decir que son tiempo fijos que no varían con el paso del tiempo ni del flujo vehicular, pero que estos tiempos de ciclo con los que funcionan dichos semáforos no están siendo aprovechados de la manera más óptima, por ello a través de los cálculos correspondientes sugerimos el cambio del tiempo de ciclo de los semáforos por unos tiempos calculados en función a parámetros como el volumen de vehículos que circulan esas intersecciones, capacidad de servicio, etc.

El cambio de los tiempos de ciclo de los semáforos permitirá que las intersecciones con mayor flujo de tráfico puedan tener mayor tiempo en el color verde del semáforo dando como resultado un mejor flujo vehicular, menores colas y mejores niveles de servicio. Se sugiere cambiar los tiempos de ciclo de los semáforos de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 30. Tiempo de ciclo de semáforos

| Intersección | Calle | Tiempo actual | | | Tiempo según volúmenes | | |
|--------------|--------------------|---------------|----------|-------|------------------------|----------|-------|
| | | Rojo | Amarillo | Verde | Rojo | Amarillo | Verde |
| 3 | Av. Integración | 20 | 2 | 14 | 22 | 2 | 12 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 14 | 2 | 20 |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 22 | 2 | 12 |
| | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 | 14 | 2 | 20 |
| 9 | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 | 22 | 2 | 12 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 14 | 2 | 20 |
| 10 | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 | 19 | 2 | 15 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 17 | 2 | 17 |

Fuente: Elaboración propia

b) Estacionamientos

Se propone la realización de conversatorios y programas que busquen educar a los conductores sobre las normas de tránsito, sus señalizaciones y la importancia de respetar las mismas, todo esto para el transporte público y privado.

Los estacionamientos dentro la calzada circular interior de la rotonda no son recomendados e incluso países como España tiene legislación específica donde prohíbe estas situaciones (Decreto Real 1428/2003, 2003), para ello se sugiere fortalecer el control del cumplimiento de la señalización horizontal y vertical a través de efectivos de tránsito presentes en horas pico del día o mediante cámaras puestas por el gobierno municipal de cercado existentes en la zona de estudio.

También se recomienda a las autoridades encargadas realizar inspecciones de las aceras de la rotonda que es sujeto de estudio ya que el comercio tiene presencia fuerte dentro del sector de la rotonda y también al margen próximo de la misma.

c) Señalización

La señalización es un aspecto fundamental dentro de la ingeniería de tránsito, obras como las rotondas dependen en gran medida de un buen sistema de señalización que otorgue instrucciones claras a los conductores para su óptimo funcionamiento.

Se recomienda implementar la señalización respectiva de acuerdo al siguiente cuadro, cada tipo de señalización presenta una serie de números que son las intersecciones que precisan contar con esa señal particular.

Tabla 31. Señalizaciones

| | Tipos de señales | Intersecciones |
|-----------------------|---|--|
| Señales Horizontales | Implementar Rayas separadoras de carriles | 2, 1, 3, 13, 4, 5, 12, 6, 8, 9, 10, 11 |
| | Implementar rayas centrales | 1, 4, 6, 8, 11, 13 |
| | Implementar rayas de parada | 1, 3, 5, 12, 7, 9, 10, 11 |
| | Implementar rayas de cruce de peatones | 2, 3, 4, 12, 5, 7, 9, 10, 11 |
| | Implementar marcas de estacionamiento permitido | 7, 2 |
| | Implementar marcas de estacionamiento prohibido | 1, 3, 5, 9, 10, 11, 13 |
| | Implementar marcas reguladoras | 2, 3, 5, 4, 12, 6, 8, 9, 10, 11, 13 |
| | Implementar postes delineadores | 13, 8 |
| | Implementar marcas de parada de buses | 4, 8 |
| | Implementar señalización de Pare | 3, 5, 12, 7, 9, 10, 11 |
| Señales Verticales | Prohibido estacionar | 10, 13, 2 |
| | Permitido estacionar | 12 |
| | No girar a la derecha | 5, 7, 9 |
| | Señal de identificación | 4, 8, 11, 2 |
| | Velocidad máxima | 4, 8, 2, 11 |
| | Paso peatonal | 3, 12, 7, 9, 10, 11 |
| | Intersección de sentido giratorio obligatorio | 4, 5, 2, 8, 11 |
| | Ceda el paso | 2, 4 |
| Reductor de velocidad | 12, 7, 8, | |

Fuente: Elaboración propia

d) Niveles de servicio

Para poder mejorar la calidad en el nivel de servicio de las intersecciones que componen nuestro estudio se calculó un nuevo nivel de servicio, introduciendo los cálculos de los tiempos de ciclo recomendados, la capacidad vehicular determinada, y sobre todo asumiendo que por medio de la señalización correcta y el respeto a los lugares de no estacionarse, determinamos nuevos niveles de servicio pasando en algunos casos de poseer niveles de servicio (F) a un nivel de servicio (C).

