

CAPÍTULO I
PERFIL DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO I

PERFIL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El parque automotor, una población que cada día crece más y más sin que exista algún control por parte de las autoridades competentes, la necesidad que tienen las personas de transportarse de un lugar a otro y la deficiencia del transporte público hacen que las personas obtén por la compra de un vehículo, además las facilidades que ofrecen las empresas de venta de automóviles donde facilitan la compra de un vehículo en cómodas cuotas ocasionan que el incremento de vehículos en circulación sea demasiado para la capacidad con la que fueron diseñadas las calles urbanas y periurbanas de la ciudad de Tarija, todas estas causas ocasionan problemas como el congestionamiento vehicular, que generalmente se presentan en las horas pico de la ciudad.

En 2018 el presidente del colegio de arquitectos de Tarija (CAT), Pablo Aguirre Hevia y Vaca afirmó que las horas pico generalmente se dan al inicio de cada mañana entre las 07:00 a 08:30am, al medio día y entre las 18:00 a 20:00 pm del día, horarios donde las personas se dirigen a sus fuentes laborales, estudiantes a sus colegios y de igual manera por las tardes culminando su jornada laboral de regreso a sus hogares.

En la ciudad de Tarija, no existe un plan vial general, que tenga como objetivo descongestionar el tráfico vehicular y en la actualidad se puede observar que los problemas son paleados con personal de tránsito, con la instalación puntual de semáforos, todo a requerimiento de presidentes de barrio o por causa de algún accidente de tránsito mas no mediante un estudio de tráfico.

Por esta razón es importante poder realizar un estudio de tráfico en la Av. Potosí, avenida que tiene muchos problemas de tráfico en ciertas intercesiones. El poder conocer el comportamiento de la circulación vehicular en dicha zona nos permitirá verificar si los sistemas de semaforización y señalización son suficientes y están bien diseñados para intentar paliar con los problemas que presenta la circulación vehicular en esta zona.

El lograr con éxito el presente proyecto permitirá que las autoridades encargadas de la viabilidad urbana puedan realizar una actualización a los ciclos de los sistemas de

semaforización ya instalados en la zona de estudio siempre que fuese necesario, así beneficiando indirectamente a la población tanto peatonal y de manera directa a los usuarios de vehículos que circulan en la zona generando un ordenamiento y un tráfico fluido en la zona de estudio.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Tarija es considerada como una ciudad pequeña sin embargo en la actualidad esto no es así, el crecimiento de la población hizo que lo que considerábamos zonas periféricas hoy en día son zonas céntricas. La mancha urbana en nuestra ciudad ha crecido centrifugando la mayoría de las entidades gubernamentales y fuentes de trabajo en el centro de la ciudad lo que provoca que el movimiento de tráfico vehicular hacia el centro de la ciudad crezca.

Este incremento vehicular se ve reflejado en la saturación del flujo vehicular durante gran parte del día en algunos tramos de la Av. Potosí, como es la intersección con la Av. Paz la calle Junín y la Méndez. La falta de regularización en los semáforos como la cantidad de viajes realizados desde la periferia al centro de la ciudad genera la formación de largas filas de vehículos, accidentes de tránsito y el descontento general de la población; lo que se constituye en un verdadero problema social que limita la calidad de vida de los ciudadanos.

El conocer el comportamiento de la circulación vehicular en la Avenida Potosí es muy importante ya que en la misma se tiene zonas de recreo como ser el estadio IV Centenario además de entidades públicas “SEDES” y el Hospital Obrero zonas que son demasiado concurrentes día a día.

El realizar un estudio de tráfico vehicular nos brindara alternativas de solución a los problemas que cuenta la zona estudiada tales como el congestionamiento vehicular siendo de alto beneficio para la sociedad que realiza su día a día por esta zona.

Académicamente el presente proyecto, nos permitirá aplicar los conocimientos obtenidos durante el transcurso de la etapa universitaria y por consecuencia el complementar los conocimientos en la ingeniería de tráfico, otorgando así la experiencia de campo para

posteriores proyectos reduciendo el déficit en la vida laboral que al culminar la carrera se afrontará.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Situación problemática

A medida que la sociedad se desarrolla, se incrementa la necesidad de conectare e integrar las actividades que se llevan a cabo en diferentes lugares, es ahí cuando la movilidad de personas y bienes constituye una actividad fundamental en la sociedad; es tan esencial, que sus perturbaciones afectan de manera directa el funcionamiento de las actividades productivas, comerciales, culturales y de servicio.

La movilidad se conforma por la demanda y la oferta, estas se representan por los desplazamientos diarios que realizan las personas, ya sea por trabajo, estudio o entretenimiento, a través de un sistema de transporte que circula por determinadas redes viales de una ciudad. La deficiencia de la movilidad es percibida por parte de los ciudadanos y sectores productivos, quienes necesitan transportarse o trasportar productos de comercio.

Es el desequilibrio entre la oferta y la demanda es lo que genera problemas de congestión vehicular y contribuye al retraso en el desarrollo de la movilidad.

En Bolivia la situación en la que se encuentra movilidad no es diferente a la de otros países el congestionamiento vehicular se fue presentando con mayor frecuencia en todo el centro urbano de cada departamento, la necesidad de transportarse genera que la población misma opte por comprar un vehículo y la falta de fuentes de trabajo provoca que la población decida trabajar como transporte publico estas acciones provocan incidencias negativas que derivan en el crecimiento excesivo del parque automotor y consecuentemente el congestionamiento vehicular.

En Tarija se prevé que los sistemas de calles urbanas se vean saturadas debido al alto ingreso de automóviles y la no construcción de redes de caminos para conectar las nuevas manchas urbanas.

Así mismo, en Tarija eje urbano tiene un crecimiento por dos bandas lo que genera que el proceso de urbanización continúe. La concentración de fuentes de empleo, entidades

gubernamentales, centros de salud y colegios, en el centro de la ciudad obliga a la movilización masiva de gente desde las zonas periféricas hacia este sector en determinadas horas. Esto genera que el sistema vial tenga que operar por arriba de su capacidad normal con fin de satisfacer los incrementos demandados por los servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos de transporte público y privado.

El problema que contiene la Av. Potosí es el congestionamiento vehicular, este problema se debe a que la avenida estudiada fue construida con el fin de ser una alternativa de salida rápida del centro de la ciudad sin embargo en la actualidad esta avenida ha quedado siendo parte del mismo centro de la ciudad donde la circulación vehicular es continua durante el día y problemática durante las horas pico.

Es importante realizar un estudio de tráfico vehicular en esta zona porque la misma tiene diferentes zonas concurridas por parte de la población como ser el estadio IV Centenario, el centro de salud SEDES la Iglesia católica San Juan y el hospital Obrero además de colindar con el Parque Bolívar. Es vital poder conocer como es el comportamiento en la circulación vehicular en esta zona para así poder contribuir con medidas paliativas de mitigación a los problemas que tiene la circulación vehicular en esta zona y puedan ser aplicados por parte de las entidades encargadas de la movilidad urbana.

1.3.2 Problema

¿De qué manera mejorara la circulación vehicular en la Avenida Potosí realizando un estudio de tráfico vehicular aforando puntos estratégicos en intersecciones?

1.4 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Realizar un estudio tráfico vehicular, mediante el análisis de los parámetros de un estudio de tráfico; volumen, velocidad, densidad, capacidad y nivel de servicio en la Av. Potosí prolongación Calle Méndez - Av. los Membrillos; con el fin de brindar alternativas de solución a los problemas de tráfico vehicular identificados en la zona de estudio.

1.4.2 Objetivos específicos

- ❖ Recopilar información de bibliografías y documentos o normativas acerca de la metodología que debe seguir un estudio de tráfico vehicular.
- ❖ Identificar los accesos que aportan tráfico vehicular a la Av. Potosí.
- ❖ Identificar las horas pico que se presentan en la Av. Potosí.
- ❖ Determinar mediante aforo los volúmenes de tráfico en los accesos a las intersecciones involucradas en el área de estudio y la velocidad con la que circulan los vehículos en a la Av. Potosí.
- ❖ Evaluar la información de aforos y determinar los parámetros; volumen, velocidad, densidad, capacidad y nivel de servicio.
- ❖ Analizar los resultados del procesamiento de la información calificar el comportamiento de tráfico en la zona de estudio.
- ❖ Proponer posibles alternativas de solución al problema de tráfico vehicular presentes en la zona, mediante un sistema de semaforización y señalización actualizado acorde a la demanda del estudio realizado.

1.5 HIPÓTESIS

¿De qué manera mejorara la circulación vehicular en la Avenida Potosí realizando un estudio de tráfico vehicular aforando puntos estratégicos intersecciones y rotondas?

Si realizamos el estudio de tráfico vehicular en los puntos estratégicos de la Av. Potosí obtendremos la información actualizada necesaria que nos permita conocer la situación actual de la circulación vehicular en la zona y ratificaremos los problemas existentes tales como el congestionamiento vehicular que se puede apreciar en ciertas intersecciones, mediante esto podremos brindar posibles soluciones a los problemas, causas que provocan el congestionamiento vehicular.

Algunos de los problemas que se pretenden mejorar son:

Deficiencia de circulación vehicular y de manera indirecta costos de operación tiempos de viaje y la tasa de accidentes que se presenta en la zona de estudio.

1.6 VARIABLES

1.6.1 Identificación de variables

Variable independiente → Estudio de tráfico vehicular

Variable dependiente → Solución a los problemas de tráfico vehicular

1.6.2 Definición operacional

Estudio de tráfico vehicular:

El estudio del tráfico vehicular se realiza con la finalidad de conocer el comportamiento de la circulación de los vehículos para brindar un aliviamiento a las vías de alto congestionamiento y también solucionar algunos problemas existentes.

Solución a los problemas de tráfico vehicular:

La solución a los problemas de tráfico depende de diferentes factores, tales como la economía y la severidad del problema a solucionar, existen 3 tipos de soluciones las soluciones integrales, las soluciones parciales de alto costo y soluciones parciales de bajo costo. Estos tipos de soluciones se aplican de acuerdo a la severidad del problema.

1.6.3 Cuadro de operación de variables

Objetivo general			
Realizar un estudio tráfico vehicular, mediante el análisis de los parámetros de un estudio de tráfico; volumen, velocidad, densidad, capacidad y nivel de servicio en la Av. Potosí prolongación Calle Méndez - Av. los Membrillos; con el fin de brindar alternativas de solución a los problemas de tráfico vehicular identificados en la zona de estudio.			
Objetivo específico	Variable	Dimensiones	Indicadores
Recopilar información de bibliografías y documentos o normativas acerca de la metodología que debe seguir un estudio de tráfico vehicular.	Independiente Estudio de tráfico vehicular.	Tipo de vías.	-Ancho de calzada. -N° de carriles. -Estacionamientos. -Semaforización -Señalización.
Identificar los accesos que aportan tráfico vehicular a la Av. Potosí.			
Determinar mediante aforo los volúmenes de tráfico en los accesos a las intersecciones involucradas en el área de estudio y la velocidad con la que circulan los vehículos en a la Av. Potosí.		Parámetros de un estudio de tráfico.	-Volumen. -Velocidad. -Densidad. -Capacidad. -Nivel de servicio.
Evaluar la información de aforos y determinar los parámetros; Volumen, Velocidad, Densidad, Capacidad y Nivel de servicio.	Dependiente Soluciones a los problemas de tráfico vehicular.	Tipo de Soluciones:	Análisis de resultados:
Proponer posibles alternativas de solución al problema de tráfico vehicular presentes en la zona, mediante un sistema de semaforización y señalización actualizado acorde a la demanda del estudio realizado.		Solución Integral. Solución parcial de alto costo. Solución parcial de bajo costo.	-Volumen. -Velocidad. -Densidad. -Capacidad. -Nivel de servicio.

1.7 DISEÑO METODOLÓGICO

1.7.1 Unidades de estudio y decisión muestral

Los elementos que serán objeto de estudio en el presente proyecto de investigación son los vehículos que circulan por las calles urbanas de la ciudad de Tarija específicamente la circulación vehicular que transita por las calles de la Av. Potosí.

1.7.1.1 Unidades de estudio

La unidad principal del estudio de tráfico del proyecto de investigación es la cantidad de vehículos que circulan por la Av. Potosí.

1.7.1.2 Población

La población que será objeto de nuestro estudio es la circulación de tráfico vehicular que transita por las calles urbanas de la ciudad de Tarija.

1.7.1.3 Muestra

La muestra de nuestro estudio es una pequeña parte de la población identificada, específicamente la muestra que será objeto de nuestra medición son la cantidad de vehículos que circulan o ingresan a las calles de la Av. Potosí clasificadas de la siguiente manera:

- ❖ Vehículos livianos: Automóviles, vagonetas de transporte público y privado jeeps y camionetas
- ❖ Vehículos medianos: Vagonetas grandes y micros
- ❖ Vehículos pesados: Camiones, volvos y vehículos de recreo

1.7.2 Métodos y técnicas empleadas

Se realizará el conteo manual de los vehículos que ingresen a la Avenida Potosí en cada una de las intersecciones, clasificándolos de acuerdo al tipo de vehículo que este sea (liviano, mediano, pesado, motos) y las maniobras que estas realicen si giran a la izquierda si giran a la derecha o si estos siguen de frente todo dentro del área en estudiada, las intersecciones a aforar son:

- ❖ Intersección N°1 Calle Méndez – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°2 Calle Cochabamba – Avenida Potosí

- ❖ Intersección N°3 Calle Delgadillo– Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°4 Calle Junín – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°5 Calle Segundino Ugarte – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°6 Calle O´Connor – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°7 Calle Ejercito – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°8 Pasaje Carlos Paz – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°9 Avenida La Paz – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°10 Pasaje Güemes – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°11 Pasaje Las Rosas – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°12 Avenida Los Membrillos – Avenida Potosí

El método Inductivo es un método de razonamiento que analiza un problema, con el fin de llegar a una solución basada en evidencia verdadera obtenida por el investigador. Para lo cual se debe seguir una serie de pasos:

1.-Observacion

La observación es el primer paso para la realización del estudio de tráfico, puesto que de esta manera podemos darnos una idea del problema que enfrenta la avenida Potosí y sus intersecciones y plantearnos una justificación del problema que deseamos resolver.

2.-Registro de la información

El registro de la información nos permite relacionar mediante datos registrados ciertas características que se pueden apreciar mediante la observación como ser la cantidad de vehículos que ingresan por una sección de vía y el caos vehicular en una intersección.

3.-Análisis de la información

El análisis de la información nos permite relacionar patrones que se presentan en diferentes intersecciones llegando así a conclusiones generales de problemas y que las aquejan, en nuestro caso veremos si existe alguna relación entre la cantidad de vehículos que transitan por una vía, sus características geométricas de la misma, las características sociológicas de la población en la zona, con el caos vehicular que se presentan en el área de estudio.

4.-Experimento

El experimento en el método inductivo nos permite realizar modificaciones de acuerdo a lo observado o registrado y a las conclusiones establecidas de acuerdo al patrón que se presenta en el estudio realizado, de esta manera se puede modificar o tomar acción para enfrentar problemas presentes e intentar lograr una mejora a la situación que se desea resolver.

En nuestro caso el experimento lo aplicaremos para plantear nuestras alternativas de solución, las cuales se tomarán de acuerdo a los resultados que se obtengan del estudio realizado.

1.7.2.1 Métodos

El estudio se pretende realizar mediante un método inductivo, puesto que se realizará en base a la recolección de datos reales y procesada en base a las metodologías ya establecidas en bibliografías realizadas por expertos, tales como la del libro Rafael Cal y Mayor Reyes + James Cárdenas Grisales, Texto del Alumno de ingeniería de tráfico del Egr. Ronald Cesar Gómez Johnson, normas de la ABC y normas AASHTO todas abocadas a la realización de estudios de tráfico.

Para la realización de un estudio de tráfico principalmente se debe conocer el problema que se desea mejorar, ya que un estudio de tráfico es demasiado amplio por lo que las bibliografías ofrecen diferentes maneras de obtener información confiable para la realización de proyectos puntuales como ser la implementación de semáforos, ampliación de vías o reordenamiento de tráfico mediante cambio de direcciones.

- 1) La norma boliviana indica que para el estudio de tráfico se debe realizar la recolección de datos mediante aforos si la zona no contara con información de la circulación vehicular, esto mediante aforos manuales durante 7 días continuos por 24 horas del día sin embargo es muy costoso y peligroso para los aforadores.
- 2) La norma americana AASTHO, con el manual HCM nos permite realizar la recolección de datos representativos mediante aforos manuales, esta norma establece que la recolección de datos se debe de realizar durante 3 días por semana durante las horas pico del día indicándonos que la información recabada es igual

de importante que la información obtenida mediante la norma ABC puesto que se está trabaja con la información crítica o de más relevancia en el diseño de un proyecto de investigación por lo que es válida en nuestro país para la realización de cualquier proyecto de tráfico.

Tabla 1: Metodología para recolección de datos

Metodología	
Norma americana AASHTO	Manual de capacidad de carreteras HCM
Aforo de volumen vehicular	Levantamiento de datos
Conocer las horas de máxima demanda o horas pico.	Zona área de estudio Tipo de Intersección
Aforos en horas pico durante cuatro semanas, dos días hábiles y uno no.	Características geométricas de la vía Composición vehicular Maniobras permitidas
Aforo de velocidad vehicular	Cálculos
Velocidad de punto requiere lecturas a 25 metros antes de una intersección.	Señalización de intersección Capacidad Nivel de servicio Semaforización
Velocidad de recorrido total requiere conocer los tiempos de circulación y demora en toda la prolongación de la vía estudiada.	

Fuente: Elaboración propia.

1.7.2.2 Técnicas y herramientas

Técnica. - Para la realización del proyecto de investigación “estudio de tráfico en la avenida Potosí” se vio por conveniente realizar el aforo manual de cada una de las intersecciones perteneciente al área estudiada, durante 3 días en las horas pico del día

Para la determinación de las horas pico se investigarán con anterioridad realizando un aforo manual durante 16 horas de (6:00am a 22:00pm) cuantificando la cantidad de vehículos que circulan por la zona despreciando el tipo vehículo y solo abocándonos en la cantidad de esta manera determinaremos las horas de máxima demanda durante el día o también conocidas horas pico.

El hecho de que el tiempo es muy corto para la realización del mismo nos lleva u optar por esta técnica sin embargo la información que será recabada será procesada mediante un análisis estadístico, depurando así información fuera de la realidad para así obtener resultados confiables que nos permitan tomar medidas paliativas a los problemas que vayamos encontrando con la realización del estudio.

Herramientas. - Al ser un proyecto que se realizara utilizando el método de recolección de datos manual mediante aforos los instrumentos o material que serán necesarios para la realización del mismo son los siguientes:

- ❖ Tablas de aforos reelaboradas, para el recuento de volumen de vehículos que circulan en el área estudiada.

Tabla 2: Tabla tipo de aforo vehicular

Aforo de vehiculos hojas de campo							
Ubicación						Fecha	
Aforador						Hoja N°	
Horas							
Desde - Hasta	Tipo	Gira al sud	Va hacia el sud	Gira al oeste	Va hacia el oeste	Totales	
	Totales						

Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

- ❖ Cronómetros digitales, para la medición de velocidades de circulación de vehículos en el área estudiada.

Imagen 1: Cronometro digital



Fuente: Obtenida de google.

- ❖ Equipo de seguridad, sombrero para el cuidado de la salud de la piel contra los rayos de sol, chaleco reflector de luz para fácil reconocimiento de la población e identificarse como un recolector de datos, conos de seguridad para la delimitación de un área estudiada.

Imagen 2: Equipo de seguridad vial



Fuente: Elaboración propia.

- ❖ Computadora portátil para el trabajo de gabinete como herramienta de ayuda para el procesamiento de toda la información recabada en los aforos manuales.

Imagen 3: Computadora portátil



Fuente: Elaboración propia.

1.7.3 Procedimientos de aplicación

Para realizar el estudio de tráfico vehicular el primer paso que se dará, será identificar las intersecciones que aportan flujo de tráfico vehicular a la Av. Potosí. Seguidamente realizaremos el aforo vehicular durante 3 días iniciando en las horas 6:00am y terminando a las 22:00pm de las intersecciones más críticas con el fin de establecer las horas pico que se presentan durante el día en la avenida potosí, plasmaremos la variación vehicular en un histograma.

Posteriormente habiendo identificando las horas de mayor circulación de vehículos se realizará el aforo manual de cada una de las intersecciones de la avenida potosí durante 1 hora en las horas picos establecidas anteriormente durante 3 días. Así mismo se realizará la recolección de las diferentes velocidades con las que circulan los vehículos en la avenida Potosí.

Por otra parte, habiendo culminado con los aforos de volúmenes iniciaremos con los aforos para el estudio de estacionamiento que puede ofrecer la avenida potosí.

Habiendo recolectado la información necesaria se realizará el procesamiento de la misma en el trabajo de gabinete con el fin de realizar un tamizado de los datos y solo trabajar con información confiable y real acorde a lo identificado en los días de recolección de datos.

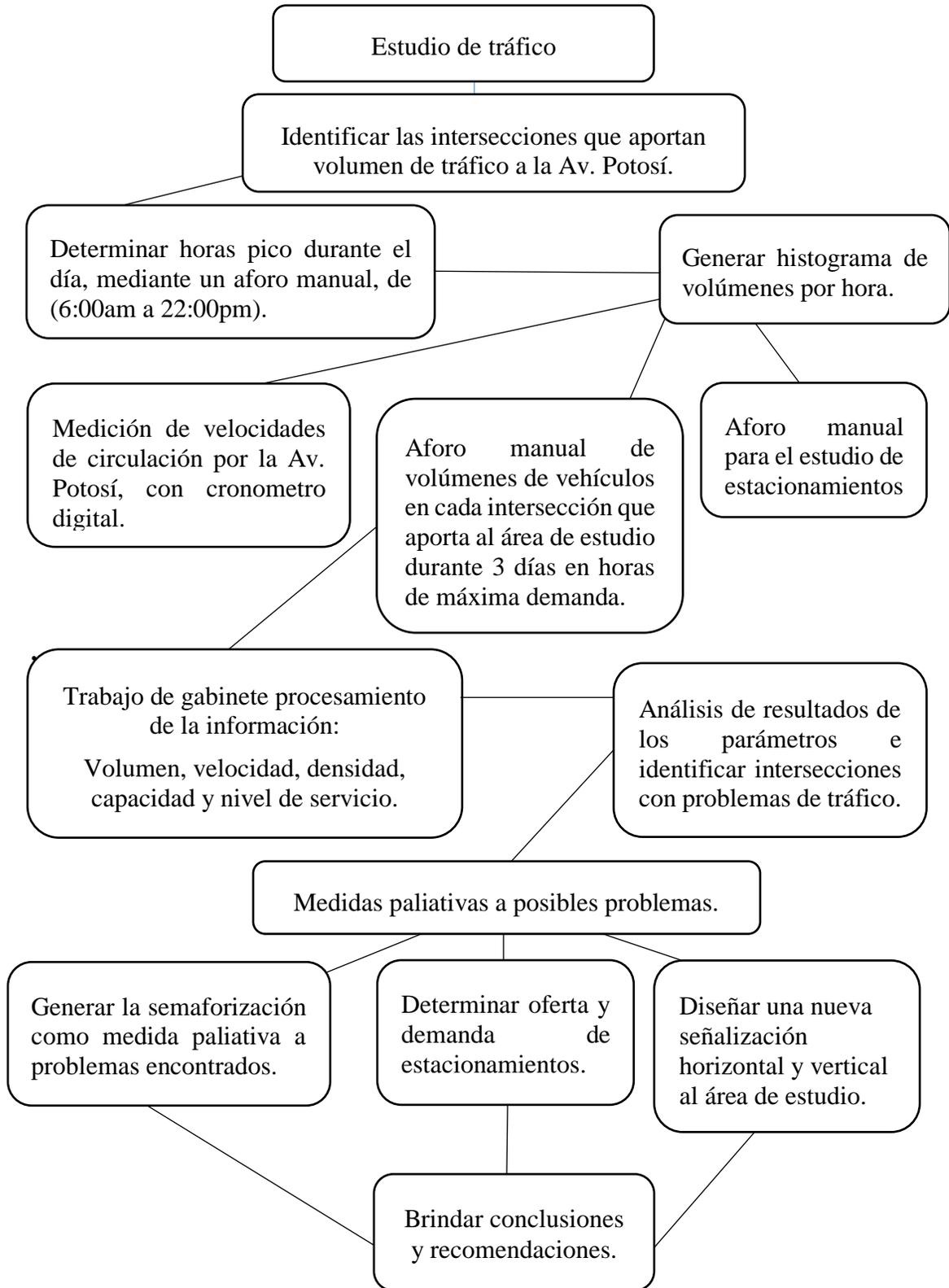
Finalmente se realizará el procesamiento de la información calculando los diferentes parámetros que contempla el estudio de tráfico tales como los volúmenes, velocidades, densidad, capacidad y nivel de servicio.

Posteriormente se realizará el análisis de los resultados obtenidos en el trabajo de gabinete y sacaremos las primeras observaciones de los problemas que se vayan identificando para luego poder tomar medidas de mitigación de las mismas.

Una vez conocida la situación de la circulación vehicular en la Av. Potosí procederemos el realizar el diseño o actualización sistemas de semaforización que se desea implementar en las intersecciones más críticas que logremos identificar. Otra medida que se tomará como parte para la reducción de los problemas de la circulación vehicular será el diseño de la señalización tanto vertical como horizontal de la Avenida Potosí.

Para finalmente concluir el proyecto de investigación brindando las conclusiones y recomendaciones que nos ha dejado el realizar el presente estudio de tráfico.

A continuación, se mostrará un flujograma del estudio a realizar:



1.7.3.1 Análisis y la interpretación de la información

El análisis y la interpretación estadística se lo realizara utilizando formulas estadísticas para datos discretos y continuos según sea la información obtenida, algunos parámetros a emplear son:

- ❖ La media
- ❖ La desviación estándar o típica
- ❖ Coeficiente de variación

1.7.3.2 La media

La media, también conocida como promedio, es el valor que se obtiene al dividir la suma de un conglomerado de números entre la cantidad de ellos.

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} ; \text{Para una muestra}$$

1.7.4 La desviación estándar o típica

La desviación estándar o desviación típica es una medida que ofrece información sobre la dispersión media de una variable. La desviación estándar es siempre mayor o igual que cero.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Donde:

N= Número de valores sumados

σ = Desviación estándar

X_i = Valor observado

\bar{X} = Media

1.8 ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un estudio de tráfico vehicular en la Av. Potosí y sus intersecciones para conocer el comportamiento de la circulación vehicular y determinar cuan grave son los problemas que presenta esta avenida.

Para poder realizar el proyecto se tienen que conocer algunas definiciones, de aspectos como ser que es un estudio de tráfico que elementos intervienen cuales son los parámetros fundamentales de un estudio de tráfico, que problemas se pueden solucionar, el costo que conllevan realizarlos, cuales son los requerimientos necesarios para poder realizarlos.

La importancia, justificación y situación problemática lo estableceremos en el capítulo I, donde además definiremos las variables de nuestro estudio, plantearemos la metodología que usaremos para poder lograr con éxito el proyecto de investigación en ella estableceremos los pasos a seguir la normas y bibliografías que utilizaremos con el fin de tener claro cómo se procederá a realizar el trabajo de recolección de datos y así mismo el proceso de información en gabinete.

Determinando la situación actual de la circulación vehicular procederemos a realizar una actualización los sistemas de semaforización que tienen esta avenida y así mismo procederemos diseñar un nuevo sistema de señalización acorde a las especificaciones técnicas indicadas en las bibliografías consultadas. Como último aporte procederemos a realizar el diseño de un sistema de estacionamiento en la zona estudiada, de manera lograr un ordenamiento y generar una disminución a los problemas que pueda presentar la Avenida Potosí.

Finalmente entregaremos las conclusiones a las cuales llegamos después de realizar el proyecto de investigación, donde analizaremos lo estudiado y generaremos las recomendaciones respectivas de acuerdo a los resultados que obtengamos además de realizar un informe con las soluciones y recomendaciones a las que lleguemos concluido el estudio de tráfico.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA

INGENIERÍA DE TRÁFICO

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

2.1 LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

La ingeniería de tráfico una rama de la ingeniería civil un área poco explorada en la actualidad, pero de gran importancia debido al desarrollo de la humanidad la falta de profesionales sin duda genera que la ingeniería de tráfico sea una materia de gran potencial para el futuro.

En un estudio de tráfico vehicular se toman en cuenta diferentes conceptos, tanto de la problemática que estudia y los parámetros que usa para determinar las soluciones a los problemas.

2.1.1 Definición

El Instituto de Ingenieros de Transporte, ITEI, citado por W. S. Hom-burger, define la ingeniería de transporte y la ingeniería de tránsito de la siguiente manera:

Ingeniería de transporte: Es la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente.

Ingeniería de tránsito: Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte".

Definición de ingeniería de tránsito según Radelat (2003):

Es una rama de la ingeniería civil cuyo objetivo es el movimiento seguro y eficiente de peatones y vehículos por vías terrestres.

La ingeniería civil que estudia los cinco elementos fundamentales del tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo, la vía y el medio ambiente y sus relaciones".

2.1.2 Que es la ingeniería de tráfico

- ❖ La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería civil cuyo objetivo es estudiar, analizar y dar soluciones a la problemática de la circulación vehicular. Y la circulación es la acción de desplazarse por una vía en vehículos que tiene como objetivo trasladar de un punto a otro pasajeros y carga.
- ❖ Un instrumento básico de un estudio de tráfico donde se requiere conocer (Volumen, velocidad, interacción, estacionamiento, accidentes, etc.).
- ❖ Son los medios constructivos que proporcionan estructuras adecuadas a los vehículos y peatones.
- ❖ Es la aplicación de leyes matemáticas, probabilidades, física y medios científicos para racionalizar la información estudios de tránsito y modelar la circulación.

2.1.3 Estudio de tráfico

Cuando se desea analizar y resolver los problemas de circulación de vehículos se requiere conocer profundamente las variables que la representa y que se denomina en forma genérica parámetros fundamentales del tráfico. Pero estas variables, para ser definidas completamente, necesita conocer varias características como el número de vehículos que circulan en la unidad de tiempo por una sección transversal de la vía, su variación a lo largo del día, de la semana, del mes o del año, la composición vehicular, las maniobras que realizan, el tiempo que tarda en recorrer una distancia, entre otras.

Los problemas de circulación de tráfico pueden resolverse o mitigarse con soluciones que emanan del conocimiento profundo del tráfico por esto es decisiva la forma y calidad de medir las características del tráfico mencionadas.

2.1.4 Metodología de estudio de tráfico vehicular

Para realizar un estudio de tráfico se deben seguir cuatro pasos sucesivos que permitirán el planteamiento del mismo, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Los cuatro pasos necesarios son los siguientes:

- ❖ Recopilación de datos
- ❖ Procesamiento y análisis
- ❖ Planteamiento de soluciones
- ❖ Seguimiento y control de resultados

2.1.5 Recopilación de datos

Para iniciar un estudio de tráfico requerimos información de campo que puede ser eminentemente técnica o también complementaria dependiendo del tipo de estudio y su magnitud, la recolección de datos abarcara aforos de velocidades, aforos de volúmenes de tráfico, demanda y oferta de estacionamientos, comportamiento de semáforos, ascenso y descenso de pasajeros en vehículos públicos, señalización, etc.

Dependerá de cada proyecto o estudio para que se tenga que recabar parte o todo de la información de campo.

2.1.6 Procesamiento y análisis

Toda información que se obtenga de la recolección de datos serán procesados, para lo cual programas informáticos pueden ser de mucha utilidad para que la información sea procesada en tablas, gráficos que ayuden a mostrar visualmente al análisis del problema.

En cuanto al presente proyecto se realizará un análisis de toda la información procesada tratando siempre en lo posible establecer relaciones entre todos los factores que se obtengan del procesamiento de la información a manera de ser lo más técnico posible.

2.1.7 Planteamiento de soluciones

Como el resultado del análisis se plantean soluciones con un orden de priorización, es decir habrá algunas actividades inmediatas, otras a mediano plazo y otras a largo plazo todas las soluciones tendrán que ser técnicas y que apunten a tener un bajo costo.

2.1.8 Seguimiento y control de resultados

No se puede considerar resuelto el problema si es que no se hace un seguimiento a las soluciones implantadas que demuestren con valores su eficiencia es probable que en esta etapa si los resultados conseguidos no son satisfactorios puedan plantearse otras alternativas de solución.

2.1.9 Magnitud del estudio de tráfico

La magnitud del estudio de tráfico dependerá del requerimiento explícito ya sea en el tema de planeación de nuevas redes urbanas u carreteras, diseño geométrico y estructural,

análisis de capacidad cálculo de tasas de accidentes, evaluaciones económicas en costos de servicios e implementación de dispositivos de control de tránsito, etc.

Los parámetros fundamentales de un estudio de tráfico pueden obtenerse mediante estudios de levantamiento de datos de campo fidedignos y estos pueden estudiarse de manera conjunta o simple dependiendo de la aplicación que se desea realizar.

Los parámetros fundamentales son:

- ❖ Volumen
- ❖ Velocidad
- ❖ Densidad
- ❖ Capacidad
- ❖ Nivel de servicio

A continuación, se realizará la explicación de lo que conlleva realizar un estudio de cada parámetro y el uso de su aplicación en el tráfico vehicular.

2.2 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE UN ESTUDIO DE TRÁFICO

Imagen 4: Parámetros fundamentales del tráfico



Fuente: Obtenida de google crome.

2.2.1 Volumen

Se entiende por volumen de tráfico, como el número de vehículos automotores que pasa por un tramo de carretera en un determinado tiempo.

Las unidades de tiempo para este volumen de tráfico son: el año, el mes, el día, la hora. Así se tiene el volumen de tráfico anual, volumen de tráfico mensual, volumen de tráfico diario, volumen de tráfico horario.

$$\text{Volumen} = \frac{N \text{ (numero de vehículos)}}{T \text{ (intervalo de tiempo)}}$$

2.2.1.1 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Es el promedio de 24 horas de conteo efectuados cada día en un año el TPDA se utiliza en varios análisis de tráfico y transporte como ser:

- ❖ Estimación del número de usuarios en una carretera
- ❖ Computo de los índices de accidentes
- ❖ Establecimiento de la tendencia del volumen del tráfico
- ❖ La evaluación de la viabilidad económica de la carretera
- ❖ Desarrollo de autopistas y sistemas arteriales de calles
- ❖ Desarrollo de programas de mejora y mantenimiento

$$\text{TPDA} = \frac{N \text{ (numero de vehículos)}}{T \text{ (365 dias)}}$$

2.2.1.2 Tráfico promedio diario (TPD)

Es el promedio de 24 horas de conteo efectuados en un número de días mayor a 1 pero menor a 1 año el TPD se puede utilizar para:

- ❖ Planeamiento de las actividades de la carretera.
- ❖ Medición de la demanda actual.
- ❖ Evaluación del flujo de tráfico existente.

$$\text{TPDA} = \frac{N \text{ (numero de vehículos)}}{T \text{ (tiempo } > 1\text{dia } < 365\text{dias)}}$$

2.2.1.3 Tráfico promedio diario (TPH)

Es el número máximo de vehículos que pasan por un tramo de carretera durante un periodo de 60 minutos consecutivos el TPH se utiliza para:

- ❖ Clasificaciones funcionales de las carreteras.

- ❖ Diseño de las características geométricas de la carretera, por ejemplo, número de carriles, señalización de intersecciones o canalización.
- ❖ Análisis de la capacidad.
- ❖ Desarrollo de programas relacionados con las operaciones del tráfico, por ejemplo, sistemas de una calle unidireccional o el encaminamiento del tráfico.
- ❖ Desarrollo de las regulaciones del estacionamiento.

$$\text{TPH} = \frac{\text{N (numero de vehículos)}}{\text{T (1 hora)}}$$

Cuando no es posible tener información sobre el tránsito promedio horario de una carretera o calle urbana se puede utilizar la relación establecida por la AASTHO y por la AIPCR organismos que han estudiado el efecto del volumen del tráfico quienes establecen la siguiente relación:

$$\text{TPH} = (12\% \text{ a } 15\%) * \text{TPD}$$

2.2.1.4 Composición de un volumen de tráfico

Se bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o calle en periodos de tiempo definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículo que circulen en ese periodo de tiempo entendiéndose como la composición del tráfico.

Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en (automóviles, camiones, autobuses, motocicletas y bicicletas).

En nuestro país, la composición vehicular del parque automotriz es muy diversa. Existen vehículos de todo tipo y características. El antiguo Servicio Nacional de Caminos de Bolivia (S.N.C) hoy en día ABC para simplificar esa diversidad de vehículos los ha clasificado en 4 grupos.

- ❖ Vehículos livianos: Automóviles, camionetas hasta 1500 kg
- ❖ Locomoción colectiva: Buses rurales e interurbanos
- ❖ Camiones: Unidad simple para transporte de carga
- ❖ Camión con semirremolque o remolque: Unidad compuesta para transporte de carga

Según sea la función del camino la composición del tránsito variará en forma importante de una a otra vía.

2.2.1.5 Clasificación de vehículos según norma de diseño

Tabla 3: Clasificación vehicular según S.N.C

Grupo de clasificación	Características del vehículo	Ancho (m)	Largo (m)	Radio mínimo de rueda	
				Delantera	Trasera
VP	Automóviles	2,10	5,80	7,30	4,70
CO	Autobuses y camiones	2,60	9,10	12,80	8,70
O	Autobuses interurbanos	2,60	12,20	12,80	7,10
SR	Camiones semirremolque	2,60	16,80	13,70	6,00

Fuente: Servicio nacional de caminos.

2.2.1.6 Configuración vehicular por tipo de ejes

La clasificación vehicular es una ordenación técnico - administrativo de vehículos motorizados que son impulsados de forma mecánica o por electricidad que circulan por la vía pública, en el cual cualquier persona o mercancía puede ser transportada. Consideramos los vehículos livianos y pesados, con una breve descripción de los mismos.

Imagen 5: Clasificación vehicular según la ABC

Código	Clase de vehículo	Grafico
1	Automóviles y vagonetas	
2	Camionetas hasta 2 toneladas	
3	Minibuses hasta 15 pasajeros	
MB	Microbuses hasta 21 pasajeros	
B2	Bus mediano	
B3	Bus grande	
C2M	Camión mediano	
C2	Camión grande	
C3	Camión grande 3 ejes	
CSR	Camión con semiremolque	
CR	Camión con remolque	
12	Otros vehículos	
13	Motocicletas	

Fuente: Elaboración propia en base a los requerimientos de la ABC

2.2.1.7 Recuento de volumen de tráfico

Existen diferentes tipos para obtener datos sobre volúmenes de tráfico, podemos mencionar:

- ❖ Método manual
- ❖ Método automático

2.2.1.8 Método manual

El aforo de tráfico mediante el uso de planillas de conteo. - El conteo manual es un método para obtener datos de volúmenes de tráfico a través del uso de personal de campo conocido como aforadores de tráfico. Los aforos manuales son usados cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos. El método manual permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo, número de ocupantes y otras características. Registro de movimiento de vueltas y otros movimientos, tanto vehiculares como de peatones. Los conteos manuales son usados frecuentemente para comprobar la exactitud de los contadores mecánicos.

Este tipo de recuento también es necesario cuando los requisitos para el mismo son poco comunes. Por ejemplo, cuando se necesitan conteos durante periodos de tiempo corto. Algunas veces las malas condiciones de tiempo interfieren con el uso de contadores mecánico de tráfico y, claro está, si no se dispone de equipo automático, el aforo deberá realizarse manualmente.

Una desventaja grande de este método de conteo, es la manutención de aforadores de tráfico por tiempos prolongados, es costoso.

El personal de campo registra los datos del conteo en formularios diseñados específicamente para cada caso particular.

A continuación, se presenta un modelo de formulario de conteo manual:

Tabla 4: Tabla tipo de aforo manual

Aforo de vehiculos hojas de campo							
Ubicación						Fecha	
Aforador						Hoja N°	
Horas							
Desde - Hasta	Tipo	Gira al sud	Va hacia el sud	Gira al oeste	Va hacia el oeste	Totales	
	Totales						

Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tránsito.

2.2.1.9 Método automático

Los métodos de conteo automáticos son métodos para obtener datos de volúmenes de tráfico a través del uso de detectores superficiales tales como: Membrana eléctrica, contacto eléctrico, fotoeléctrico, radar, magnético, ultrasónico, infrarrojo, etc.

Estos detectan el vehículo que pasa y transmiten la información a un registrador, que está ubicado a un lado del camino.

- ❖ **Membrana eléctrica.** - Una membrana eléctrica es un dispositivo que se coloca transversalmente a la calle en el punto que se va hacer el aforo esa membrana está conectada en serie a un contador que por cada impulso abarca una unidad lo que quiere decir que cada vehículo de dos ejes va a producir dos impulsos y por lo tanto las lecturas se van a tener en el contador dividido por dos, nos dará el número de vehículos registrados en el periodo establecido. Este sistema es bueno para realizar solo aforos de cantidad de vehículos no nos proporciona información sobre la composición vehicular ni tampoco las particulares de aquellos vehículos que llevan más de dos ejes por lo tanto podrá distorsionarse la información, pero la ventaja se requiere de poco personal que solo realice los conteos en lapsos de tiempo determinados.

- ❖ **Bucles electromagnéticos.-** El bucle electromagnético es otro dispositivo que se utiliza para el aforo del tráfico que consiste en colocar un laso en el carril de aforo que está conectado, a un contador automático cuyo laso produce en su interior un campo electromagnético el cual actúa para movilizar el contador ante la presencia de un vehículo este sistema es mucho más moderno que el de la membrana eléctrica que tenía las mismas ventajas pero sufría el mismo defecto de no poder darnos información sobre la composición vehicular aunque se tenía la posibilidad de colocar bucles calibrados continuos cuya calibración estaba con relación al peso por lo tanto algunos bucles registraban a los vehículos livianos y otros a los pesados.
- ❖ **Sensores. -** El avance tecnológico de la electrónica y la informática ha permitido que se pueda usar sensores de diversos tipos que actúan ante la presencia de los vehículos que son registrados por contadores automáticos que están ya conectados un sistema informático la posibilidad de los videos de los rayos láser radares y programas informáticos permite con todo este sistema no solo la cantidad de vehículos que pasa por una sección sino información sobre la composición vehicular intervalos entre vehículos densidad, velocidad, etc. Por supuesto estas grandes centrales de tráfico tienen una inversión económica muy alta que no es accesible en todas las ciudades. Cualquiera sea la forma de realizar el aforo lo que debe interesar al ingeniero De tráfico es que obtenga una información lo más cierta posible y que sea la mínima necesaria para realizar sus estudios.

2.2.1.10 Periodo de aforo

El periodo de aforo depende mucho del estudio específico que se quiere realizar estos varían por las condiciones y la necesidad, se optan por aforos manuales y automáticos según el tiempo del estudio estos pueden ser:

Aforos permanentes. - Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales.

Este tipo de recuento solo es factible en carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en conexión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico.

Aforos periódicos. - Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial en la que se realice el trabajo del recuento de volúmenes.

Se debe establecer que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores contables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año.

Estos recuentos periódicos se realizan en ciertas épocas del año y a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

Aforos de tiempo específico. - Son aquellos que se realizan en un determinado sector del trazo urbano generalmente entre 5 y 30 días las 24 horas y proyectarlas a volúmenes diarios mensuales y anuales. La ejecución de estudios de diseño de carreteras, diseño de trazos urbanos evaluación de carreteras ya existentes, evaluación de trazos urbanos, estudios de variantes y ampliaciones por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector del trazo urbano definido se establece que recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su información para correlacionar con los ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día en ese tiempo específico y procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año se elegirán la época más adecuada más significativa.

Conteos en Intersecciones. - Los conteos de intersecciones se utilizan para determinar clasificaciones de vehículos (movimientos y giros en las intersecciones). Estos datos se utilizan principalmente en la determinación de las longitudes de las señales horizontales y las duraciones de ciclos para las señalizaciones en las intersecciones, en el diseño para la canalización de las intersecciones, y en el diseño general de las mejoras en las intersecciones.

Tabla 5: Aplicación parámetro volumen

Tipo de volumen	Aplicación
Volumen medio diario (VMD) o volumen total de tránsito.	Estudio de tendencias; Planeación de carreras; Programación de carreteras; Selección de rutas; Cálculos de tasas de accidentes; Estudio fiscales; Evaluaciones económicas.
Volumen clasificado por tipo de vehículo, número de ejes y/o peso.	Análisis de capacidad; Diseño geométrico; Diseño estructural; Cómputos de estimados de recolección de impuestos de los usuarios de vialidades.
Volumen durante periodos de tiempo específico: durante horas pico, horas valle y por dirección.	Aplicación de dispositivos de control de tránsito; Vigilancia selectiva; Desarrollo de reglamentos de tránsito; Diseño geométrico.