Estos nuevos niveles de servicio no habrían sido posibles si no se hubiese realizado un estudio de tráfico vehicular con todas las variables que intervienen en el funcionamiento de la rotonda del mástil. A continuación, se presenta los niveles de servicio como parte de la solución al funcionamiento de la rotonda.

Tabla 32. Nivel de servicio sin solución en el horario 17:00 - 18:00 am.

| Intersección | Calle | Sin soluciones | | | Aplicando soluciones | | | Sentido |
|--------------|--------------------|----------------|-------------------|---|----------------------|-------------------|---|---------|
| | | Tiempo demora | Nivel de servicio | | Tiempo demora | Nivel de servicio | | |
| 3 | Av. Integración | 30,48 | C | E | 27,08 | C | C | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 97,21 | F | | 37,73 | D | | O-E |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 23,21 | C | C | 23,21 | C | C | E-O |
| | Av. Circunvalación | 19,39 | B | | 19,39 | B | | S-N |
| 9 | Av. Circunvalación | 19,21 | B | C | 19,21 | B | C | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 21,39 | C | | 21,39 | C | | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 23,33 | C | E | 23,33 | C | C | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 103,74 | F | | 24,08 | C | | O-E |

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de servicio mostrados mejoraron considerablemente, esto debido a que se introdujo en los cálculos los nuevos tiempos de ciclo de semáforos ajustados al flujo vehicular, se amplió el número de carriles en determinadas intersecciones asumiendo que los vehículos respetarían la señalización puesta en la rotonda.

Se puede observar que el nivel de servicio en intersecciones eran malos pero con la puesta de las soluciones propuestas mejoraron, pasando de tener un nivel de servicio F

a uno de C, también se puede evidenciar que existen accesos donde se aumentó la demora o en sus caso el nivel de servicio sufrió un aumento de la demora, esto se debe a que no se cambiaron los volúmenes de tránsito vehicular, lo que se hizo fue redistribuir y optimizar el rendimiento de la rotonda sobre todo en sus intersecciones principales de mayor demanda.

Los accesos “3”, “10”, pasaron de tener un N.S. “F” a tener un “C”.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

a) Conclusión niveles de servicio

Se identificaron los puntos con mayores problemas del estudio, realizado mediante el aforo, encontrando los niveles de servicio más conflictivos.

Tabla 33. Niveles de servicio

| Intersección | Calle | Tiempo demora | Nivel de servicio | | Sentido |
|--------------|--------------------|---------------|-------------------|---|---------|
| 1 | Av. Integración | 22,92 | C | C | S-N |
| | Calle Galilea | 8,81 | A | | E-O |
| 2 | Av. Integración | 11,23 | B | B | S-N |
| | Calle Manuel León | 7,82 | A | | E-O |
| 3 | Av. Integración | 30,48 | C | E | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 97,21 | F | | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 30,91 | D | D | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 23,21 | C | C | E-O |
| | Av. Circunvalación | 19,39 | B | | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 34,89 | D | D | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 10,26 | B | | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 10,82 | B | D | E-O |
| | Av. Circunvalación | 29,63 | D | | N-S |
| 8 | Av. Circunvalación | 34,82 | D | D | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 19,21 | B | C | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 21,39 | C | | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 23,33 | C | E | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 103,74 | F | | O-E |

| Intersección | Calle | Tiempo demora | Nivel de servicio | | Sentido |
|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---|----------------|
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 6,76 | A | A | O-E |
| | Calle S/N | 6,68 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,03 | A | | E-O |
| 12 | Av. Integración | 16,77 | C | C | N-S |
| | Av Canadá | 7,71 | A | | O-E |
| | Calle Costa Rica | 7,58 | A | | S-N |
| 13 | Av. Integración | 17,06 | C | C | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 7,92 | A | | E-O |
| 14 | S/N | 8,05 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 27,36 | D | | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 7,94 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 34,54 | D | | N-S |
| 16 | S/N | 7,92 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 32,45 | D | | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 7,93 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 33,22 | D | | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 7,93 | A | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 30,12 | D | | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 10,94 | B | D | O-E |
| | Av. Circunvalación | 40,34 | E | | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 7,67 | A | C | O-E |
| | Av. Circunvalación | 19,18 | C | | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 7,68 | A | C | O-E |
| | Av. Circunvalación | 18,82 | C | | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 8,53 | A | C | E-O |
| | Av. Integración | 21,59 | C | | S-N |