Fuente: Bibliografía ingeniería de tráfico por Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

2.2.2 Velocidad

La velocidad vehicular es la relación entre la distancia recorrida por un determinado vehículo y el tiempo que se tarda en recorrerla, usualmente expresado en kilómetros por hora (km/h). El concepto de velocidad parte de la necesidad del usuario de movilizarse de manera más rápida y se constituye el indicador más usado para medir la eficiencia y calidad de operación de un determinado sistema vial.

Cuando se incrementa la congestión vehicular en un tramo vial, la velocidad de circulación se reduce y se genera largas colas de vehículos que impiden realizar maniobras y giros libremente.

Conceptualmente la velocidad puede ser analizada de diversas maneras de acuerdo a los estudios que se realicen y los objetivos que se persigan. Las velocidades vehiculares que

se analizan con mayor frecuencia son las siguientes: velocidad de proyecto, velocidad de punto, velocidad instantánea, velocidad de recorrido y velocidad de marcha.

2.2.2.1 Velocidad de proyecto

La velocidad de proyecto, conocida también como velocidad de diseño, es la máxima velocidad a la cual pueden circular los vehículos de manera segura por un tramo específico de vía, cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son tan favorables que las características geométricas del proyecto son las que gobiernan la circulación. La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la vía, volúmenes de tránsito, configuración topográfica, uso del suelo y la disponibilidad de los recursos económicos.

Tabla 6: Velocidad de proyecto para tipo de carretera

Categoría	Sección transversal		Velocidades de proyecto (Km/Hr)	Código tipo	
	N° Carriles	N° Calzadas			
Autopista	(O)	4 +UD	2	120 - 100- 80	A(n) - xx
Autoruta	(I.A)	4+ UD	2	100 - 90 - 80	AR (N) - xx
Primario	(I.B)	4+ UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
Colector	(II)	4+ UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
Local	(III)	2BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
Desarrollo		2BD	1	50 - 40 - 30	D - xx

Fuente: Manual de diseño de carreteras de la ABC vol.1

Velocidad e proyecto, según el tipo de superficie topográfica de emplazamiento:

- ❖ Terreno llano a ondulado medio → 120 Km/Hr
- ❖ Terreno ondulado fuerte → 100 Km/Hr
- ❖ Terreno montañoso → 80 Km/Hr

2.2.2.2 Velocidad de punto

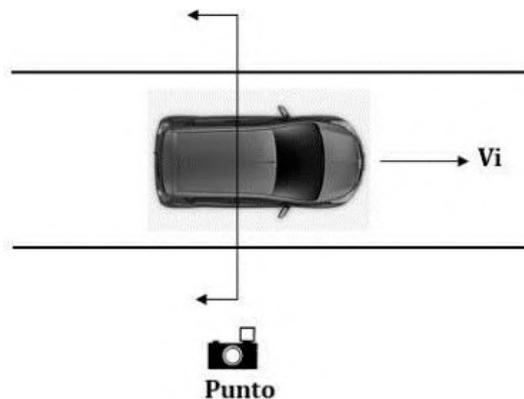
Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en carretera o calle cuyo intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 25, 50, 75 y 100 metros.

$$V_p = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}} = \frac{\text{Km}}{\text{Hr}}$$

Las características principales de este tipo de velocidad es que la distancia definida se toma al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

Imagen 6: Velocidad de punto o instantánea



Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

El uso más frecuente de los estudios de velocidad de punto es el de determinar el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tráfico, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad.

Un uso menos frecuente, pero importante, puede ser el del estudio de la relación de la velocidad asociada a detalles del proyecto, accidentes y otras características operacionales. En los estudios de velocidad de punto se registra la distribución de velocidades en una distancia corta, o sean las velocidades instantáneas. De ahí que los datos no deberán usarse como sustituto de los estudios de tiempos de recorrido, los cuales normalmente tienen que ver con velocidades promedio sobre tramos largos.

Ubicación del estudio. - La localización para los estudios de la velocidad de punto depende del uso anticipado de los resultados.

Los estudios de velocidad usualmente se llevan a cabo en los siguientes lugares:

- ❖ En intersecciones y otros puntos a mitad de la cuadra, que registran alta frecuencia de accidentes.
- ❖ En puntos donde se propone la instalación de semáforos y señales de “PARE”.
- ❖ En todas las arterias principales.
- ❖ En puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos.

Tiempo y duración del estudio. - La hora para conducir un estudio de la velocidad depende del propósito del estudio. En general, cuando el propósito del estudio es establecer límites de velocidad fijados, observar tendencias de la velocidad, o recoger datos básicos, se recomienda que el estudio esté conducido sobre el tráfico libre, generalmente durante horas pico. Sin embargo, cuando un estudio de la velocidad se conduce en respuesta a quejas del ciudadano, es útil que el período seleccionado para el estudio refleje la naturaleza de las quejas. Típicamente, la duración es por lo menos 1 hora y el tamaño de muestra es por lo menos 30 vehículos

2.2.2.3 Velocidad de cruceo

La velocidad de cruceo también es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo efectivamente en movimiento.

Del tiempo de recorrido se deberán descontar todos aquellos tiempos en que el vehículo se hubiera detenido por cualquier causa.

$$V_c = \frac{D_r}{T_c} = \frac{K_m}{H_r}$$

Donde:

D_r = Distancia de recorrido

T_c = Tiempo de circulación

V_c = Velocidad de cruceo

Esta velocidad de cruceo es comparada con la velocidad de punto con el propósito de definir o establecer cuál es la incidencia por causa de las demoras que tiene la velocidad de un vehículo en movimiento, normalmente la velocidad de cruceo es menor que la

velocidad de punto, la diferencia que existe entre estas dos podrá indicarnos cuanto esta incidencia y en que magnitud el efecto de las demoras en la velocidad del vehículo.

2.2.2.4 Velocidad de recorrido total

La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, considerando los tiempos de circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total mayor el congestionamiento del tráfico.

A diferencia de la velocidad de punto la velocidad de recorrido total establece una distancia mucho mayor que en carreteras generalmente se toma la distancia entre accesos y las zonas urbanas la distancia de recorrido total generalmente es aquella que nos define los flujos direccionales.

El tiempo que se tarda en recorrer la distancia de recorrido total tiene dos componentes que son:

- ❖ El tiempo que se tarda en circulación propiamente dicho
- ❖ El tiempo de demoras donde el vehículo no está en movimiento.

Este tiempo de demoras puede tener como causas, detención de vehículos, cruce de peatones semáforos, etc.

La relación que nos permite determinar la velocidad de recorrido total es la siguiente:

$$V_{\text{recorrido total}} = \frac{D}{T_c + T_d}$$

Donde:

V_r = Velocidad de recorrido total (Km/Hr)

T_c = Tiempo de circulación (Hr)

T_d = Tiempo de demoras (Hr)

D = Distancia de recorrido (Km)

Imagen 7: Factores que intervienen en la velocidad



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación del parámetro velocidad. - cómo podemos observar existe diferentes tipos de velocidades que se pueden estudiar en un estudio de tráfico, cada una indicando diferentes factores, de esta manera se puede conocer u obtener algunos indicadores para calificar el comportamiento del tráfico en la zona de estudio.

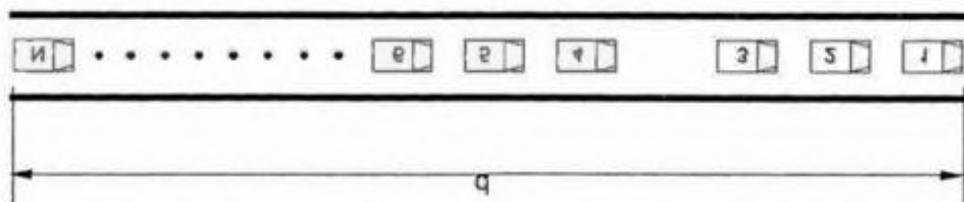
Velocidad de punto > Velocidad de crucero > Velocidad de recorrido total

2.2.3 Densidad

Rara vez se mide pues se puede calcular a partir de los parámetros de velocidad y Volumen.

Densidad de tráfico es número de vehículos que ocupan un tramo de una calle o carretera de longitud dada. Cuya relación es directamente proporcional al volumen de tráfico e inversamente proporcional a la velocidad que imprimen los vehículos. Se suele expresar en vehículos / kilómetros.

Imagen 8: Parámetro densidad de tráfico



Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

El valor máximo de la densidad tiene lugar cuando todos los vehículos están en fila sin espaciamiento entre ellos y lógicamente depende de la longitud media de los vehículos. Es difícil medir directamente la densidad en el campo, pues es necesario contar con un punto elevado desde donde se pueda fotografiar, video filmar, o divisar tramos de vía de longitud significativa. Sin embargo, se puede calcular a través de la velocidad media de recorrido y de la intensidad de circulación, que son más sencilla de medición, a partir de la fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Velocidad}} = \frac{\text{Veh/Hr}}{\text{Km/Hr}} = \frac{\text{Veh}}{\text{Km}}$$

2.2.4 Capacidad

La capacidad vial, también conocida como oferta vial, es la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por un determinado punto o sección de un sistema vial durante un período de tiempo específico, el cual está gobernado por las condiciones de tránsito y las características geométricas de la carretera.

Este valor de la capacidad definido para las condiciones imperantes difiere del volumen máximo que puede circular por la vía en un momento dado. El volumen máximo posible depende de factores tales como la composición vehicular, la velocidad de circulación y las condiciones atmosféricas, que pueden cambiar en cualquier momento. (INVIAS, 1996)

Volumen máximo vs capacidad: El volumen máximo es el mayor número de vehículos contado en un período de tiempo, generalmente 15 minutos y convertido a horas, lo cual es diferente de la capacidad pues es en una hora directamente.

Congestión: Se presenta cuando el volumen horario excede a la capacidad de la vía. Demanda/oferta >1.

De acuerdo al manual de capacidad (HIGHWAY CAPACITY MANUAL HCM 2000) sea visto por conveniente definir tres tipos de capacidad que son:

- a) Capacidad posible
- b) Capacidad practica
- c) Capacidad directriz

2.2.5 Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo se usa el concepto de nivel de servicio, una medida cualitativa del efecto que pueden tener en la capacidad muchos factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tráfico, la libertad de maniobras, la seguridad, los costos de operación, etc.

A cada nivel de servicio corresponde un volumen de servicio, que será el máximo número de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que pasará mientras se conserve dicho nivel.

De los factores que afectan el nivel de servicio distinguimos los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tráfico, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas tales como la anchura de carriles, la distancia libre lateral, la anchura de hombreras, las pendientes, etc.

Los estudios realizados por la junta de investigación vial de los Estados Unidos fijan seis niveles, los cuales eran aplicados por el antiguo Servicio Nacional de Caminos de Bolivia hoy conocida como ABC, dichos niveles son:

Nivel de servicio A

Es aquel que por sus condiciones de circulación son de flujo libre, bajos volúmenes y altas velocidades hay poco o nada de limitación de maniobras por la presencia de otro vehículo, existiendo pocos o nulos retardos.

Nivel de servicio B

Es aquel cuyas condiciones de circulación tiene un flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser restringidas, pero con cierta libertad para definir su velocidad y su carril. Al existir un mayor volumen se hace algo más restringidas las maniobras de los vehículos.

Nivel de servicio C

Corresponde a las condiciones de circulación aun en un flujo estable, pero con velocidades en maniobras que resultan más controladas por los mayores volúmenes, ya no existe libertad para elegir la velocidad, cambiar carriles o realizar acciones de rebase. Sin

embargo, se considera todavía en condiciones apropiadas de circulación y por ello se ha establecido que este nivel de servicio es el más adecuado y equilibrado para fines de diseño.

Nivel de servicio D

Las condiciones de circulación se acercan a un flujo inestable, con velocidades de circulación bajas, las fluctuaciones de volúmenes son mayores y por tanto las restricciones de maniobras muy frecuentes.

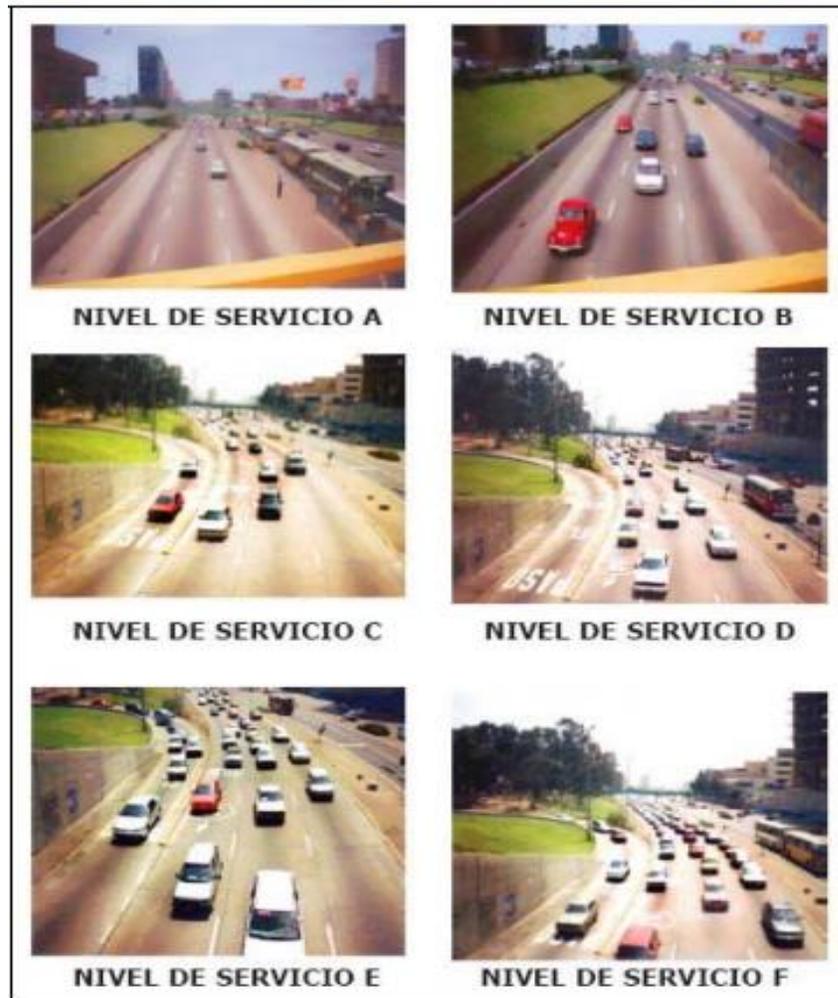
Nivel de servicio E

Las condiciones de tráfico prácticamente son inestables las velocidades de operación son bajas, los volúmenes ya están cerca de la capacidad de la carretera y calle y pueden existir demoras o paradas de duración pequeña.

Nivel de servicio F

En este nivel las condiciones de circulación son de flujo forzado, velocidades bajas, detenciones frecuentes y mayores lapsos de tiempo considerándose a este nivel prácticamente de tráfico congestionado.

Imagen 9: Clasificación de niveles de servicio



Fuente: Manual 2005 VCHI de diseño geométrico.

2.2.5.1 Relación de la capacidad y nivel de servicio

El nivel de servicio una medida cualitativa que califica la calidad de servicio que ofrecen las vías urbanas o carreteras donde intervienen diferentes factores tales como el volumen la velocidad los estacionamientos y las dimensiones de una vía.

Es posible calificar de manera directa con simplemente la observación de la circulación vehicular en las horas de máxima demanda, sin embargo, expertos en la materia de tráfico lograron con éxito determinar una relación directa entre el volumen y la capacidad dando como resultado una tabla que califica el nivel de servicio de acuerdo al porcentaje que se obtenga de la relación volumen/capacidad.

Tabla 7: Nivel de servicio

Nivel de servicio	Tipo de circulación	Índice de congestión
A	Libre	0,00
B	Estable	$0,00 < I_c \leq 0,10$
C	Estable	$0,10 < I_c \leq 0,30$
D	Casi inestable	$0,30 < I_c \leq 0,70$
E	Inestable	$0,70 < I_c \leq 1,00$
F	Forzada	$I_c > 1,00$

Fuente: Apuntes de la materia ingeniería de tráfico.

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{\text{Veh/Hr}}{\text{Veh/Hr}}$$

Cabe resaltar que en Bolivia cualquier tipo de carretera es diseñando para cumplir o satisfacer la demanda vehicular, brindando un nivel de servicio C, donde se prevé que la circulación se estable donde los conductores tengan la posibilidad de realizar maniobras de manera segura y sin riesgo.

2.3 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO

La ingeniería de Tráfico, por definición, es aquella rama de la ingeniería civil que estudia y analiza bajo un enfoque técnico los problemas originados por el movimiento de los vehículos, en estrecha relación con sus componentes que son:

- ❖ El peatón
- ❖ El conductor
- ❖ El vehículo
- ❖ La vía

La ingeniería de tráfico involucra estos elementos por el hecho de que todos colaboran en los problemas de tráfico y de igual manera todos son responsables de poder lograr un tráfico fluido en cualquier tipo de calle o carretera, a continuación, definiremos a cada elemento.

2.3.1 El peatón

El peatón o transeúnte es la persona que camina a pie utilizando espacios adecuados para trasladarse de un lugar a otro en calles, avenidas y eventualmente en algunas carreteras.

Es importante estudiar al peatón porque no solamente es víctima del tránsito, sino también una de sus causas.

Actualmente en los centros urbanos hay un elevado número de vehículos motorizados, por ello en estos centros urbanos los peatones accidentados ocupan cifras importantes.

El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico en el área urbana y no así en carreteras donde su incidencia es casi mínima, aunque vale la pena comentar que, si existe un accidente en carretera con un peatón, por lo general llega a ser fatal.

El peatón es el primero en infringir las normas de los dispositivos de controles de tránsito, colocándose en constante peligro, es por esto que se ha visto una gran necesidad de promover la educación vial orientada al mejor comportamiento de las normas y reglamentaciones vigentes para que a través de ellos se pueda aminorar los accidentes donde la causa sean los peatones.

2.3.2 El conductor

Es otro de los elementos básicos y fundamentales para el estudio de tráfico, debido a que es un elemento que incide directamente en el funcionamiento del tráfico.

Se define como conductor al usuario del automóvil que circula en el tráfico y éste tiene influencia directa en el movimiento y circulación del tráfico vehicular. Este elemento está sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.

2.3.2.1 Características del conductor

Existe un gran número de factores que influyen en el comportamiento del conductor. Estos pueden ser:

- ❖ Factores internos
- ❖ Factores externos

Factores internos. - Los factores internos son todos aquellos que provienen del conductor mismo y son consecuencia de los aspectos físicos, psicológicos, y de salud.

Entre los factores internos podemos mencionar:

- ❖ La vista
- ❖ El oído
- ❖ Reacciones físicas y psicológicas

Factores externos. - Los factores externos que influyen en la reacción del conductor son aquellos que no dependen de él mismo, sino del entorno de su recorrido.

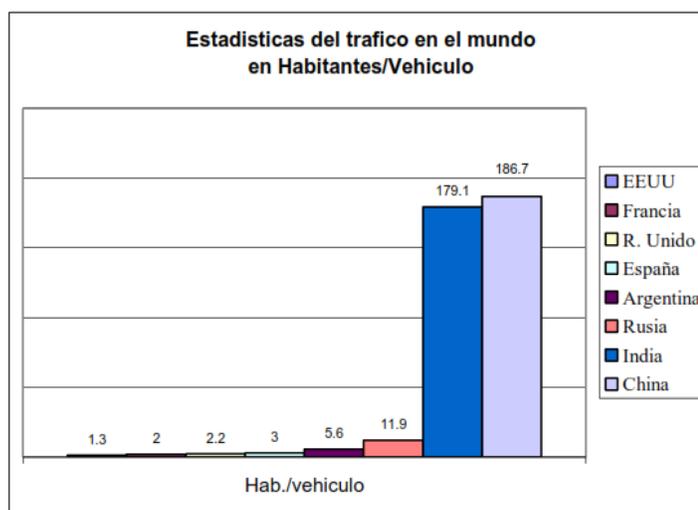
Entre estos factores externos que tienen influencia en la reacción de un conductor, podemos indicar:

- ❖ La distancia de visibilidad de la vía
- ❖ Ancho de carril
- ❖ Señalización

2.3.3 Vehículo

Siendo el vehículo uno de los tres factores primordiales del tráfico, se hace necesario estudiarlo con todo detalle. Ya vimos en el primer capítulo el desarrollo que ha tenido, ahora vamos a citar, como parte inicial, el número existente actualmente.

Imagen 10: Relación habitantes/vehículo



Fuente: Almanaque universal – Ed. Navarrete.

2.3.3.1 Características del vehículo

Los criterios para el diseño geométrico de carreteras se basan en parte en los parámetros atmosféricos, y las características dinámicas de vehículos. Las características estáticas incluyen el peso y el tamaño del vehículo, la característica cinemática implica el movimiento del vehículo, sin la consideración de las fuerzas que causan el movimiento. Las características dinámicas implican las fuerzas que causan el movimiento del vehículo. Un conocimiento cuidadoso de estas características ayudará a la carretera y/o al ingeniero del tráfico en diseñar las carreteras y los sistemas del control de tráfico que permiten la operación segura y cómoda de un vehículo móvil, particularmente durante las maniobras básicas de pasar, de parar, y de dar vuelta.

2.3.3.2 Composición vehicular

Existen vehículos de todo tipo y características. El antiguo Servicio Nacional de Caminos de Bolivia (S.N.C) hoy conocido como ABC, para simplificar esa diversidad de vehículos los ha clasificado en 4 grupos.

Sin embargo, existen otras clasificaciones para otro tipo de servicios, por ejemplo:

Para el cobro de peaje se clasifican los vehículos por su tonelaje, por el número de ejes, por las dimensiones, etc. En cambio, en el transporte urbano existe otra clasificación: taxis, buses, minivans, automóviles particulares, camionetas, etc.

Imagen 11: Vehículo liviano



VP → Vehículos livianos
como automóviles,
camionetas, vagonetas,
minibuses, etc.

Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

Imagen 12: Vehículo mediano



CO → Vehículos comerciales de dos ejes, comprenden a camiones y autobuses comerciales, normalmente de dos ejes y 6 ruedas.

Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

Imagen 13: Vehículo pesado



O → Automóviles de mayores dimensiones, y camiones de mayores dimensiones. Los autobuses empleados generalmente para viajes de largas distancias y turismo. Estos vehículos son de mayor longitud que las CO y pueden contar con 3 ejes.

Imagen 14: Vehículo pesado



SR → Vehículo comercial articulado, compuesto normalmente de una unidad tractora y un semi remolque o remolque de 2 ejes o más.

Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

Tabla 8: Dimensiones de vehículo tipo

Características del vehículo	Automóviles	Autobuses y camiones	Autobuses interurbanos	Camiones semiremolque
	VP	CO	O	SR
Ancho (m)	2,10	2,60	2,60	2,60
Largo (m)	5,80	9,40	12,20	16,80

Fuente: Servicio nacional de caminos (S.N.C.)

En la actualidad para realizar estudios de tráfico en vías urbanas la composición vehicular más conocida es la siguiente:

- ❖ Vehículos livianos
- ❖ Vehículos medianos
- ❖ Vehículos pesados
- ❖ Motos

Distinguiendo si el vehículo es de transporte público o privado, de igual forma adoptaremos esta composición para el estudio de nuestro proyecto.

2.3.4 Camino o vía

Entendemos por vía, la faja de terreno adicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de vía incluye las calles de la ciudad.

En la práctica boliviana podemos distinguir varias clasificaciones del tipo de vías, algunas de las cuales coinciden con la práctica en otros países.

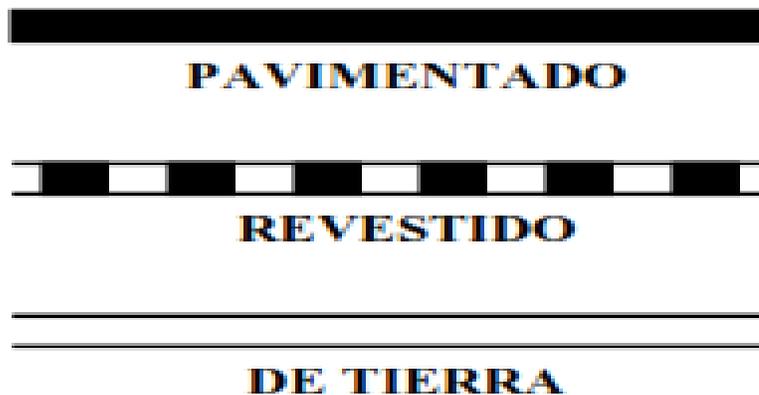
2.3.4.1 Clasificación de transitabilidad

En general corresponde a etapas de construcción y se dividen en:

- ❖ Camino pavimentado.....Tratamiento superficial o concreto.
- ❖ Camino revestido.....Transitable en todo tiempo.
- ❖ Camino de tierraTransitable en tiempo seco.

Esta clasificación casi universal, usada en la cartográfica y se presenta de la siguiente manera:

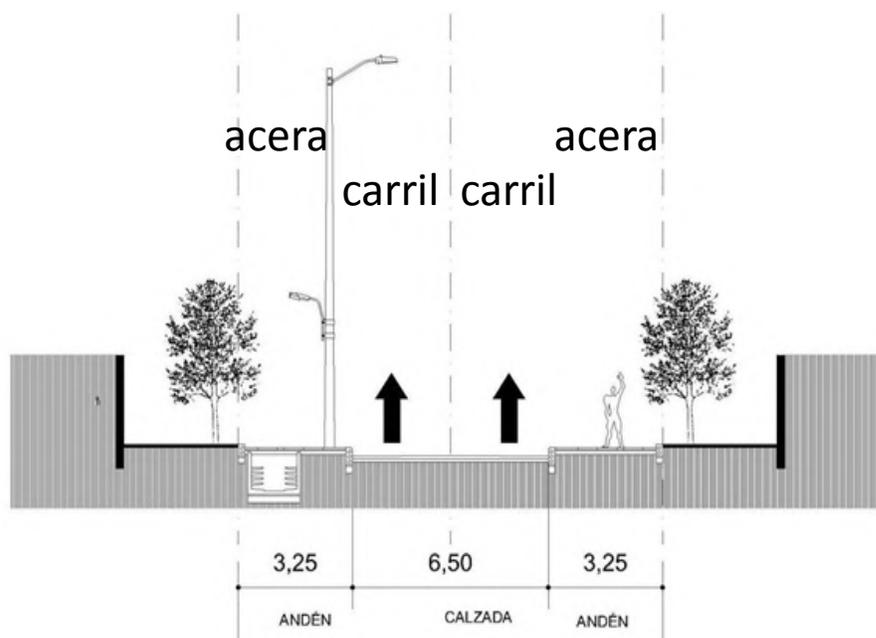
Imagen 15: Tipo de rodadura en cartografía



Fuente: Obtenido de google crome.

2.3.4.2 Parte de una vía urbana

Imagen 16: Parte de una vía urbana



Fuente: Obtenida de google crome.

2.3.4.3 Via rural o carretera

Imagen 17: Parte de una carretera



Fuente: Obtenida de google crome.

2.4 PROBLEMAS DEL TRÁFICO VEHICULAR

El parque automotor, una población que cada día crece más y más sin que exista algún control por parte de las autoridades competentes, la necesidad que tienen las personas de trasportarse de un lugar a otro y la deficiencia del transporte público hacen que las personas obtén por la compra de un vehículo, además las facilidades que ofrecen las empresas de venta de automóviles donde facilitan la compra de un vehículo en cómodas cotas ocasionan que el incremento de vehículos en circulación sea demasiado para la capacidad con la que fueron diseñadas las calles urbanas y periurbanas de la ciudad de Tarija, todas estas causas ocasionan problemas como el congestionamiento vehicular, que generalmente se presentan en las horas pico de la ciudad.

En 2018 el presidente del colegio de arquitectos de Tarija (CAT), Pablo Aguirre Hevia y Vaca afirmo que las horas pico generalmente se dan al inicio de cada mañana entre las 07:00 a 08:30am, al medio día y entre las 18:00 a 20:00 pm del día, horarios donde las personas se dirigen a sus fuentes laborales, estudiantes a sus colegios y de igual manera por las tardes culminando su jornada laboral de regreso a sus hogares.

Los problemas más frecuentes que enfrenta la población día a día tanto conductores y como peatones, es el mal estado de las carreteras y calles urbanas además del congestionamiento vehicular generado por el alto crecimiento del parque automotor, genera accidentes menores y fatales por lo que el poder distinguir indicadores del crecimiento de estos problemas es muy importante.

2.4.1 Congestionamiento

¿Qué es el congestionamiento?

La palabra “congestión” es utilizada frecuentemente en el contexto del tránsito vehicular, tanto por técnicos como por los ciudadanos en general. El diccionario de la lengua española (Real Academia Española, 2001) la define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionarse” Significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo” que, en nuestro caso, es el tránsito vehicular. Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente.

En breves palabras congestionamiento es:

- ❖ Movimiento deficiente de vehículos
- ❖ Saturación vehicular
- ❖ Pérdida de tiempo y velocidad
- ❖ Pérdida económica

Para conocer el grado de congestionamiento de una vía, investigamos el tiempo de recorrido y tiempo de retardo. Además, analizamos la velocidad promedio de cruce.

Imagen 18: Congestión vía de Tarija



Fuente: Periódico digital EaBolivia.com.

2.4.1.1 Métodos de medición

Los métodos técnicos para medir la velocidad y el retardo y por consecuencia el congestionamiento de una vía, son básicamente tres:

- ❖ **Método de observaciones a cierta altura.** - Desde un edificio o en algún punto alto, se miden los tiempos de recorrido de los vehículos en la corriente de tráfico sobre un trayecto cuya longitud se ha medido previamente. Con un cronometro se toma el tiempo que tarda cada vehículo en recorrer la longitud total. Con otro cronometro se miden los tiempos de retardo cada vez que hace alto, por cualquiera que sea la causa.
- ❖ **Flotando en el tráfico.** - En este método el observador forma parte de la corriente de tráfico; mete su vehículo en la ruta que previamente ha fijado con un punto inicial y un punto final, procurando siempre mantener los movimientos normales. Personalmente va midiendo sus tiempos totales y de retardo.
- ❖ **Mediciones dentro de la corriente.** - En este método el observador también forma parte de la corriente de tráfico, pero no se mide a sí mismo, sino que hace el recorrido varias veces y cada vez escoge al vehículo o los vehículos más cercanos a él y va observando sus tiempos totales y de retardo.

La influencia de todas estas demoras puede medirse como una relación de demora.

Esta relación ha sido determinada por el comité nacional de transporte urbano como la diferencia entre la relación de movimiento observado y la relación de movimiento considerada normal para diferentes tipos de vías urbanas.

Relación de demora = Velocidad de recorrido total – velocidad normal

Los valores mínimos para la relación de movimiento normal han sido dados en minutos/kilómetro, como sigue:

- a) Autopistas de acceso controlado (70 Km/Hr)
- b) Calles principales (35 Km/Hr)
- c) Calles secundarias (25 Km/Hr)

2.4.2 Accidentes

De acuerdo con la asociación de aseguradores de los Estados Unidos, en dicho país, de las muertes causadas por accidentes de tránsito, el 23 % fueron peatones. Es casi seguro que este porcentaje es más elevado en aquellos países en donde el número de vehículos es más limitado y por tanto la proporción de habitantes por vehículo es mayor.

Examinando la estadística de cómo intervienen los peatones en los accidentes de tránsito, podemos conocer algunas conclusiones que corresponden a ciudades de los Estados Unidos:

- ❖ 27,0 % estaba cruzando fuera de la zona de seguridad de las esquinas
- ❖ 11,5 % caminaba sobre el camino
- ❖ 9,4 % fueron atropellados al salir de atrás de un vehículo estacionado
- ❖ 8,6 % cruzaba una intersección que no tenía control, es decir, no tenía semáforo, ni agente de tránsito
- ❖ 7,1 % cruzaba en la esquina, contra la señal de alto

La implantación de semáforos para vehículos y para peatones con sitios bien dimensionados, y la existencia de pasos de seguridad a nivel bien marcados para peatones, puede aumentar la seguridad de los mismos. Obviamente las pasarelas a desnivel son los pasos más seguros para peatones.

Según el INE en Bolivia, entre el 2013 y el 2020 las personas heridas por siniestros viales fueron 152.691,0 mientras que perdieron la vida 13.788,0 En Cochabamba, en el mismo período se registraron 22.281,0 heridos y 2.916,0 muertos.

Tabla 9: Cuantificación de accidentes en Tarija

Accidentes de tránsito registrados, según departamento y clase de accidente 2013 - 2020								
Departamento y clase de accidentes	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tarija	2727	2170	1328	961	1263	958	179	810
Atropellos	248	253	182	147	159	174	25	105
Caida de personas	75	79	28	53	61	7	225	61
Choque a objeto fijo	585	480	276	180	228	186	58	168
Vuelcos	80	78	61	54	36	49	451	38
Colisiones	1605	1176	646	442	595	421	137	319
Embarrancamientos	127	103	123	59	124	128	26	71
Otros	7	1	12	26	60	20	15	48

Fuente: Departamento de estadística de la policía boliviana.

2.4.3 Falta de señalización y semaforización

La importancia de la señalización y semaforización, en países sub desarrollados donde el incremento del parque automotor es significativo debe ser considerado como prioritario por parte de las autoridades, siendo una medida de solución a los problemas de tráfico y accidentes de tránsito, es vital que todo el sistema vial tenga una buena señalización.

Imagen 19: Señalización en mal estado



Fuente: Obtenida google crome

Imagen 20: Semáforos defectuosos



Fuente: Obtenida del sitio web la patria.

2.5 TIPOS DE SOLUCIONES AL PROBLEMA DE TRÁFICO

En Bolivia, la tasa de accidentes de tránsito por cada cien mil habitantes en el año 2019 fue de 179 por debajo del promedio comunitario; asimismo, comparado con el año anterior significó un descenso de 6,5 accidentes de tránsito por cada cien mil habitantes.

2.5.1 Solución integral

Si nuestro problema es causado por un vehículo moderno sobre caminos antiguos, la solución integral consistirá en crear nuevos tipos de caminos que sirvan a este vehículo, dentro de la previsión posible. Necesitaremos crear ciudades con trazo nuevo, revolucionario; calles destinadas a alojar al vehículo de motor, con todas las características inherentes al mismo.

Esta solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales, ya que necesitaríamos barrer con todo lo existente. Los caminos actuales tendrían que ser sustituidos por otros, cuya velocidad de proyecto fuese de 200 kilómetros por hora.

2.5.2 Solución parcial de alto costo

Esta solución equivale a sacar el mejor partido posible de lo que actualmente tenemos, con ciertos cambios necesarios que requieren fuertes inversiones. Los casos críticos, como calles angostas, cruces peligrosos, obstrucciones naturales, capacidad restringida, falta de control en la circulación, etc., pueden atacarse mediante la inversión necesaria que

es, siempre muy elevada. Entre las medidas que pueden tomarse están: el ensanchamiento de calles; modificar intersecciones rotatorias; creación de intersecciones canalizadas; sistemas de control automático con semáforos; estacionamientos públicos y privados, etc.

2.5.3 Solución parcial de bajo costo

Equivale al aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con el mínimo de obra material y el máximo en cuanto a regulación funcional del tránsito, a través de técnica depurada, así como disciplina y educación por parte del usuario. Incluye, entre otras cosas, la legislación y reglamentación adaptadas a las necesidades del tránsito, las medidas necesarias de educación vial; el sistema de calles con circulaciones un sentido; el estacionamiento de tiempo limitado; el proyecto específico y apropiado de señales de tránsito y semáforos; la canalización del tránsito a bajo costo; las facilidades para la construcción de terminales y estacionamientos; etc.

2.6 BASES DE SOLUCIÓN

De cualquier manera, la experiencia demuestra que en cualquier tipo de solución deberán existir cuatro bases en que se apoye la misma.

Son los cuatro elementos que, trabajando simultáneamente, nos van a dar lo que deseamos: un tránsito seguro y eficiente.

2.6.1 La ingeniería de tráfico

La ingeniería de tráfico es la parte que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir del análisis de estos, se plantean soluciones reales y adecuados.

Es aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de la circulación actual en el área de estudio.

2.6.2 Educación vial

Es un pilar importante porque el conjunto de los usuarios ya sean estos peatones o conductores deben tener un mínimo de educación vial que permita un mejor accionar en cada una de las actividades dentro de la circulación, la falta de educación vial hace que

usuarios cometan errores e infracciones a reglamentos que en algunos casos son causantes de accidentes.

2.6.3 Normalización y reglamentación

La circulación vehicular y peatonal requiere de normas y reglamentos que sean adecuados a las condiciones de los vehículos que circulan y a las condiciones de necesidad del usuario.

Estas normas deber ser revisadas periódicamente de acuerdo a la evolución que vaya teniendo el tráfico en vías urbanas y carreteras para tratar en lo posible de que obedezca a las condiciones reales y actualizados.

2.6.4 Vigencia y control policial

Para hacer cumplir las normas y reglamentos vigentes y hacer que la planificación cumpla sus objetivos se hace necesario un control policial cuya labor es recomendada a los organismos operativos de transito dependientes de la policía nacional.

2.7 SEMAFORIZACION

Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tráfico y el paso de peatones que cruzan las calzadas. Los semáforos se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado.

La finalidad de los semáforos es detener y dar vía libre a vehículos y peatones a diferentes tiempos y en diferentes direcciones.

2.7.1 Ventajas y desventajas

Si la instalación y operación de los semáforos es correcta, éstos podrán aportar diversas ventajas. En cambio, si uno o más semáforos son deficientes, servirán para entorpecer el tránsito, tanto de vehículos como de peatones. Es muy importante que antes de seleccionar y poner a funcionar un semáforo, se efectúe un estudio completo de Las condiciones de la intersección y del tránsito y, se cumpla con los requisitos que la experiencia ha fijado. También es importante que después que el sistema de semáforos empiece a funcionar, se

compruebe que éste responde a las necesidades del tránsito y, en su caso, que se hagan los ajustes pertinentes.

Un semáforo o un sistema de semáforos, que opere correctamente, tendrá una o más de las siguientes:

Ventajas

- ❖ Ordena la circulación del tránsito y, en muchos casos, mediante una asignación apropiada del derecho al uso de la intersección, optimiza la capacidad de las calles.
- ❖ Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- ❖ Con espaciamientos favorables se pueden sincronizar para mantener una circulación continua, o casi continua, a una velocidad constante en una ruta determinada. En algunos casos, esa velocidad constante es conveniente reducirla para fines de seguridad.
- ❖ Permiten interrumpir periódicamente los volúmenes de tránsito intensos de una arteria, para conceder el paso de vehículos y peatones de las vías transversales.
- ❖ En la mayoría de los casos representan una economía considerable por su mayor habilidad en el control del tránsito con respecto a la utilización de otras formas de control, como por ejemplo señales o policías de tránsito.

Cuando el proyecto o la operación de un semáforo o sistema de semáforos es deficiente, ya sea por falta de elementos de juicio, o bien porque se ha abusado de los semáforos, puede presentarse una o varias de las siguientes:

Desventajas

- ❖ Se incurre en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.
- ❖ Causan demoras injustificadas a cierto número de usuarios, especialmente tratándose de volúmenes de tránsito pequeños, al causar retardos molestos por excesiva duración de luz roja o del tiempo total del ciclo.
- ❖ Producen reacción desfavorable en el público, con la consiguiente falta de respeto hacia ellos o hacia las autoridades.

- ❖ Incrementan el número de accidentes del tipo alcance, por cambios sorpresivos de color.
- ❖ Ocasionan pérdidas innecesarias de tiempo en las horas del día, cuando se presentan escasos volúmenes de tránsito que no requieren control de semáforos.
- ❖ Aumentan o frecuencia gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, especialmente en casos de focos fundidos o interrupciones del servicio eléctrico.
- ❖ En intersecciones rurales, la aparición intempestiva de un semáforo ocasiona accidentes cuando no hay avisos previos adecuados.

2.7.2 Clasificación

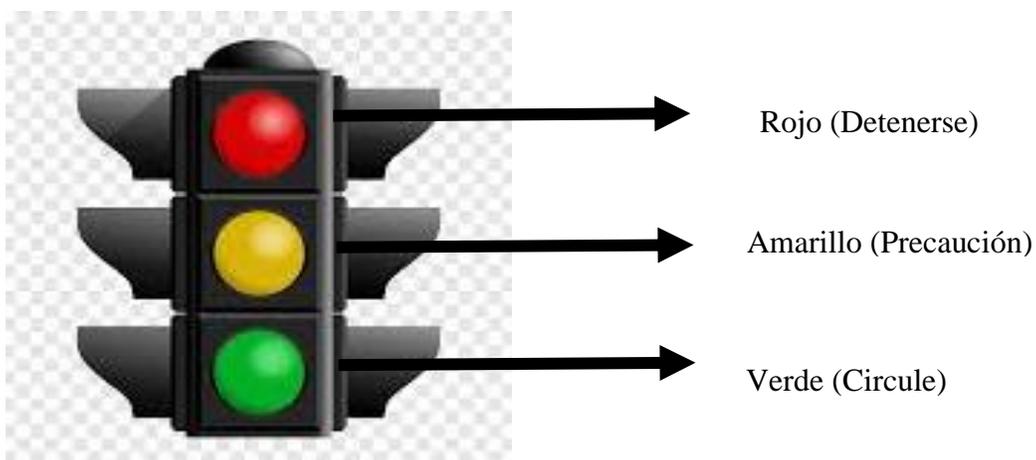
Los semáforos se clasifican por su función en tres grupos principales:

- ❖ Semáforos para tránsito de vehículos.
- ❖ Semáforos para paso de peatones.
- ❖ Semáforos en cruces de trenes.

2.7.3 Significado de los colores

Los tres colores que se utilizan en los semáforos son:

Imagen 21: Semáforo 1C/3L



Fuente: Obtenida de google chrome.

2.7.4 Semáforos para tránsito de vehículos

2.7.4.1 Semáforos fijos

Los semáforos fijos constan de una luz intermitente de color amarillo o de color rojo.

El color amarillo intermitente en una intersección o en un tramo de camino significa que los vehículos deberán circular con suma precaución.

El color rojo intermitente en una intersección significa que los vehículos deberán detenerse antes de entrar en la intersección o cruce de caminos y el conductor actuará igual que al encontrarse con una señal de pare, cediendo el paso a los vehículos que se aproximan por ambos lados de la intersección

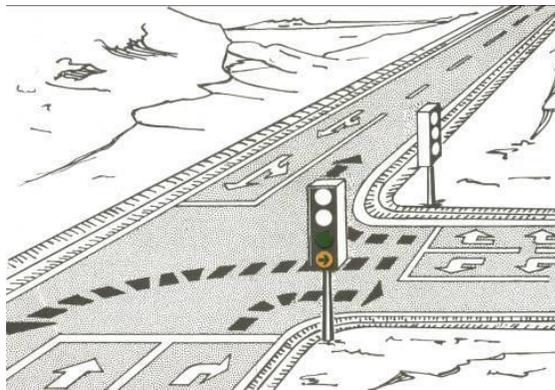
2.7.4.2 Semáforos variables

Los semáforos compuestos constan principalmente de un semáforo simple con luces adicionales consistentes en flechas de color verde que señalan direcciones diferentes.

Estas flechas tienen por objeto permitir el paso del tráfico en ciertas direcciones al mismo tiempo que la luz roja del semáforo está encendida. En este caso las flechas constituyen excepciones a la prohibición que señala la luz roja.

Los conductores de los vehículos que tengan vía libre mediante una luz o flecha verde y tengan que efectuar un giro en una intersección donde exista un paso para peatones, deberán dar paso a éstos mientras el semáforo de peatones indique paso libre.

Imagen 22: Semáforo en intersección simple



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

2.7.4.3 Semáforos para paso de peatones

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.

2.7.5 Condiciones de instalación

Primera condición volumen mínimo de vehículos:

Aquí la intensidad del tránsito de las vías que se cruzan es la principal justificación. Se llena este requisito cuando en cualesquiera de las ocho horas de un día representativo, se presenten los volúmenes mínimos indicados a continuación.

Los volúmenes para las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. El sentido del tránsito de mayor volumen en la calle secundaria puede ser para un acceso durante algunas horas y del otro sentido las restantes.

Tabla 10: Condición uno de semaforización

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en calle principal (total en ambos accesos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	500	350	150	105
2 o más	1	600	420	150	105
2 o más	2 o más	600	420	200	140
1	2 o más	500	350	200	140

Fuente: Libro Ingeniería de tráfico por Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

Segunda condición interrupción del tránsito:

Se aplica cuando las condiciones de operación de la calle principal son de tal naturaleza que el tránsito en la calle secundaria sufre demoras, o riesgos excesivos, al entrar o cruzar la calle principal. El requisito se satisface cuando durante cada una de cualesquiera ocho horas de un día representativo, en la calle principal y en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria, se tienen los volúmenes mínimos y si la instalación de semáforos no trastorna la circulación progresiva del tránsito.

Tabla 11: Condición dos de semaforización

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en calle principal (total en ambos accesos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	750	525	75	53
2 o más	1	900	630	75	53
2 o más	2 o más	900	630	100	70
1	2 o más	750	525	100	70

Fuente: Libro Ingeniería de tráfico por Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

Tercera condición volumen mínimo de peatones:

Se satisface este requisito si durante cada una de cualesquiera de las ocho horas de un día representativo se tienen los siguientes volúmenes: 600 o más vehículos por hora en ambos sentidos en la calle principal, o bien 1000 o más vehículos por hora si la calle principal tiene camellón; y si durante las mismas ocho horas cruzan 150 o más peatones por hora, en el cruce de mayor volumen.

Cuando la velocidad promedio del 85% del tránsito exceda de 60 km/h o si la intersección está en una población de menos de 10 000 habitantes, el requisito se reduce al 70% de los valores indicados. El semáforo que se instale conforme a este requisito en una intersección aislada, debe ser del tipo accionado por el tránsito con botón para uso de los peatones.

Tabla 12: Condición tres de semaforización

Tipo de intersección	Vehículos por hora en calle con		Total Peatones por hora	Periodo de mantenimiento
	Calle no dividida	Calle dividida con cantero centra		
Fuera del área escolar	600	1000	150	8
En área escolar	800	-	2500	2

Fuente: Libro Ingeniería de tráfico por “Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

Cuarta condición circulación progresiva:

Este requisito se satisface en calles aisladas de un sentido y donde los semáforos, en caso de haber, están muy distantes entre sí para conservar los vehículos agrupados y a la velocidad deseada, y en el caso de una calle de doble circulación donde los semáforos existentes no permiten el grado deseado de control, agrupamientos, velocidades, etc. En los sistemas alternos el espaciamiento entre un semáforo y los adyacentes, debe estar relacionado con la duración del ciclo (verde, ámbar y rojo), y con la velocidad de proyecto. No se debe considerar la instalación de semáforos bajo este requisito, si resultan espaciamientos menores de 300 metros.

Quinta condición antecedentes acerca de los accidentes:

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

- a) Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados.
- b) Que no existan ninguna medida preventiva adecuada.
- c) Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

Sexta condición combinaciones de los requisitos anteriores:

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.

2.7.6 Asignación de tiempos

La asignación de tiempos en semáforos comprende la determinación del tiempo del ciclo entendiéndose a este como la sumatoria del tiempo de fase verde o más el tiempo de fase roja más el tiempo de fase amarilla de ida y vuelta, y los tiempos de las fases correspondientes.

2.7.6.1 Asignación tiempo de ciclo

La elección del tiempo que dure el ciclo es un apriori, ya que es difícil de determinar en un prediseño un tiempo de ciclo óptimo, sin embargo, de acuerdo a estudios que se han

realizado en varios sistemas de semaforización se ha establecido que el rango de duración de un ciclo varía entre 35 - 120 segundos.

Para la determinación de tiempos de fases es importante tomar en cuenta las siguientes variables:

- a) Volumen de la demanda vehicular
- b) Composición del tráfico (vehículos livianos, medianos, pesado)
- c) Volumen de la demanda peatonal
- d) Movimiento de giro

2.7.6.2 Asignación fase amarilla

La fase amarilla tiene como objetivo avisar al conductor que va a aparecer la fase roja a la fase verde y permitirle un tiempo suficiente para detener el vehículo o culminar una maniobra del cruce de la intersección

Tabla 13: Referencia de tiempo fase amarilla

Velocidad de diseño	Tiempo de fase amarilla (s)	
	Ancho de intersección (m)	
	15,00	30,00
30	3,40	4,00
40	3,33	3,80
50	3,50	3,90
60	3,80	4,10

Fuente: Apuntes de la materia Ingeniería de tráfico

2.7.6.3 Asignación de tiempo rojo y verde

Adoptado el valor del ciclo y determinado el tiempo de fase amarilla se procede a determinar los tiempos de fase roja y fase verde y en realidad son tiempos cuyo objetivo es el proporcionar un tiempo razonable para que unos conjuntos de vehículos puedan cruzar la intersección de tal manera que se procure tener un flujo continuo.

Estos tiempos deben estar muy en relación con la demanda y esa demanda está dado por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección

En esta correlación ya se conoce o se da por entendido que el valor del ciclo estará dado por los tiempos de fase verde en ambos sentidos y los tiempos de fase amarilla en ambos accesos dándonos como tiempo resultante para la asignación de fase verde y fase roja.

$$C = \text{Ciclo} - \text{Tam(ida)} - \text{Tam(retorno)}$$

$$\text{CICLO} = \text{Trojo} + \text{Tverde} + \text{Tam(ida)} + \text{Tam(retorno)}$$

Donde:

C = Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

Tam (ida) = Tiempo de fase amarilla ida

Tam (retorno) = Tiempo de fase amarilla del otro acceso

$$\frac{V_a * \text{Tam(ida)}}{T_{va}} = \frac{V_b * \text{Tam(retorno)}}{T_{vb}}$$

Donde:

V_a= Volumen horario acceso principal

V_b= Volumen horario acceso secundario

T_{va}= Tiempo de verde acceso principal

T_{vb}= Tiempo de verde acceso secundario

Tiempo de ciclo según la longitud de intersección:

$$\text{Ciclo} = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{\text{Longitud de intersección}}{\text{Velocidad media de circulación}}$$

Según la metodología HCM:

Calculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

L_{veh}= Longitud de vehículo tipo (m)

a= Aceleración (m/s²)

W= Longitud de paso intersección (m)

Máxima relación de flujos (Y_i):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo máximo}}{\text{Flujo de saturación}} = \frac{\text{Veh/Hr}}{\text{Veh/Hr}}$$

Ciclo Optimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \Sigma Y_i}$$

Donde:

L= Tiempos de perdida (s)

Y_i = Máxima relación flujo (-)

2.8 SEÑALIZACION

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en tableros colocados en postes que transmiten un mensaje visual a los conductores de vehículos. En vías de dos sentidos, las señales están colocadas a la derecha del sentido de avance de los vehículos y de cara al conductor para ser visibles claramente, sin distraer su atención.

En vías de un solo sentido y con más de un carril, las señales están colocadas a la derecha e izquierda del pavimento y su significado es aplicable a los vehículos que circulan por dichos carriles.

Estas señales tienen la característica de ser visibles durante el día y por la reflexión de las luces de los vehículos, también durante la noche.

La señalización básicamente se divide en señalización vertical y horizontal:

Señales verticales. - Es aquella que está colocada en postes verticales sobre la superficie del pavimento en lugares adecuadamente ubicados.

Señalización horizontal. - Consiste en marcas pintadas sobre la superficie del pavimento o con elementos que sobresalen muy poco de este pavimento.

2.8.1 Objetivo de las señalizaciones

Debido al constante incremento del parque vehicular en ciudades y carreteras es necesario adoptar algunos Sistemas de Control de Tráfico con el objeto:

- ❖ De reducir el número de accidentes.

- ❖ De mejorar la seguridad del usuario.
- ❖ De dar mayor comodidad al usuario.

La antigua entidad Servicio Nacional de Caminos, entidad gubernamental encargada de la red vial de Bolivia o a cargo de la ABC, tiene la responsabilidad de establecer el control del tráfico en dicha red. Es por eso que el SNC tomó la iniciativa de adoptar un sistema de control de tráfico comparable a los sistemas internacionales, creando una reglamentación para la Señalización Vial.

El sistema de señalización adoptado, está basado en el manual interamericano de dispositivos para el control del tráfico en calles y carreteras, por lo que todas las señales tanto verticales como horizontales son semejantes a las usadas en los países latino americanos siendo de gran importancia para los extranjeros que visitan el país.

2.8.2 Tipos de señalización

Los tipos de señalización están englobados en dos grupos:

2.8.2.1 Señalización vertical

Por su significado, las señales verticales se clasifican en tres grupos, manteniéndose una igualdad de formas y colores en cada uno de ellos.

Señales restrictivas → Limitativas

→ Prohibitivas

Señales preventivas

Señales informativas → Identificación

→ Destino

→ Servicio

Significado de las formas y los 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.

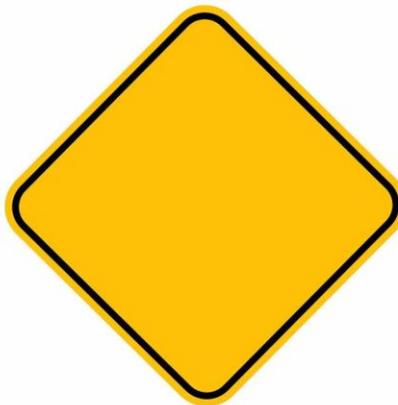
Imagen 23: Señal restrictiva



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Las señales compuestas básicamente por un cuadrado amarillo en forma de rombo, significan una prevención y pertenecen al grupo de las señales preventivas.

Imagen 24: Cuadro de señal preventiva



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Las señales compuestas por un rectángulo significan una información y pertenecen al grupo de las señales informativas. Estas señales tienen dos colores básicos; el color azul que significa información general y el color blanco o verde que significa información de identificación y destinos de las carreteras.

Imagen 25: Señales informativas



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Imagen 26: Señales de prohibición e informativas



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Imagen 27: Señales de precaución



Fuente: Obtenida de google chrome.

2.8.3 Señalización horizontal

Las marcas son rayas, símbolos y letras pintadas sobre la superficie del pavimento y sobre obstáculos que sobresalen de la calzada; sirven para dirigir y orientar a los usuarios que transitan por calles y caminos. Estas marcas tienen la finalidad de indicar ciertos riesgos,

peligros y prohibiciones, canalizar el tránsito y complementar las indicaciones de otras señales que controlan el tránsito. Sus características, al igual que las señales las hacen visibles durante el día y la noche, manteniéndose su significado igual en ambos casos.

Clasificación.

Las marcas son de diferentes tipos y tienen diferentes significados; su clasificación es la siguiente:

- ❖ Rayas centrales
- ❖ Rayas limitadoras de la calzada
- ❖ Rayas separadoras de carriles
- ❖ Rayas canalizadoras
- ❖ Rayas de parada
- ❖ Rayas de cruces para peatones
- ❖ Rayas de aproximación a obstáculos
- ❖ Rayas en cruces de ferrocarril
- ❖ Marcas en cruces de ferrocarril
- ❖ Marcas de estacionamiento permitido
- ❖ Marcas de estacionamiento prohibido
- ❖ Marcas indicadoras de peligro
- ❖ Marcas limitadoras de isletas
- ❖ Postes delineadores

Las marcas son rayas, símbolos y letras pintadas sobre la superficie del pavimento y sobre obstáculos que sobresalen de la calzada; sirven para dirigir y orientar a los usuarios que transitan por calles y caminos. Estas marcas tienen la finalidad de indicar ciertos riesgos, peligros y prohibiciones, canalizar el tránsito y complementar las indicaciones de otras señales que controlan el tránsito. Sus características, al igual que las señales las hacen visibles durante el día y la noche, manteniéndose su significado igual en ambos casos.

Clasificación:

Las marcas son de diferentes tipos y tienen diferentes significados; su clasificación es la siguiente:

- ❖ Rayas centrales

- ❖ Rayas limitadoras de la calzada
- ❖ Rayas separadoras de carriles
- ❖ Rayas canalizadoras
- ❖ Rayas de parada
- ❖ Rayas de cruces para peatones
- ❖ Rayas de aproximación a obstáculos
- ❖ Rayas en cruces de ferrocarril
- ❖ Marcas en cruces de ferrocarril
- ❖ Marcas de estacionamiento permitido
- ❖ Marcas de estacionamiento prohibido
- ❖ Marcas indicadoras de peligro
- ❖ Marcas limitadoras de isletas
- ❖ Postes delineadores

2.8.3.1 Significado de las formas y los colores

Las marcas se clasifican por su forma y color en tres grupos diferentes:

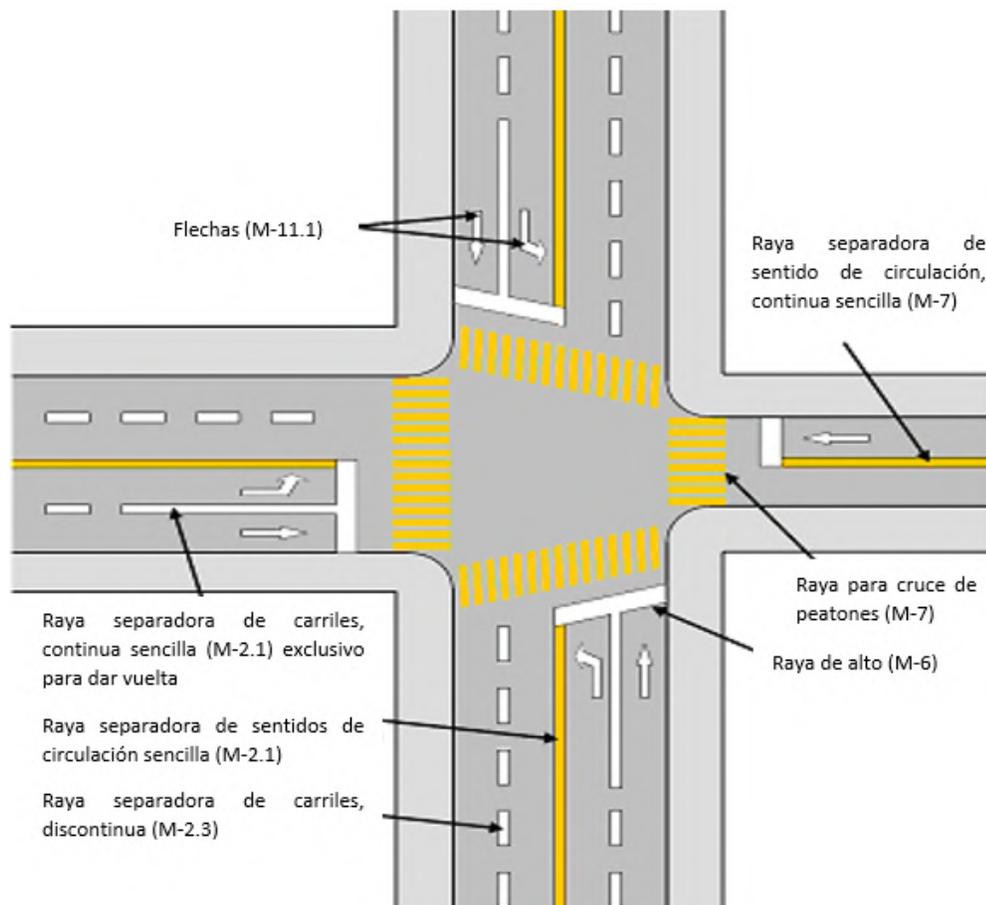
- ❖ Prohibición
- ❖ Indicación
- ❖ Peligro

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.

Imagen 28: Señalización horizontal



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

2.9 ESTACIONAMIENTOS

El problema del estacionamiento de vehículos es muy importante en todos los centros urbanos. Gran parte del congestionamiento es causado por el estacionamiento inadecuado de vehículos. Con el aumento del parque vehicular el problema del estacionamiento y de los congestionamientos es cada vez mayor.

Todo plan de vialidad urbana debe considerar la construcción de estacionamientos, considerando que de las 24 horas del día un vehículo particular estará estacionado aproximadamente de 21 a 23 horas.

El problema del estacionamiento se presenta sobre todo en las proximidades de: campos deportivos, hospitales, terminales, en las cercanías de oficinas públicas y administrativas, etc.

2.9.1 Estudio de estacionamiento

Cualquier vehículo que viaja en una carretera quiere contemporáneamente parquarse por un tiempo relativamente corto o un tiempo mucho más largo, dependiendo de la razón para el estacionamiento. La disposición de las instalaciones de estacionamientos es por lo tanto un elemento esencial del modo de transporte de la carretera. La necesidad de espacios de parqueo es generalmente muy grande en las áreas donde el uso suelo incluyen las áreas de negocios, residenciales, o actividades comerciales.

La utilización creciente del automóvil como servicio personal alimentador del sistema de tránsito parquear y seguir también ha aumentado la demanda para los espacios del estacionamiento. En áreas de alta densidad, donde los espacios son muy costosos, el espacio proporcionado para los automóviles tiene que ser dividido generalmente entre los espacios asignados para su movimiento y los espacios asignados para el estacionamiento.

El abastecimiento del espacio adecuado de estacionamiento para resolver la demanda para parquear en el centro de la ciudad puede hacer necesaria la disposición de espacios de estacionamiento a lo largo de las aceras, que reducen la capacidad de las calles y puede afectar el nivel del servicio de ésta. Este problema enfrenta generalmente a ingeniero del tráfico de la ciudad. La solución no es simple, puesto que la asignación del espacio disponible dependerá de las metas de la comunidad, a que el ingeniero del tráfico debe tomar en la consideración al intentar solucionar el problema. Los estudios de estacionamiento por lo tanto se utilizan para determinar la demanda, la fuente de instalaciones del estacionamiento en un área, la proyección de la demanda, y opiniones de los varios grupos de interés en cuál es la mejor solución posible para el problema. Antes de que discutamos los detalles de los estudios de estacionamiento, es necesario discutir los diversos tipos de instalaciones de estacionamiento.

2.9.2 Tipos de instalación de estacionamiento

Las instalaciones de estacionamiento se pueden dividir en dos grupos principales:

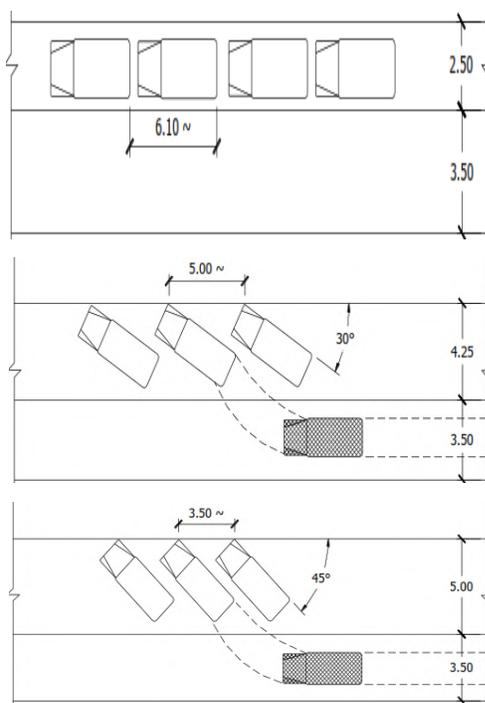
- ❖ En la calle
- ❖ Fuera de la calle

2.9.3 Estacionamiento en calles urbanas

El tipo más simple de estacionamiento es en la calle, desvirtuando el propósito de ésta, que es la circulación.

En las Figuras de a continuación se muestran varios tipos de estacionamientos en la calle, desde la ubicación paralela o formando ángulo con la vía.

Imagen 29: Estacionamiento en vía urbana



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Los estacionamientos paralelos, de 30°, de 45° no presentan mucho conflicto a la circulación de los carriles adyacentes.

Los ángulos de 60° y 90° interfieren el tráfico vecino al incorporarse o salir del estacionamiento. La capacidad de estacionamiento es mayor que la del estacionamiento paralelo a la calle, pero en cambio presenta puntos de conflicto con el tráfico vecino.

Para evitar el uso abusivo del estacionamiento en la calle deben implementarse los parquímetros que sirven para limitar el tiempo de estacionamiento mediante una tarifa módica. Con estos parquímetros se logra un número de usuarios beneficiados, por otra parte, es una fuente de ingresos adicional para la alcaldía correspondiente.

2.9.4 Metodología de estudio de estacionamiento

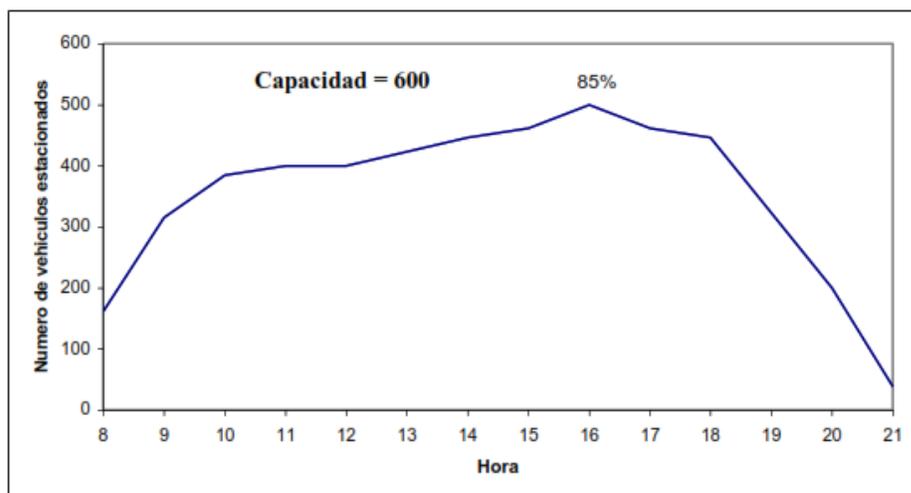
Un estudio comprensivo del estacionamiento implica generalmente:

- ❖ El inventario de instalaciones existentes del estacionamiento
- ❖ Recolección de datos sobre la acumulación del estacionamiento, volumen de ventas del estacionamiento, duración del estacionamiento
- ❖ Identificación de los generadores del estacionamiento
- ❖ Recolección de información de la demanda del estacionamiento

2.9.5 Recolección de datos de estacionamiento

Acumulación. - Los datos de la acumulación son obtenidos comprobando la cantidad de parqueo durante intervalos regulares en diferentes días de la semana. Los chequeos se realizan generalmente en cada hora o 2 horas base entre las 6:00 a.m. y las 8:00 p.m. La selección de los tiempos depende del tiempo de operación de las actividades que se realizan en una determinada área, que actúan como generadores del estacionamiento. Por ejemplo, si una zona comercial es incluida, los chequeos se deben hacer durante los tiempos en que las tiendas al por menor están abiertas, que pueden incluir períodos hasta las 9:30 p.m. en algunos días. La información obtenida se utiliza para determinar variaciones horarias del estacionamiento y temporadas altas de la demanda del estacionamiento.

Imagen 30: Representación gráfica máxima demanda



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

2.9.6 Análisis de datos de estacionamiento

2.9.6.1 Dimensiones mínimas de caja de estacionamiento

En estudios realizados por el departamento del distrito federal (México) se analizaron las dimensiones de los automóviles registrados en la ciudad y el país. Tomando en cuenta el pronóstico de los porcentajes de los tipos de automóviles, se recomiendan como dimensiones mínimas de cajones de estacionamiento las indicadas a continuación:

❖ Automóviles grandes y medianos

En batería: 5,00m x 2,40m

En cordón: 6,00m x 2,40m

❖ Automóviles pequeños

En batería: 4,20m x 2,20m

En cordón: 5,00m x 2,00m

2.9.6.2 Dimensiones mínimas para los pasillos de circulación del estacionamiento

Tomando en cuenta el pronóstico de los porcentajes de los tipos de automóviles, se recomiendan como dimensiones mínimas de los pasillos de circulación del estacionamiento las indicadas a continuación:

Tabla 14: Dimensiones de estacionamiento

Angulo del cajón	Anchura del pasillo en metros	
	Automóviles	
	Grandes y medianos	Chicos
30°	3,00	2,70
45°	3,30	3,00
60°	5,00	4,00
90°	6,00	5,00

Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Demanda:

Número de placas contadas no repetidas en una hora

$$\text{Demanda} = \text{N}^\circ \text{de placas contadas no repetidas en una hora}$$

Oferta:

La oferta es la cantidad máxima de vehículos que permite estacionar a lo largo de la avenida potosí dependiendo del diseño y dimensiones de los cajones dispuestos en paralelo al margen derecho de la vía.

$$\text{Oferta} = \frac{L}{L_c} - 2 = \frac{\text{Longitud de cuadra}}{\text{Longitud de casilla}} = \text{N}^\circ \text{casillas posibles}$$

Índice de ocupación:

Es el índice del uso de un espacio del estacionamiento. Se obtiene dividiendo el volumen del estacionamiento para un período especificado por el número de los espacios del estacionamiento.

$$I_o = \frac{\text{Demanda}}{\text{Oferta}} = \frac{\text{N}^\circ \text{vehiculos estacionados}}{\text{N}^\circ \text{casilla posibles}}$$

CAPÍTULO III

APLICACIÓN METODOLÓGICA DE UN ESTUDIO DE TRÁFICO

CAPITULO III

APLICACIÓN METODOLÓGICA DE UN ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

Imagen 31: Área de estudio



Fuente: Captura de google maps.

La aplicación del estudio de tráfico que se realizó esta ubicada en la zona del barrio La Pampa puntualmente en toda la prolongación de la Avenida Potosí, y las intersecciones que contribuyen con flujo vehicular a la misma.

3.1.1 Características de la Av. Potosí

La avenida Potosí es una de las avenidas más antiguas de la ciudad de Tarifa, creada con el fin de ser un acceso de entrada y salida rápida al centro de la ciudad, sin embargo, en la actualidad está ya forma parte del mismo centro, debido al crecimiento de la ciudad. El comercio se desarrolla de manera normal en esta avenida donde se ofrecen productos desde productos de la canasta familiar, como también la venta de ropa, además de ser una zona donde existen despachos jurídicos y ambientes que ofrecen los servicios de sepelio.

La avenida potosí una avenida muy importante en la ciudad de Tarifa donde se encuentran entidades del estado, tales como las oficinas de sedes, el hospital obrero el banco de sangra P.A.I. entre otras oficinas o entidades bancarias y colegios alrededor de la misma.

Imagen 32: Edificio del SEDES



Fuente: Banco de imágenes de google maps.

En cercanías de esta avenida también se puede encontrar zonas de recreación que es visitada por la población y turistas que llegan a la ciudad, zonas como ser el Estadio IV Centenario, área donde todos los días los deportistas de la ciudad se reúnen para desarrollar sus actividades deportivas. Por otra parte, en cercanías se encuentra la plaza conocida con el nombre de Parque Bolívar lugar donde las familias salen a pasear con sus hijos y mascotas.

Imagen 33: Fuente parque Bolívar



Fuente: Banco de imágenes de google maps.

3.1.2 Cronograma de ejecución de actividades

Para la realización del proyecto se realizó el siguiente cronograma de actividades con el fin de lograr el objetivo de concluir con el estudio de tráfico vehicular en la Avenida Potosí.

Tabla 15: Cronograma de ejecución de estudio

Actividades	Cronograma de ejecución del proyecto de grado																			
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Capítulo I	Perfil de proyecto																			
	1	14																		
Capítulo II	Fundamentación teórica de la ingeniería de tráfico																			
			15	27																
Capítulo III	Aplicación metodológica de la ingeniería de tráfico																			
A1) Preparación de técnica y herramientas					1															
A2) Aforo de horas pico						5	17													
A3) Aforo de volumen vehicular								19			15									
A4) Aforo de velocidades											10									
A5) Aforo de estacionamientos												17								
A6) Trabajo de gabinete													1	14						
A7) Diseño de semaforización															15					
A8) Diseño de oferta de estacionamiento															19					
A9) Oferta y demanda de estacionamientos															21					
Capítulo IV																				
Conclusiones y recomendaciones																			24	

Fuente: Elaboración propia.

La recolección de información de horas pico, con una duración de dos semanas iniciando el día lunes 5 de septiembre y culminando el 17 de septiembre.

La recolección de volumen vehicular en horas pico tuvo como duración tres semanas, dando inicio el día lunes 19 de septiembre y culminando el día 15 de octubre de la presente gestión 2022.

Para finalizar la etapa de trabajo de gabinete, la cual fue una etapa continua se la realizó durante 4 semanas hasta llegar a plantear las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron con el estudio de tráfico vehicular.

3.2 RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN

Mediante el aforo manual se procedió a recolectar la información necesaria para realizar el estudio de tráfico.

Inicialmente se identificó las características de las intersecciones, donde se realizarán los aforos, tomando en cuenta el ancho de los accesos, el número de accesos los tipos de vehículos que circulan por la zona, si estos tienen paradas de buses.

Intersección I: Avenida Potosí – Calle Méndez



Esta intersección cuenta con:

- 2 accesos
- Ambos accesos con una calzada de 6 metros
- Acceso “calle Méndez cuenta con parada de micros antes de la intersección línea 8 y CH
- Acceso “Av. Potosí cuenta con parada de micros antes de la intersección línea E y F

Fuente: Elaboración propia.

Intersección II: Avenida Potosí – Calle Cochabamba



Esta intersección cuenta con:

- 3 accesos
- Ambos accesos con una calzada de 6 metros
- Esta intersección no cuenta con paradas de micros

Fuente: Elaboración propia.

Intersección III: Avenida Potosí – Calle Delgadillo



Esta intersección cuenta con:

- 3 accesos
- Accesos Av. Potosí con calzadas de 6 metros
- Calle Delgadillo con calzada de 7,80metros
- Esta intersección no cuenta con Paradas de micros

Fuente: Elaboración propia.

Intersección IV: Avenida Potosí – Calle Junín



Esta intersección cuenta con:

- 3 accesos
- Todos los accesos cuentan con calzadas de 6 metros
- Calle Junín cuenta con líneas de micros de 5-E-F

Fuente: Elaboración propia.

Intersección V: Avenida Potosí – Calle Segundino Ugarte



Esta intersección cuenta con:

- 3 accesos
- Accesos Av. Potosí de 6 metros
- Accesos Segundino Ugarte 5,80 metros
- Esta intersección no cuenta con paradas

Fuente: Elaboración propia.

Intersección VI: Avenida Potosí – Calle O'Connor



Esta intersección cuenta con:

- 2 accesos
- Accesos Av. Potosí de 6 metros
- Acceso 1 Cuenta con parada micros después de la intersección línea E-F
- Acceso 2 Cuenta con parada micros antes de la intersección línea E-F

Fuente: Elaboración propia.

Intersección VII: Avenida Potosí – Calle Ejercito



Fuente: Elaboración propia.

Esta intersección cuenta con:

- 3 accesos
- Accesos 1 Av. Potosí de 6 metros
- Acceso 3 ancho de carril 5,8 metros
- Acceso 1 Cuenta con parada micros antes de la intersección línea E-F
- Acceso 3 Cuenta con parada de transporte pesado

Intersección VIII: Avenida Potosí – Pasaje Carlos Paz



Fuente: Elaboración propia.

Esta intersección cuenta con:

- 3 accesos
- Todo el acceso tiene una calzada de 6 metros
- La intersección no cuenta con paradas de micros

Intersección IX: Avenida Potosí – Avenida La Paz



Fuente: Elaboración propia.

Esta intersección cuenta con:

- 4 accesos
- Accesos Av. Potosí de 6 metros
- Acceso 3 carril de 5,8 metros, con parada de micros antes línea CH
- Acceso 4 carril de 4,5 metros, con parada de micros después, línea CH

Intersección X: Avenida Potosí – Pasaje Güemes



Esta intersección cuenta con:

- 4 accesos
- Las calzadas de todos los accesos son de 6 metros
- La intersección no presenta paradas de micros

Fuente: Elaboración propia.

Intersección XI: Avenida Potosí – Pasaje Las Rosas



Esta intersección cuenta con:

- 4 accesos.
- Acceso 1 calzada de 6 metros
- Acceso 2 calzada de 7 metros
- Acceso 3 calzada de 6 metros
- Acceso 4 calzada de 7,20 metros
- La intersección no presenta paradas de micros

Fuente: Elaboración propia.

Intersección XII: Avenida Potosí – Avenida los Membrillos



Esta intersección cuenta con:

- 4 accesos
- Acceso 1 calzada de 6 metros, con parada de micros antes línea E-F
- Acceso 2 carril de 3,5 metros, parada de taxis 4 de julio después de la intersección
- Acceso 3 carril de 4,5 metros
- Acceso 4 carril de 4 metros

Fuente: Elaboración propia.

En toda su extensión, la avenida potosí cuenta con estacionamientos permitidos y la clasificación vehicular que circula por esta vía es la de vehículos livianos medianos pesados y motos.

3.2.1 Aforo para determinar horas pico en el día

De acuerdo a la metodología elegida para la recolección de datos AASHTO la cual elegimos, nos indica que la información de volumen vehicular en horas pico es la información más crítica que representa situación del tráfico vehicular en cualquier zona de estudio por ende se procedió a realizar el aforo manual de vehículos en circulación en todas las intersecciones involucradas en la avenida Potosí durante un periodo de 16 horas, comenzando a las 06:00am y terminando a horas 22:00pm del día.

La duración de esta investigación tuvo un tiempo de realización de 12 días puesto las intersecciones involucradas en el área de estudio son 12, la fecha de inicio fue el 5/09/22 y culminó el 17/09/22, a continuación, se muestra un resumen de la información levantada y las conclusiones a las que llegamos.

Tabla 16: Resultados de horas pico Avenida Potosí.

Hora	Intersección vs hora pico Avenida Potosí											
	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10	I-11	I-12
06:00:00 a.m.												
07:00:00 a.m.								1107	1983			2034
08:00:00 a.m.	1120	1008		1470	1410	1458	1216					
09:00:00 a.m.			1503							1146	999	
10:00:00 a.m.												
11:00:00 a.m.	1086	894	1443			1328	1112	1187	1836	1215	1017	
12:00:00 p.m.				1446	1263							1617
01:00:00 p.m.												
02:00:00 p.m.												
03:00:00 p.m.												
04:00:00 p.m.												
05:00:00 p.m.												
06:00:00 p.m.		1020		1560	1401	1358	1136	1071	1881	1122	900	1453
07:00:00 p.m.	1050		1655									
08:00:00 p.m.												
09:00:00 p.m.												
10:00:00 p.m.												

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, la Avenida Potosí presenta una casi homogeneidad en cuanto a la hora picó.

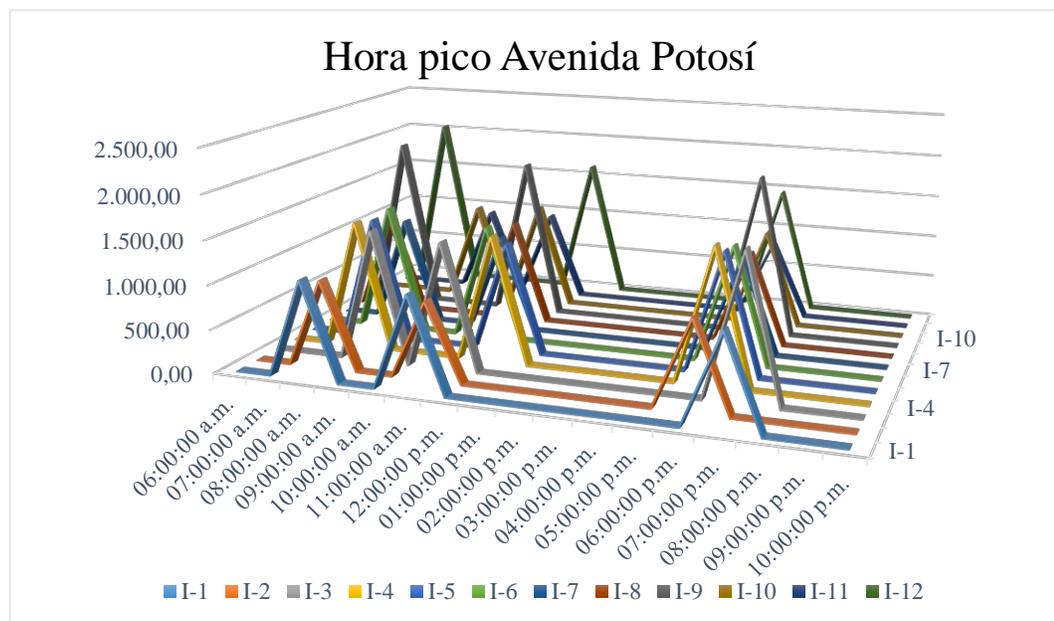
Por la mañana en horas 08:00am a 09:00am, periodo donde se puede atribuir al ingreso de los diferentes personales a sus fuentes laborales además del alejamiento de personas que dejan a sus hijos en los diferentes colegios del centro de la ciudad.

Por el medio día, extraña mente se pensaría que la hora pico en esta avenida seria a las 12 del mediodía, sin embargo, se pudo apreciar que esto no es así gran parte de las intersecciones involucradas en la avenida indican que la hora pico se presenta durante las 11:00am hasta las 12:00 pm tiempo en el cual se ve gran cantidad de flujo vehicular y por ende la generación de conflictos en su circulación.

Solo 3 intersecciones indican que su hora pico se presenta a las 12 del mediodía y estas son la intersección de la Avenida Potosí con: La Calle Junín, Segundino Ugarte y la Avenida los Membrillos.

Durante la tarde se tiene bien marcada la hora pico que presenta la avenida, esta comienza a las :18:00pm y concluye a horas 19:00pm, horario habitual donde coinciden en fin de las actividades del día como ser salidas de colegios y fin de jornada laboral

Imagen 34: Horas pico por intersección



Fuente: Elaboración propia.

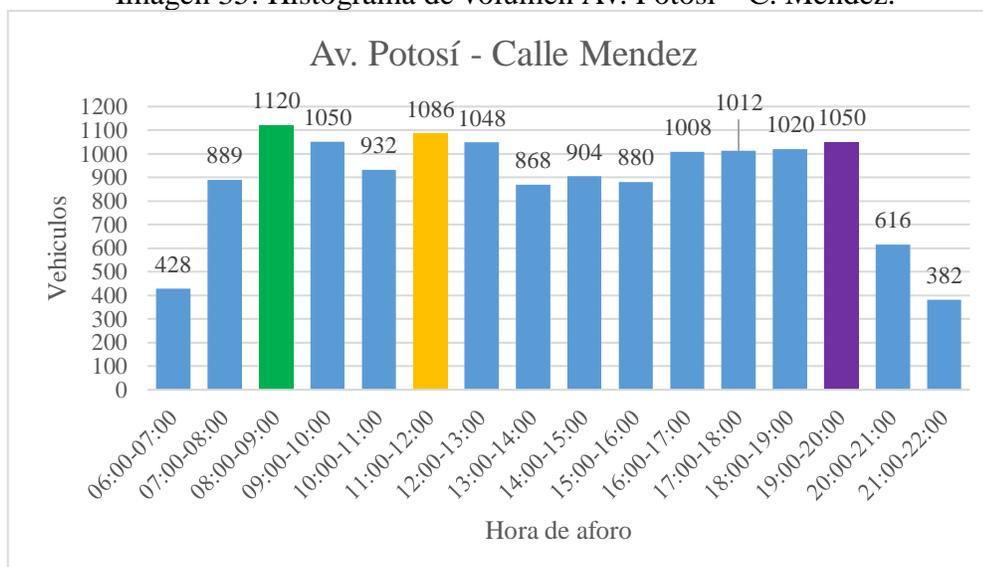
A continuación, se muestra las horas pico que se presentan en cada intersección:

Tabla 17: Volumen vehicular Av. Potosí – C. Méndez

Intersección I					
Avenida Potosí - Calle Méndez					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	0	232	0	196	428
07:00-08:00	0	455	0	434	889
08:00-09:00	0	602	0	518	1120
09:00-10:00	0	590	0	460	1050
10:00-11:00	0	492	0	440	932
11:00-12:00	0	552	0	534	1086
12:00-13:00	0	496	0	552	1048
13:00-14:00	0	536	0	332	868
14:00-15:00	0	574	0	330	904
15:00-16:00	0	528	0	352	880
16:00-17:00	0	570	0	438	1008
17:00-18:00	0	552	0	460	1012
18:00-19:00	0	552	0	468	1020
19:00-20:00	0	548	0	502	1050
20:00-21:00	0	452	0	164	616
21:00-22:00	0	295	0	87	382

Fuente: Elaboración propia

Imagen 35: Histograma de volumen Av. Potosí – C. Méndez.



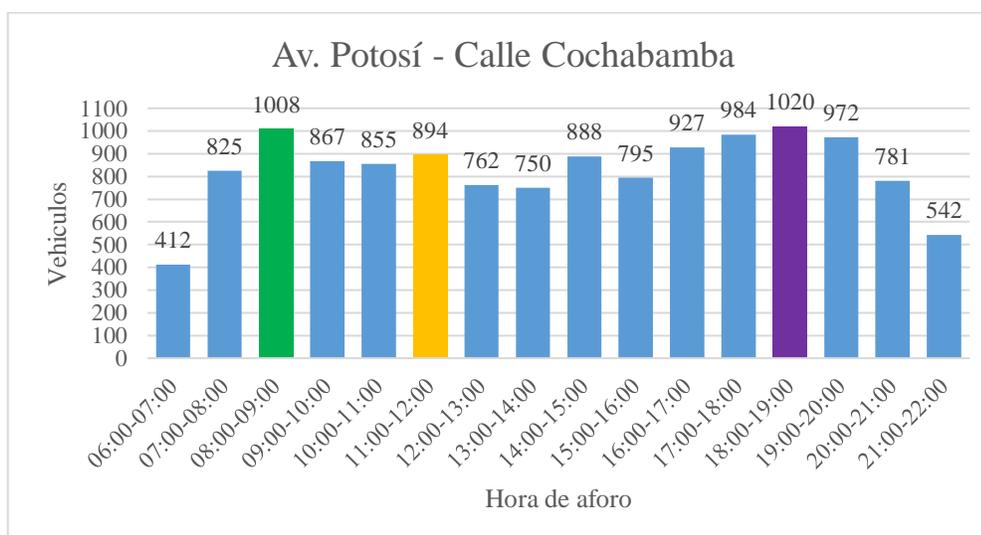
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Volumen vehicular Av. Potosí – C. Cochabamba

Intersección II					
Avenida Potosí – Calle Cochabamba					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	40	156	216	0	412
07:00-08:00	120	396	309	0	825
08:00-09:00	189	528	291	0	1008
09:00-10:00	102	504	261	0	867
10:00-11:00	138	333	384	0	855
11:00-12:00	123	471	300	0	894
12:00-13:00	135	321	306	0	762
13:00-14:00	126	456	168	0	750
14:00-15:00	120	438	330	0	888
15:00-16:00	135	447	213	0	795
16:00-17:00	162	489	276	0	927
17:00-18:00	162	501	321	0	984
18:00-19:00	132	567	321	0	1020
19:00-20:00	102	585	285	0	972
20:00-21:00	79	486	216	0	781
21:00-22:00	46	335	161	0	542

Fuente: Elaboración propia

Imagen 36: Histograma de volumen Av. Potosí – C. Cbba



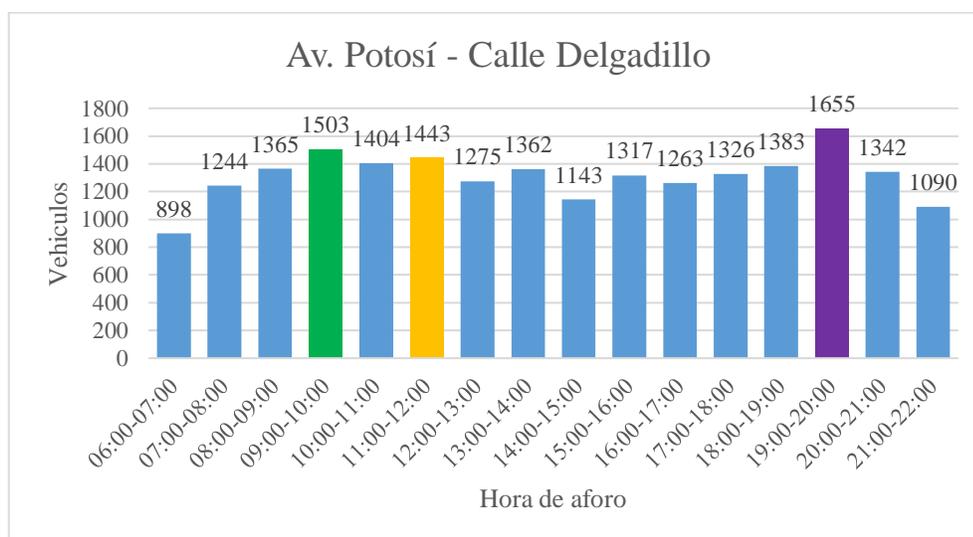
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Volumen vehicular Av. Potosí – C. Delgadillo

Intersección III					
Avenida Potosí – Calle Delgadillo					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	319	270	309	0	898
07:00-08:00	441	395	408	0	1244
08:00-09:00	414	492	459	0	1365
09:00-10:00	459	597	447	0	1503
10:00-11:00	390	537	477	0	1404
11:00-12:00	465	501	477	0	1443
12:00-13:00	387	445	443	0	1275
13:00-14:00	348	402	612	0	1362
14:00-15:00	339	411	393	0	1143
15:00-16:00	420	489	408	0	1317
16:00-17:00	417	465	381	0	1263
17:00-18:00	384	510	432	0	1326
18:00-19:00	393	423	567	0	1383
19:00-20:00	459	662	534	0	1655
20:00-21:00	385	511	446	0	1342
21:00-22:00	302	425	363	0	1090

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 37: Histograma de volumen Av. Potosí – C. Delgadillo



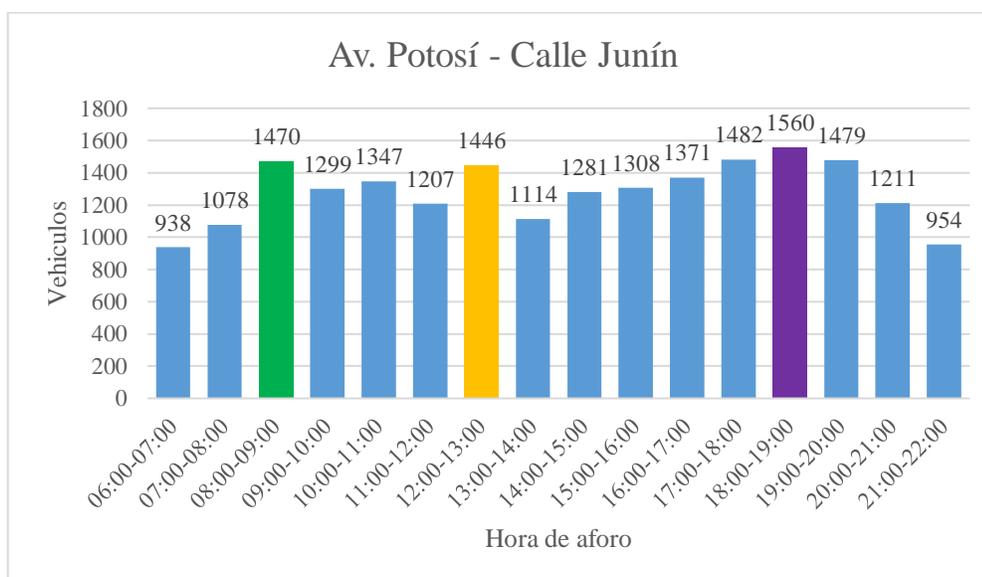
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Volumen vehicular Av. Potosí – C. Junín

Intersección IV					
Avenida Potosí – Calle Junín					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	332	366	0	240	938
07:00-08:00	362	383	0	333	1078
08:00-09:00	504	528	0	438	1470
09:00-10:00	393	486	0	420	1299
10:00-11:00	489	378	0	480	1347
11:00-12:00	387	453	0	367	1207
12:00-13:00	525	480	0	441	1446
13:00-14:00	318	390	0	406	1114
14:00-15:00	423	399	0	459	1281
15:00-16:00	531	429	0	348	1308
16:00-17:00	447	498	0	426	1371
17:00-18:00	513	537	0	432	1482
18:00-19:00	552	537	0	471	1560
19:00-20:00	561	438	0	480	1479
20:00-21:00	469	358	0	384	1211
21:00-22:00	405	271	0	278	954

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 38: Histograma de volumen Av. Potosí – C. Junín



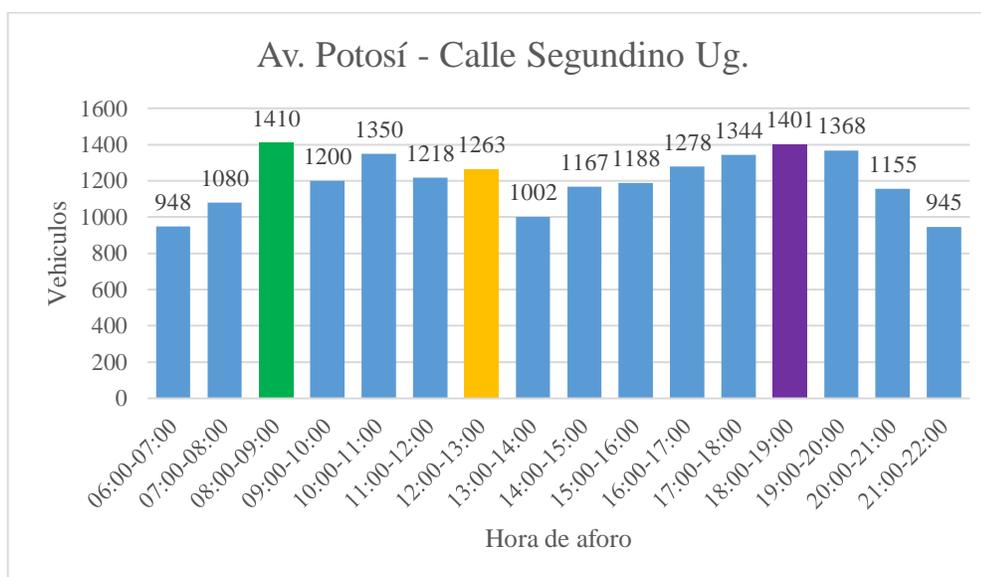
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Volumen vehicular Av. Potosí – C. Segundino Ug.