| Intersección | Calle | Tiempo demora | Nivel de servicio | | Sentido |
|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---|----------------|
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 7,02 | A | A | O-E |
| | S/N | 6,84 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,06 | A | | E-O |
| 24 | Galilea | 7,89 | A | B | N-S |
| | Av. Integración | 12,97 | B | | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 6,81 | A | A | O-E |
| | Avenida "E" | 6,88 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,24 | A | | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 6,92 | A | A | O-E |
| | Calle Panamá | 6,91 | A | | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 7,5 | A | | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 8,39 | A | C | O-E |
| | Av. Integración | 18,81 | C | | N-S |
| 28 | av. Jerusalén | 8,29 | A | B | E-O |
| | Av. Integración | 13,82 | B | | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 7,87 | A | C | E-O |

Fuente: Elaboración propia

Debido al volumen de vehículos que transitan en las intersecciones 3 y 10, éstas fueron identificadas como las más conflictivas.

b) Conclusión estacionamientos

La evaluación de los estacionamientos en el sector de la rotonda del mástil fue realizada por medio de la oferta y la demanda, que es el número de veces que una intersección es usada para estacionarse. Sin embargo, se aclara que los estacionamientos dentro de una rotonda están prohibidos y en teoría no podríamos haber realizado el estudio en una zona donde no es permitido estacionarse, pero se hizo el trabajo tomando en cuenta el caso omiso que hacen los conductores a las normas y los resultados de la evaluación son evidentes.

Mencionado este aspecto, hacemos notar que el cálculo de la capacidad de estacionamientos nos sirvió para determinar las posibles soluciones que permitan optimizar el funcionamiento del sector de la rotonda del mástil.

Una de las causas de los malos estacionamientos es el comercio informal a través de la venta de alimentos, productos, etc. que ocasionan que los conductores se estacionen para consumir los mismos, esto genera que el número de carriles con los que debe funcionar la rotonda sea reducido causando demoras, colas y un mal nivel de servicio de las intersecciones.

A continuación, presentamos el cálculo de estacionamientos de las intersecciones que componen nuestra zona de estudio.

Tabla 34. Demanda de estacionamientos

| Intersección | Calle | fp | Fv | Volumen | Vehículos estacionado | f índice ocup | Parque Automotor | Demanda |
|--------------|--------------------|------|------|---------|-----------------------|---------------|------------------|---------|
| 1 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 866,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,09 |
| | Calle Galilea | 0,36 | 0,00 | 84,00 | 10,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,08 |
| 2 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 794,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,09 |
| | Calle Manuel León | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 10,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,10 |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,01 | 870,00 | 15,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,04 |
| 6 | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 841,00 | 7,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,28 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 205,00 | 12,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,14 |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 172,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,16 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 894,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,23 |
| 8 | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 921,00 | 8,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,41 |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 7,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,13 |
| | Calle S/N | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 8,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,12 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 15,00 | 15,00 | 0,05 | 69618,00 | 0,27 |

| Intersección | Calle | fp | Fv | Volumen | Vehículos estacionados | f índice ocup | Parque Automotor | Demanda |
|---------------------|----------------------|-----------|-----------|----------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------|
| 12 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 668,00 | 15,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,07 |
| | Av Canadá | 0,36 | 0,00 | 10,00 | 45,00 | 0,12 | 69618,00 | 0,42 |
| | Calle Costa Rica | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 35,00 | 0,09 | 69618,00 | 0,38 |
| 13 | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 837,00 | 40,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,37 |
| | Calle Los Apóstoles | 0,36 | 0,00 | 12,00 | 20,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,07 |
| 14 | S/N | 0,36 | 0,00 | 20,00 | 10,00 | 0,01 | 69618,00 | 0,10 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 862,00 | 50,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,23 |
| 15 | Calle Lazareto | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 12,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,12 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 854,00 | 45,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,41 |
| 16 | S/N | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 15,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,15 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 840,00 | 45,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,54 |
| 17 | Av. Camila Moreno | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 30,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,11 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 848,00 | 60,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,22 |
| 18 | Calle 15 de Junio | 0,36 | 0,00 | 16,00 | 20,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,13 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 822,00 | 70,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,50 |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 0,36 | 0,00 | 202,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,21 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 785,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,51 |
| 20 | Calle Tomayapo | 0,36 | 0,00 | 9,00 | 15,00 | 0,06 | 69618,00 | 0,21 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 715,00 | 45,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,45 |
| 21 | Calle Calderillas | 0,36 | 0,00 | 13,00 | 20,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,14 |
| | Av. Circunvalación | 0,36 | 0,01 | 707,00 | 50,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,35 |
| 22 | Calle Centro América | 0,36 | 0,00 | 30,00 | 15,00 | 0,01 | 69618,00 | 0,08 |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 851,00 | 20,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,06 |