Intersección V					
Avenida Potosí - Calle Segundino Ugarte					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	282	420	246	0	948
07:00-08:00	300	402	378	0	1080
08:00-09:00	525	528	357	0	1410
09:00-10:00	504	456	240	0	1200
10:00-11:00	534	504	312	0	1350
11:00-12:00	489	498	231	0	1218
12:00-13:00	477	486	300	0	1263
13:00-14:00	393	324	285	0	1002
14:00-15:00	522	351	294	0	1167
15:00-16:00	567	369	252	0	1188
16:00-17:00	534	444	300	0	1278
17:00-18:00	525	495	324	0	1344
18:00-19:00	570	573	258	0	1401
19:00-20:00	669	513	186	0	1368
20:00-21:00	547	445	163	0	1155
21:00-22:00	485	348	112	0	945

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 39: Histograma de volumen Av. Potosí – C. Segundino Ugarte



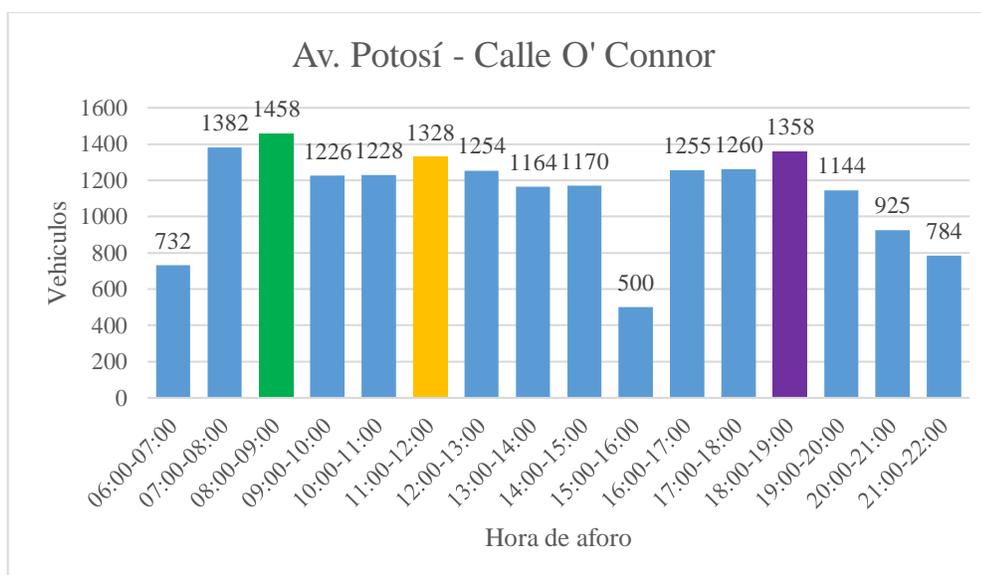
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Volumen vehicular Av. Potosí – C. O'Connor

Intersección VI					
Avenida Potosí – Calle O' Connor					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	298	434	0	0	732
07:00-08:00	836	546	0	0	1382
08:00-09:00	848	610	0	0	1458
09:00-10:00	646	580	0	0	1226
10:00-11:00	728	500	0	0	1228
11:00-12:00	814	514	0	0	1328
12:00-13:00	700	554	0	0	1254
13:00-14:00	646	518	0	0	1164
14:00-15:00	704	466	0	0	1170
15:00-16:00	70	430	0	0	500
16:00-17:00	723	532	0	0	1255
17:00-18:00	710	550	0	0	1260
18:00-19:00	828	530	0	0	1358
19:00-20:00	756	388	0	0	1144
20:00-21:00	618	307	0	0	925
21:00-22:00	539	245	0	0	784

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 40: Histograma de volumen Av. Potosí – C. O'Connor



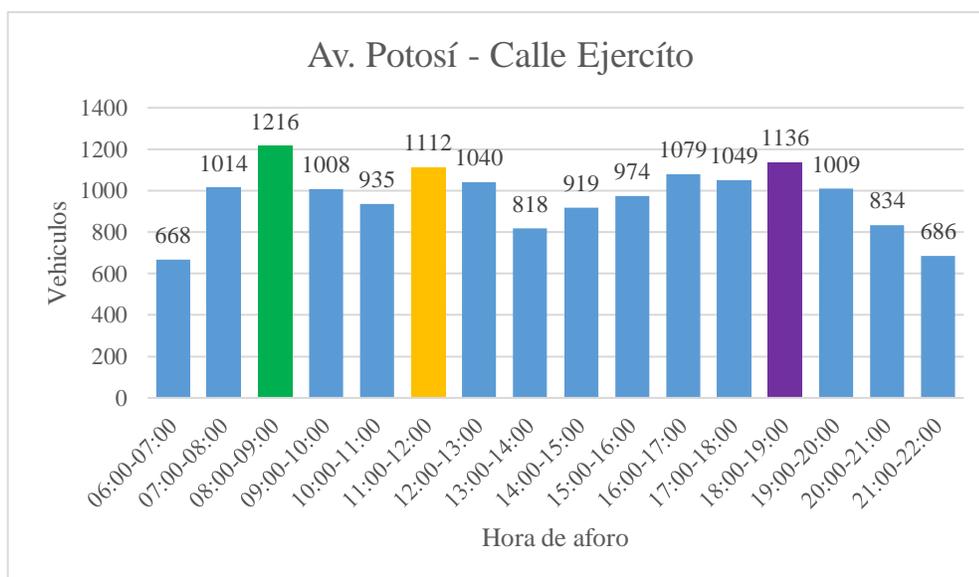
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Volumen vehicular Av. Potosí – C. Ejercito

Intersección VII					
Avenida Potosí – Calle Ejercito					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	312	327	29	0	668
07:00-08:00	434	550	30	0	1014
08:00-09:00	526	664	26	0	1216
09:00-10:00	482	500	26	0	1008
10:00-11:00	484	422	29	0	935
11:00-12:00	520	566	26	0	1112
12:00-13:00	548	462	30	0	1040
13:00-14:00	386	410	22	0	818
14:00-15:00	476	420	23	0	919
15:00-16:00	504	448	22	0	974
16:00-17:00	522	528	29	0	1079
17:00-18:00	458	562	29	0	1049
18:00-19:00	556	556	24	0	1136
19:00-20:00	474	518	17	0	1009
20:00-21:00	398	427	9	0	834
21:00-22:00	333	349	4	0	686

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 41: Histograma de volumen Av. Potosí – C. Ejercito



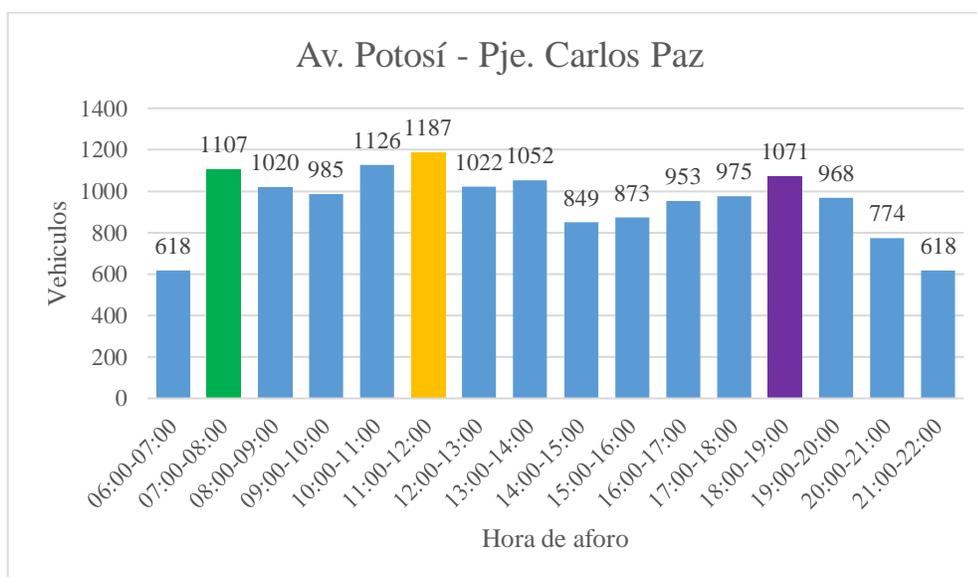
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Volumen vehicular Av. Potosí – Pje. Carlos Paz

Intersección VIII					
Avenida Potosí - Pasaje Carlo Paz					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	360	255	3	0	618
07:00-08:00	462	642	3	0	1107
08:00-09:00	494	522	4	0	1020
09:00-10:00	478	502	5	0	985
10:00-11:00	498	624	4	0	1126
11:00-12:00	562	620	5	0	1187
12:00-13:00	492	526	4	0	1022
13:00-14:00	468	580	4	0	1052
14:00-15:00	380	467	2	0	849
15:00-16:00	450	420	3	0	873
16:00-17:00	530	420	3	0	953
17:00-18:00	534	434	7	0	975
18:00-19:00	544	522	5	0	1071
19:00-20:00	498	462	8	0	968
20:00-21:00	389	377	8	0	774
21:00-22:00	315	300	3	0	618

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 42: Histograma de volumen Av. Potosí – Pje. Carlos Paz



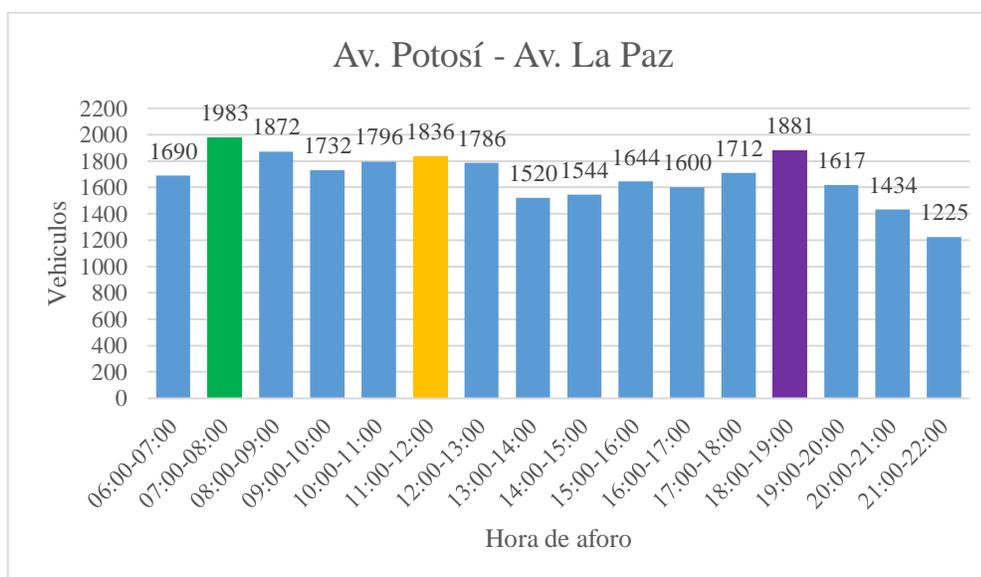
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Volumen vehicular Av. Potosí – Av. La Paz

Intersección IX					
Avenida Potosí - Avenida La Paz					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	392	405	451	442	1690
07:00-08:00	500	482	492	509	1983
08:00-09:00	432	508	396	536	1872
09:00-10:00	352	476	368	536	1732
10:00-11:00	456	500	360	480	1796
11:00-12:00	388	464	460	524	1836
12:00-13:00	528	460	318	480	1786
13:00-14:00	312	520	276	412	1520
14:00-15:00	444	480	296	324	1544
15:00-16:00	340	492	348	464	1644
16:00-17:00	448	448	336	368	1600
17:00-18:00	488	404	388	432	1712
18:00-19:00	560	448	469	404	1881
19:00-20:00	500	409	368	340	1617
20:00-21:00	463	369	324	278	1434
21:00-22:00	409	306	265	245	1225

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 43: Histograma de volumen Av. Potosí – Av. La Paz



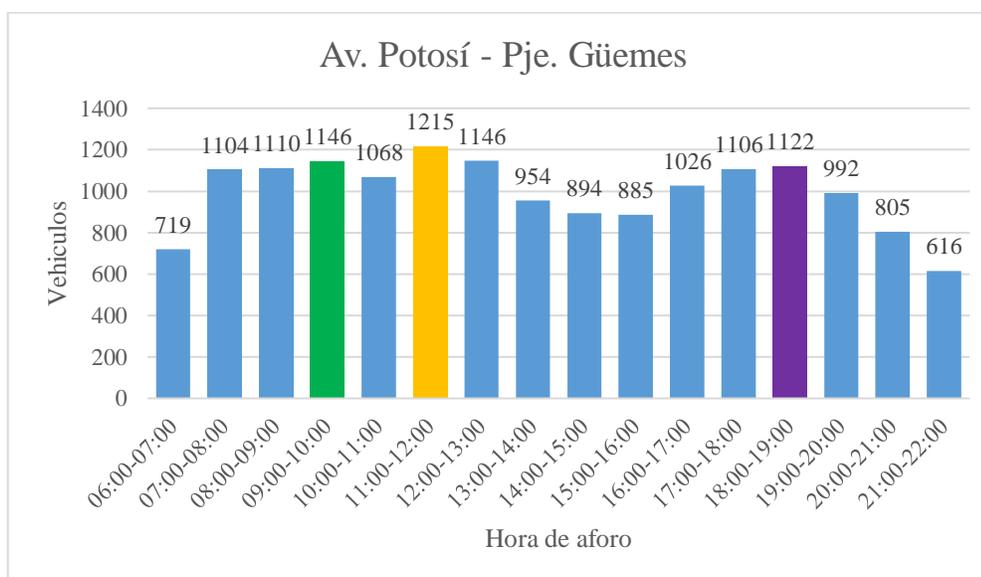
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Volumen vehicular Av. Potosí – Pje. Güemes

Intersección X					
Avenida Potosí - Pasaje Güemes					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	224	361	12	122	719
07:00-08:00	384	476	44	200	1104
08:00-09:00	414	540	6	150	1110
09:00-10:00	456	543	3	144	1146
10:00-11:00	396	492	9	171	1068
11:00-12:00	438	579	24	174	1215
12:00-13:00	429	501	3	213	1146
13:00-14:00	345	489	12	108	954
14:00-15:00	330	480	9	75	894
15:00-16:00	348	426	0	111	885
16:00-17:00	426	426	3	171	1026
17:00-18:00	393	489	3	221	1106
18:00-19:00	426	474	12	210	1122
19:00-20:00	399	409	7	177	992
20:00-21:00	305	342	14	144	805
21:00-22:00	245	279	12	80	616

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 44: Histograma de volumen Av. Potosí – Pje. Güemes



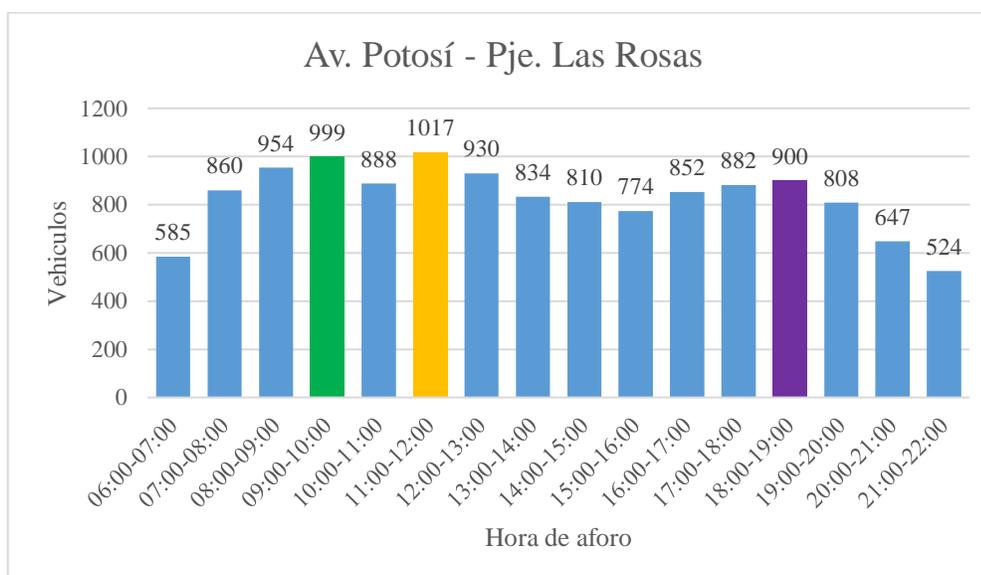
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27: Volumen vehicular Av. Potosí – Pje. Las Rosas

Intersección XI					
Avenida Potosí - Pasaje Las Rosas					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	224	361	0	0	585
07:00-08:00	384	476	0	0	860
08:00-09:00	414	540	0	0	954
09:00-10:00	456	543	0	0	999
10:00-11:00	396	492	0	0	888
11:00-12:00	438	579	0	0	1017
12:00-13:00	429	501	0	0	930
13:00-14:00	345	489	0	0	834
14:00-15:00	330	480	0	0	810
15:00-16:00	348	426	0	0	774
16:00-17:00	426	426	0	0	852
17:00-18:00	393	489	0	0	882
18:00-19:00	426	474	0	0	900
19:00-20:00	399	409	0	0	808
20:00-21:00	305	342	0	0	647
21:00-22:00	245	279	0	0	524

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 45: Histograma de volumen Av. Potosí – Pje. Las Rosas



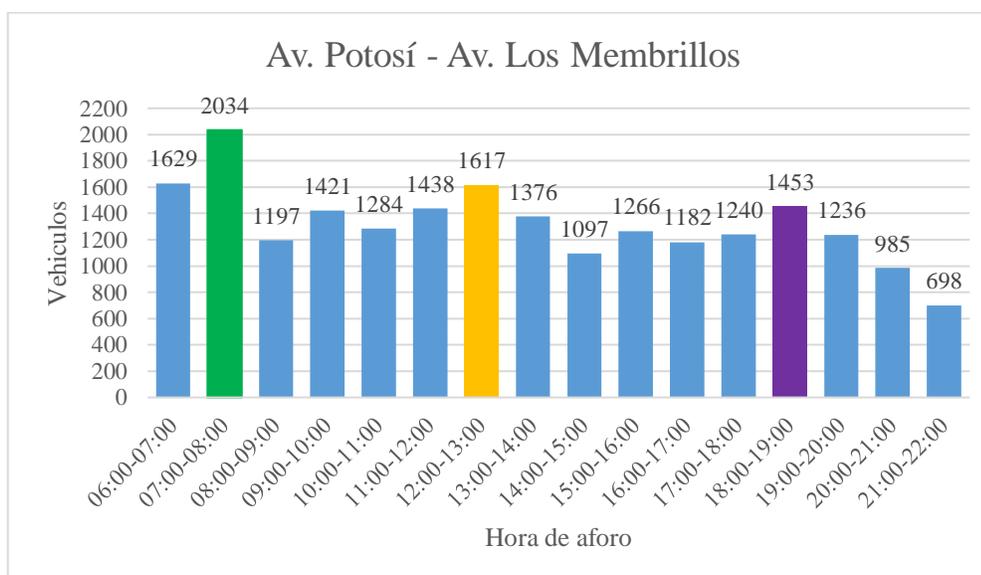
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Volumen vehicular Av. Potosí – Av. Los Membrillos

Intersección XII					
Avenida Potosí - Avenida los Membrillos					
Hora	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Volumen total
06:00-07:00	530	839	137	123	1629
07:00-08:00	672	1016	182	164	2034
08:00-09:00	372	564	102	159	1197
09:00-10:00	384	800	99	138	1421
10:00-11:00	429	504	99	252	1284
11:00-12:00	408	568	207	255	1438
12:00-13:00	453	600	273	291	1617
13:00-14:00	339	704	147	186	1376
14:00-15:00	393	536	72	96	1097
15:00-16:00	495	540	147	84	1266
16:00-17:00	426	552	114	90	1182
17:00-18:00	420	568	135	117	1240
18:00-19:00	432	720	118	183	1453
19:00-20:00	358	655	86	137	1236
20:00-21:00	283	540	56	106	985
21:00-22:00	211	367	38	82	698

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 46: Histograma de volumen Av. Potosí – Av. Los Membrillos



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Aforo de vehículos en horas pico por accesos

Siguiendo la metodología AASHTO la cual nos indica que conociendo las horas de máxima demanda es decir las horas pico, se puede realizar el aforo de volumen de tráfico vehicular en estos periodos periodo donde se espera que los datos sean los más críticos del día con los cuales se desarrolla el cálculo para determinar parámetros como la capacidad, nivel de servicio y además de diseño de semaforización.

Para el aforo de volúmenes se procedió de la siguiente manera:

Se trabajó por semanas donde la primera semana se realizó el aforo de 4 intersecciones; Av. Potosí - Calle Méndez, Av. Potosí - Calle Cochabamba, Av. Potosí - Calle Delgadillo.

Los días de aforo fueron 2 días hábiles y 1 día no, es decir lunes, miércoles y sábado recolectando 3 datos de volúmenes por día durante las horas pico que en nuestro caso son 3, en total para el procesamiento de la información se obtuvo un total de 9 datos.

La segunda semana se realizó el aforo de las intersecciones;

Av. Potosí - Calle Junín, Av. Potosí - Calle Segundino Ugarte, Av. Potosí-Calle O'Connor.

La tercera semana se realizó el aforo de las siguientes intersecciones:

Av. Potosí - Calle Ejercito, Av. Potosí - Pasaje Carlos Paz, Av. Potosí - Av. La Paz.

La cuarta semana se realizó el aforo de las siguientes intersecciones:

Av. Potosí - Pasaje Güemes, Av. Potosí - Pasaje Las Rosas, Av. Potosí - Av. Los Membrillos.

Todos los aforos se los realizo tomando en cuenta el tipo de vehículo y las maniobras que realiza.

La fecha de inicio de aforo de volumen en las horas de máxima demanda fue el 19/09/22 y culmino el 15/10/2022.

A continuación, se presenta una muestra de los datos levantados en horas 11:00am – 12:00pm, dejando los datos de aforo vehicular en horas pico en el anexo III.

Tabla 29: Hoja de aforo de volumen intersección I

Intersección I							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		148	168		40	98	602
Mediano					36	92	
Pesado						20	
Motos					44	114	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Méndez (S - N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	52	90	172	26	32	56	518
Mediano				34	18	20	
Pesado				14		4	
Motos				14	12	32	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Hoja de aforo de volumen intersección II

Intersección II							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano			138			18	189
Mediano						30	
Pesado						3	
Motos						15	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano			312			153	528
Mediano						45	
Pesado						18	
Motos						93	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Cochabamba(N - S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	150	12		54	12		291
Mediano				42	12		
Pesado				9			
Motos				36	3		
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Hoja de aforo de volumen intersección III

Intersección III							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		39	222		24	63	414
Mediano					15	51	
Pesado							
Motos					3	42	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	48		192	36		117	492
Mediano				9		75	
Pesado						15	
Motos				3		18	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Delgadillo (N - S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	87	79	62	30	33	78	459
Mediano				27	12	42	
Pesado						9	
Motos					6	6	
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Hoja de aforo de volumen intersección IV

Intersección IV							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	18		294	6		99	504
Mediano				9		72	
Pesado				3		3	
Motos				3		54	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		18	354		18	81	528
Mediano					3	45	
Pesado						9	
Motos					3	60	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Junín (S - N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	51	36	195	15	6	57	438
Mediano				9	6	42	
Pesado				12	3	6	
Motos				6	6	45	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Hoja de aforo de volumen intersección V

Intersección V							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	30		315	9		69	525
Mediano				24		66	
Pesado						12	
Motos				3		45	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		42	285		3	108	528
Mediano					12	60	
Pesado						18	
Motos					9	87	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Segundino Ugarte (N -S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	45	159		15	78		357
Mediano				15	42		
Pesado					3		
Motos				27	57		
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Hoja de aforo de volumen intersección VI

Intersección VI							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		148	350		82	110	848
Mediano					56	80	
Pesado					4	18	
Motos					28	44	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	54		312	40		64	610
Mediano				20		90	
Pesado				2		28	
Motos				6		60	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle : O'Connor (S - N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Hoja de aforo de volumen intersección VII

Intersección VII							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	18		326	18		76	526
Mediano				6		62	
Pesado						20	
Motos				4		64	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		2	430		10	100	664
Mediano					10	98	
Pesado						14	
Motos					2	64	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Ejercito (N - S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	4	2		4	2		26
Mediano				1	1		
Pesado				8	4		
Motos				6	1		
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Hoja de Aforo de Volumen intersección VIII

Intersección VIII							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		4	334		4	66	494
Mediano					4	58	
Pesado						24	
Motos					2	68	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	2		266			150	522
Mediano				10		78	
Pesado						16	
Motos						100	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Pasaje Carlos Paz (N-S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		3	1				4
Mediano							
Pesado							
Motos							
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle :			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Hoja de aforo de volumen intersección IX

Intersección IX							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	28	96	160	4	16	36	432
Mediano					4	68	
Pesado						20	
Motos				4	8	68	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	36	16	256	8		128	508
Mediano				12		40	
Pesado						12	
Motos				4		64	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. La Paz (N - S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	36	40	192	4	16	44	396
Mediano				8		40	
Pesado						16	
Motos					4	76	
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle : AV.LA PAZ (S - N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	132	12	180	32	68	16	536
Mediano				16	16	44	
Pesado						20	
Motos						60	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Hoja de aforo de volumen intersección X

Intersección X							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	6	6	240			87	414
Mediano				3		66	
Pesado						6	
Motos					6	51	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	12	3	291	9		153	540
Mediano				3		48	
Pesado						21	
Motos						96	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle : Pasaje Güemes (N - S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		3			3		6
Mediano							
Pesado							
Motos					3		
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle : Pasaje Güemes (S - N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	24	12	21	12	18	24	150
Mediano				9	12	18	
Pesado							
Motos				3		12	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Hoja de aforo de volumen intersección XI

Intersección XI							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	6	6	240			87	414
Mediano				3		66	
Pesado						6	
Motos					6	51	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (E - W)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	12	3	291	9		153	540
Mediano				3		48	
Pesado						21	
Motos						96	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Pasaje las Rosas (N-S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle : Pasaje Las Rosas (S - N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano							0
Mediano							
Pesado							
Motos							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Hoja de aforo de volumen intersección XII

Intersección XII							
Aforo vehicular Avenida Potosí							
Acceso 1	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Potosí (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	8	36	356	16	24	160	672
Mediano						52	
Pesado				4	4	12	
Motos						44	
Acceso 2	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Pte. Gamoneda (W - E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	80	92	364	88	240	60	1016
Mediano				4	12	60	
Pesado						16	
Motos					8	68	
Acceso 3	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Los Membrillos (N-S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano		148	4		24		182
Mediano					6		
Pesado							
Motos					9		
Acceso 4	Hora: 08:00 a 09:00			Calle: Av. Los Membrillos (S-N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	28	48	24	8	28	20	164
Mediano						4	
Pesado					4		
Motos					8	8	

Fuente: Elaboración propia

Los aforos realizados en las demás intersecciones se encuentran en el anexo III.

3.2.3 Velocidades de circulación vehicular

Para poder lograr un buen estudio de velocidades, se procedió de la siguiente manera:

- ❖ Se realizó la medición en las horas pico con mayor demanda vehicular las cuales son en toda la Avenida Potosí durante la mañana de 11:00am a 12:00pm y por la tarde de 18:00pm a 19:00pm.
- ❖ Se realizó la medición de 3 tipos de velocidades, la velocidad de punto velocidad de crucero y la velocidad de recorrido total o también conocida como velocidad de viaje.

$$\text{Vel. Punto} = \frac{D(m)}{T(s)}$$

La velocidad de punto se la realiza tomando como medida una distancia de 25 metros y es importante que el flujo sea libre sin obstáculos.

La velocidad de crucero es la velocidad ideal que debería tener un vehículo que se desplaza de un tramo a otro para el cálculo de este tipo de velocidad se toma en cuenta solo el tiempo de circulación del vehículo

$$\text{Vel. Crucero} = \frac{D(m)}{T_c(\text{seg})}$$

La velocidad de recorrido total o velocidad de viaje, es la velocidad con la que se desplaza un vehículo desde un punto a otro contemplando los tiempos en el cual el vehículo se encuentra en circulación y también los tiempos en el cual el vehículo se encuentra detenido.

$$\text{Vel. Recorrido total} = \frac{D}{T_c + T_d}$$

Dónde:

T_c= Tiempo de circulación (s)

T_d= Tiempo de demora (s)

D= Distancia (m)

La velocidad de recorrido total se la realizo tanto en el carril de ida (desde la calle Méndez y terminando en la avenida Los Membrillos) así mismo en el carril de vuelta (comenzando en el puente Gamoneda y terminando en la calle Méndez).

Todo el estudio de velocidades tuvo un tiempo de estudio de una semana, comenzando el día lunes 10 de octubre de 2022 y culminando el sábado 16 de octubre de 2022.

Tabla 41: Aforo de velocidad de punto intersección I

Velocidad de punto intersección I (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3			Acceso 4 C. Méndez		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1			1	3,85	23,38	1			1	3,12	28,85
2			2	4,43	20,32	2			2	4,05	22,22
3			3	5,79	15,54	3			3	2,60	34,62
4			4	6,62	13,60	4			4	2,20	40,91
5			5	4,11	21,90	5			5	3,34	26,95
6			6	4,49	20,04	6			6	3,39	26,55
7			7	2,95	30,51	7			7	3,67	24,52
8			8	4,17	21,58	8			8	3,11	28,94
9			9	3,47	25,94	9			9	3,28	27,44
10			10	4,09	22,00	10			10	3,49	25,79
11			11	4,42	20,36	11			11	3,99	22,56
12			12	4,73	19,03	12			12	3,24	27,78
13			13	3,75	24,00	13			13	3,48	25,86
14			14	3,83	23,50	14			14	3,59	25,07
15			15	3,93	22,90	15			15	2,61	34,48
16			16	4,73	19,03	16			16	4,60	19,57
17			17	3,36	26,79	17			17	4,60	19,57
18			18	3,27	27,52	18			18	3,13	28,75
19			19	3,95	22,78	19			19	3,13	28,75
20			20	4,85	18,56	20			20	3,81	23,62
21			21	4,41	20,41	21			21	5,21	17,27
22			22	4,44	20,27	22			22	3,12	28,85
23			23	3,12	28,85	23			23	4,11	21,90
24			24	4,00	22,50	24			24	4,03	22,33
25			25	4,41	20,41	25			25	3,75	24,00
26			26	4,36	20,64	26			26	4,03	22,33
27			27	5,03	17,89	27			27	2,35	38,30
28			28	2,89	31,14	28			28	2,82	31,91
29			29	3,64	24,73	29			29	3,65	24,66
30			30	3,16	28,48	30			30	3,93	22,90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Aforo de velocidad de punto intersección II

Velocidad de punto intersección II (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 C. Cbba.			Acceso 4		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	4,09	17,60	1	4,61	19,52	1	2,94	24,49	1		
2	3,88	23,20	2	4,73	19,03	2	3,85	18,70	2		
3	4,12	21,84	3	5,28	17,05	3	2,66	27,07	3		
4	4,54	19,82	4	5,04	17,86	4	3,15	22,86	4		
5	3,01	29,90	5	4,79	18,79	5	3,56	20,22	5		
6	3,56	25,28	6	4,05	22,22	6	3,76	19,15	6		
7	3,39	26,55	7	4,27	21,08	7	3,24	22,22	7		
8	4,01	22,44	8	4,45	20,22	8	3,76	19,15	8		
9	4,60	19,57	9	5,73	15,71	9	3,48	20,69	9		
10	3,77	23,87	10	6,01	14,98	10	2,93	24,57	10		
11	2,74	32,85	11	5,22	17,24	11	3,69	19,51	11		
12	3,81	23,62	12	4,10	21,95	12	3,44	20,93	12		
13	3,23	27,86	13	4,15	21,69	13	2,51	28,69	13		
14	4,52	19,91	14	3,89	23,14	14	2,36	30,51	14		
15	5,15	17,48	15	4,05	22,22	15	3,05	23,61	15		
16	6,15	14,63	16	3,88	23,20	16	4,10	17,56	16		
17	4,70	19,15	17	3,50	25,71	17	4,32	16,67	17		
18	4,12	21,84	18	3,99	22,56	18	3,89	18,51	18		
19	3,14	28,66	19	4,63	19,44	19	6,26	11,50	19		
20	3,53	25,50	20	4,62	19,48	20	3,03	23,76	20		
21	3,09	29,13	21	5,02	17,93	21	6,21	11,59	21		
22	4,32	20,83	22	4,50	20,00	22	5,45	13,21	22		
23	3,43	26,24	23	3,48	25,86	23	4,97	14,49	23		
24	4,46	20,18	24	4,12	21,84	24	4,14	17,39	24		
25	4,17	21,58	25	3,11	28,94	25	4,01	17,96	25		
26	4,00	22,50	26	3,63	24,79	26	4,24	16,98	26		
27	3,08	29,22	27	5,36	16,79	27	5,38	13,38	27		
28	3,77	23,87	28	4,25	21,18	28	4,55	15,82	28		
29	3,21	28,04	29	3,79	23,75	29	3,38	21,30	29		
30	3,36	26,79	30	5,36	16,79	30	4,31	16,71	30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Aforo de velocidad de punto intersección III

Velocidad de punto intersección III (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 C. Delgadillo			Acceso 4		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	4,82	18,67	1	4,12	21,84	1	4,18	21,53	1		
2	3,57	25,21	2	3,42	26,32	2	3,88	23,20	2		
3	5,01	17,96	3	4,22	21,33	3	4,10	21,95	3		
4	5,33	16,89	4	2,89	31,14	4	4,00	22,50	4		
5	3,35	26,87	5	4,68	19,23	5	4,87	18,48	5		
6	3,88	23,20	6	5,07	17,75	6	4,72	19,07	6		
7	4,68	19,23	7	3,03	29,70	7	3,91	23,02	7		
8	4,73	19,03	8	3,58	25,14	8	5,05	17,82	8		
9	4,25	21,18	9	3,44	26,16	9	4,28	21,03	9		
10	3,31	27,19	10	3,53	25,50	10	3,68	24,46	10		
11	4,54	19,82	11	3,25	27,69	11	5,02	17,93	11		
12	5,01	17,96	12	4,25	21,18	12	5,21	17,27	12		
13	5,16	17,44	13	4,56	19,74	13	4,77	18,87	13		
14	5,79	15,54	14	5,25	17,14	14	3,78	23,81	14		
15	3,53	25,50	15	4,87	18,48	15	3,85	23,38	15		
16	4,68	19,23	16	5,17	17,41	16	4,03	22,33	16		
17	4,01	22,44	17	5,79	15,54	17	4,42	20,36	17		
18	4,04	22,28	18	5,21	17,27	18	3,97	22,67	18		
19	4,76	18,91	19	4,83	18,63	19	5,03	17,89	19		
20	4,04	22,28	20	4,46	20,18	20	4,95	18,18	20		
21	3,68	24,46	21	3,89	23,14	21	4,79	18,79	21		
22	3,75	24,00	22	3,33	27,03	22	4,10	21,95	22		
23	5,11	17,61	23	5,75	15,65	23	4,87	18,48	23		
24	4,28	21,03	24	4,44	20,27	24	4,21	21,38	24		
25	3,84	23,44	25	4,02	22,39	25	5,02	17,93	25		
26	3,09	29,13	26	3,16	28,48	26	5,81	15,49	26		
27	3,96	22,73	27	5,03	17,89	27	4,88	18,44	27		
28	5,37	16,76	28	4,67	19,27	28	5,34	16,85	28		
29	5,64	15,96	29	4,46	20,18	29	4,57	19,69	29		
30	5,10	17,65	30	4,88	18,44	30	4,76	18,91	30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Aforo de velocidad de punto intersección IV

Velocidad de punto intersección IV (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3			Acceso 4 C. Junín		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	2,54	35,43	1	5,99	15,03	1			1	6,32	14,24
2	5,14	17,51	2	5,5	16,36	2			2	6,54	13,76
3	4,76	18,91	3	6,8	13,24	3			3	6,51	13,82
4	4,74	18,99	4	5,23	17,21	4			4	6,29	14,31
5	4,12	21,84	5	4,97	18,11	5			5	6,24	14,42
6	5,30	16,98	6	3,21	28,04	6			6	5,88	15,31
7	3,10	29,03	7	5,48	16,42	7			7	6,70	13,43
8	4,35	20,69	8	6,1	14,75	8			8	6,44	13,98
9	5,23	17,21	9	6,68	13,47	9			9	5,64	15,96
10	4,43	20,32	10	5,35	16,82	10			10	7,37	12,21
11	5,89	15,28	11	5,52	16,30	11			11	6,57	13,70
12	4,85	18,56	12	4,5	20,00	12			12	6,23	14,45
13	4,92	18,29	13	4,87	18,48	13			13	6,00	15,00
14	4,83	18,63	14	4,61	19,52	14			14	5,37	16,76
15	4,92	18,29	15	5,47	16,45	15			15	5,02	17,93
16	4,66	19,31	16	5,32	16,92	16			16	6,68	13,47
17	4,53	19,87	17	4,92	18,29	17			17	5,34	16,85
18	3,43	26,24	18	5,56	16,19	18			18	6,17	14,59
19	4,22	21,33	19	4,33	20,79	19			19	5,93	15,18
20	4,50	20,00	20	6,17	14,59	20			20	5,03	17,89
21	4,61	19,52	21	5,01	17,96	21			21	6,18	14,56
22	4,43	20,32	22	5,89	15,28	22			22	6,47	13,91
23	4,35	20,69	23	5,52	16,30	23			23	5,22	17,24
24	5,42	16,61	24	4,62	19,48	24			24	6,24	14,42
25	4,87	18,48	25	6,02	14,95	25			25	5,32	16,92
26	4,53	19,87	26	5,47	16,45	26			26	5,89	15,28
27	4,22	21,33	27	4,43	20,32	27			27	4,47	20,13
28	5,89	15,28	28	5,3	16,98	28			28	4,98	18,07
29	5,01	17,96	29	5,14	17,51	29			29	5,06	17,79
30	5,53	16,27	30	5,87	15,33	30			30	6,21	14,49

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Aforo de velocidad de punto intersección V

Velocidad de punto intersección V (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 C. Segund. Ug.			Acceso 4		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	4,43	20,32	1	3,63	24,79	1	1,96	45,92	1		
2	3,61	24,93	2	2,57	35,02	2	3,23	27,86	2		
3	5,28	17,05	3	3,03	29,70	3	4,64	19,40	3		
4	4,77	18,87	4	3,11	28,94	4	4,62	19,48	4		
5	4,28	21,03	5	3,13	28,75	5	2,59	34,75	5		
6	4,11	21,90	6	3,00	30,00	6	3,46	26,01	6		
7	3,27	27,52	7	3,82	23,56	7	4,29	20,98	7		
8	4,21	21,38	8	2,56	35,16	8	2,34	38,46	8		
9	3,59	25,07	9	2,73	32,97	9	2,59	34,75	9		
10	4,50	20,00	10	2,89	31,14	10	2,38	37,82	10		
11	3,51	25,64	11	3,92	22,96	11	2,83	31,80	11		
12	4,99	18,04	12	3,54	25,42	12	2,81	32,03	12		
13	5,12	17,58	13	5,14	17,51	13	2,54	35,43	13		
14	5,29	17,01	14	3,42	26,32	14	3,26	27,61	14		
15	4,20	21,43	15	3,56	25,28	15	3,52	25,57	15		
16	5,58	16,13	16	2,87	31,36	16	3,56	25,28	16		
17	4,79	18,79	17	3,23	27,86	17	3,55	25,35	17		
18	4,41	20,41	18	5,08	17,72	18	4,60	19,57	18		
19	3,54	25,42	19	4,52	19,91	19	3,50	25,71	19		
20	3,84	23,44	20	3,46	26,01	20	3,14	28,66	20		
21	2,66	33,83	21	2,83	31,80	21	3,60	25,00	21		
22	3,79	23,75	22	3,12	28,85	22	3,05	29,51	22		
23	5,02	17,93	23	3,87	23,26	23	2,59	34,75	23		
24	3,23	27,86	24	4,11	21,90	24	2,41	37,34	24		
25	5,41	16,64	25	3,56	25,28	25	2,80	32,14	25		
26	3,23	27,86	26	3,54	25,42	26	3,47	25,94	26		
27	3,78	23,81	27	2,99	30,10	27	2,52	35,71	27		
28	3,77	23,87	28	3,30	27,27	28	2,65	33,96	28		
29	3,23	27,86	29	3,90	23,08	29	2,95	30,51	29		
30	4,24	21,23	30	3,88	23,20	30	3,18	28,30	30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Aforo de velocidad de punto intersección VI