| Intersección | Calle | fp | Fv | Volumen | Vehículos estacionados | f índice ocup | Parque Automotor | Demanda |
|--------------|------------------------|------|------|---------|------------------------|---------------|------------------|---------|
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 16,00 | 25,00 | 0,05 | 69618,00 | 0,26 |
| | S/N | 0,36 | 0,00 | 14,00 | 20,00 | 0,06 | 69618,00 | 0,28 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 28,00 | 35,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,42 |
| 24 | Galilea | 0,36 | 0,00 | 32,00 | 22,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,44 |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 552,00 | 25,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,26 |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 23,00 | 30,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,36 |
| | Avenida "E" | 0,36 | 0,00 | 11,00 | 15,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,17 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 65,00 | 45,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,68 |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 21,00 | 45,00 | 0,09 | 69618,00 | 0,68 |
| | Calle Panamá | 0,36 | 0,00 | 21,00 | 25,00 | 0,05 | 69618,00 | 0,38 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 0,36 | 0,00 | 111,00 | 45,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,68 |
| 27 | Calle Centro América | 0,36 | 0,00 | 51,00 | 12,00 | 0,01 | 69618,00 | 0,08 |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 685,00 | 15,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,15 |
| 28 | Av. Jerusalén | 0,36 | 0,00 | 23,00 | 17,00 | 0,03 | 69618,00 | 0,22 |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 808,00 | 30,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,11 |
| 29 | Calle Emaus | 0,36 | 0,00 | 8,00 | 20,00 | 0,04 | 69618,00 | 0,10 |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 828,00 | 40,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,15 |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 0,36 | 0,00 | 14,00 | 12,00 | 0,02 | 69618,00 | 0,11 |
| | Av. Integración | 0,36 | 0,01 | 817,00 | 50,00 | 0,00 | 69618,00 | 0,26 |

Fuente: Elaboración propia

El estudio realizado en las intersecciones nos muestra de que no existen problemas con los estacionamientos.

c) Conclusión semáforos

Realizada la evaluación de la semaforización del sector de la rotonda del mástil, se encontraron semáforos de tiempos de ciclo fijo, que no varían conforme el día ni la hora. Con el aforo de vehículos y el cálculo de los datos obtenidos se recalcularon los

tiempos de ciclo que ayudarán a mejorar el flujo vehicular y a optimizar los tiempos de verde de los semáforos, ajustados a los volúmenes vehiculares que circulan por cada intersección.

A continuación, se mostrará el tiempo de ciclo existente y el tiempo de ciclo calculado y recomendado.

Tabla 35. Resultados de semaforización

| Inters. | Calle | Tiempo actual | | | Tiempo según volúmenes | | |
|---------|--------------------|---------------|----------|-------|------------------------|----------|-------|
| | | Rojo | Amarillo | Verde | Rojo | Amarillo | Verde |
| 3 | Av. Integración | 20 | 2 | 14 | 22 | 2 | 12 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 14 | 2 | 20 |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 22 | 2 | 12 |
| | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 | 14 | 2 | 20 |
| 9 | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 | 22 | 2 | 12 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 14 | 2 | 20 |
| 10 | Av. Circunvalación | 20 | 2 | 14 | 19 | 2 | 15 |
| | Ruta Nacional N° 1 | 16 | 2 | 18 | 17 | 2 | 17 |

Fuente: Elaboración propia

d) Conclusión señalización

La señalización horizontal y vertical en el sector de la rotonda del mástil es deficiente, no cuenta con toda la señalización necesaria propia de una rotonda y además no se realiza el mantenimiento correspondiente de esta señalización desde su ejecución, por lo que en su mayoría esta desapareció por su constante uso.