Velocidad de punto intersección VI (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3			Acceso 4		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	5,03	17,89	1	3,10	29,03	1			1		
2	4,87	18,48	2	4,11	21,90	2			2		
3	4,79	18,79	3	3,32	27,11	3			3		
4	3,77	23,87	4	4,03	22,33	4			4		
5	3,26	27,61	5	4,32	20,83	5			5		
6	4,76	18,91	6	4,63	19,44	6			6		
7	4,09	22,00	7	4,60	19,57	7			7		
8	3,96	22,73	8	4,62	19,48	8			8		
9	5,74	15,68	9	4,61	19,52	9			9		
10	3,68	24,46	10	4,02	22,39	10			10		
11	4,26	21,13	11	3,15	28,57	11			11		
12	3,51	25,64	12	3,85	23,38	12			12		
13	4,44	20,27	13	3,16	28,48	13			13		
14	4,76	18,91	14	3,33	27,03	14			14		
15	4,85	18,56	15	3,37	26,71	15			15		
16	5,62	16,01	16	4,22	21,33	16			16		
17	4,19	21,48	17	4,20	21,43	17			17		
18	3,26	27,61	18	4,62	19,48	18			18		
19	3,97	22,67	19	3,73	24,13	19			19		
20	3,78	23,81	20	3,09	29,13	20			20		
21	4,43	20,32	21	4,40	20,45	21			21		
22	3,37	26,71	22	3,91	23,02	22			22		
23	3,69	24,39	23	3,83	23,50	23			23		
24	5,04	17,86	24	3,16	28,48	24			24		
25	6,27	14,35	25	3,13	28,75	25			25		
26	5,36	16,79	26	3,77	23,87	26			26		
27	2,91	30,93	27	3,37	26,71	27			27		
28	3,66	24,59	28	3,40	26,47	28			28		
29	4,32	20,83	29	3,42	26,32	29			29		
30	4,38	20,55	30	4,63	19,44	30			30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Aforo de velocidad de punto intersección VII

Velocidad de punto intersección VII (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 C. Ejercito			Acceso 4		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	3,57	25,21	1	2,75	32,73	1	2,69	33,46	1		
2	3,64	24,73	2	2,64	34,09	2	3,55	25,35	2		
3	3,81	23,62	3	2,15	41,86	3	4,22	21,33	3		
4	3,23	27,86	4	2,88	31,25	4	4,00	22,50	4		
5	2,77	32,49	5	2,64	34,09	5	3,38	26,63	5		
6	2,77	32,49	6	2,65	33,96	6	3,55	25,35	6		
7	2,83	31,80	7	2,35	38,30	7	3,07	29,32	7		
8	3,67	24,52	8	2,50	36,00	8	3,47	25,94	8		
9	3,73	24,13	9	3,12	28,85	9	3,42	26,32	9		
10	3,40	26,47	10	2,67	33,71	10	2,83	31,80	10		
11	2,90	31,03	11	3,02	29,80	11	2,72	33,09	11		
12	3,25	27,69	12	2,90	31,03	12	3,07	29,32	12		
13	3,38	26,63	13	3,84	23,44	13	3,14	28,66	13		
14	3,08	29,22	14	2,48	36,29	14	3,95	22,78	14		
15	2,70	33,33	15	2,57	35,02	15	4,21	21,38	15		
16	2,92	30,82	16	2,55	35,29	16	3,86	23,32	16		
17	2,91	30,93	17	2,76	32,61	17	3,69	24,39	17		
18	3,29	27,36	18	2,57	35,02	18	4,25	21,18	18		
19	2,70	33,33	19	3,47	25,94	19	4,03	22,33	19		
20	2,67	33,71	20	2,60	34,62	20	4,00	22,50	20		
21	2,54	35,43	21	2,62	34,35	21	4,05	22,22	21		
22	2,53	35,57	22	2,29	39,30	22	3,46	26,01	22		
23	2,68	33,58	23	2,74	32,85	23	3,09	29,13	23		
24	3,51	25,64	24	3,08	29,22	24	3,79	23,75	24		
25	2,78	32,37	25	3,42	26,32	25	3,09	29,13	25		
26	2,89	31,14	26	3,19	28,21	26	3,64	24,73	26		
27	3,11	28,94	27	3,44	26,16	27	2,99	30,10	27		
28	3,54	25,42	28	2,28	39,47	28	3,21	28,04	28		
29	3,23	27,86	29	2,74	32,85	29	4,00	22,50	29		
30	2,93	30,72	30	2,35	38,30	30	4,23	21,28	30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Aforo de velocidad de punto intersección VIII

Velocidad de punto intersección VIII (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 Pje. Carlos Paz			Acceso 4		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	3,39	26,55	1	2,83	31,80	1	4,87	18,48	1		
2	2,55	35,29	2	3,63	24,79	2	3,46	26,01	2		
3	2,95	30,51	3	3,84	23,44	3	3,98	22,61	3		
4	3,39	26,55	4	3,06	29,41	4	4,27	21,08	4		
5	2,40	37,50	5	3,93	22,90	5	3,74	24,06	5		
6	2,79	32,26	6	3,65	24,66	6	3,79	23,75	6		
7	3,32	27,11	7	3,30	27,27	7	3,04	29,61	7		
8	3,41	26,39	8	3,25	27,69	8	3,85	23,38	8		
9	3,59	25,07	9	4,00	22,50	9	3,10	29,03	9		
10	2,79	32,26	10	3,44	26,16	10	3,75	24,00	10		
11	2,55	35,29	11	2,50	36,00	11	3,93	22,90	11		
12	2,51	35,86	12	2,50	36,00	12	4,09	22,00	12		
13	2,61	34,48	13	3,43	26,24	13	4,31	20,88	13		
14	2,22	40,54	14	4,02	22,39	14	3,05	29,51	14		
15	2,87	31,36	15	3,89	23,14	15	3,26	27,61	15		
16	3,12	28,85	16	4,62	19,48	16	3,85	23,38	16		
17	2,48	36,29	17	3,74	24,06	17	4,20	21,43	17		
18	2,32	38,79	18	4,65	19,35	18	4,32	20,83	18		
19	2,32	38,79	19	3,13	28,75	19	3,86	23,32	19		
20	2,35	38,30	20	3,65	24,66	20	4,16	21,63	20		
21	2,92	30,82	21	2,84	31,69	21	3,65	24,66	21		
22	2,53	35,57	22	2,37	37,97	22	3,93	22,90	22		
23	2,85	31,58	23	3,47	25,94	23	3,75	24,00	23		
24	3,03	29,70	24	3,84	23,44	24	3,61	24,93	24		
25	2,48	36,29	25	3,67	24,52	25	4,09	22,00	25		
26	2,88	31,25	26	2,63	34,22	26	4,20	21,43	26		
27	2,53	35,57	27	2,78	32,37	27	4,87	18,48	27		
28	2,68	33,58	28	3,59	25,07	28	5,00	18,00	28		
29	3,31	27,19	29	4,02	22,39	29	3,47	25,94	29		
30	3,82	23,56	30	3,98	22,61	30	4,23	21,28	30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Aforo de velocidad de punto intersección IX

Velocidad de punto intersección IX (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 Av. La Paz N-S			Acceso 4 Av. La Paz S-N		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	3,85	23,38	1	5,02	17,93	1	4,07	22,11	1	2,70	33,33
2	4,73	19,03	2	4,59	19,61	2	3,57	25,21	2	3,76	23,94
3	4,83	18,63	3	4,40	20,45	3	3,44	26,16	3	4,19	21,48
4	3,74	24,06	4	4,94	18,22	4	3,62	24,86	4	3,55	25,35
5	6,09	14,78	5	3,78	23,81	5	5,45	16,51	5	3,92	22,96
6	5,83	15,44	6	3,49	25,79	6	3,37	26,71	6	4,34	20,74
7	4,63	19,44	7	4,79	18,79	7	3,75	24,00	7	3,70	24,32
8	4,18	21,53	8	4,56	19,74	8	3,99	22,56	8	3,21	28,04
9	3,47	25,94	9	3,88	23,20	9	4,69	19,19	9	3,25	27,69
10	3,58	25,14	10	4,00	22,50	10	4,02	22,39	10	3,64	24,73
11	4,70	19,15	11	2,59	34,75	11	4,49	20,04	11	3,46	26,01
12	4,28	21,03	12	3,77	23,87	12	3,88	23,20	12	4,01	22,44
13	3,29	27,36	13	3,61	24,93	13	4,57	19,69	13	2,99	30,10
14	4,26	21,13	14	3,63	24,79	14	5,24	17,18	14	4,05	22,22
15	3,35	26,87	15	3,84	23,44	15	4,02	22,39	15	4,08	22,06
16	4,08	22,06	16	3,65	24,66	16	4,38	20,55	16	4,85	18,56
17	3,25	27,69	17	3,73	24,13	17	4,05	22,22	17	4,48	20,09
18	4,13	21,79	18	4,08	22,06	18	3,46	26,01	18	4,33	20,79
19	3,54	25,42	19	4,03	22,33	19	3,80	23,68	19	4,54	19,82
20	4,79	18,79	20	4,26	21,13	20	3,77	23,87	20	3,77	23,87
21	3,32	27,11	21	4,40	20,45	21	4,34	20,74	21	4,49	20,04
22	3,72	24,19	22	3,34	26,95	22	3,90	23,08	22	4,29	20,98
23	4,13	21,79	23	3,89	23,14	23	4,85	18,56	23	4,14	21,74
24	4,19	21,48	24	4,80	18,75	24	4,74	18,99	24	4,57	19,69
25	5,41	16,64	25	4,47	20,13	25	3,48	25,86	25	3,89	23,14
26	4,40	20,45	26	3,65	24,66	26	4,08	22,06	26	4,60	19,57
27	3,36	26,79	27	3,98	22,61	27	3,93	22,90	27	3,85	23,38
28	3,99	22,56	28	3,70	24,32	28	4,06	22,17	28	4,49	20,04
29	4,24	21,23	29	4,68	19,23	29	4,32	20,83	29	4,64	19,40
30	4,04	22,28	30	4,51	19,96	30	4,28	21,03	30	3,87	23,26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Aforo de velocidad de punto intersección X

Velocidad de punto intersección X (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 Pje. Güemes			Acceso 4 Pje. Güemes		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	2,86	31,47	1	3,70	24,32	1	3,09	29,13	1	3,82	23,56
2	3,37	26,71	2	2,54	35,43	2	2,34	38,46	2	3,87	23,26
3	3,32	27,11	3	3,42	26,32	3	3,04	29,61	3	3,57	25,21
4	2,48	36,29	4	2,13	42,25	4	2,70	33,33	4	3,65	24,66
5	2,55	35,29	5	3,25	27,69	5	3,37	26,71	5	3,87	23,26
6	3,71	24,26	6	2,49	36,14	6	3,88	23,20	6	3,77	23,87
7	2,64	34,09	7	3,26	27,61	7	3,20	28,13	7	3,14	28,66
8	3,22	27,95	8	3,00	30,00	8	2,87	31,36	8	3,77	23,87
9	3,63	24,79	9	2,97	30,30	9	2,71	33,21	9	3,52	25,57
10	3,12	28,85	10	2,75	32,73	10	3,37	26,71	10	3,16	28,48
11	2,42	37,19	11	3,49	25,79	11	3,26	27,61	11	2,63	34,22
12	2,82	31,91	12	2,25	40,00	12	3,57	25,21	12	3,21	28,04
13	2,58	34,88	13	2,63	34,22	13	2,63	34,22	13	3,89	23,14
14	2,19	41,10	14	2,95	30,51	14	2,75	32,73	14	3,51	25,64
15	3,58	25,14	15	2,59	34,75	15	3,65	24,66	15	3,96	22,73
16	3,58	25,14	16	3,56	25,28	16	2,57	35,02	16	5,02	17,93
17	2,58	34,88	17	2,82	31,91	17	3,70	24,32	17	3,76	23,94
18	2,80	32,14	18	2,17	41,47	18	3,26	27,61	18	2,89	31,14
19	2,52	35,71	19	2,83	31,80	19	3,63	24,79	19	3,12	28,85
20	4,37	20,59	20	2,54	35,43	20	3,71	24,26	20	3,48	25,86
21	3,51	25,64	21	3,17	28,39	21	3,57	25,21	21	4,45	20,22
22	2,95	30,51	22	2,57	35,02	22	3,82	23,56	22	3,28	27,44
23	2,74	32,85	23	3,37	26,71	23	3,85	23,38	23	3,90	23,08
24	2,53	35,57	24	2,94	30,61	24	2,55	35,29	24	3,37	26,71
25	3,03	29,70	25	3,65	24,66	25	3,22	27,95	25	3,36	26,79
26	2,40	37,50	26	2,57	35,02	26	3,05	29,51	26	3,18	28,30
27	2,81	32,03	27	3,23	27,86	27	2,84	31,69	27	3,45	26,09
28	2,61	34,48	28	2,62	34,35	28	3,54	25,42	28	4,23	21,28
29	3,16	28,48	29	3,70	24,32	29	3,26	27,61	29	4,12	21,84
30	3,20	28,13	30	2,80	32,14	30	3,14	28,66	30	3,83	23,50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Aforo de velocidad de punto intersección XI

Velocidad de punto intersección XI (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 Pje. Las Rosas			Acceso 4 Pje. Las Rosas		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	4,69	19,19	1	4,33	20,79	1	3,05	29,51	1	2,35	38,30
2	4,53	19,87	2	3,14	28,66	2	2,79	32,26	2	2,49	36,14
3	3,11	28,94	3	3,06	29,41	3	3,18	28,30	3	2,84	31,69
4	3,65	24,66	4	3,77	23,87	4	3,12	28,85	4	3,12	28,85
5	3,97	22,67	5	3,98	22,61	5	2,28	39,47	5	2,77	32,49
6	4,40	20,45	6	4,01	22,44	6	2,31	38,96	6	2,64	34,09
7	4,90	18,37	7	4,23	21,28	7	2,62	34,35	7	2,92	30,82
8	4,29	20,98	8	3,13	28,75	8	3,11	28,94	8	3,05	29,51
9	4,66	19,31	9	4,11	21,90	9	2,54	35,43	9	2,92	30,82
10	4,11	21,90	10	4,13	21,79	10	3,10	29,03	10	3,12	28,85
11	5,06	17,79	11	4,44	20,27	11	2,89	31,14	11	2,71	33,21
12	5,37	16,76	12	4,80	18,75	12	2,53	35,57	12	2,94	30,61
13	4,85	18,56	13	5,40	16,67	13	2,78	32,37	13	2,79	32,26
14	4,66	19,31	14	5,66	15,90	14	3,41	26,39	14	3,15	28,57
15	4,37	20,59	15	5,36	16,79	15	3,56	25,28	15	3,42	26,32
16	3,15	28,57	16	5,57	16,16	16			16		
17	3,20	28,13	17	5,56	16,19	17			17		
18	3,98	22,61	18	4,96	18,15	18			18		
19	3,89	23,14	19	4,01	22,44	19			19		
20	3,82	23,56	20	5,68	15,85	20			20		
21	3,85	23,38	21	4,78	18,83	21			21		
22	3,25	27,69	22	5,31	16,95	22			22		
23	3,97	22,67	23	6,22	14,47	23			23		
24	3,60	25,00	24	4,13	21,79	24			24		
25	3,92	22,96	25	3,95	22,78	25			25		
26	5,28	17,05	26	4,83	18,63	26			26		
27	5,04	17,86	27	4,44	20,27	27			27		
28	4,09	22,00	28	4,61	19,52	28			28		
29	2,92	30,82	29	4,17	21,58	29			29		
30	3,41	26,39	30	4,13	21,79	30			30		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Aforo de velocidad de punto intersección XII

Velocidad de punto intersección XII (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1 Av. Potosí W-E			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3 Av. los Membr.			Acceso 4 Av. los Membr.		
Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)	Nro.	Tiempo (Seg)	V.Punto (Km/Hr)
1	3,64	24,73	1	3,54	25,42	1	3,34	26,95	1	4,12	21,84
2	3,23	27,86	2	3,75	24,00	2	2,76	32,61	2	3,80	23,68
3	3,98	22,61	3	4,23	21,28	3	2,93	30,72	3	3,66	24,59
4	3,47	25,94	4	5,02	17,93	4	3,36	26,79	4	3,47	25,94
5	4,07	22,11	5	6,08	14,80	5	2,85	31,58	5	4,00	22,50
6	3,80	23,68	6	5,31	16,95	6	2,95	30,51	6	3,89	23,14
7	3,76	23,94	7	6,22	14,47	7	3,70	24,32	7	3,14	28,66
8	4,03	22,33	8	4,78	18,83	8	3,35	26,87	8	3,16	28,48
9	3,28	27,44	9	4,22	21,33	9	3,65	24,66	9	4,39	20,50
10	3,61	24,93	10	4,02	22,39	10	3,49	25,79	10	3,39	26,55
11	3,88	23,20	11	6,29	14,31	11	3,69	24,39	11	3,29	27,36
12	2,40	37,50	12	4,68	19,23	12	4,13	21,79	12	4,50	20,00
13	2,84	31,69	13	4,35	20,69	13	3,52	25,57	13	3,51	25,64
14	3,58	25,14	14	5,69	15,82	14	3,13	28,75	14	4,83	18,63
15	4,48	20,09	15	4,47	20,13	15	3,20	28,13	15	4,01	22,44
16	3,02	29,80	16	5,35	16,82	16	3,56	25,28	16	4,70	19,15
17	4,13	21,79	17	4,66	19,31	17	3,95	22,78	17	3,30	27,27
18	3,38	26,63	18	5,03	17,89	18	3,60	25,00	18	4,39	20,50
19	3,79	23,75	19	4,12	21,84	19	3,51	25,64	19	3,53	25,50
20	3,36	26,79	20	5,45	16,51	20	3,46	26,01	20	4,32	20,83
21	3,82	23,56	21	5,55	16,22	21	3,59	25,07	21	4,63	19,44
22	3,33	27,03	22	3,83	23,50	22	2,61	34,48	22	3,90	23,08
23	3,78	23,81	23	6,67	13,49	23	2,63	34,22	23	3,92	22,96
24	4,17	21,58	24	7,36	12,23	24	3,37	26,71	24	3,51	25,64
25	4,16	21,63	25	4,29	20,98	25	3,28	27,44	25	4,35	20,69
26	4,44	20,27	26	4,64	19,40	26	3,94	22,84	26	4,78	18,83
27	3,66	24,59	27	4,92	18,29	27	4,03	22,33	27	3,39	26,55
28	3,96	22,73	28	5,43	16,57	28	3,63	24,79	28	4,03	22,33
29	3,80	23,68	29	4,92	18,29	29	3,38	26,63	29	3,28	27,44
30	3,75	24,00	30	5,03	17,89	30	3,54	25,42	30	4,66	19,31

Fuente: Elaboración propia.

Los aforos de velocidades realizados por la tarde de 18:00pm a 19:00pm se encuentran en el anexo IV.

3.2.4 Aforo para determinar oferta y demanda de estacionamientos

Para el levantamiento de datos de estacionamientos se procedió a realizar el aforo de placas de vehículos estacionados a lo largo de la Avenida Potosí, tanto en el carril de ida como en el carril de vuelta durante un periodo de un día en las horas pico identificadas anteriormente, de 8:00am a 9:00am, de 11:00am a 12:00pm y de 6:00pm a 7:00pm.

Tabla 53: Aforo de placas para estudio de estacionamiento

Aforo de placas carril de ida (W - E) de la Avenida Potosí 8:00 - 9:00								
Calle Delgadillo - Calle Junín								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	5745 LKB	5745 LKB	5745 LKB	1905 PXP	3997 CUB	1133 AHU	1	1905 PXP
2	2431 ATX	2431 ATX	2431 ATX	1905 PXP	3997 CUB	2011 XAU	2	2138 TRX
3	3997 CUB	3997 CUB	3997 CUB	1905 PXP	3997 CUB	2616 GZB	3	2431 ATX
4	3452 NNE	3452 NNE	3452 NNE	2138 TRX	4061 PDL	3937 ITS	4	3442 GKD
5	5185 SBY	5185 SBY	5185 SBY	2138 TRX	4061 PDL		5	3452 NNE
6	4061 PDL	4061 PDL	4061 PDL	2138 TXX	4061 PDL		6	3997 CUB
7	1905 PXP	1905 PXP	1905 PXP	2431 ATX	4834 ICC		7	4061 PDL
8	3442 GKD	3442 GKD	3442 GKD	2431 ATX	4834 ICC		8	4834 ICC
9	2011 XAU	3937 ITS	4034 SSB	2431 ATX	4834 ICC		9	4034 SSB
10	5606 IYR	4034 SSB	5395 YKE	3442 GKD	3452 NNE		10	1133 AHU
11	2138 TRX	5606 IYR	5606 IYR	3442 GKD	3452 NNE		11	2011 XAU
12	4834 ICC	2138 TRX	2138 TXR	3442 GKD	3452 NNE		12	2616 GZB
13	1133 AHU	4834 ICC	4834 ICC	4034 SSB			13	3937 ITS
		2616 GZB		4034 SSB				
Número total de vehículos estacionados								13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Aforo de placas para estudio de estacionamiento

Aforo de placas carril de ida (W - E) de la Avenida Potosí 11:00 - 12:00								
Calle Delgadillo - Calle Junín								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	1092 GYE	1092 GYE	1092 GYE	1092 GYE	3442 GKD	4061 PDL	1	1092 GYE
2	2431 ATX	2431 ATX	2431 ATX	1092 GYE	3442 GKD	4061 PDL	2	1905 PXP
3	3997 CUB	3997 CUB	3997 CUB	1092 GYE	3442 GKD	4061 PDL	3	2138 TRK
4	3452 NNE	3452 NNE	3452 NNE	1905 PXP	3452 NNE	5606 IYR	4	2431 ATX
5	4061 PDL	4061 PDL	4061 PDL	1905 PXP	3452 NNE	5606 IYR	5	3442 GKD
6	1905 PXP	1905 PXP	1905 PXP	1905 PXP	3452 NNE	5606 IYR	6	3452 NNE
7	3442 GKD	3442 GKD	3442 GKD	2138 TRK	3997 CUB	1920 AIR	7	3997 CUB
8	5658 BXF	4213 ESL	1920 AIR	2138 TRK	3997 CUB	139 EPA	8	4034 SSB
9	4034 SSB	4034 SSB	4034 SSB	2138 TRK	3997 CUB	4213 ESL	9	4061 PDL
10	5606 IYR	5606 IYR	5606 IYR	2431 ATX	4034 SSB	5150LZG	10	5606 IYR
11	2138 TRK	2138 TRK	2138 TRK	2431 ATX	4034 SSB	5658 BXF	11	1920 AIR
12	139 EPA		5150LZG	2431 ATX	4034 SSB		12	139 EPA
13							13	4213 ESL
14							14	5150LZG
15							15	5658 BXF
Número total de vehículos estacionados							15	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Aforo de placas para estudio de estacionamiento

Aforo de placas carril de ida (W - E) de la Avenida Potosí 18:00 - 19:00								
Calle Delgadillo - Calle Junín								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	2838 UGL	3134 FTU	2838 UGL	1092 GYE	4034 SSB	1046 PEN	1	1092 GYE
2	1092 GYE	2838 UGL	1918 IIG	1092 GYE	4034 SSB	1918 IIG	2	1320 XNC
3	4034 SSB	2429 SKD	1046 PEN	1092 GYE	4034 SSB	2429 SKD	3	2838 UGL
4	1320 XNC	1092 GYE	1092 GYE	1320 XNC		3134 FTU	4	4034 SSB
5		4034 SSB	4034 SSB	1320 XNC		4027 AOE	5	1046 PEN
6		1320 XNC	1320 XNC	1320 XNC		5779 RXH	6	1918 IIG
7			5779 RXH	2838 UGL		975 ESA	7	2429 SKD
8			975 ESA	2838 UGL			8	3134 FTU
9			4027 AOE	2838 UGL			9	4027 AOE
10							10	5779 RXH
11							11	975 ESA
Número total de vehículos estacionados							11	

Fuente: Elaboración propia.

Aforo de placas en el carril de vuelta:

Tabla 56: Aforo de placas para estudio de estacionamiento

Aforo de placas carril de vuelta de la Avenida Potosí 8:00 - 9:00am								
Calle Delgadillo - Calle Junín								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	3995 ULC	3996 ULC	3997 ULC	1298 NHF	3996 ULC	4604 SPF	1	1298 NHF
2	5273 XXN	5273 XXN	5274 XXN	1298 NHF	3997 ULC	4477 XNH	2	1320 BAL
3	5192 LZY	5192 LZY	5193 LZY	1320 BAL	4187 BEA	2896 NRK	3	1399 UZY
4	621 1ZF	147 ACTY	4477 XNH	1320 BAL	4587 BEA	147 ACTY	4	1817 TDP
5	4157 BEA	621 AZF	621 AZF	1320 BAL	4587 NBC	3009 EYL	5	2464 IGI
6	4587 NBC	4587 BEA	4604 SPF	1399 UZY	4587 NBC		6	3009 EXH
7	3009 EYL	3009 EYL	4587 NBC	1399 UZY	5192 LZY		7	3009 EYL
8	3009 EXH	3009 EXH	1320 BAL	1399 UZY	5192 LZY		8	3787 URL
9	1320 BAL	1320 BAL	3787 URL	1817 TDP	5193 LZY		9	3995 ULC
10	3787 URL	3787 URL	2464 IGI	1817 TDP	3009 EXH		10	4187 BEA
11	2464 IGI	2464 IGI	1817 TDP	1817 TDP	3009 EXH		11	2896 NRK
12	1817 TDP	1817 TDP	1399 UZY	2464 IGI	3009 EYL		12	147 ACTY
13	1399 UZY	1399 UZY	1298 NHF	2464 IGI	5273 XXN		13	4587 NBC
14	2896 NRK	1298 NHF		2464 IGI	5273 XXN		14	5192 LZY
				3787 URL	5274 XXN		15	5273 XXN
				3787 URL	621 1ZF		16	621 1ZF
				3787 URL	621 AZF		17	4604 SPF
				3995 ULC	621 AZF		18	4477 XNH
Número total de vehículos estacionados							18	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Aforo de placas para estudio de estacionamiento

Aforo de placas carril de vuelta (E - W) de la Avenida Potosí 11:00 - 12:00								
Calle Delgadillo - Calle Junín								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	3995 ULC	3995 ULC	3995 ULC	1298 NHF	3787 URL	5273 XXN	1	1298 NHF
2	5273 XXN	5273 XXN	5273 XXN	1298 NHF	3787 URL	5273 XXN	2	1320 BAL
3	5192 LZY	5192 LZY	5192 LZY	1298 NHF	3787 URL	5273 XXN	3	1342 TIE
4	621 AZF	621 AZF	621 AZF	1320 BAL	3995 ULC	621 AZF	4	1399 UZY
5	4975 SIT	4604 SPF	2788 LUA	1320 BAL	3995 ULC	621 AZF	5	2464 IGI
6	4933 FRK	4933 FRK	4933 FRK	1320 BAL	3995 ULC	621 AZF	6	3787 URL
7	1342 TIE	1342 TIE	1342 TIE	1342 TIE	4933 FRK	3009 GXH	7	3995 ULC
8	1320 BAL	3009 GXH	3009 GXH	1342 TIE	4933 FRK	3009 GXH	8	4933 FRK
9	3787 URL	1320 BAL	1320 BAL	1342 TIE	4933 FRK	1817 TPD	9	5192 LZY
10	2464 IGI	3787 URL	3787 URL	1399 UZY	5192 LZY	2788 LUA	10	5273 XXN
11	1817 TPD	2464 IGI	2464 IGI	1399 UZY	5192 LZY	4604 SPF	11	621 AZF
12	1399 UZY	1399 UZY	1399 UZY	1399 UZY	5192 LZY	4975 SIT	12	3009 GXH
13	1298 NHF	1298 NHF	1298 NHF	2464 IGI			13	1817 TPD
14				2464 IGI			14	2788 LUA
15				2464 IGI			15	4604 SPF
16							16	4975 SIT
Número total de vehículos estacionados							16	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Aforo de placas para estudio de estacionamiento

Aforo de placas carril de vuelta (E - W) de la Avenida Potosí 18:00 - 19:00								
Calle Delgadillo - Calle Junín								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	4999 SUK	1590 LRR	3442 GKD	1262 FHG	3442 GKD	1590 LRR	1	1262 FHG
2	2129 GGT	3105 ING	1298 NHF	1262 FHG	3442 GKD	167 RGE	2	1298 NHF
3	3442 GKD	3442 GKD	889 IDF	1262 FHG	3442 GKD	1721 SSI	3	1794 TRS
4	1298 NHF	1298 NHF	1262 FHG	1298 NHF	889 IDF	2129 GGT	4	3442 GKD
5	889 IDF	889 IDF	167 RGE	1298 NHF	889 IDF	2815 LTN	5	889 IDF
6	1262 FHG	1262 FHG	2815 LTN	1298 NHF	889 IDF	3105 ING	6	1590 LRR
7	568 UYP	1721 SSI	1794 TRS	1794 TRS		4999 SUK	7	167 RGE
8	1794 TRS	1794 TRS		1794 TRS		568 UYP	8	1721 SSI
9				1794 TRS			9	2129 GGT
10							10	2815 LTN
11							11	3105 ING
12							12	4999 SUK
13							13	568 UYP
Número total de vehículos estacionados							13	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 TRABAJO DE GABINETE

3.3.1 Determinación parámetro volumen

En la tabla anterior se puede observar que se tiene 9 datos del aforo realizados en una semana, los mismos que serán evaluados estadísticamente para reducir el error en la misma y volverla más homogénea para el continuo uso de la misma.

Primeramente, se realizará la obtención del volumen medio de los 9 datos:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{602 + 540 + 584 + 592 + 600 + 582 + 599 + 580 + 582}{9} = \frac{5261}{9} = 585 \text{veh/hr}$$

Para el acceso 2 se obtuvo una media de 585 vehículos por hora esto en relación a los 9 datos obtenidos en una semana, la media nos servirá para poder homogenizar la información con ayuda de otro parámetro estadístico.

La desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{(602 - 585)^2 + (540 - 585)^2 + \dots + (582 - 585)^2}{9}} = 19$$

La desviación estándar nos ayudara o poder ver que tan dispersos están nuestros valores de los aforos obtenidos, así mismo poder identificar los valores que salgan del rango permitido que a continuación calcularemos.

Rango o límites:

$$\text{Lim}_{\text{Max}} = \bar{X} + \sigma = 585 + 19 = 603 \text{veh/hr}$$

$$\text{Lim}_{\text{Min}} = \bar{X} - \sigma = 585 - 19 = 566 \text{veh/hr}$$

Los datos que se encuentren fuera de nuestros límites establecidos anterior mente para el acceso 2 serán depurados y se obtendrá un volumen final del acceso con los datos que se encuentren dentro de nuestro su rango calculado.

Volumen acceso 2 perteneciente a la intersección I: 590 veh/hr

De la misma manera se procede a determinar los volúmenes finales de los demás accesos y las demás intersecciones a continuación se mostrará los volúmenes de los accesos de cada intersección con sus depuraciones:

Tabla 59: Análisis y depurado de volumen por intersección

			Ingreso de volumen vehicular por acceso (Veh/Hr)											
			Int. I Av. Potosi - C. Mendez				Int. II Av. Potosi - C. Cochabamba				Int. III Av. Potosi - C. Delgadillo			
			Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
			-	Av. Potosi (E-W)	-	C. Mendez (S-N)	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	C. Cbba (N-S)	-	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	C. Delgadillo (N-S)	-
S e m a n a	Lunes 19/09/22	Mañana	602		518	189	528	291		414	492	459		
		Medio día	540		524	144	568	360		476	596	444		
		Tarde	584		688	188	576	340		432	592	552		
	Miercoles 21/09/22	Mañana	592		518	189	528	291		414	492	459		
		Medio día	600		488	168	656	361		468	589	444		
		Tarde	582		594	132	567	321		393	423	567		
	Sabado 24/09/22	Mañana	599		522	197	534	295		399	485	468		
		Medio día	580		480	220	560	424		480	568	516		
		Tarde	582		581	196	556	349		356	516	568		
	Total			5261		4913	1623	5073	3032		3832	4753	4477	
	Media			585		546	180	564	337		426	528	497	
	Desviacion estandar			19		65	28	39	43		42	61	53	
Media + desviacion			603		611	208	603	380		468	589	551		
Media - desviacion			566		481	153	525	293		384	467	444		
Depuración de datos que se encuentren fuera de los límites establecidos (media +/- desviacion)														
D e p u r a c i ó n	Lunes 19/09/22	Mañana	602		518	189	528			414	492	459		
		Medio día			524		568	360				444		
		Tarde	584			188	576	340		432				
	Miercoles 21/09/22	Mañana	592		518	189	528			414	492	459		
		Medio día	600		488	168		361		468	589	444		
		Tarde	582		594		567	321		393	423			
	Sabado 24/09/22	Mañana	599		522	197	534	295		399	485	468		
		Medio día	580				560				568	516		
		Tarde	582		581	196	556	349		356	516			
	Media			4721		3745	1127	4417	2026		2876	3565	2790	
	Volumen/Acceso			590		535	188	552	338		411	509	465	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Análisis y depurado de volumen por intersección

			Ingreso de volumen vehicular por acceso (Veh/Hr)											
			Int. IV Av. Potosi - C. Junin				Int. V Av. Potosi - C. Segundino Ug.				Int. VI Av. Potosi - C. O'Connor			
			Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
			Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	-	C. Junin (S-N)	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	C. Segund. Ug. (N-S)	-	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	-	C. O'Connor (S-N)
S e m a n a 2	Lunes 26/09/22	Mañana	504	528		438	525	528	357		848	610		
		Medio día	572	544		468	596	566	264		824	548		
		Tarde	561	438		480	588	528	336		760	704		
	Miercoles 28/09/22	Mañana	504	528		438	502	524	355		805	594		
		Medio día	586	531		526	884	700	388		844	752		
		Tarde	552	537		471	756	532	400		912	748		
	Sabado 01/10/22	Mañana	506	493		440	521	517	403		877	634		
		Medio día	556	540		452	653	512	304		808	580		
		Tarde	548	600		448	543	513	414		748	716		
Total			4889	4739		4161	5568	4920	3221		7426	5886		
Media			543	527		462	619	547	358		825	654		
Desviacion estandar			31	43		28	127	60	50		52	77		
Media + desviacion			574	570		491	746	606	408		878	731		
Media - desviacion			512	483		434	491	487	308		773	577		
Depuración de datos que se encuentren fuera de los límites establecidos (media +/- desviacion)														
D e p u r a c i ó n	Lunes 26/09/22	Mañana		528		438	525	528	357		848	610		
		Medio día	572	544		468	596	566		824				
		Tarde	561			480	588	528	336			704		
	Miercoles 28/09/22	Mañana		528		438	502	524	355		805	594		
		Medio día		531					388		844			
		Tarde	552	537		471		532	400					
	Sabado 01/10/22	Mañana		493		440	521	517	403		877	634		
		Medio día	556	540		452	653	512			808	580		
		Tarde	548			448	543	513	414			716		
Media			2789	3701		3635	3928	4220	2653		5006	3838		
Volumen/Acceso			558	529		454	561	528	379		834	640		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Análisis y depurado de volumen por intersección

			Ingreso de volumen vehicular por acceso (Veh/Hr)												
			Int. VII Av. Potosi - C. Ejercito				Int. VIII Av. Potosi - Pje. Carlos Paz				Int. IX Av. Potosi - Av. La Paz				
			Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	
			Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	C. Ejercito (N-S)	-	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	Pje. Carlos Paz (N-S)	Pje. Carlos Paz (S-N)	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	Av. La Paz (N-S)	Av. La Paz (S-N)	
S e m a n a 3	Lunes 3/10/22	Mañana	526	664	26		494	522	4		432	508	396	536	
		Medio día	528	572	128		516	552	24		480	492	380	536	
		Tarde	522	504	124		416	495	9		520	508	476	452	
	Miercoles 5/10/22	Mañana	538	673	30		496	504	5		417	527	404	534	
		Medio día	592	624	92		484	644	13		452	472	405	528	
		Tarde	580	654	164		432	596	28		452	524	469	501	
	Sabado 8/10/22	Mañana	504	678	30		474	537	7		425	533	423	541	
		Medio día	428	464	236		464	520	16		411	465	442	468	
		Tarde	529	481	113		406	510	13		477	589	518	538	
	Total			4747	5314	943		4182	4880	119		4066	4618	3913	4634
	Media			527	590	105		465	542	13		452	513	435	515
	Desviacion estandar			47	87	70		38	49	8		35	37	45	34
Media + desviacion			574	678	175		503	591	22		487	550	480	548	
Media - desviacion			481	503	35		426	493	5		416	476	390	481	
Depuración de datos que se encuentren fuera de los límites establecidos (media +/- desviacion)															
D e p u r a c i ó n	Lunes 3/10/22	Mañana	526	664			494	522			432	508	396	536	
		Medio día	528	572	128			552			480	492		536	
		Tarde	522	504	124			495	9			508	476		
	Miercoles 5/10/22	Mañana	538	673			496	504	5		417	527	404	534	
		Medio día		624	92		484		13		452		405	528	
		Tarde		654	164		432				452	524	469	501	
	Sabado 8/10/22	Mañana	504	678			474	537	7		425	533	423	541	
		Medio día					464	520	16				442		
		Tarde	529		113			510	13		477			538	
	Media			3147	4369	621		2844	3640	63		3135	3092	3015	3714
	Volumen/Acceso			525	624	124		474	520	11		448	515	431	531

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Análisis y depurado de volumen por intersección

		Ingreso de volumen vehicular por acceso (Veh/Hr)													
		Int. X Av. Potosi - Pje. Güemes				Int. XI Av. Potosi - Pje. Las Rosas				Int. XII Av. Potosi - Av.Los Membrillos					
		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4		
		Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	Pje. Güemes (N-S)	Pje. Güemes (S-N)	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	Pje. Las Rosas (N-S)	Pje. Las Rosas (S-N)	Av. Potosi (W-E)	Av. Potosi (E-W)	Av.Los Memb.(N-S)	Av.Los Memb (S-N)		
S e m a n a 4	Lunes 10/10/22	Mañana	414	540	6	150	414	540	0	0	672	1016	182	164	
		Medio día	463	436	8	132	484	472	10	12	720	728	184	308	
		Tarde	508	484	19	163	505	496	27	20	653	562	228	221	
	Miercoles 12/10/22	Mañana	403	547	9	150	415	543	0	0	662	951	178	146	
		Medio día	436	532	9	152	550	548	25	27	605	695	157	161	
		Tarde	337	461	10	249	540	488	65	5	805	702	339	281	
	Sabado 14/10/22	Mañana	379	554	6	162	408	554	4	17	670	987	182	158	
		Medio día	487	461	8	119	446	596	14	25	736	637	225	207	
		Tarde	517	493	5	232	532	581	48	31	709	671	223	238	
	Total			3944	4508	80	1509	4294	4818	193	137	6232	6949	1898	1884
	Media			438	501	9	168	477	535	21	15	692	772	211	209
	Desviacion estandar			61	44	4	44	58	42	23	12	58	167	54	58
Media + desviacion			499	544	13	211	535	577	44	27	750	939	265	267	
Media - desviacion			377	457	5	124	419	493	0	4	635	605	157	151	
Depuración de datos que se encuentren fuera de los límites establecidos (media +/- desviacion)															
D e p u r a c i ó n	Lunes 10/10/22	Mañana	414	540	6	150		540			672		182	164	
		Medio día	463		8	132	484		10	12	720	728	184		
		Tarde		484		163	505	496	27	20	653		228	221	
	Miercoles 12/10/22	Mañana	403		9	150		543			662		178		
		Medio día	436	532	9	152		548	25	27		695	157	161	
		Tarde		461	10					5		702			
	Sabado 14/10/22	Mañana	379		6	162		554	4	17	670		182	158	
		Medio día	487	461	8		446		14	25	736	637	225	207	
		Tarde		493	5		532				709	671	223	238	
	Total			2582	2971	61	909	1967	2681	80	106	4822	3433	1559	1149
	Volumen/Acceso			430	495	8	152	492	536	11	13	689	687	195	192

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.1 Porcentaje de vehículos que realizan giros por acceso

Tabla 63: Análisis de giros por accesos

Intersección I-II-III-IV															
Intersección I (Avenida Potosí - Calle Méndez)															
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L	M	S	%	L	M	S	X		
Acceso 1	07:00-8:00				Izquierda				%						
	11:00-12:00				Frente				%						
	18:00-19:00				Derecha				%						
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	602	592	599	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0%		
	11:00-12:00	540	600	580	Frente	378	308	356	377	340	383	379	328	383	60%
	18:00-19:00	584	582	582	Derecha	224	232	228	215	260	199	220	252	199	40%
Acceso 3	07:00-8:00				Izquierda								%		
	11:00-12:00				Frente								%		
	18:00-19:00				Derecha								%		
Acceso 4 C. Méndez (S - N)	07:00-8:00	518	518	522	Izquierda	126	80	132	126	72	114	122	80	145	20%
	11:00-12:00	524	488	480	Frente	252	252	384	252	268	347	265	240	264	51%
	18:00-19:00	688	594	581	Derecha	140	192	172	140	148	133	135	160	172	29%
Intersección II (Avenida Potosí - Calle Cochabamba)															
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L	M	S	%	L	M	S	X		
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	189	189	197	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	11:00-12:00	144	168	220	Frente	189	144	188	189	168	132	197	220	196	100%
	18:00-19:00	188	132	196	Derecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	528	528	534	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	11:00-12:00	568	656	560	Frente	528	568	576	528	656	567	534	560	556	100%
	18:00-19:00	576	567	556	Derecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
Acceso 3 Cochabamba (N - S)	07:00-8:00	291	291	295	Izquierda	255	320	304	255	333	294	253	336	302	89%
	11:00-12:00	360	361	424	Frente	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	18:00-19:00	340	321	349	Derecha	36	40	36	36	28	27	42	88	47	11%
Acceso 4	07:00-8:00				Izquierda									%	
	11:00-12:00				Frente									%	
	18:00-19:00				Derecha									%	
Intersección III (Avenida Potosí - Calle Delgadillo)															
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L	M	S	%	L	M	S	X		
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	414	414	399	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	11:00-12:00	476	468	480	Frente	336	396	376	336	396	342	307	392	236	84%
	18:00-19:00	432	393	356	Derecha	78	80	56	78	72	51	92	88	120	16%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	492	492	485	Izquierda	93	120	92	93	91	60	88	96	112	18%
	11:00-12:00	596	589	568	Frente	399	476	500	399	498	363	397	472	404	82%
	18:00-19:00	592	423	516	Derecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
Acceso 3 Delgadillo (N - S)	07:00-8:00	459	459	468	Izquierda	144	148	172	144	148	177	162	216	132	32%
	11:00-12:00	444	444	516	Frente	191	172	296	191	172	243	172	164	316	45%
	18:00-19:00	552	567	568	Derecha	124	124	84	124	124	147	134	136	120	23%
Acceso 4	07:00-8:00				Izquierda									%	
	11:00-12:00				Frente									%	
	18:00-19:00				Derecha									%	
Intersección IV (Avenida Potosí - Calle Junín)															
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L	M	S	%	L	M	S	X		
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	504	504	506	Izquierda	36	44	30	36	46	36	53	40	36	7%
	11:00-12:00	572	586	556	Frente	468	528	531	468	540	516	453	516	512	93%
	18:00-19:00	561	552	548	Derecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	528	528	493	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0%	
	11:00-12:00	544	531	540	Frente	489	504	399	489	404	480	463	476	552	92%
	18:00-19:00	438	537	600	Derecha	39	40	39	39	127	57	30	64	48	8%
Acceso 3	07:00-8:00				Izquierda									%	
	11:00-12:00				Frente									%	
	18:00-19:00				Derecha									%	
Acceso 4 C. Junín (S - N)	07:00-8:00	438	438	440	Izquierda	87	68	153	87	95	145	73	68	56	22%
	11:00-12:00	468	526	452	Frente	300	276	252	300	329	260	315	252	240	60%
	18:00-19:00	480	471	448	Derecha	51	124	75	51	102	66	52	132	152	18%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64: Análisis de giros por accesos