La señalización en una rotonda es parte vital para el buen desempeño y funcionamiento de la misma, esta denota señales claras a los conductores que, en caso de cumplirlas, su paso por la rotonda no genera mayores inconvenientes y será mejor la experiencia de circulación.

En las señalizaciones horizontales se precisa implementar la señalización necesaria y realizar el mantenimiento de la señalización existente.

A continuación, se muestra el tipo de señalizaciones que se necesitan implementar en nuestra zona de estudio acompañada de las intersecciones que lo necesiten.

Tabla 36. Señalizaciones a ser implementadas

| Clasificación | Señalizaciones | |
|----------------------|---|--|
| | Tipo de señalización | Intersecciones |
| Señales Horizontales | Implementar Rayas separadoras de carriles | 2, 1, 3, 13, 4, 5, 12, 6, 8, 9, 10, 11 |
| | Implementar rayas centrales | 1, 4, 6, 8, 11, 13 |
| | Implementar rayas de parada | 1, 3, 5, 12, 7, 9, 10, 11 |
| | Implementar rayas de cruce de peatones | 2, 3, 4, 12, 5, 7, 9, 10, 11 |
| | Implementar marcas de estacionamiento permitido | 7, 2 |
| | Implementar marcas de estacionamiento prohibido | 1, 3, 5, 9, 10, 11, 13 |
| | Implementar marcas reguladoras | 2, 3, 5, 4, 12, 6, 8, 9, 10, 11, 13 |
| | Implementar postes delineadores | 13, 8 |
| | Implementar marcas de parada de buses | 4, 8 |
| | Implementar señalización de Pare | 3, 5, 12, 7, 9, 10, 11 |
| Señales Verticales | Prohibido estacionar | 10, 13, 2 |
| | Permitido estacionar | 12 |
| | No girar a la derecha | 5, 7, 9 |
| | Señal de identificación | 4, 8, 11, 2 |
| | Velocidad máxima | 4, 8, 2, 11 |
| | Paso peatonal | 3, 12, 7, 9, 10, 11 |
| | Intersección de sentido giratorio obligatorio | 4, 5, 2, 8, 11 |

| | | |
|--|-----------------------|-----------|
| | Ceda el paso | 2, 4 |
| | Reductor de velocidad | 12, 7, 8, |

Fuente: Elaboración propia

e) Conclusión capacidad vehicular

Se determinó la capacidad vehicular de cada una de las intersecciones del sector de la rotonda del mástil encontrando que existen intersecciones donde la capacidad vehicular fue rebasada en horarios pico, esto debido a malos tiempos de ciclo de semáforos y vehículos estacionados de manera indebida.

Los datos de los aforos vehiculares permitieron estimar la capacidad vehicular de cada una de las intersecciones pertenecientes a la zona de estudio, esta capacidad vehicular entendida como la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por una calle o intersección bajo condiciones reales de circulación y control.

A continuación, presentamos los resultados de la capacidad vehicular determinada en nuestro estudio.

Tabla 37. Capacidad (veh/hr)

| Intersección | Calle | Capacidad | Volumen actual | % Uso | Sentido |
|---------------------|--------------------|------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| 1 | Av. Integración | 874 | 866 | 99,08 | S-N |
| | Calle Galilea | 703 | 84 | 11,95 | E-O |
| 2 | Av. Integración | 916 | 794 | 86,68 | S-N |
| | Calle Manuel León | 757 | 12 | 1,59 | E-O |
| 3 | Av. Integración | 1127 | 907 | 80,48 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1649 | 1756 | 106,49 | O-E |
| 4 | Ruta Nacional N° 1 | 954 | 870 | 91,19 | E-O |
| 5 | Ruta Nacional N° 1 | 1236 | 683 | 55,26 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 1838 | 1344 | 73,12 | S-N |
| 6 | Av. Circunvalación | 801 | 841 | 104,99 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 699 | 205 | 29,33 | E-O |
| 7 | Ruta Nacional N° 1 | 631 | 172 | 27,26 | E-O |
| | Av. Circunvalación | 817 | 894 | 109,42 | N-S |