Intersección V-VI-VII-VIII																			
Intersección V (Avenida Potosí - Calle Segundino Ugarte)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	525	502	521	Izquierda	63	24	28	80	280	60	84	65	95	%	7%	20%	14%	14%
	11:00-12:00	596	884	653	Frente	462	572	560	422	604	696	437	588	448	%	93%	80%	86%	86%
	18:00-19:00	588	756	543	Derecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	528	524	517	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
	11:00-12:00	566	700	512	Frente	471	452	440	469	544	448	467	468	447	%	84%	83%	90%	86%
	18:00-19:00	528	532	513	Derecha	57	114	88	55	156	84	50	44	66	%	16%	17%	10%	14%
Acceso 3 Según. Ug. (N - S)	07:00-8:00	357	355	403	Izquierda	75	168	208	89	252	248	107	188	113	%	47%	52%	36%	45%
	11:00-12:00	264	388	304	Frente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
	18:00-19:00	336	400	414	Derecha	282	96	128	266	136	152	296	116	301	%	53%	48%	64%	55%
Acceso 4	07:00-8:00				Izquierda									%					
	11:00-12:00				Frente									%					
	18:00-19:00				Derecha									%					
Intersección VI (Avenida Potosí - Calle O'Connor)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	848	805	877	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
	11:00-12:00	824	844	808	Frente	558	548	436	534	564	632	561	524	423	%	63%	68%	62%	64%
	18:00-19:00	760	912	748	Derecha	290	276	324	271	280	280	316	284	325	%	37%	32%	38%	36%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	610	594	634	Izquierda	116	80	144	126	140	124	113	100	145	%	18%	19%	19%	18%
	11:00-12:00	548	752	580	Frente	494	468	560	468	612	624	521	480	571	%	82%	81%	81%	82%
	18:00-19:00	704	748	716	Derecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
Acceso 3	07:00-8:00				Izquierda										%				
	11:00-12:00				Frente										%				
	18:00-19:00				Derecha										%				
Acceso 4	07:00-8:00				Izquierda										%				
	11:00-12:00				Frente										%				
	18:00-19:00				Derecha										%				
Intersección VII (Avenida Potosí - Calle Ejercito)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	526	538	504	Izquierda	42	8	60	43	56	32	52	132	62	%	7%	8%	17%	10%
	11:00-12:00	528	592	428	Frente	484	520	462	495	536	548	452	296	467	%	93%	92%	83%	90%
	18:00-19:00	522	580	529	Derecha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	664	673	678	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
	11:00-12:00	572	624	464	Frente	642	564	488	640	608	640	649	456	457	%	97%	97%	96%	97%
	18:00-19:00	504	654	481	Derecha	22	8	16	33	16	14	29	8	24	%	3%	3%	4%	3%
Acceso 3 C. Ejercito (N - S)	07:00-8:00	26	30	30	Izquierda	17	120	8	24	12	12	18	12	12	%	52%	17%	11%	27%
	11:00-12:00	128	92	236	Frente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
	18:00-19:00	124	164	113	Derecha	9	8	116	6	80	152	12	224	101	%	48%	83%	89%	73%
Acceso 4	07:00-8:00				Izquierda										%				
	11:00-12:00				Frente										%				
	18:00-19:00				Derecha										%				
Intersección VIII (Avenida Potosí - Pasaje Carlos Paz)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	494	496	474	Izquierda	0	0	20	0	12	16	0	0	27	%	1%	2%	2%	2%
	11:00-12:00	516	484	464	Frente	482	516	396	476	472	416	461	420	379	%	98%	97%	94%	96%
	18:00-19:00	416	432	406	Derecha	12	0	0	20	0	0	13	44	0	%	1%	1%	4%	2%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	522	504	537	Izquierda	12	4	0	19	0	0	15	16	0	%	1%	1%	2%	1%
	11:00-12:00	552	644	520	Frente	510	520	475	485	632	576	522	504	489	%	96%	97%	97%	97%
	18:00-19:00	495	596	510	Derecha	0	28	20	0	12	20	0	0	21	%	3%	2%	1%	2%
Acceso 3 Pje. C. Paz (N - S)	07:00-8:00	4	5	7	Izquierda	0	8	0	1	5	4	0	4	0	%	22%	22%	11%	18%
	11:00-12:00	24	13	16	Frente	1	0	7	2	4	8	3	4	10	%	22%	30%	47%	33%
	18:00-19:00	9	28	13	Derecha	3	16	2	2	4	16	4	8	3	%	57%	48%	42%	49%
Acceso 4	07:00-8:00				Izquierda										%				
	11:00-12:00				Frente										%				
	18:00-19:00				Derecha										%				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65: Análisis de giros por accesos

Intersección IX-X-XI-XII																			
Intersección IX (Avenida Potosí - Avenida la Paz)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	432	417	425	Izquierda	32	20	28	30	16	24	42	8	40	%	6%	5%	7%	6%
	11:00-12:00	480	452	411	Frente	284	356	412	269	332	336	265	331	365	%	73%	71%	73%	73%
	18:00-19:00	520	452	477	Derecha	116	104	80	118	104	92	118	72	72	%	21%	24%	20%	22%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	508	527	533	Izquierda	56	68	64	64	56	48	71	76	57	%	12%	11%	13%	12%
	11:00-12:00	492	472	465	Frente	436	400	420	451	384	428	447	363	476	%	83%	83%	81%	82%
	18:00-19:00	508	524	589	Derecha	16	24	24	12	32	48	15	26	56	%	4%	6%	6%	5%
Acceso 3 Av. La Paz (N - S)	07:00-8:00	396	404	423	Izquierda	48	48	72	51	44	36	58	38	49	%	13%	10%	10%	11%
	11:00-12:00	380	405	442	Frente	292	268	304	296	296	333	299	333	388	%	69%	72%	74%	72%
	18:00-19:00	476	469	518	Derecha	56	64	100	57	65	100	66	71	81	%	18%	17%	16%	17%
Acceso 4 Av. La Paz (S - N)	07:00-8:00	536	534	541	Izquierda	180	144	152	188	168	157	176	140	165	%	31%	33%	31%	32%
	11:00-12:00	536	528	468	Frente	260	336	252	243	312	264	256	268	316	%	56%	52%	54%	54%
	18:00-19:00	452	501	538	Derecha	96	56	48	103	48	80	109	60	57	%	13%	15%	15%	14%
Intersección X (Avenida Potosí - Pasaje Güemes)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	414	403	379	Izquierda	9	0	24	7	0	33	8	19	28	%	2%	3%	4%	3%
	11:00-12:00	463	436	487	Frente	399	452	484	388	408	304	367	468	489	%	96%	94%	96%	95%
	18:00-19:00	508	337	517	Derecha	6	11	0	8	28	0	4	0	0	%	1%	3%	0%	2%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	540	547	554	Izquierda	24	16	28	27	24	0	18	0	0	%	5%	3%	1%	3%
	11:00-12:00	436	532	461	Frente	513	408	432	516	500	409	531	432	456	%	93%	93%	94%	93%
	18:00-19:00	484	461	493	Derecha	3	12	24	4	8	52	5	29	37	%	3%	4%	5%	4%
Acceso 3 Pje. Güemes (N - S)	07:00-8:00	6	9	6	Izquierda	0	4	15	1	0	5	1	0	0	%	58%	21%	5%	28%
	11:00-12:00	8	9	8	Frente	0	0	0	3	9	0	0	4	0	%	0%	43%	21%	21%
	18:00-19:00	19	10	5	Derecha	6	4	4	5	0	5	5	4	5	%	42%	36%	74%	51%
Acceso 4 Pje. Güemes (S - N)	07:00-8:00	150	150	162	Izquierda	45	40	47	47	36	67	62	28	44	%	30%	27%	26%	28%
	11:00-12:00	132	152	119	Frente	63	32	88	59	68	105	49	58	124	%	41%	42%	45%	43%
	18:00-19:00	163	249	232	Derecha	42	60	28	44	48	77	51	33	64	%	29%	31%	29%	30%
Intersección XI (Avenida Potosí - Pasaje las Rosas)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	414	415	408	Izquierda	9	0	27	12	53	60	14	36	52	%	3%	8%	7%	6%
	11:00-12:00	484	550	446	Frente	399	416	456	394	473	480	384	398	480	%	91%	90%	91%	90%
	18:00-19:00	505	540	532	Derecha	6	68	22	9	24	0	10	12	0	%	7%	2%	2%	4%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	540	543	554	Izquierda	24	12	14	32	15	0	28	16	0	%	3%	3%	3%	3%
	11:00-12:00	472	548	596	Frente	513	460	452	506	529	465	520	567	529	%	94%	95%	93%	94%
	18:00-19:00	496	488	581	Derecha	3	0	30	5	4	23	6	13	52	%	2%	2%	4%	3%
Acceso 3 P. Rosas (N - S)	07:00-8:00	0	0	4	Izquierda	0	0	14	0	5	9	1	0	4	%	38%	16%	8%	20%
	11:00-12:00	10	25	14	Frente	0	10	5	0	12	38	0	5	34	%	41%	56%	59%	52%
	18:00-19:00	27	65	48	Derecha	0	0	8	0	8	18	3	9	10	%	22%	29%	33%	28%
Acceso 4 P.Las Rosas (S - N)	07:00-8:00	0	0	17	Izquierda	0	0	11	0	6	5	10	5	12	%	34%	34%	37%	35%
	11:00-12:00	12	27	25	Frente	0	4	5	0	5	0	2	13	9	%	28%	16%	33%	26%
	18:00-19:00	20	5	31	Derecha	0	8	4	0	16	0	5	7	10	%	38%	50%	30%	39%
Intersección XII (Avenida Potosí - Avenida Los Membrillos)																			
Volumen	Hora	L	M	S	Maniobra	L			M			S			%	L	M	S	X
Acceso 1 Av. Potosí (W - E)	07:00-8:00	672	662	670	Izquierda	28	20	13	25	92	32	28	60	8	%	3%	7%	5%	5%
	11:00-12:00	720	605	736	Frente	580	624	525	567	397	609	574	544	608	%	85%	76%	82%	81%
	18:00-19:00	653	805	709	Derecha	64	76	115	70	116	164	68	132	93	%	12%	17%	14%	14%
Acceso 2 Av. Potosí (E-W)	07:00-8:00	1016	951	987	Izquierda	172	108	85	151	88	60	164	96	68	%	16%	13%	14%	14%
	11:00-12:00	728	695	637	Frente	500	436	389	490	414	494	495	436	451	%	57%	60%	60%	59%
	18:00-19:00	562	702	671	Derecha	344	184	88	310	193	148	328	105	152	%	27%	28%	25%	27%
Acceso 3 Av.L.Memb (N - S)	07:00-8:00	182	178	182	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%	0%	0%	0%	0%
	11:00-12:00	184	157	225	Frente	4	4	4	3	5	6	4	0	3	%	2%	2%	1%	2%
	18:00-19:00	228	339	223	Derecha	178	180	224	175	152	333	178	225	220	%	98%	98%	99%	98%
Acceso 4 Av.L.Memb (S - N)	07:00-8:00	164	146	158	Izquierda	36	28	28	31	25	44	34	44	29	%	13%	17%	18%	16%
	11:00-12:00	308	161	207	Frente	48	112	88	50	60	125	50	71	68	%	36%	40%	31%	36%
	18:00-19:00	221	281	238	Derecha	80	168	105	65	76	112	74	92	141	%	51%	43%	51%	48%

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.2 Composición vehicular

Con los datos de los aforos que se obtuvieron a la hora de hallar las horas pico de cada intersección también se pudo hacer un análisis de la composición vehicular en cada intersección, al final dándonos como resultados una gran cantidad de vehículos son vehículos livianos, entre estos predomina los vehículos de transporte público y por lo contrario se puede observar que el transporte pesado es muy poco, en gran parte de la avenida solo llega a representar el 2 a 3 %.

Tabla 66: Análisis de la composición vehicular

Composición vehicular en un periodo de 16 horas (06:00-22:00)						
Intersección I		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - C. Méndez	Publico		4330		3107	7437
	Privado		1958		1771	3729
	Mediano		1545		1430	2975
	Pesado		247		228	475
	Motos		1498		1109	2607
Intersección II		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - C. Cochabamba	Publico	1227	4083	2281		7591
	Privado	406	1687	1078		3171
	Mediano	261	1064	950		2275
	Pesado	17	179	55		251
	Motos	280	1294	796		2370
Intersección III		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - C. Delgadillo	Publico	3690	3929	4622		12241
	Privado	1450	1939	1589		4978
	Mediano	1158	1364	920		3442
	Pesado	24	366	146		536
	Motos	985	732	569		2286
Intersección IV		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - C. Junín	Publico	4563	4069		3283	11915
	Privado	1478	1377		1765	4620
	Mediano	1262	1306		1118	3686
	Pesado	36	195		307	538
	Motos	1062	1071		1131	3264
Intersección V		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - C. Segundino Ug.	Publico	5061	3999	2158		11218
	Privado	1363	1638	987		3988
	Mediano	1447	1274	1020		3741
	Pesado	244	245	100		589
	Motos	1399	1004	604		3007

Fuente: Elaboración propia.

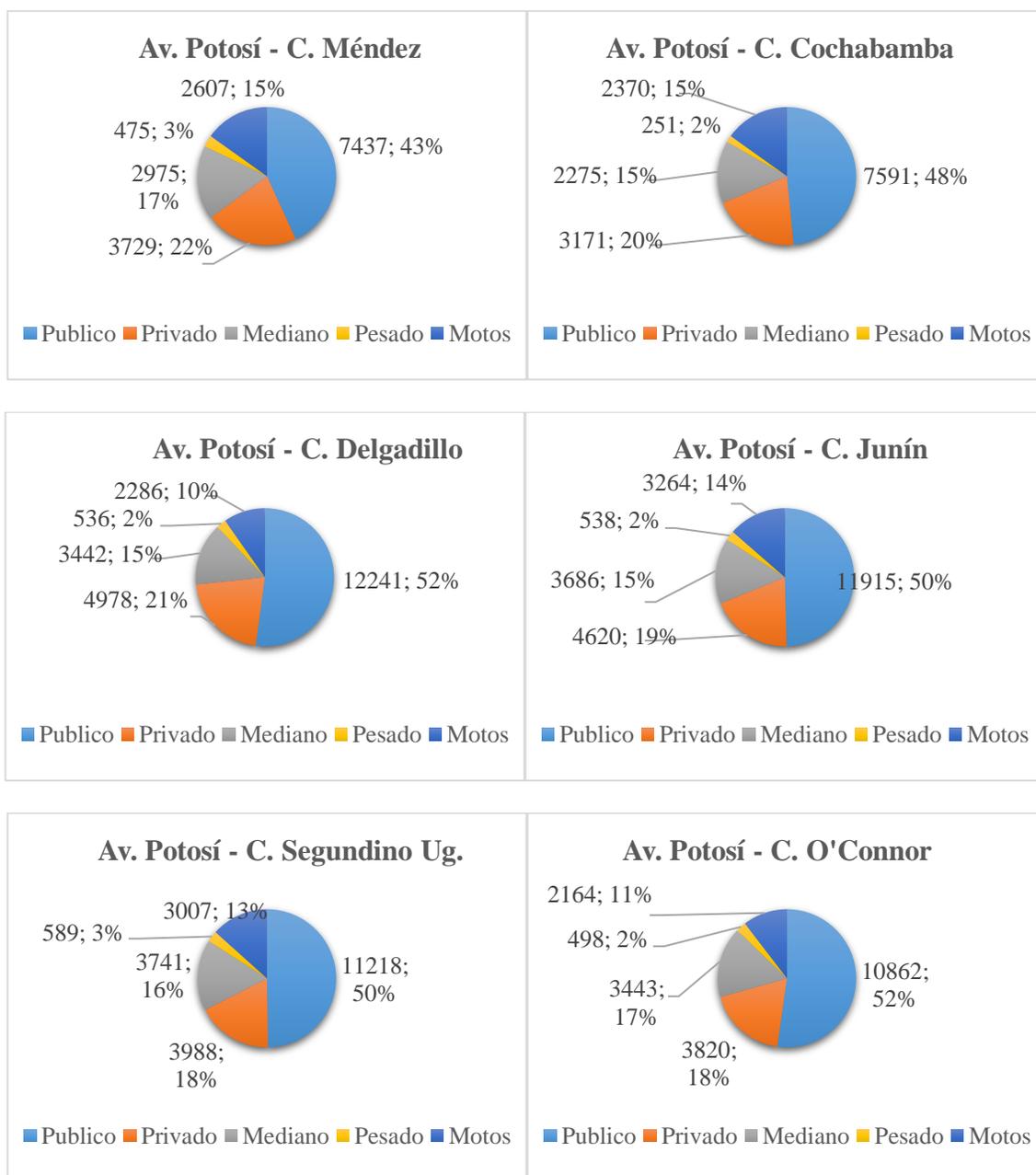
Tabla 67: Análisis de la composición vehicular

Intersección VI		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - O'Connor	Publico	6211	4651			10862
	Privado	2568	1252			3820
	Mediano	1961	1482			3443
	Pesado	247	251			498
	Motos	1331	833			2164
Intersección VII		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - C. Ejercito	Publico	4921	4848	82		9851
	Privado	1371	1409	79		2859
	Mediano	932	1208	54		2194
	Pesado	932	200	161		1293
	Motos	1143	1169	96		2408
Intersección VIII		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - Pje. Carlos Paz	Publico	4687	4863	36		9586
	Privado	1455	1548	22		3025
	Mediano	1142	1112	16		2270
	Pesado	208	192	3		403
	Motos	1447	1372	0		2819
Intersección IX		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - Av. La Paz	Publico	4175	3810	3717	4188	15890
	Privado	1292	1754	1097	1131	5274
	Mediano	1307	1275	896	1261	4739
	Pesado	238	262	146	197	843
	Motos	1347	1014	1261	1114	4736
Intersección X		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - Pje. Güemes	Publico	3704	4045	81	1268	9098
	Privado	1462	2135	59	850	4506
	Mediano	687	933	21	339	1980
	Pesado	105	115	18	9	247
	Motos	1045	1310	53	362	2770
Intersección XI		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - Pje. Las Rosas	Publico	3878	4502	62	49	8491
	Privado	1614	2285	51	42	3992
	Mediano	875	1139	12	17	2043
	Pesado	191	192	0		383
	Motos	1064	1255	24	31	2374
Intersección XII		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Total
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	Publico	3756	5651	1118	1331	11856
	Privado	2087	2966	715	837	6605
	Mediano	630	1210	171	190	2201
	Pesado	229	198	81	105	613
	Motos	801	1441	188	316	2746

Fuente: Elaboración propia.

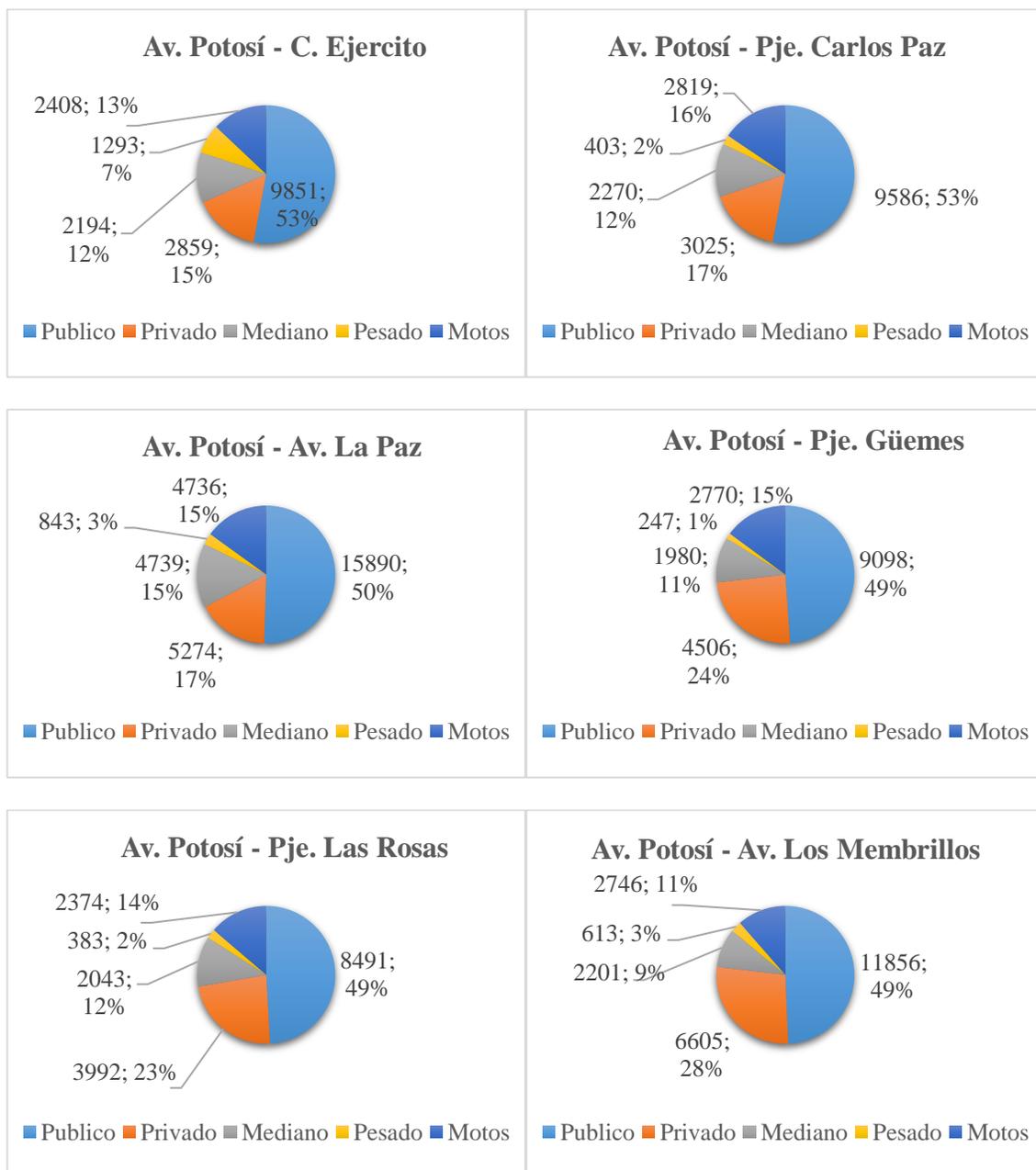
Representación gráfica de la composición vehicular:

Imagen 47: Composición vehicular que se presentan en las intersecciones



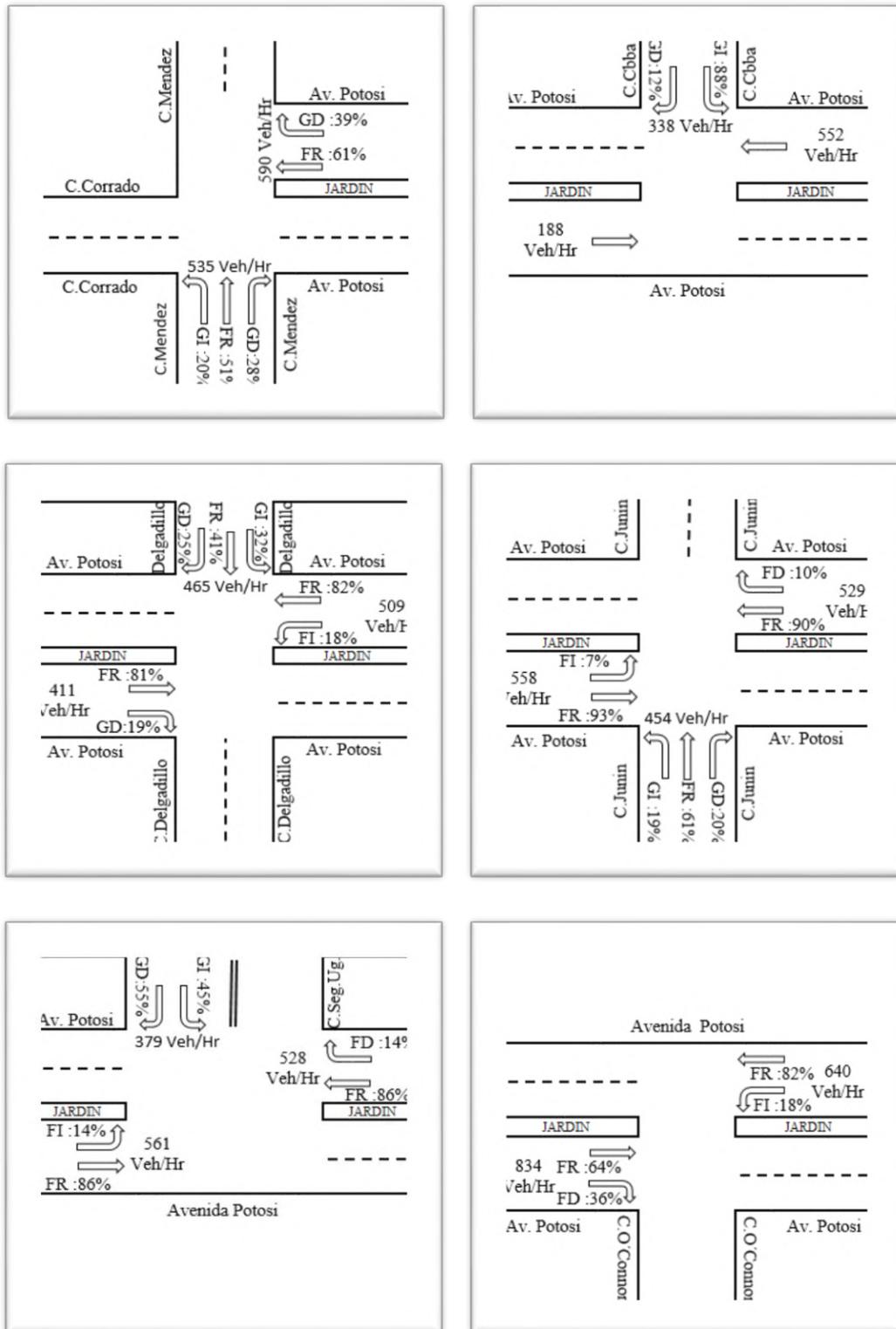
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 48: Composición vehicular que se presentan en las intersecciones



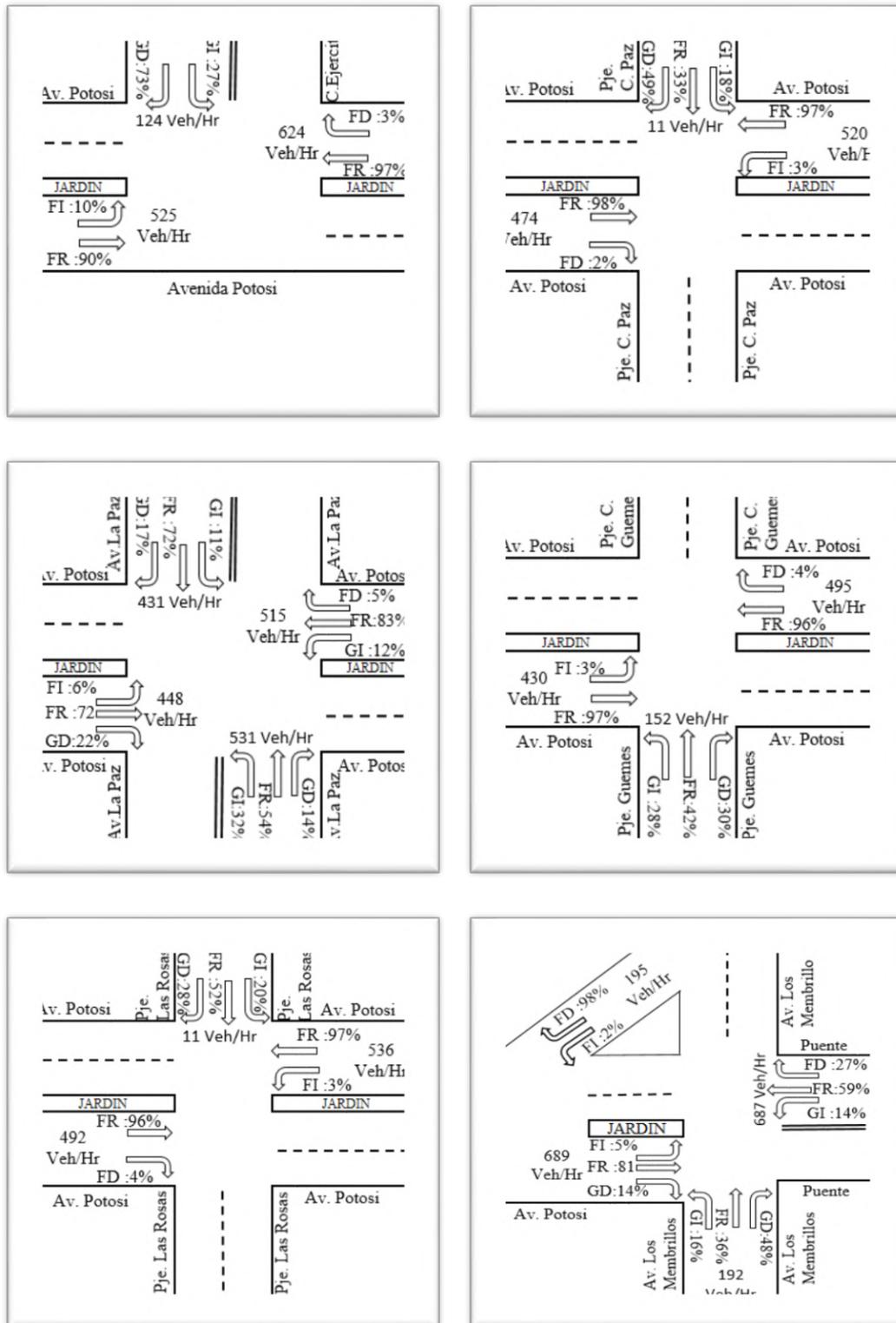
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 49: Resumen de volumen por acceso y % giros



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 50: Resumen de volumen por acceso y % giros



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Determinación parámetro velocidad

Para este parámetro tenemos como datos 30 velocidades registradas en las horas pico de 11:00am a 12:00pm y 18:00pm a 19:00pm.

De igual manera que en el parámetro volumen se realizó la depuración de datos que salen el rango, para poder obtener una serie de datos homogénea que nos permita acercarnos al máximo posible a la realidad.

Con ayuda de algunos parámetros estadísticos realizaremos la depuración de los datos que se dispersan de la realidad.

❖ Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} =$$

❖ Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} =$$

❖ Rango o límites:

$$\text{Lim}_{\max} = \bar{X} + \sigma$$

$$\text{Lim}_{\min} = \bar{X} - \sigma$$

3.3.2.1 Análisis de la velocidad de punto

Tabla 68: Análisis y depurado de velocidad de punto intersección I.

Velocidad de punto intersección I (11:00am - 12:00pm)											
Acceso 1			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3			Acceso 4 C. Méndez		
N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)	N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)	N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)	N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)
1			1	3,85	23,38	1			1	3,12	28,85
2			2	4,43	20,32	2			2	4,05	22,22
3			3	5,79	15,54	3			3	2,60	34,62
4			4	6,62	13,60	4			4	2,20	40,91
5			5	4,11	21,90	5			5	3,34	26,95
6			6	4,49	20,04	6			6	3,39	26,55
7			7	2,95	30,51	7			7	3,67	24,52
8			8	4,17	21,58	8			8	3,11	28,94
9			9	3,47	25,94	9			9	3,28	27,44
10			10	4,09	22,00	10			10	3,49	25,79
11			11	4,42	20,36	11			11	3,99	22,56
12			12	4,73	19,03	12			12	3,24	27,78
13			13	3,75	24,00	13			13	3,48	25,86
14			14	3,83	23,50	14			14	3,59	25,07
15			15	3,93	22,90	15			15	2,61	34,48
16			16	4,73	19,03	16			16	4,60	19,57
17			17	3,36	26,79	17			17	4,60	19,57
18			18	3,27	27,52	18			18	3,13	28,75
19			19	3,95	22,78	19			19	3,13	28,75
20			20	4,85	18,56	20			20	3,81	23,62
21			21	4,41	20,41	21			21	5,21	17,27
22			22	4,44	20,27	22			22	3,12	28,85
23			23	3,12	28,85	23			23	4,11	21,90
24			24	4,00	22,50	24			24	4,03	22,33
25			25	4,41	20,41	25			25	3,75	24,00
26			26	4,36	20,64	26			26	4,03	22,33
27			27	5,03	17,89	27			27	2,35	38,30
28			28	2,89	31,14	28			28	2,82	31,91
29			29	3,64	24,73	29			29	3,65	24,66
30			30	3,16	28,48	30			30	3,93	22,90
Media			Media	22,49		Media			Media		26,57
Desv. Est.			Desv. Est.	4,16		Desv. Est.			Desv. Est.		5,40
Lim. Sup.			Lim. Sup.	26,65		Lim. Sup.			Lim. Sup.		31,97
Lim. Inf.			Lim. Inf.	18,33		Lim. Inf.			Lim. Inf.		21,18
V. Punto final			V. Punto final	21,63		V. Punto final			V. Punto final		25,76

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo acceso 2 avenida potosí en dirección este – oeste en horas 11:00am – 12:00pm:

❖ Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{23,38 + 20,32 + \dots + 28,48}{30} = 22,49$$

❖ Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{(23,38 - 22,49)^2 + \dots + (28,48 - 22,49)^2}{30}} = 4,16$$

❖ Rango o límites:

$$\text{Lim}_{\max} = \bar{X} + \sigma = 22,49 + 4,16 = 26,65$$

$$\text{Lim}_{\min} = \bar{X} - \sigma = 22,49 - 4,16 = 18,33$$

❖ Velocidad de punto para el acceso 2:

$$\text{Velocidad de punto acceso} = 21,63 \text{ Km/Hr}$$

Tabla 69: Análisis y depurado de velocidad de punto Intersección I

Velocidad de punto intersección I (18:00pm-19:00pm)											
Acceso 1			Acceso 2 Av. Potosí E-W			Acceso 3			Acceso 4 C. Méndez		
N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)	N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)	N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)	N°	Tiempo (Seg)	V. Punto (Km/Hr)
1			1	5,74	21,23	1			1	4,24	15,68
2			2	6,05	19,35	2			2	4,65	14,88
3			3	5,53	15,57	3			3	5,78	16,27
4			4	9,01	18,44	4			4	4,88	9,99
5			5	5,89	16,48	5			5	5,46	15,28
6			6	4,89	27,61	6			6	3,26	18,40
7			7	6,20	18,29	7			7	4,92	14,52
8			8	5,62	25,28	8			8	3,56	16,01
9			9	7,83	29,70	9			9	3,03	11,49
10			10	7,68	20,74	10			10	4,34	11,72
11			11	7,23	20,83	11			11	4,32	12,45
12			12	6,03	21,79	12			12	4,13	14,93
13			13	5,35	17,27	13			13	5,21	16,82
14			14	4,47	16,89	14			14	5,33	20,13
15			15	6,14	24,32	15			15	3,70	14,66
16			16	4,08	21,08	16			16	4,27	22,06
17			17	6,15	17,01	17			17	5,29	14,63
18			18	5,32	21,79	18			18	4,13	16,92
19			19	5,32	17,01	19			19	5,29	16,92
20			20	6,58	21,79	20			20	4,13	13,68
21			21	6,38	16,79	21			21	5,36	14,11
22			22	4,58	18,04	22			22	4,99	19,65
23			23	3,56	16,45	23			23	5,47	25,28
24			24	4,29	16,51	24			24	5,45	20,98
25			25	7,18	17,14	25			25	5,25	12,53
26			26	4,67	18,18	26			26	4,95	19,27
27			27	3,57	22,96	27			27	3,92	25,21
28			28	5,30	21,38	28			28	4,21	16,98
29			29	4,55	21,53	29			29	4,18	19,78
30			30	5,11	20,45	30			30	4,40	17,61
Media			Media			Media			Media		
Desv. Est.			Desv. Est.			Desv. Est.			Desv. Est.		
Lim. Sup.			Lim. Sup.			Lim. Sup.			Lim. Sup.		
Lim. Inf.			Lim. Inf.			Lim. Inf.			Lim. Inf.		
V. Punto final			V. Punto final			V. Punto final			V. Punto final		

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo acceso 2 avenida potosí en dirección este – oeste en horas 18:00pm–19:00pm:

❖ Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} = \frac{21,23 + 19,35 + \dots + 20,45}{30} = 20,06 \text{ Km/hr}$$

❖ Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{(21,33 - 20,06)^2 + \dots + (20,45 - 20,06)^2}{30}} = 3,37$$

❖ Rango o límites:

$$\text{Lim}_{\max} = \bar{X} + \sigma = 20,06 + 3,37 = 23,53$$

$$\text{Lim}_{\min} = \bar{X} - \sigma = 20,06 - 3,37 = 16,60$$

❖ Velocidad de punto para el acceso 2:

$$\text{Velocidad de punto acceso} = 19,55 \text{ Km/Hr}$$

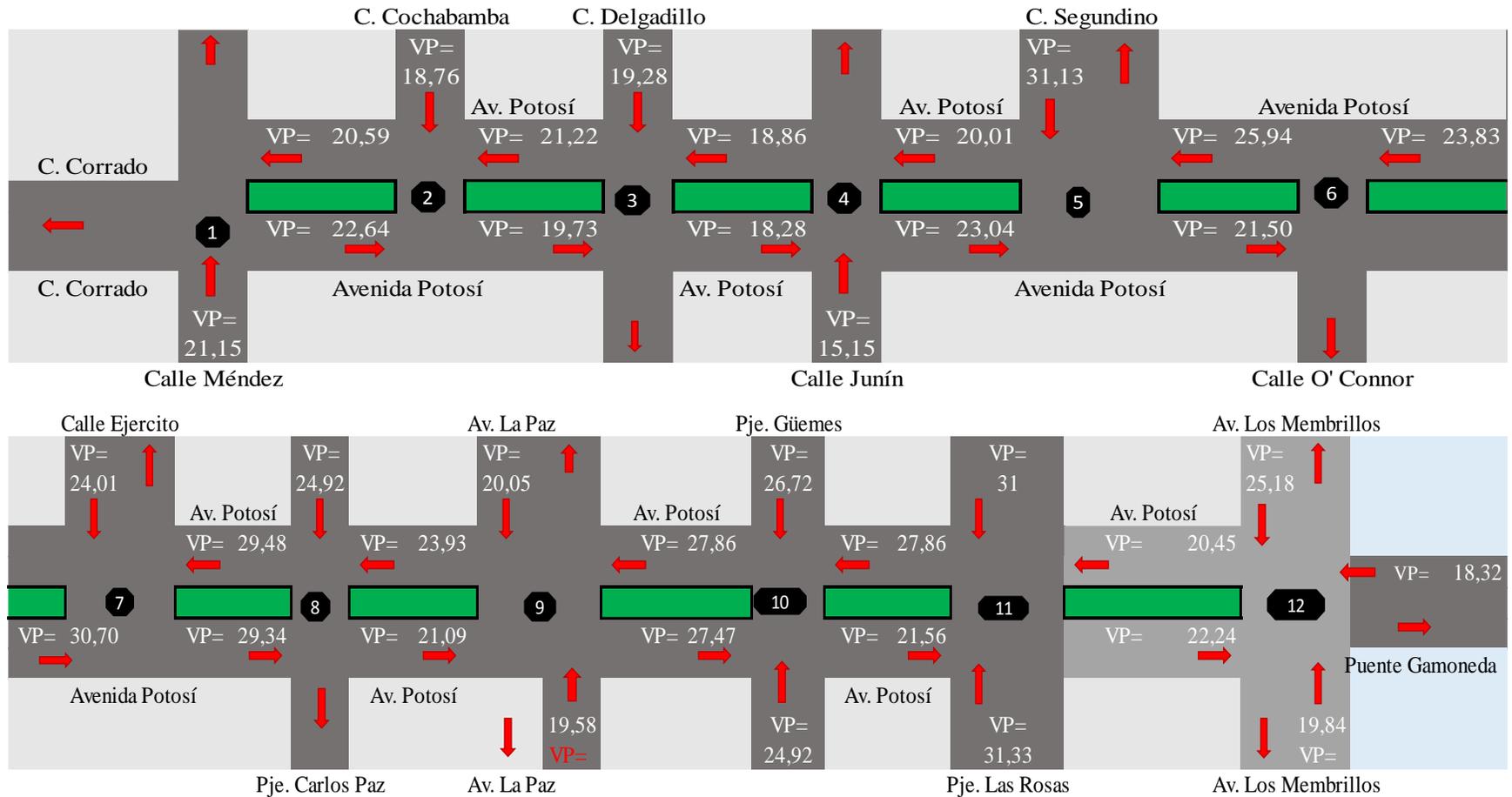
Velocidad final de punto para el acceso 2 igual al promedio de la velocidad final en hora 11:00am-12:00pm y velocidad en hora 18:00pm-19:00pm.

$$\text{Velocidad final de punto acceso 2} = 21,63 + 19,55 = 20,59 \text{ Km/Hr}$$

De la misma manera se procedió a realizar el tratamiento de datos de la velocidad de punto para todos los accesos de las demás intersecciones dando como resultado las siguientes velocidades de punto finales.

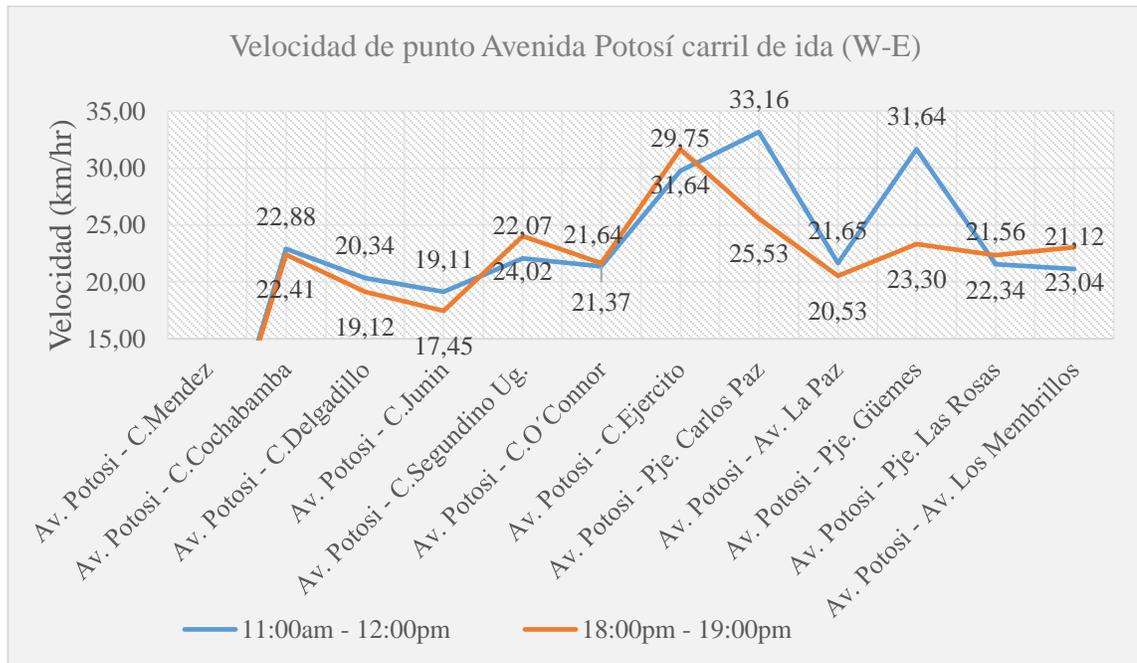
Representación gráfica de la velocidad de punto en cada acceso de la Avenida Potosí

Imagen 51: Resumen de resultados de la velocidad de punto



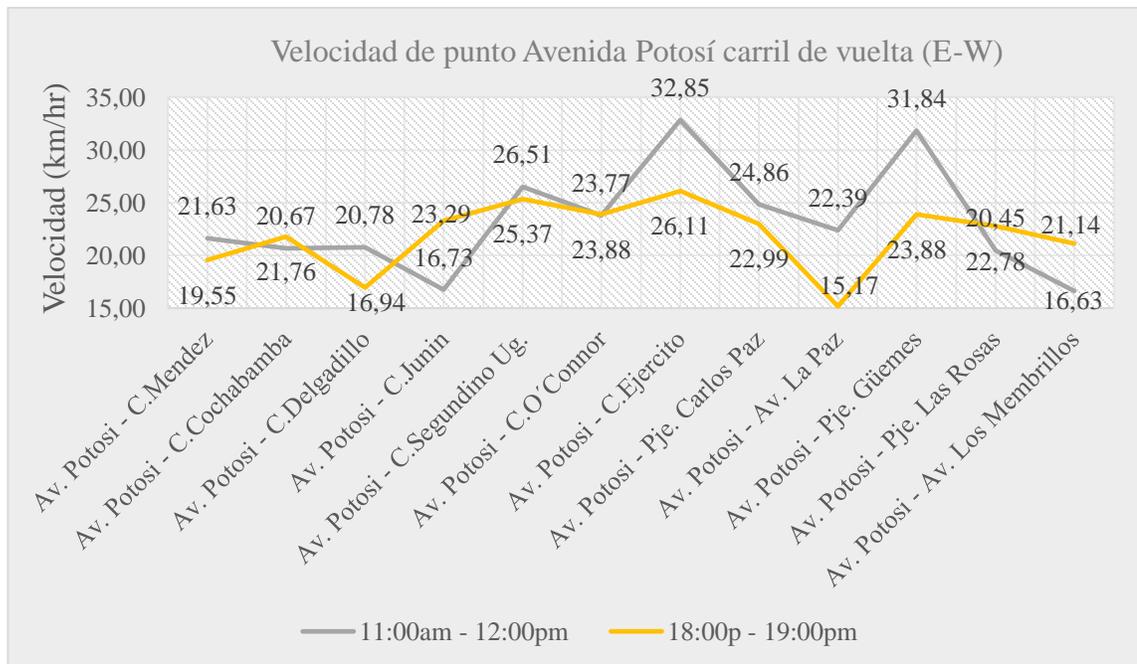
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 52: Velocidad de punto Avenida Potosí carril de ida



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 53: Velocidad de punto Avenida Potosí carril de vuelta



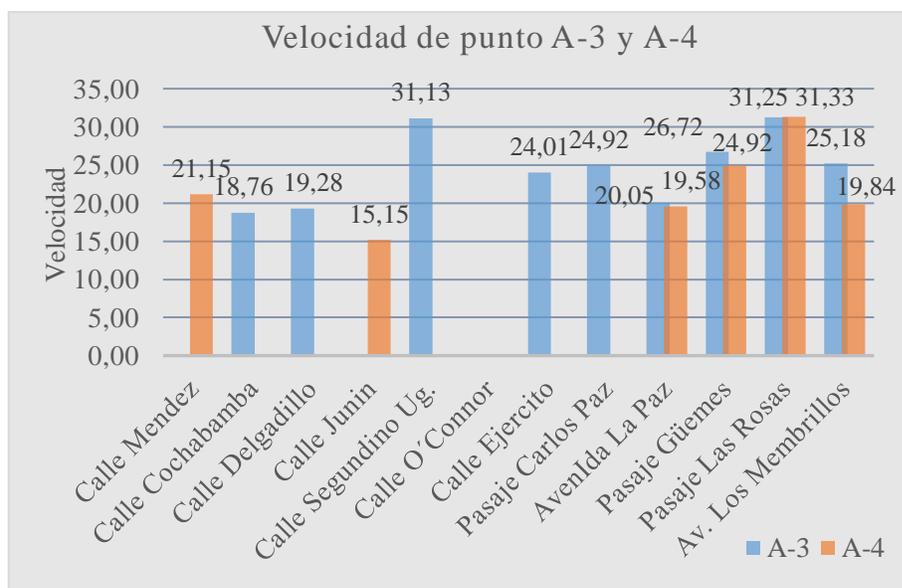
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 70: Velocidad de punto calles secundarias

Intersección Avenida Potosí	Velocidad de punto					
	A-3		Media	A-4		Media
	11:00	18:00		11:00	18:00	
Calle Méndez	-	-	-	25,76	16,53	21,15
Calle Cochabamba	19,48	18,04	18,76	-	-	-
Calle Delgadillo	19,50	19,07	19,28	-	-	-
Calle Junín	-	-	-	14,85	15,46	15,15
Calle Segundino Ug.	29,85	32,42	31,13	-	-	-
Calle O'Connor	-	-	-	-	-	-
Calle Ejercito	25,46	22,55	24,01	-	-	-
Pasaje Carlos Paz	22,97	26,86	24,92	-	-	-
Avenida La Paz	22,08	18,02	20,05	22,31	16,85	19,58
Pasaje Güemes	27,46	25,97	26,72	25,53	24,31	24,92
Pasaje Las Rosas	31,43	31,06	31,25	30,98	31,69	31,33
Av. Los Membrillos	23,23	27,13	25,18	19,84	19,83	19,84

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 54: Histograma de velocidad de punto calles secundarias



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.2 Análisis de la velocidad de recorrido total y cruceo

Tabla 71: Análisis y resultados de velocidad de cruceo y recorrido total

Fecha	Hora	C. Méndez - Av. Los Membrillos				
		Dirección (W - E)				
		V. Recorrido total				V. Cruceo
		(Km)	Tc (s)	Td (s)	(Km/Hr)	(Km/Hr)
Lunes 10/10/22	11:00 - 12:00	1,13	303,54	56	11,31	16,43
	18:00 - 19:00	1,13	390,60	79	8,66	13,06
Martes 11/10/22	11:00 - 12:00	1,13	392,50	72	8,76	12,69
	18:00 - 19:00	1,13	415,20	77	8,26	12,03
Miércoles 12/10/22	11:00 - 12:00	1,13	298,80	57	11,43	16,82
	18:00 - 19:00	1,13	402,60	91	8,24	13,06
Jueves 13/10/22	11:00 - 12:00	1,13	290,40	60	11,61	17,66
	18:00 - 19:00	1,13	346,20	74	9,68	14,94
Viernes 14/10/22	11:00 - 12:00	1,13	265,20	40	13,33	18,06
	18:00 - 19:00	1,13	273,60	54	12,42	18,52
Sábado 15/10/22	11:00 - 12:00	1,13	271,80	48	12,72	18,18
	18:00 - 19:00	1,13	365,64	75	9,23	14,00
Promedio		1,13	334,67	65,3	10,5	15,45

Fecha	Hora	Av. Los Membrillos - C. Méndez				
		Dirección (E-W)				
		V. Recorrido total				V. Cruceo
		(Km)	Tc (s)	Td (s)	(Km/Hr)	(Km/Hr)
Lunes 10/10/22	11:00 - 12:00	1,13	329,51	67	10,26	15,50
	18:00 - 19:00	1,13	238,80	31	15,08	19,58
Martes 11/10/22	11:00 - 12:00	1,13	274,20	84	11,36	21,39
	18:00 - 19:00	1,13	355,20	60	9,80	13,78
Miércoles 12/10/22	11:00 - 12:00	1,13	576,00	120	5,84	8,92
	18:00 - 19:00	1,13	392,40	72	8,76	12,70
Jueves 13/10/22	11:00 - 12:00	1,13	228,00	41	15,12	21,75
	18:00 - 19:00	1,13	456,00	109	7,20	11,72
Viernes 14/10/22	11:00 - 12:00	1,13	330,60	58	10,47	14,92
	18:00 - 19:00	1,13	283,20	51	12,17	17,52
Sábado 15/10/22	11:00 - 12:00	1,13	234,60	31	15,32	19,98
	18:00 - 19:00	1,13	345,12	65	9,92	14,52
Promedio		1,13	336,97	65,8	10,94	16,02

Fuente: Elaboración propia.

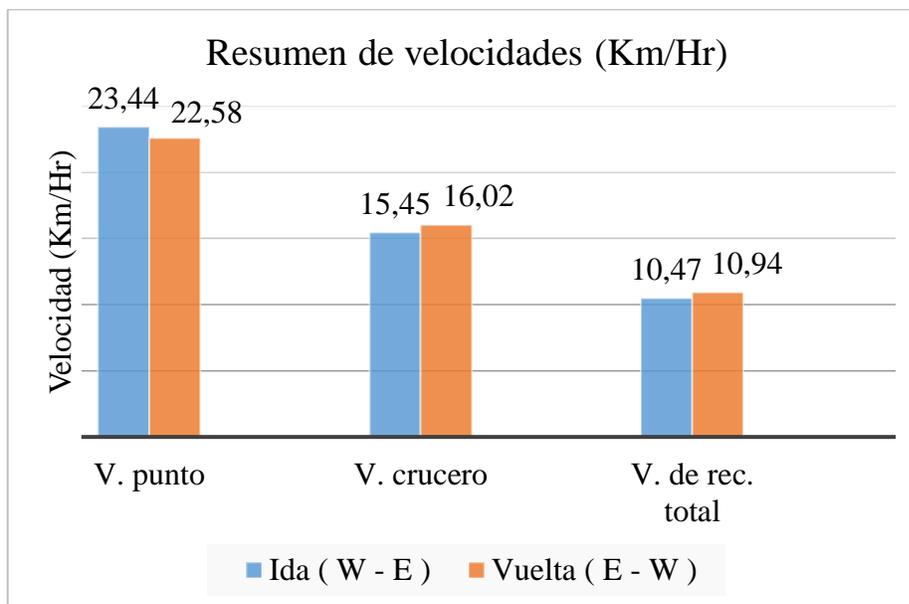
3.3.2.3 Resumen de estudio de velocidades

Tabla 72: Resumen de estudio de velocidad de crucero y recorrido total

Resumen de velocidades (Km/Hr)			
Carril	V. punto	V. crucero	V. de rec. total
Ida (W - E)	23,44	15,45	10,47
Vuelta (E - W)	22,58	16,02	10,94

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 55: Comparación de velocidades estudiadas



Fuente: Elaboración propia.

La relación que existe de las velocidades estudiadas es correcta $VP > VC > VRT$.

3.3.3 Determinación parámetro densidad

La densidad es un parámetro especial, dentro de la ingeniería de tráfico este se puede obtener de una manera más directa, para lo cual es necesario conocer el volumen y la velocidad del acceso que se desea estudiar.

La relación que nos permite conocer la densidad de un acceso es:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Velocidad}} = \frac{\text{Veh/hr}}{\text{Km/hr}} = \frac{\text{Veh}}{\text{Km}}$$

En nuestro caso ya se realizado el estudio de los parámetros volumen y velocidad, conociendo los resultados procedemos a realizar el cálculo de la densidad vehicular:

Tabla 73: Densidad vehicular en relación al volumen y velocidad

Intersección	Acceso	Volumen (Veh/hr)	Velocidad (Km/Hr)	Densidad (Veh/Km)	Densidad de intersección
N°1	Avenida Potosí (E-W)	590	20,59	28,66	28,66
	Calle Méndez (S-N)	535	21,15	25,30	
N°2	Avenida Potosí (W-E)	188	22,64	8,30	26,02
	Avenida Potosí (E-W)	552	21,22	26,02	
	Calle Cochabamba (N-S)	338	18,76	18,00	
N°3	Avenida Potosí (W-E)	411	19,73	20,83	27,00
	Avenida Potosí (E-W)	509	18,86	27,00	
	Calle Delgadillo (N-S)	465	19,28	24,11	
N°4	Avenida Potosí (W-E)	558	18,28	30,52	30,52
	Avenida Potosí (E-W)	529	20,01	26,42	
	Calle Junín (S-N)	454	15,15	29,98	
N°5	Avenida Potosí (W-E)	561	23,04	24,35	24,35
	Avenida Potosí (E-W)	528	25,94	20,34	
	Calle Segundino Ug.	379	31,13	12,17	
N°6	Avenida Potosí (W-E)	834	21,50	38,80	38,80
	Avenida Potosí (E-W)	640	23,83	26,85	
	Calle O'Connor				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74: Densidad vehicular en relación al volumen y velocidad

Intersección	Acceso	Volumen (Veh/hr)	Velocidad (Km/Hr)	Densidad (Veh/Km)	Densidad de intersección
N°7	Avenida Potosí (W-E)	525	30,70	17,09	21,17
	Avenida Potosí (E-W)	624	29,48	21,17	
	Calle Ejercito (N-S)	124	24,01	5,17	
N°8	Avenida Potosí (W-E)	474	29,34	16,15	21,73
	Avenida Potosí (E-W)	520	23,93	21,73	
	Pasaje Carlos Paz (N-S)	11	24,92	0,42	
N°9	Avenida Potosí (W-E)	448	21,09	21,24	27,10
	Avenida Potosí (E-W)	515	27,86	18,50	
	Avenida la Paz (N-S)	431	20,05	21,48	
	Avenida la Paz (S-N)	531	19,58	27,10	
N°10	Avenida Potosí (W-E)	430	27,47	15,67	17,77
	Avenida Potosí (E-W)	495	27,86	17,77	
	Pasaje Güemes (N-S)	8	26,72	0,29	
	Pasaje Güemes (S-N)	152	24,92	6,08	
N°11	Avenida Potosí (W-E)	492	21,56	22,81	26,22
	Avenida Potosí (E-W)	536	20,45	26,22	
	Pasaje las Rosas (N-S)	11	31,25	0,37	
	Pasaje las Rosas (S-N)	13	31,33	0,42	
N°12	Avenida Potosí (W-E)	689	22,24	30,97	37,47
	Puente Gamoneda (E-W)	687	18,32	37,47	
	Av. Los Membrillos (N-S)	195	25,18	7,74	
	Av. Los Membrillos (S-N)	192	19,84	9,65	

Fuente: Elaboración propia.

Ejercicio (Densidad intersección 12 acceso 1 Avenida Potosí W-E):

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Velocidad}} = \frac{689\text{Veh/hr}}{22\text{Km/hr}} = 30,97 \frac{\text{Veh}}{\text{Km}}$$

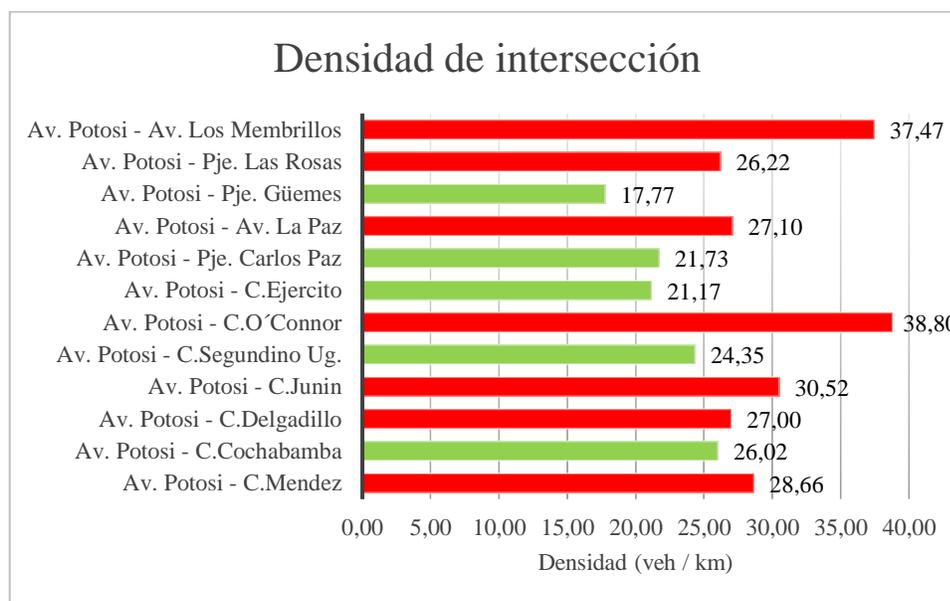
De esta manera se realizó el cálculo para cada densidad vehicular mostrada.

Tabla 75: Resumen de densidad vehicular por intersección

Intersección	Densidad de intersección
Av. Potosí - C. Méndez	28,66
Av. Potosí - C. Cochabamba	26,02
Av. Potosí - C. Delgadillo	27,00
Av. Potosí - C. Junín	30,52
Av. Potosí - C. Secundino Ug.	24,35
Av. Potosí - C. O'Connor	38,80
Av. Potosí - C. Ejercito	21,17
Av. Potosí - Pje. Carlos Paz	21,73
Av. Potosí - Av. La Paz	27,10
Av. Potosí - Pje. Güemes	17,77
Av. Potosí - Pje. Las Rosas	26,22
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	37,47

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 56: Histograma de densidad vehicular



Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Determinación de la capacidad y nivel de servicio

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacida}_{\text{practica}} * \text{Factores de reduccion} =$$

$$\text{NS} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacida real}}$$

La capacidad es la base para el diseño de cualquier camino o carretera puesto que de esta dependerá el nivel de servicio que desee ofrecer, en nuestro país Bolivia la metodología que se emplea es la del manual de capacidad de carreteras HCM la cual nos indica una serie de pasos a seguir para poder conocer el funcionamiento de las vías interrumpidas, a continuación, la metodología a seguir.

La metodología HCM nos brinda 2 ábacos, con los cuales podemos obtener la capacidad básica o ideal que una vía debería tener en base a las características geométrías de la vía y la zona en donde se encuentre:

El ábaco 1, corresponde a vías interrumpidas de un acceso y el ábaco 2 corresponde a vías interrumpidas de 2 accesos.

Paso N°1 Determinación de la capacidad básica o ideal

Habiendo identificando las características de la vía, con el ancho del carril se procede a ingresar al ábaco 1 o 2 dependiendo del que corresponda y dirigirse a una de las curvas que dependerán de la zona en la cual se está realizando el estudio, así obtenemos la capacidad básica.

Paso N°2 Determinación de la capacidad práctica

La capacidad practica es la cantidad de vehículos que pasan por un punto durante 1 hora sin que las condiciones de circulación originen demoras, peligros y restricciones intolerable en la maniobrabilidad de los vehículos, y se lo puede obtener reduciendo un 10% a la capacidad ideal.

$$\text{Capacida}_{\text{Practica}} = \text{Capacida}_{\text{posible}} * 0,9 =$$

Paso N°3 Determinación de los factores de reducción

Los factores de reducción son 4:

- ❖ Factor por giros a la izquierda
- ❖ Factor por giros a la derecha
- ❖ Factor por vehículos pesados
- ❖ Factor por paradas antes o después de la intersección

Estos factores dependerán de las condiciones de las vías si estos cuentan con los dos giros, si estos cuentan con paradas de buses y si los mismos presentan gran cantidad de vehículos pesados; Una vez habiendo obtenido los factores de reducción se procede a calcular la capacidad en la vía que este siendo objeto de nuestro estudio.

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{\text{GI}} * F_{\text{GD}} * F_{\text{VP}} * F_{\text{P}} =$$

Paso N°4 Determinación del Nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa que califica las condiciones operacionales de la vía que se esté estudiando para lo cual es necesario conocer la cantidad real de vehículos que circulan lar la vía en un lapso de 1 hora, tomando en cuenta siempre la hora más crítica. La relación que nos permite obtener un índice de congestionamiento es la siguiente:

$$\text{NS} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacida real}} = (0 - 1)$$

Donde el volumen será el más crítico de la intersección y la capacidad real la obtenida en base a los ajustes ya indicados anterior mente.

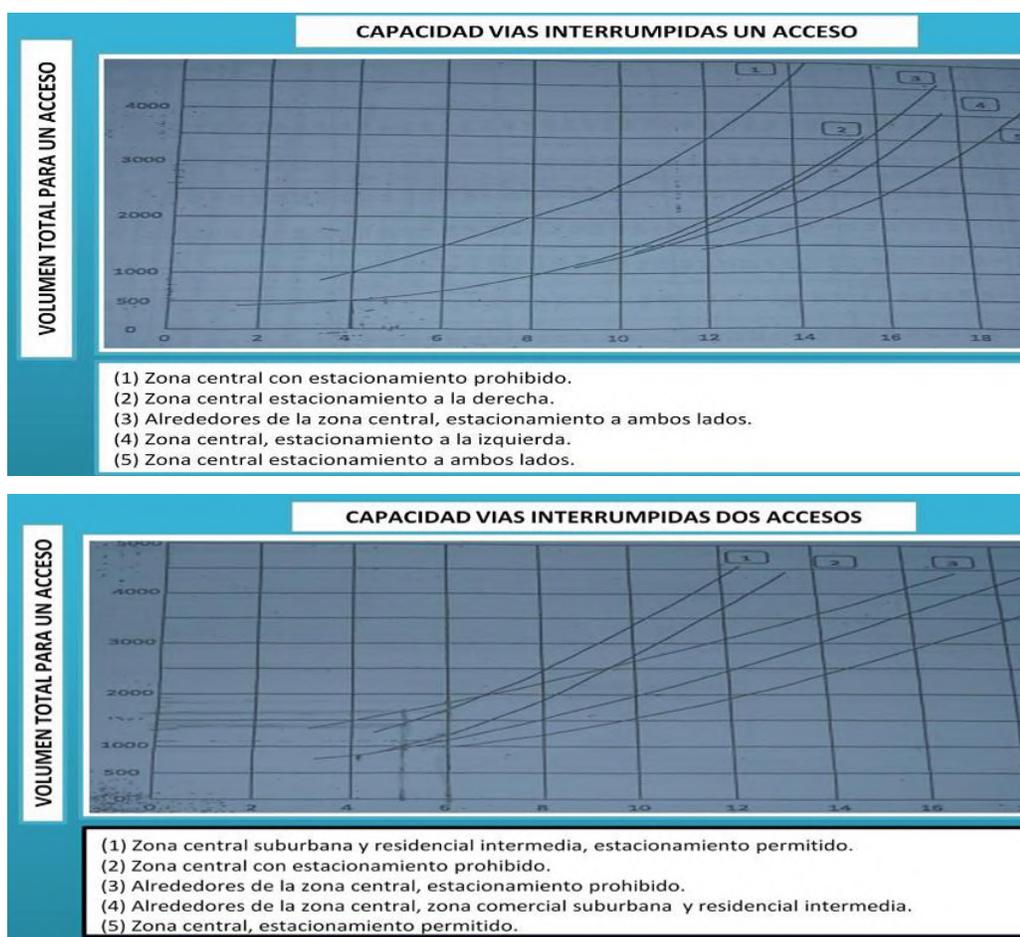
El índice de congestionamiento puede variar de 0 a 1, indicándonos que mientras más cerca estemos al 1 más desfavorable será las condiciones que presenta la vía estudiada.

Tabla 76: Nivel de servicio en función al índice de congestión

Nivel de servicio	Tipo de circulación	Índice de congestión
A	Libre	0
B	Estable	$0,00 < I_c \leq 0,10$
C	Estable	$0,10 < I_c \leq 0,30$
D	Casi inestable	$0,30 < I_c \leq 0,70$
E	Inestable	$0,70 < I_c \leq 1,00$
F	Forzada	$I_c > 1,00$

Fuente: Manual de capacidad de la administración federal de los EEUU.

Imagen 57: Ábaco de capacidad posible, vía urbana



Fuente: Contenido otorgado por docente de la materia tráfico civ 611.

3.3.4.1 Cálculos de la capacidad vehicular:

Intersección I Avenida Potosí – Calle Méndez

Datos: Acceso 2 Avenida Potosí dirección (E – W)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

Presenta una parada de buses antes de la intersección

Ancho carril = 6 metros

Volumen real = 590 veh/hr

% Giro izq.= 0%

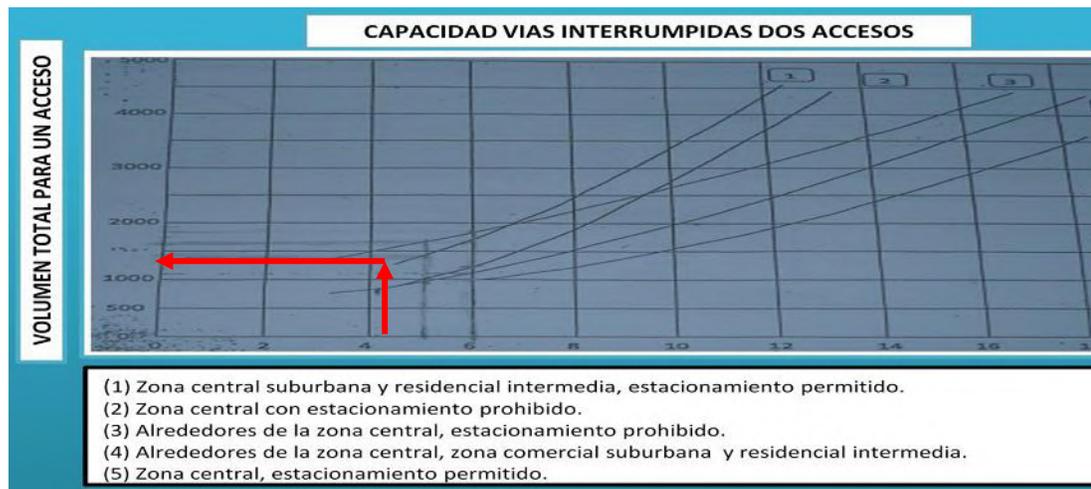
% Giro der. = 39%

% Veh. Pesado= 3%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,2m intersectamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 1 = 1250 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\%GI = 0\% < 10\% \rightarrow F_{GI} = 1$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 0,80$$

$$\%GD = 39\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = (39\% - 10\%) = 29\% > 20\%$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 3\% - 10\% = -7\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_{Pa} = 0,9 \rightarrow \text{paranda antes reucir } 10\%$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 2

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 1 * 0,8 * 1 * 0,9 = 948 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 948 vehículos por hora.

8) Calculo del nivel de servicio

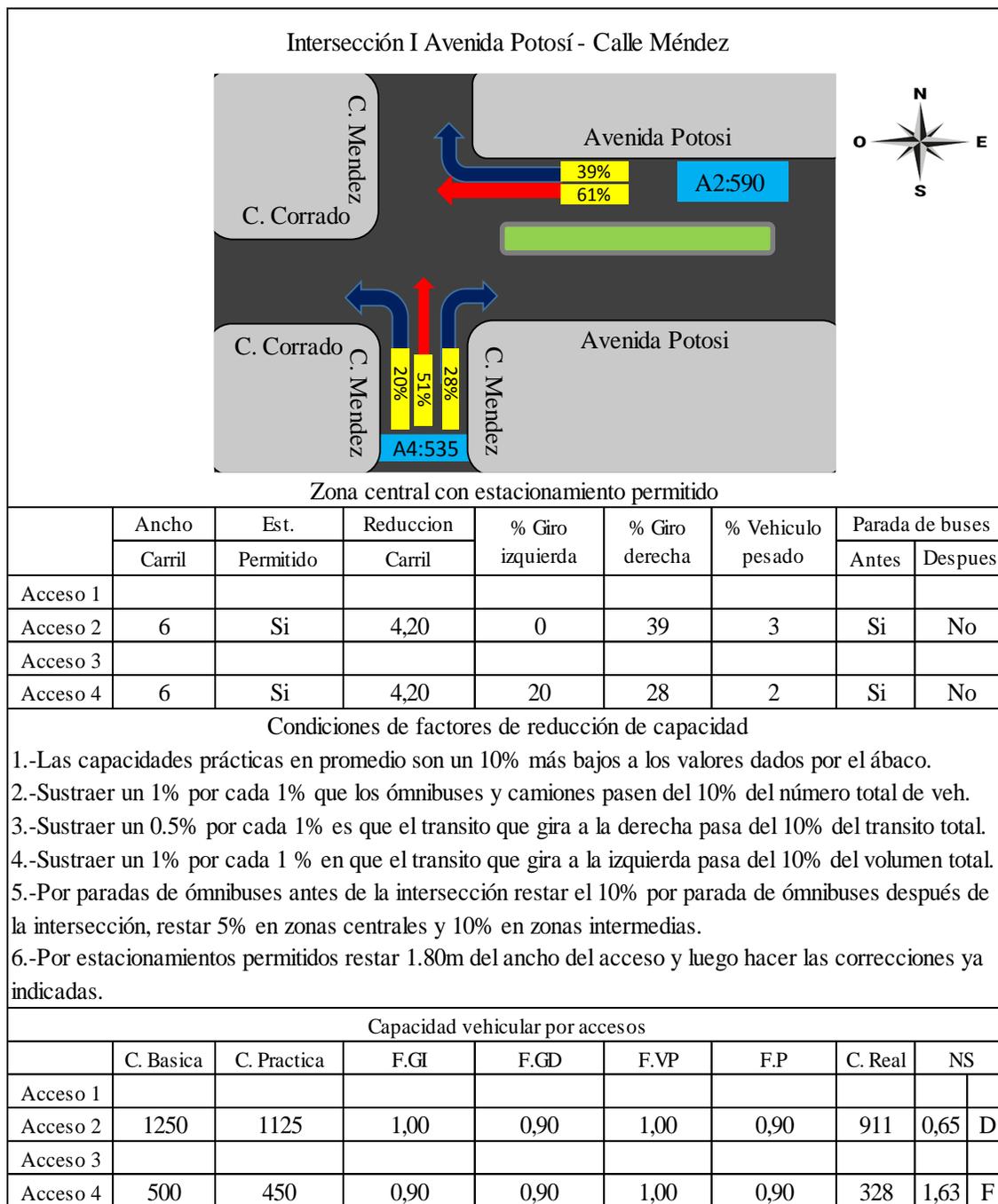
$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{590 \text{ veh/hr}}{948 \text{ veh/hr}} = 0,62$$

$$NS = 0,62 \rightarrow \text{Nivel de servicio D}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 2 es D lo que nos indica que el flujo vehicular casi inestable y se presentan colas generando reducción de velocidad.

A continuación, un resumen de los cálculos ejecutados:

Imagen 58: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección I.



Fuente: Elaboración propia.

Intersección II Avenida Potosí – Calle Cochabamba

Datos: Acceso 2 Avenida Potosí dirección (E – W)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

No existe paradas de buses en este acceso

Ancho carril=6metros

Volumen real=552 veh/hr

% Giro izq.= 0%

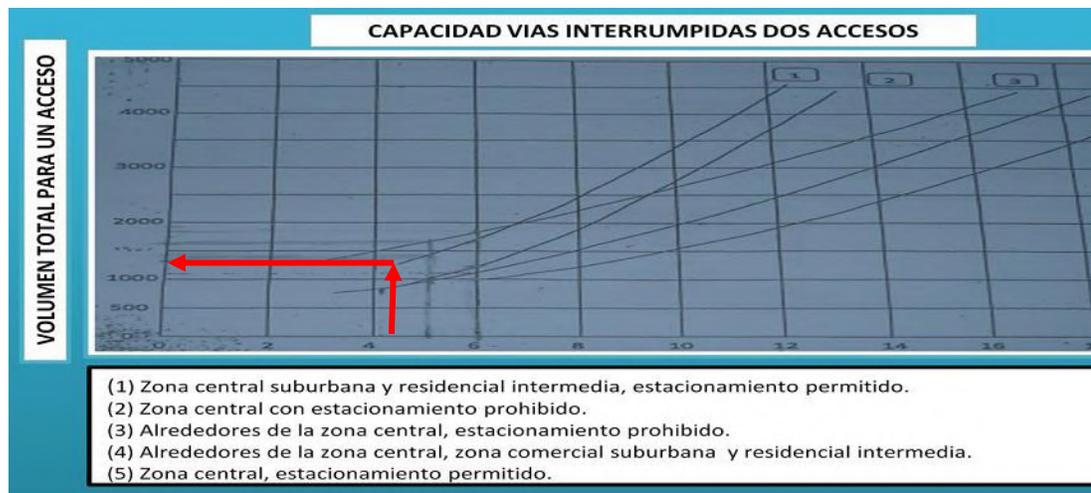
% Giro der. = 0%

% Veh. pesado= 3%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,20m intersectamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 2 = 1250 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\%GI = 0\% < 10\% \rightarrow F_{GI} = 1$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

$$\%GD = 0\% < 10\% \rightarrow F_{GD} = 1$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 2\% - 10\% = -8\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_{Pa} = 1 \rightarrow \text{No existe parada ni antes ni despues}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 2

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1125 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 1125 vehículos por hora.

8) Calculo del nivel de servicio

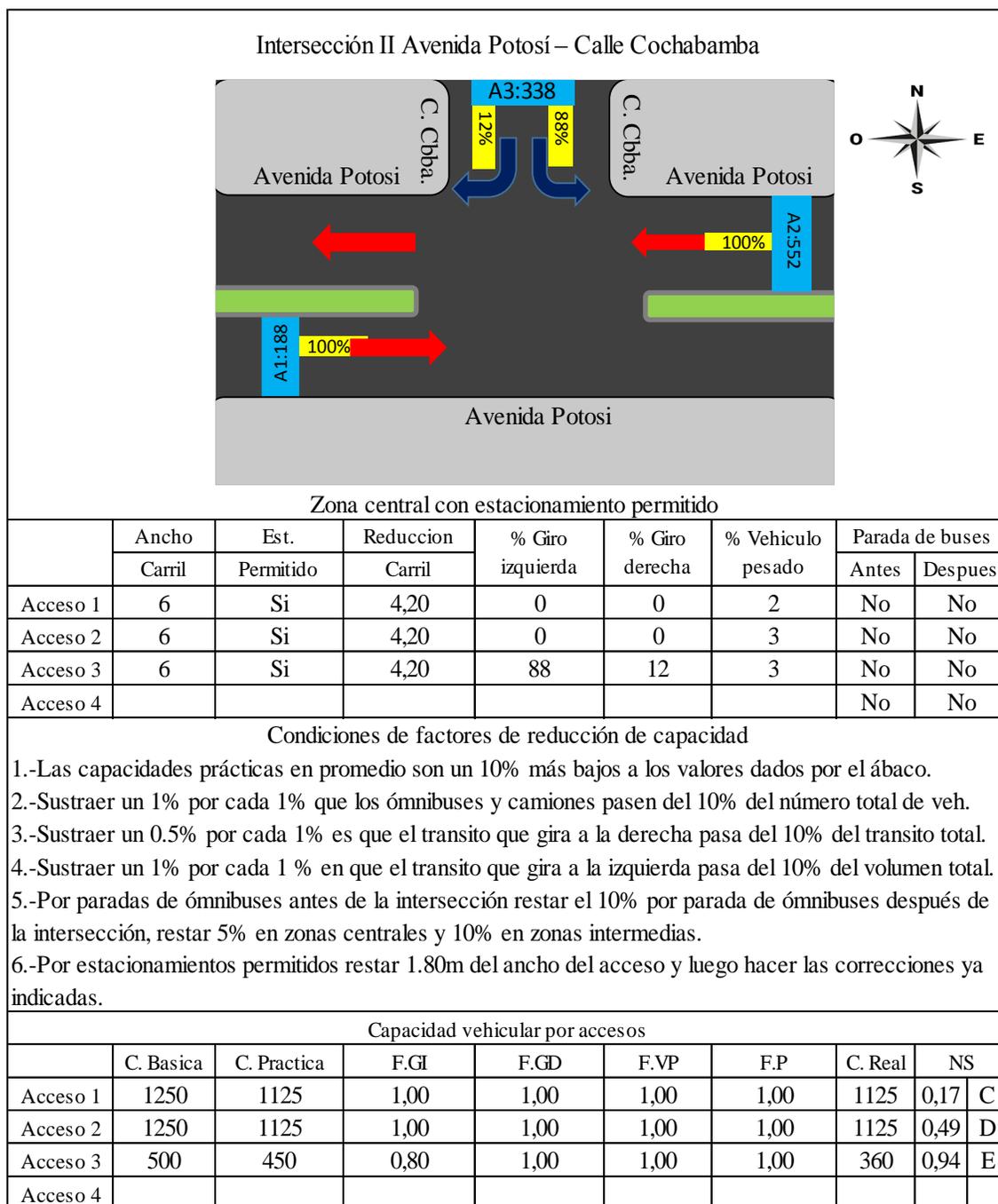
$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{552 \text{ veh/hr}}{1125 \text{ veh/hr}} = 0,49$$

$$NS = 0,17 \rightarrow \text{Nivel de servicio C}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 2 es D lo que nos indica que el flujo vehicular es casi inestable, se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

A continuación, un resumen de los cálculos ejecutados:

Imagen 59: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección II



Fuente: Elaboración propia.

Intersección III Avenida Potosí – Calle Delgadillo

Datos: Acceso 3 Calle Delgadillo (N – S)

Zona Central con estacionamiento permitido

No existe paradas de buses en este acceso

Ancho carril= 7,80 metros

Volumen real=465 veh/hr

% Giro izq.= 32%

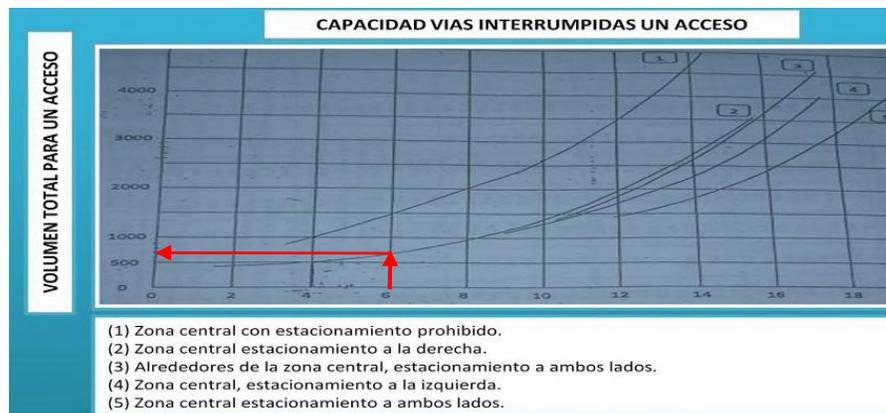
% Giro der. = 25%

% Veh. Pesado = 1%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 7,8\text{m} - 1,80\text{m} = 6\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 1 curva 2



Ingresamos con ancho de carril corregido = 6m intersectamos la curva 2 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 3 = 700 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = \frac{(20\%) * 1\%}{100} = 0,80$$

$$\%GI = 32 > 20\% \rightarrow F_{GI} = 0,80$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 32\% - 10\% = 22\% > 20\%$$

Máxima reducción permitida por la metodología es del 20%

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

$$\%GD = 25\% > 10\% \rightarrow F_{GD} = 1$$

Se redujo lo máximo permitido en factor por giros a la izquierda

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 1\% - 10\% = -9\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_{Pa} = 1 \rightarrow \text{No existe parada ni antes ni despues}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 3

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 700 * 0,9 * 0,8 * 1 * 1 * 1 = 504 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 504 vehículos por hora.

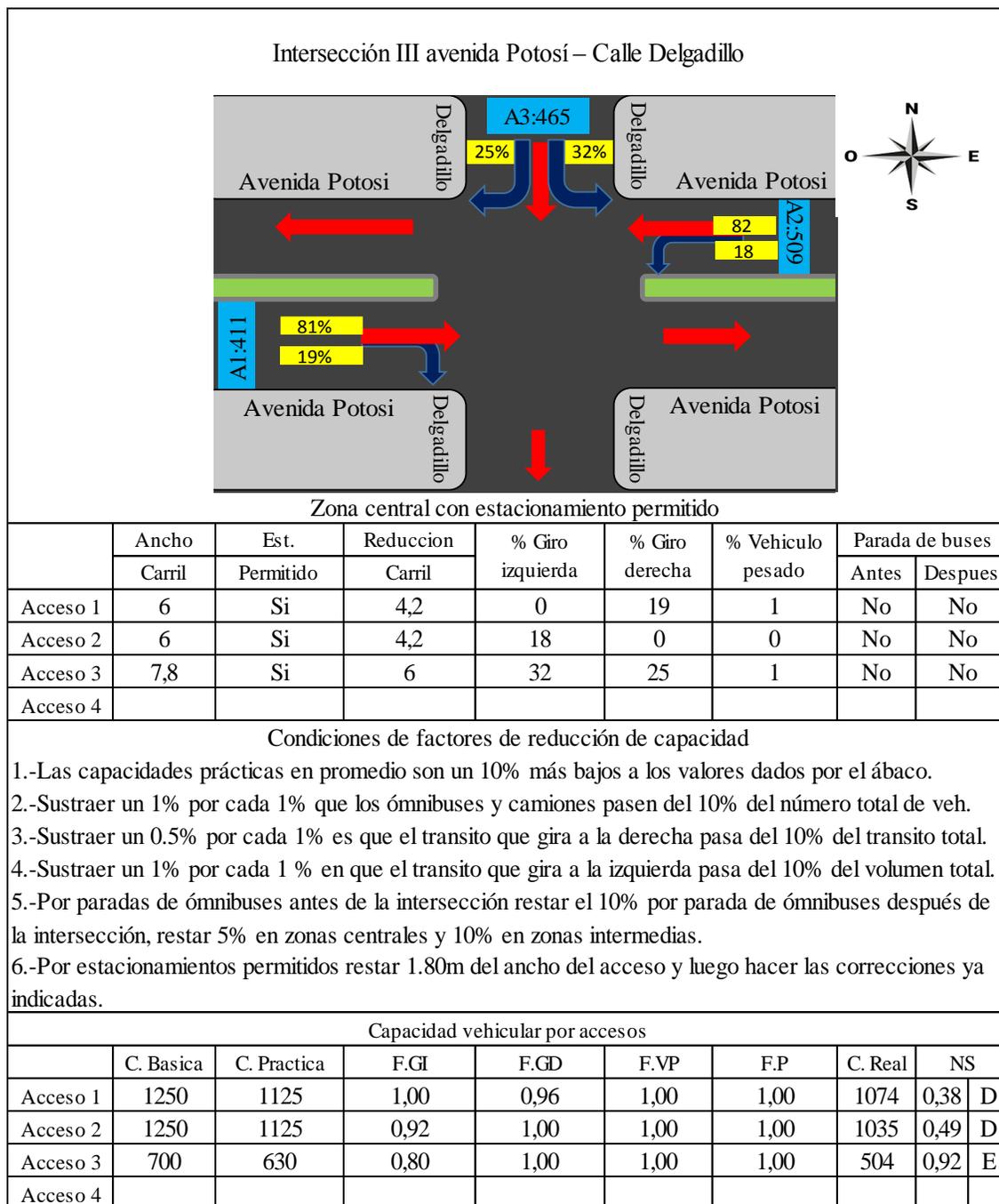
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{465 \text{ veh/hr}}{504 \text{ veh/hr}} = 0,92$$

$$NS = 0,92 \rightarrow \text{Nivel de servicio E}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 3 es E lo que nos indica que el flujo vehicular es inestable, se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 60: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección III



Fuente: Elaboración propia.

Intersección IV Avenida Potosí – Calle Junín

Datos: Acceso 4 Calle Junín (S – N)

Zona Central con estacionamiento permitido

Presenta paradas de buses antes de la intersección

Ancho carril = 6 metros

Volumen real = 454 veh/hr

% Giro izq. = 19%

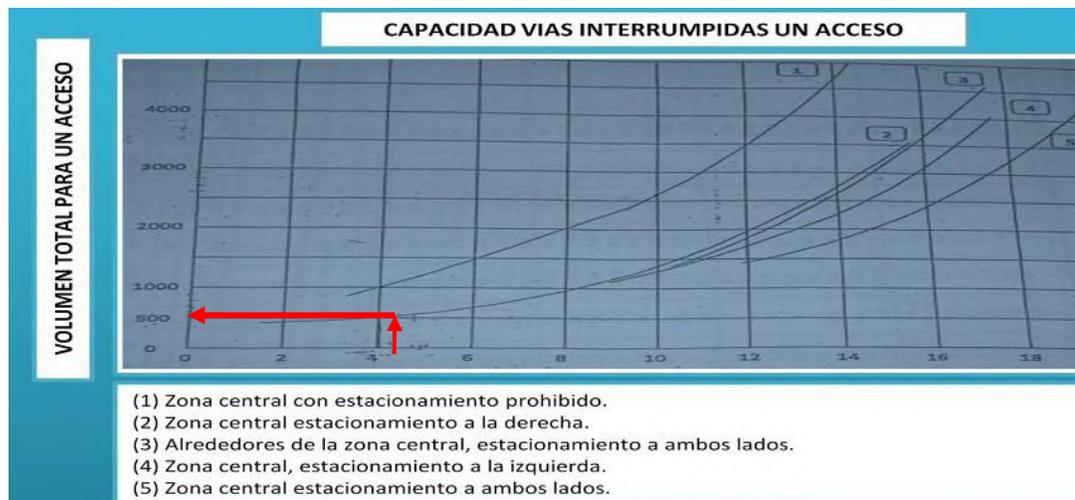
% Giro der. = 20%

% Veh. Pesado = 3%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 1 curva 2



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,20m intersectamos la curva 2 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 4 = 500 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = \frac{(9\%) * 1\%}{100} = 0,91$$

$$\%GI = 19 < 20\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 19\% - 10\% = 9\%$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1 - \frac{(10\%) * 0,5\%}{100} = 0,95$$

$$\%GD = 20\% > 10\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 20\% - 10\% = 10\%$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 3\% - 10\% = -7\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_{Pa} = 0,9 \rightarrow \text{Reduccion por parada antes de la interseccion}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 4

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 500 * 0,9 * 0,91 * 0,95 * 1 * 0,9 = 350 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 350 vehículos por hora.