| Intersección | Calle | Capacidad | Volumen actual | % Uso | Sentido |
|---------------------|----------------------|------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| 8 | Av. Circunvalación | 901 | 921 | 102,22 | N-S |
| 9 | Av. Circunvalación | 1206 | 417 | 34,58 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1833 | 1243 | 67,81 | E-O |
| 10 | Av. Circunvalación | 1131 | 679 | 60,04 | N-S |
| | Ruta Nacional N° 1 | 1230 | 1299 | 105,61 | O-E |
| 11 | Ruta Nacional N° 1 | 967 | 11 | 1,14 | O-E |
| | Calle S/N | 991 | 12 | 1,21 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 916 | 22 | 2,4 | E-O |
| 12 | Av. Integración | 915 | 668 | 73,01 | N-S |
| | Av Canadá | 774 | 10 | 1,29 | O-E |
| | Calle Costa Rica | 797 | 12 | 1,51 | S-N |
| 13 | Av. Integración | 916 | 837 | 91,38 | S-N |
| | Calle Los Apóstoles | 742 | 12 | 1,62 | E-O |
| 14 | S/N | 732 | 20 | 2,73 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 912 | 862 | 94,52 | N-S |
| 15 | Calle Lazareto | 738 | 11 | 1,49 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 918 | 854 | 93,03 | N-S |
| 16 | S/N | 741 | 11 | 1,48 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 917 | 840 | 91,6 | N-S |
| 17 | Av. Camila Moreno | 740 | 11 | 1,49 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 920 | 848 | 92,17 | N-S |
| 18 | Calle 15 de Junio | 745 | 16 | 2,15 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 914 | 822 | 89,93 | N-S |
| 19 | Av. Jorge Majluf | 653 | 202 | 30,93 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 827 | 785 | 94,92 | N-S |
| 20 | Calle Tomayapo | 779 | 9 | 1,16 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 918 | 715 | 77,89 | N-S |
| 21 | Calle Calderillas | 780 | 13 | 1,67 | O-E |
| | Av. Circunvalación | 916 | 707 | 77,18 | N-S |
| 22 | Calle Centro América | 679 | 30 | 4,42 | E-O |
| | Av. Integración | 905 | 851 | 94,03 | S-N |

| Intersección | Calle | Capacidad | Volumen actual | % Uso | Sentido |
|---------------------|------------------------|------------------|-----------------------|--------------|----------------|
| 23 | Ruta Nacional N° 1 | 911 | 16 | 1,76 | O-E |
| | S/N | 950 | 14 | 1,47 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 914 | 28 | 3,06 | E-O |
| 24 | Galilea | 767 | 32 | 4,17 | N-S |
| | Av. Integración | 905 | 552 | 60,99 | O-E |
| 25 | Ruta Nacional N° 1 | 968 | 23 | 2,38 | O-E |
| | Avenida "E" | 938 | 11 | 1,17 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 914 | 65 | 7,11 | E-O |
| 26 | Ruta Nacional N° 1 | 938 | 21 | 2,24 | O-E |
| | Calle Panamá | 940 | 21 | 2,23 | S-N |
| | Ruta Nacional N° 1 | 910 | 111 | 12,2 | E-O |
| 27 | Calle Centro América | 718 | 51 | 7,1 | O-E |
| | Av. Integración | 895 | 685 | 76,54 | N-S |
| 28 | Av. Jerusalén | 702 | 23 | 3,28 | E-O |
| | Av. Integración | 909 | 808 | 88,89 | S-N |
| 29 | Calle Emaus | 746 | 8 | 1,07 | E-O |
| | Av. Integración | 918 | 828 | 90,2 | S-N |
| 30 | Av. Santísima Trinidad | 747 | 14 | 1,87 | E-O |
| | Av. Integración | 915 | 817 | 89,29 | S-N |

Fuente: Elaboración propia

En una revisión simple se puede observar que existen intersecciones que ya sobrepasaron la capacidad vehicular con la que cuenta su intersección en los horarios pico del día.

4.2 Recomendaciones

- a) Se recomienda que se modifiquen los tiempos de ciclo de los semáforos acorde al volumen vehicular de cada intersección para reducir el tiempo de demora y optimizar el flujo vehicular en la zona de estudio.
- b) Se recomienda al Gobierno Municipal de Tarija controlar la proliferación del comercio informal dentro de las aceras principales del sector de la rotonda para evitar que conductores irresponsables estacionen sus vehículos en lugares que no es permitido.
- c) Se recomienda a los representantes de las juntas vecinales y presidentes de zonas cercanas al sector de la rotonda del mástil solicitar al municipio el mantenimiento de la señalización y calzada de la zona de estudio, y al Gobierno Autónomo Municipal de Tarija la implementación de la señalización mencionada en el presente estudio.