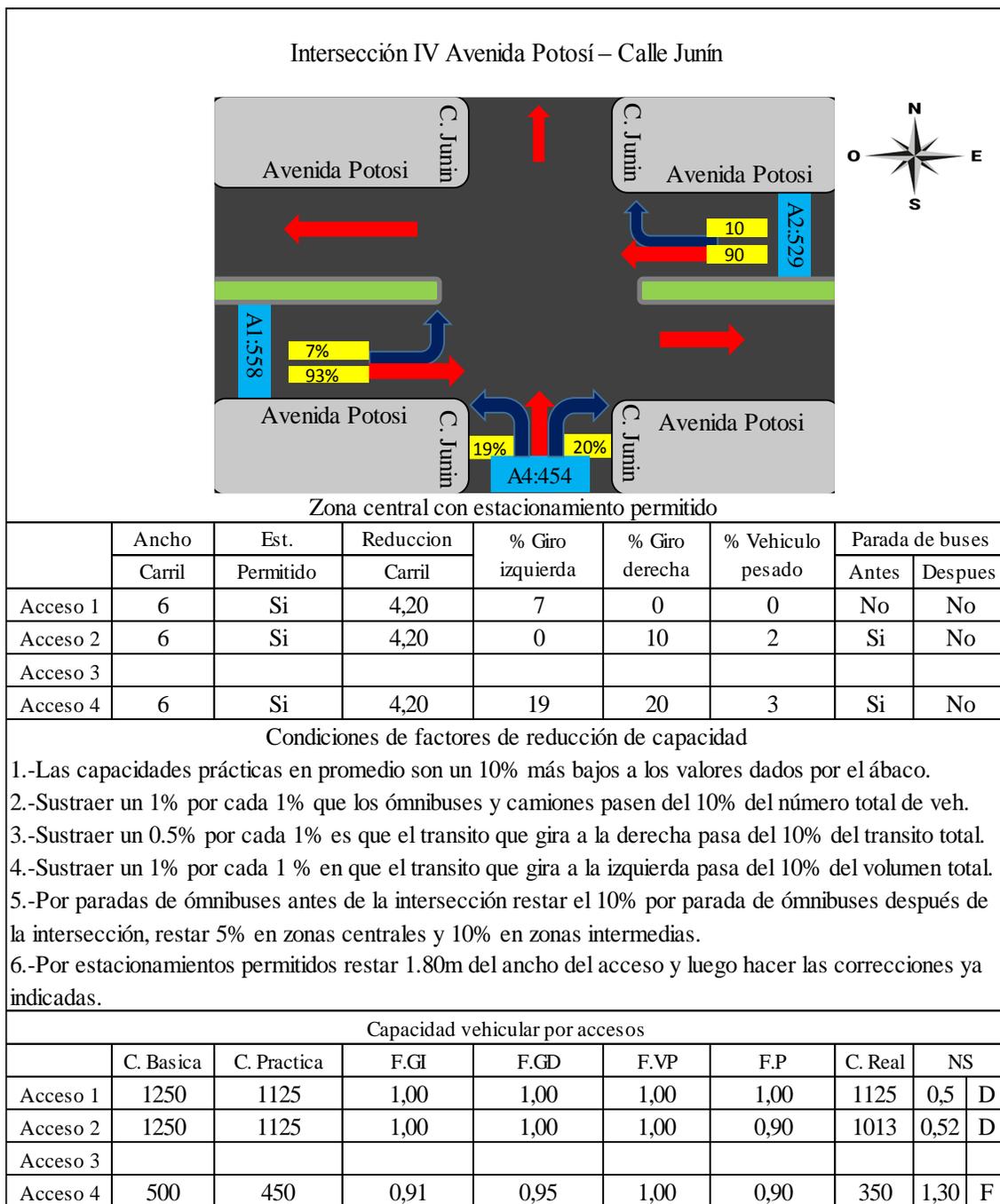
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{454 \text{ veh/hr}}{350 \text{ veh/hr}} = 1,30$$

$$NS = 1,30 \rightarrow \text{Nivel de servicio F}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 4 es F lo que nos indica que el flujo vehicular es Forzado se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 61: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección IV



Fuente: Elaboración propia.

Intersección V Avenida Potosí – Calle Segundino Ugarte

Datos: Acceso 1 Avenida Potosí dirección (W – E)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

No presenta paradas de buses ni antes ni después de la intersección

Ancho carril=6metros

Volumen real = 561 veh/hr

% Giro izq. = 14%

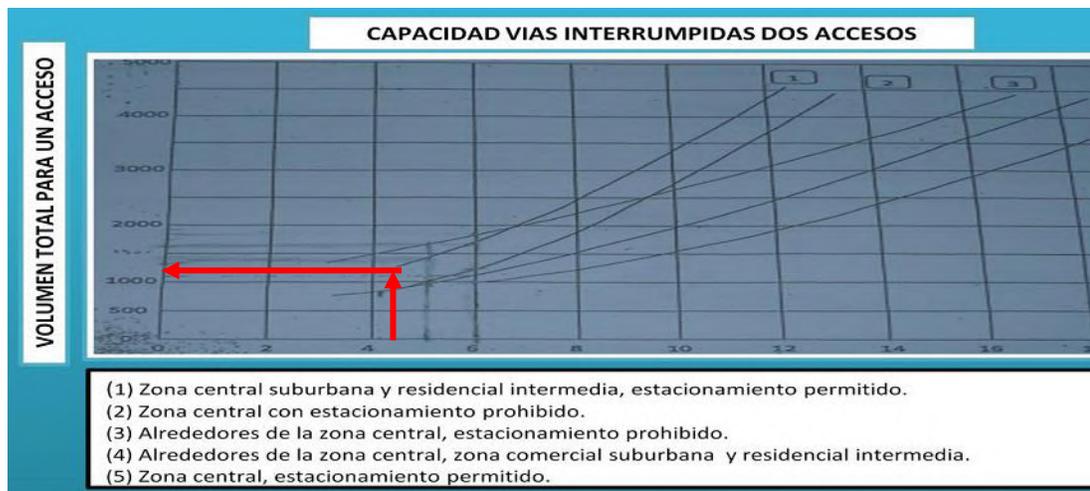
% Giro der. = 0%

% Veh. pesado = 1%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,20m intersectamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 1 = 1250 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = \frac{(4\%) * 1\%}{100} = 0,96$$

$$\%GI = 14\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 14\% - 10\% = 4\%$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

$$\%GD = 0\% < 10\% \rightarrow F_{GD} = 1$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 1\% - 10\% = -9\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_P = 1 \rightarrow \text{No existe parada ni antes ni despues}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 1

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 0,96 * 1 * 1 * 1 = 1080 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 1080 vehículos por hora.

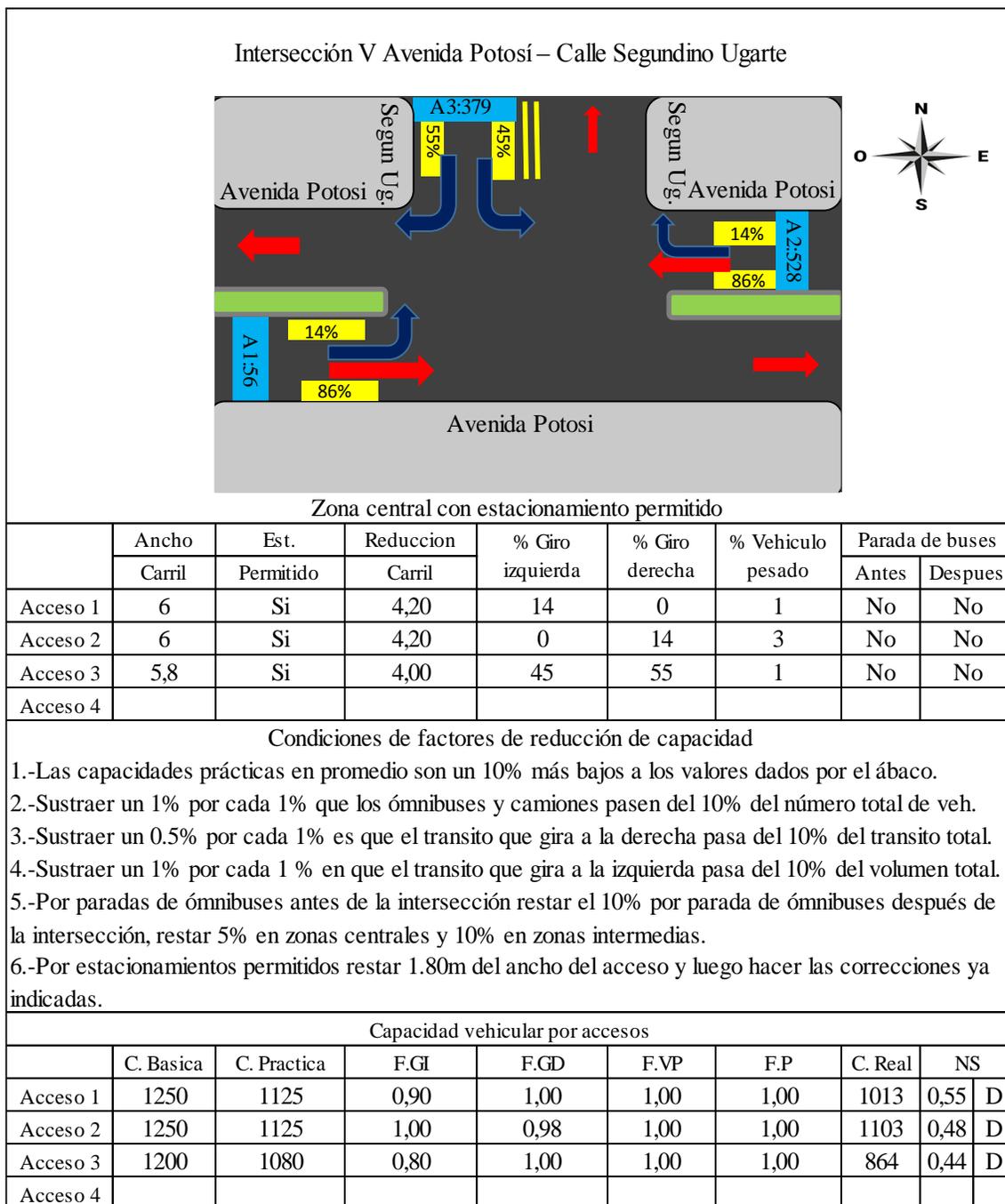
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{561 \text{ veh/hr}}{1080 \text{ veh/hr}} = 0,52$$

$$NS = 0,52 \rightarrow \text{Nivel de servicio D}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 1 es D lo que nos indica que el flujo vehicular es casi inestable se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 62: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección V



Fuente: Elaboración propia.

Intersección VI Avenida Potosí – Calle O'Connor

Datos: Acceso 1 Avenida Potosí dirección (W – E)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

Presenta paradas de buses después de la intersección

Ancho carril = 6 metros

Volumen real = 411 veh/hr

% Giro izq. = 0%

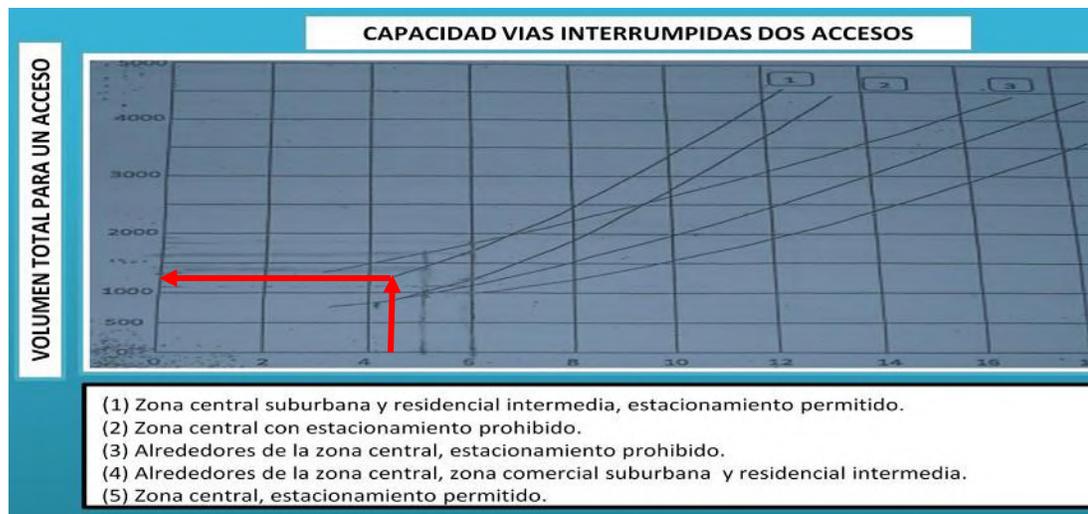
% Giro der. = 36%

% Veh. Pesado = 1%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,20m interseccionamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teórica para en acceso 1 = 1250 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\%GI = 0\% < 10\% \rightarrow F_{GI} = 1$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = \frac{(4\%) * 0,5\%}{100} = 0,80$$

$$\%GD = 36 > 20\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 36\% - 10\% = 26\%$$

La máxima reducción permitida por la metodología es de 20%

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 1\% - 10\% = -9\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_{Pd} = 0,95 \rightarrow \text{reduccion por parada despues de la interseccion}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 1

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 1 * 0,80 * 1 * 0,95 = 855 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 1080 vehículos por hora.

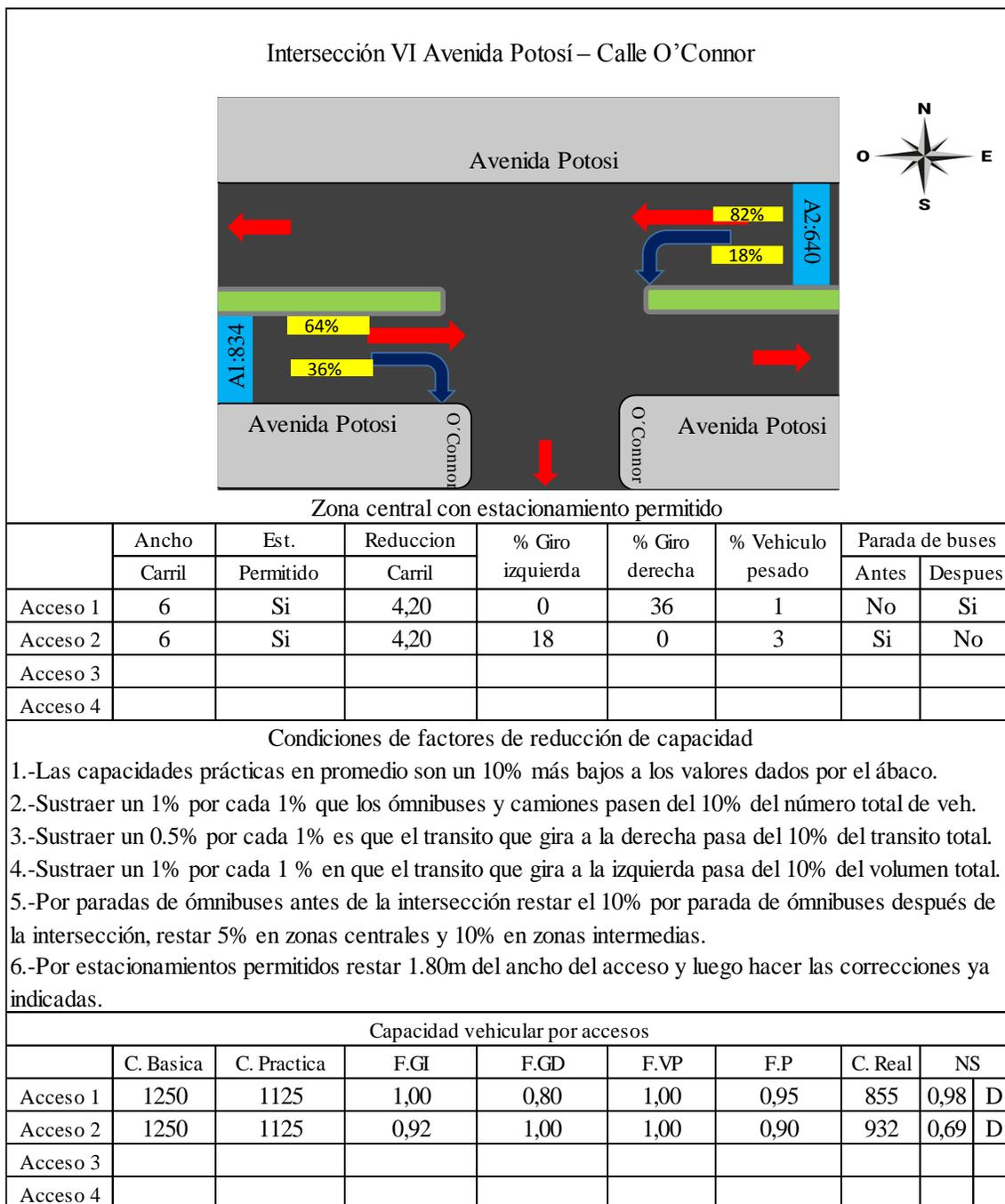
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{411 \text{ veh/hr}}{855 \text{ veh/hr}} = 0,48$$

$$NS = 0,48 \rightarrow \text{Nivel de servicio D}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 1 es D lo que nos indica que el flujo vehicular es casi inestable se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 63: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección VI.



Fuente: Elaboración propia.

Intersección XII Avenida Potosí – Calle Ejercito

Datos: Acceso 2 Avenida Potosí dirección (E – W)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

No presenta paradas buses ni antes ni después de la intersección

Ancho carril = 6 metros

Volumen real = 624 veh/hr

% Giro izq.= 0%

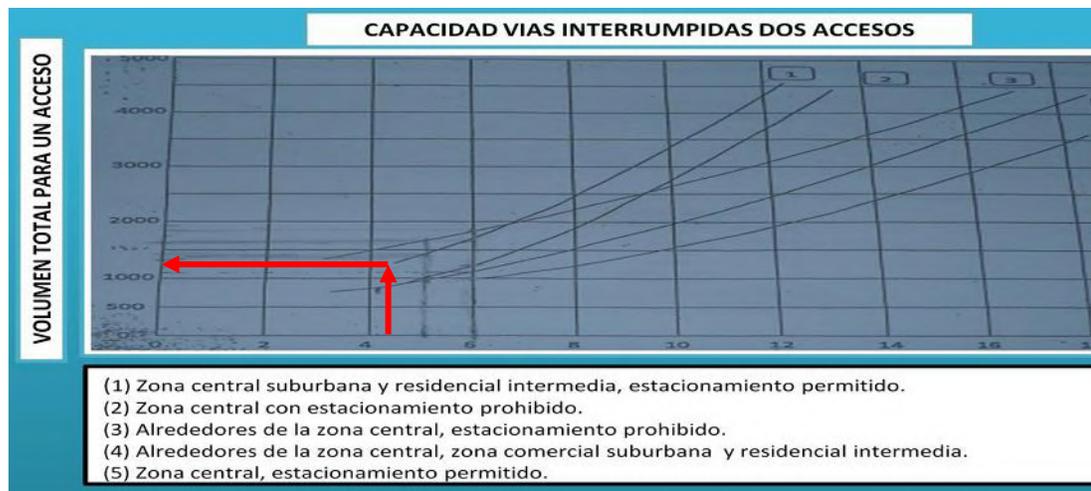
% Giro der. = 3%

% Veh. Pesado= 2%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,20m intersectamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 2 = 1250 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\%GI = 0\% < 10\% \rightarrow F_{GI} = 1$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

$$\%GD = 3\% < 10\% \rightarrow F_{GD} = 1$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 2\% - 10\% = -8\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_P = 1 \rightarrow \text{No existe parada ni antes ni despues}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 2

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1125 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 1125 vehículos por hora.

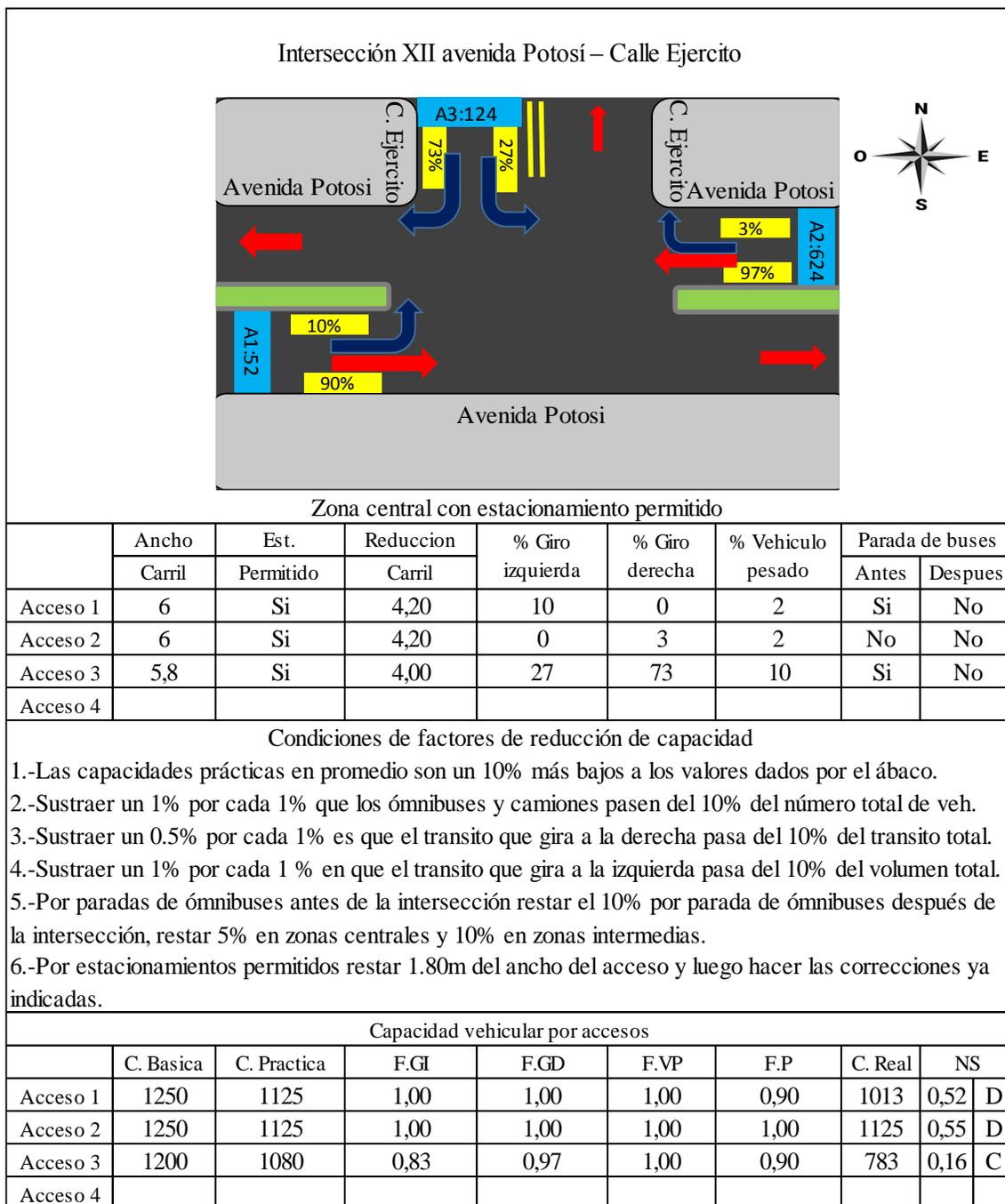
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{624 \text{ veh/hr}}{1125 \text{ veh/hr}} = 0,55$$

$$NS = 0,55 \rightarrow \text{Nivel de servicio D}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 2 es D lo que nos indica que el flujo vehicular es casi inestable se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 64: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección VII



Fuente: Elaboración propia.

Intersección VIII Avenida Potosí – Pasaje Carlos Paz

Datos: Acceso 2 Avenida Potosí dirección (E – W)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

No presenta paradas de buses ni antes ni después de la intersección

Ancho carril = 6 metros

Volumen real = 520 veh/hr

% Giro izq.= 1%

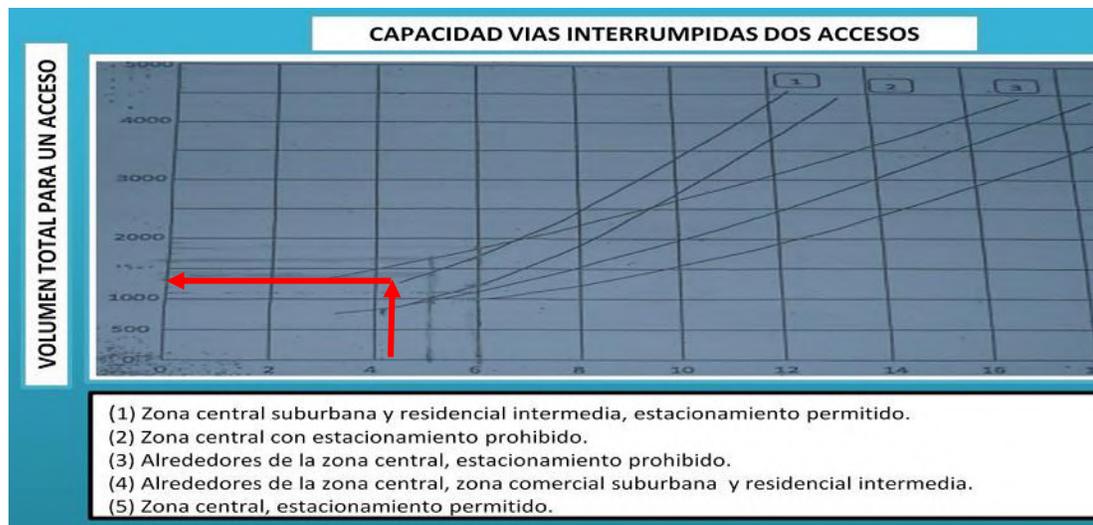
% Giro der. = 2%

% Veh. Pesado= 3%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,20m intersectamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 2 = 1250 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\%GI = 1\% < 10\% \rightarrow F_{GI} = 1$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

$$\%GD = 2\% < 10\% \rightarrow F_{GD} = 1$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 3\% - 10\% = -7\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada antes de la intersección

$$F_{Pa} = 1 \rightarrow \text{No existe parada ni antes ni despues}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 2

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1125 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 948 vehículos por hora.

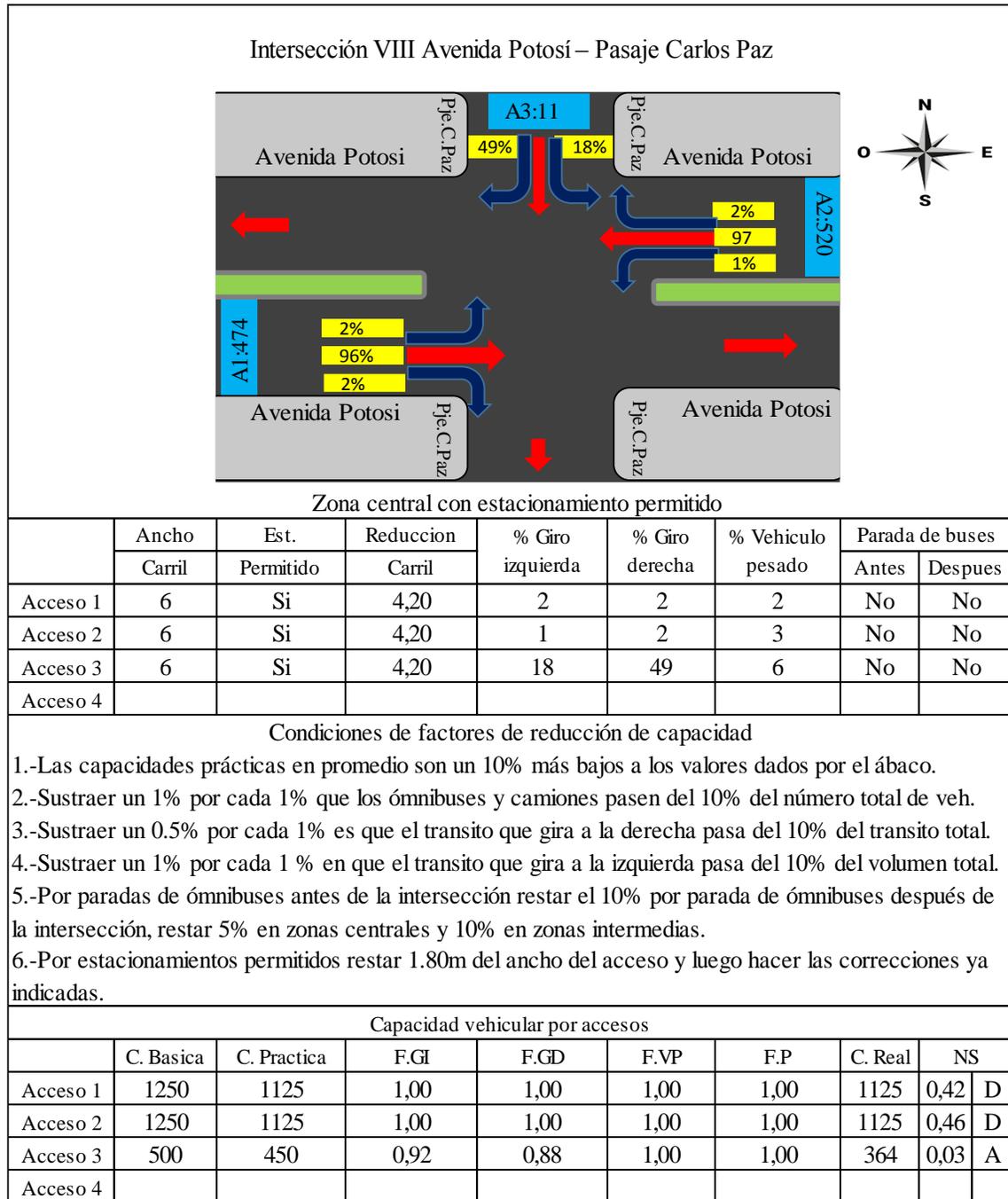
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{520 \text{ veh/hr}}{1125 \text{ veh/hr}} = 0,46$$

$$NS = 0,46 \rightarrow \text{Nivel de servicio D}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 2 es D lo que nos indica que el flujo vehicular es casi inestable, se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 65: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección VIII



Fuente: Elaboración propia.

Intersección IX Avenida Potosí – Avenida La Paz

Datos: Acceso 4 Avenida La Paz dirección (S – N)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento prohibido

Presenta parada de buses después de la intersección

Ancho carril = 4,50 metros

Volumen real = 531 veh/hora

% Giro izq.= 32%

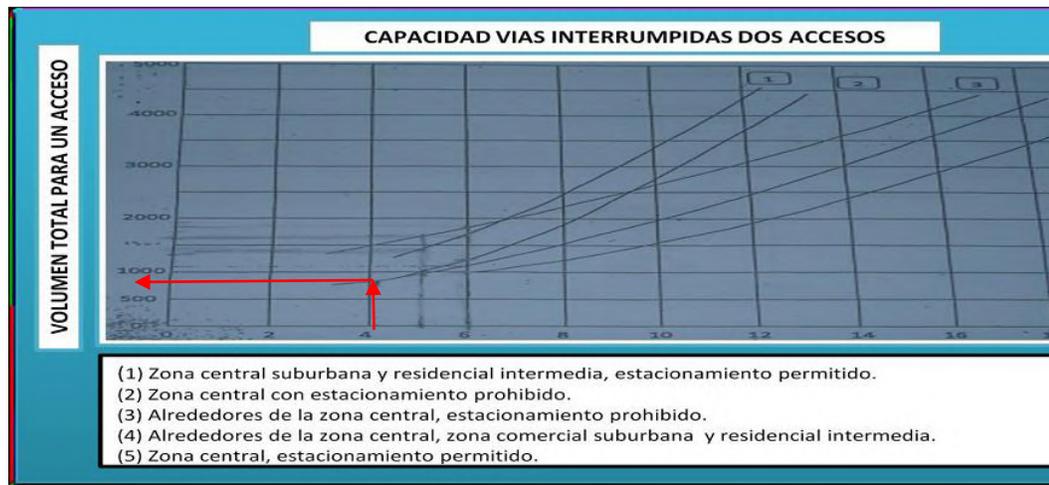
% Giro der. = 14%

% Veh. Pesado= 4%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento prohibido

$$\text{Ancho carril real} = 4,50\text{m} - 0 = 4,50\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 2



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,50m intersectamos la curva 2 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 4 = 800 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1 - \frac{20\%}{100} = 0,80$$

$$\%GI = 32\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 32\% - 10\% = 22\% > 20\%$$

Máxima reducción permitida por la metodología es de 20%

- 4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

Se redujo lo máximo permitido en la reducción de giros a la izquierda

- 5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 4\% - 10\% = -6\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

- 6) Calculo del factor de reducción por parada de buses en la intersección

$$F_{Pd} = 0.95 \rightarrow \text{reduccion por parada de buses despues de la interseccion}$$

- 7) Calculo de la capacidad real del acceso 4

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 800 * 0,9 * 0,80 * 1 * 1 * 0,95 = 547 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 547 vehículos por hora.

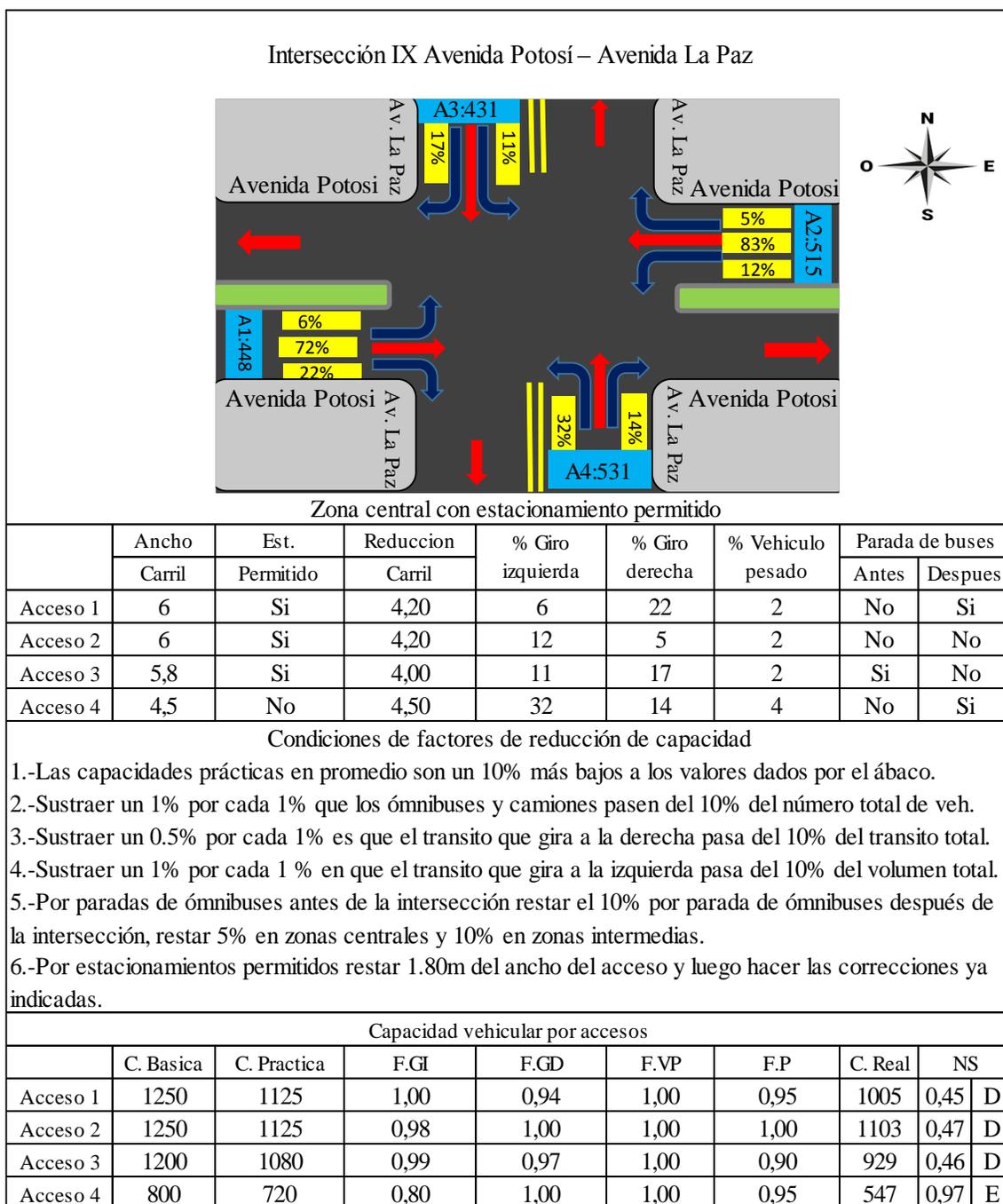
- 8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{531 \text{ veh/hr}}{547 \text{ veh/hr}} = 0,97$$

$$NS = 0,97 \rightarrow \text{Nivel de servicio E}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 4 es E lo que nos indica que el flujo vehicular es inestable, se presentan colas y la velocidad es muy reducida.

Imagen 66: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección IX



Fuente: Elaboración propia.

Intersección X Avenida Potosí – Pasaje Güemes

Datos: Acceso 2 Avenida Potosí dirección (E – W)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

No presenta paradas de buses ni antes ni después de la intersección

Ancho carril = 6 metros

Volumen real = 495 veh/hr

% Giro izq.= 3%

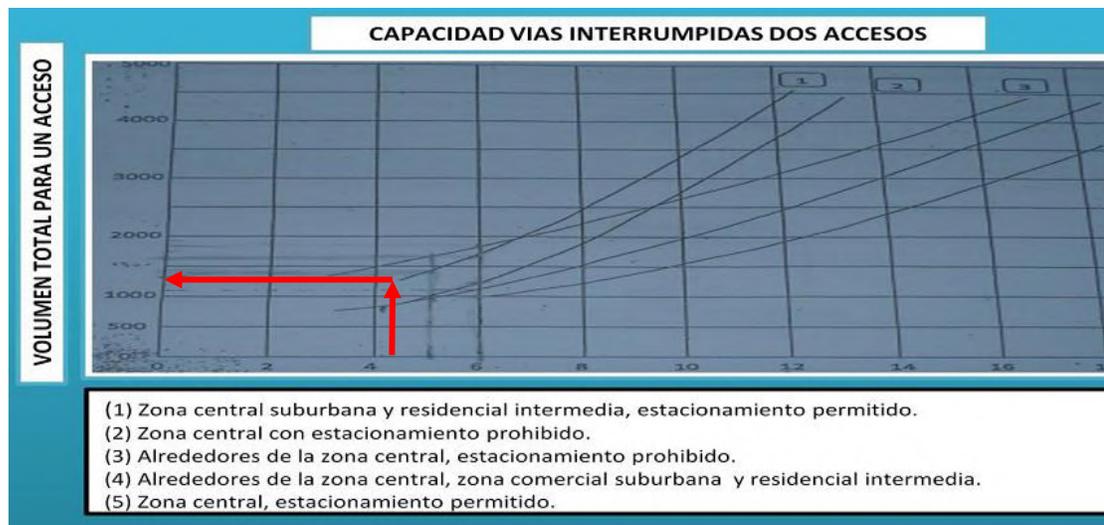
% Giro der. = 4%

% Veh. pesado = 2%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 6\text{m} - 1,80\text{m} = 4,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 4,20m intersectamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 2 = 1250 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\%GI = 3\% < 10\% \rightarrow F_{GI} = 1$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

$$\%GD = 4\% < 10\% \rightarrow F_{GD} = 1$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 2\% - 10\% = -8\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada de buses en la intersección

$$F_P = 1 \rightarrow \text{No existe parada ni antes ni despues}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 2

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1125 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 1125 vehículos por hora.

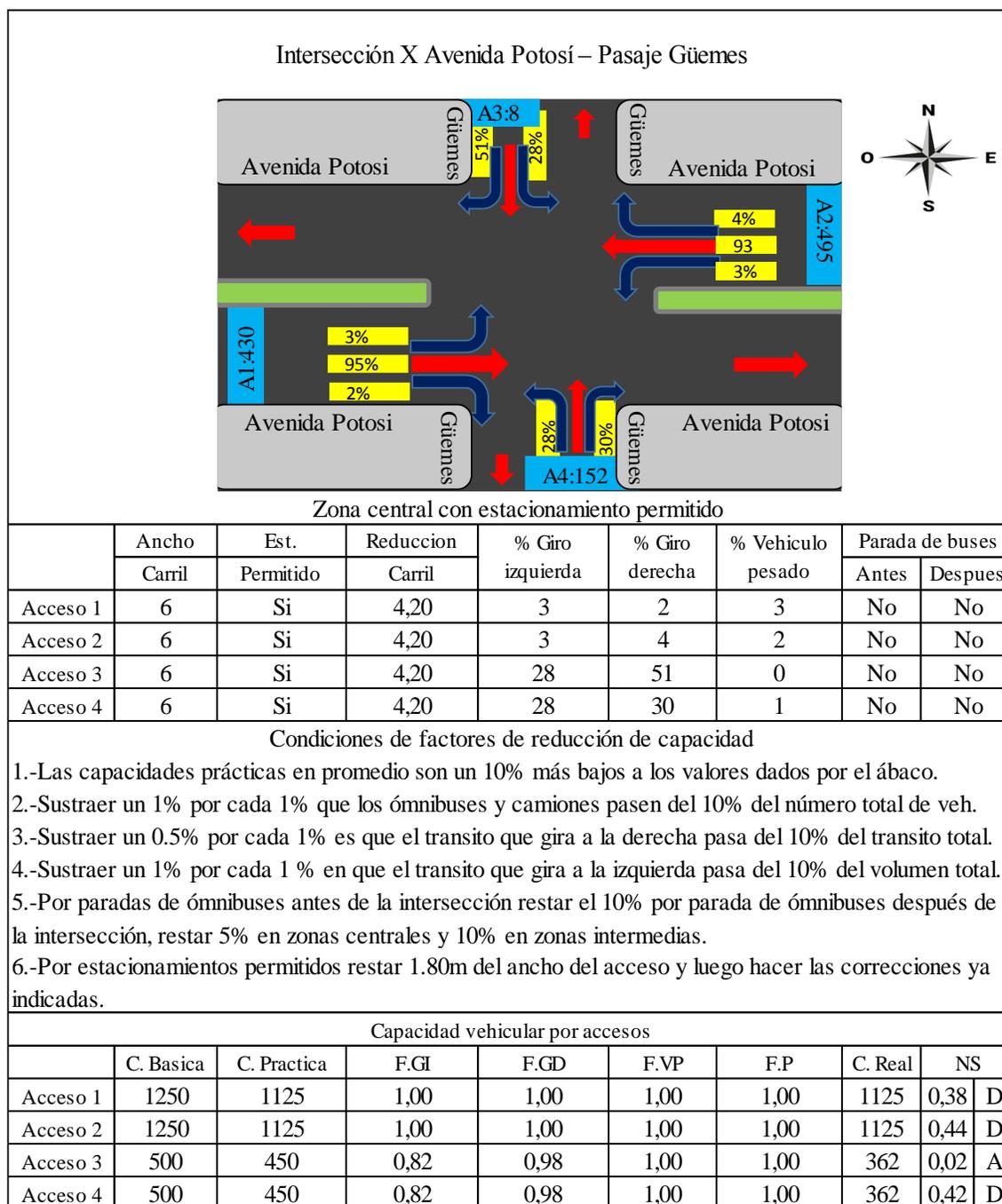
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{495 \text{ veh/hr}}{1125 \text{ veh/hr}} = 0,44$$

$$NS = 0,44 \rightarrow \text{Nivel de servicio D}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 2 es D lo que nos indica que el flujo vehicular es casi inestable, se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 67: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección X



Fuente: Elaboración propia.

Intersección XI Avenida Potosí – Pasaje Las Rosas

Datos: Acceso 2 Avenida Potosí dirección (E – W)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

No presenta paradas de buses ni antes ni después de la intersección

Ancho carril = metros

Volumen real = 536 veh/hora

% Giro izq.= 3%

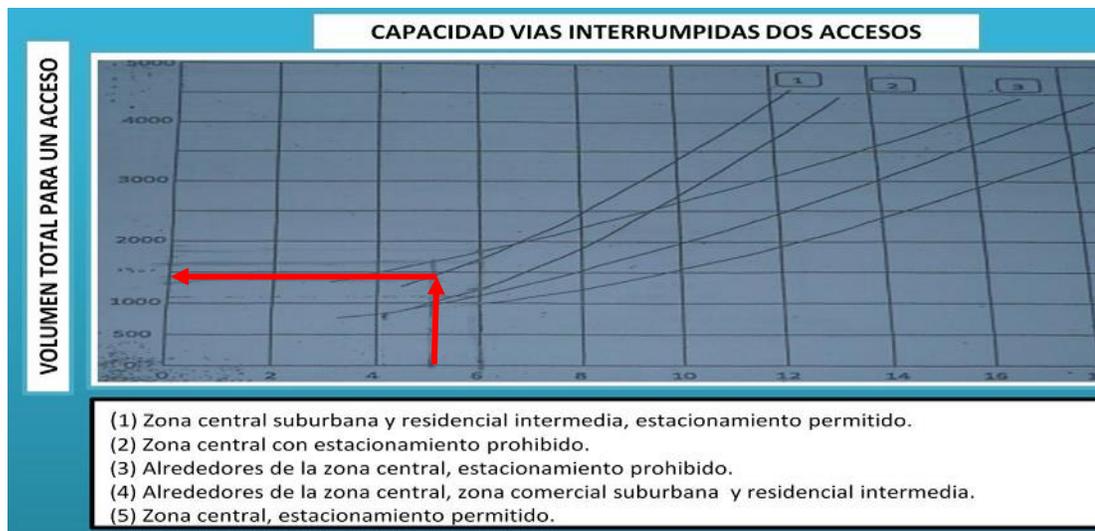
% Giro der. = 3%

% Veh. Pesado= 2%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 7\text{m} - 1,80\text{m} = 5,20\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 5,20m intersectamos la curva 1 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 2 = 1450 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\%GI = 3\% < 10\% \rightarrow F_{GI} = 1$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1$$

$$\%GD = 3\% < 10\% \rightarrow F_{GD} = 1$$

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 2\% - 10\% = -8\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada de buses en la intersección

$$F_P = 1 \rightarrow \text{No existe parada ni antes ni despues}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 2

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 1250 * 0,9 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1125 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 1125 vehículos por hora.

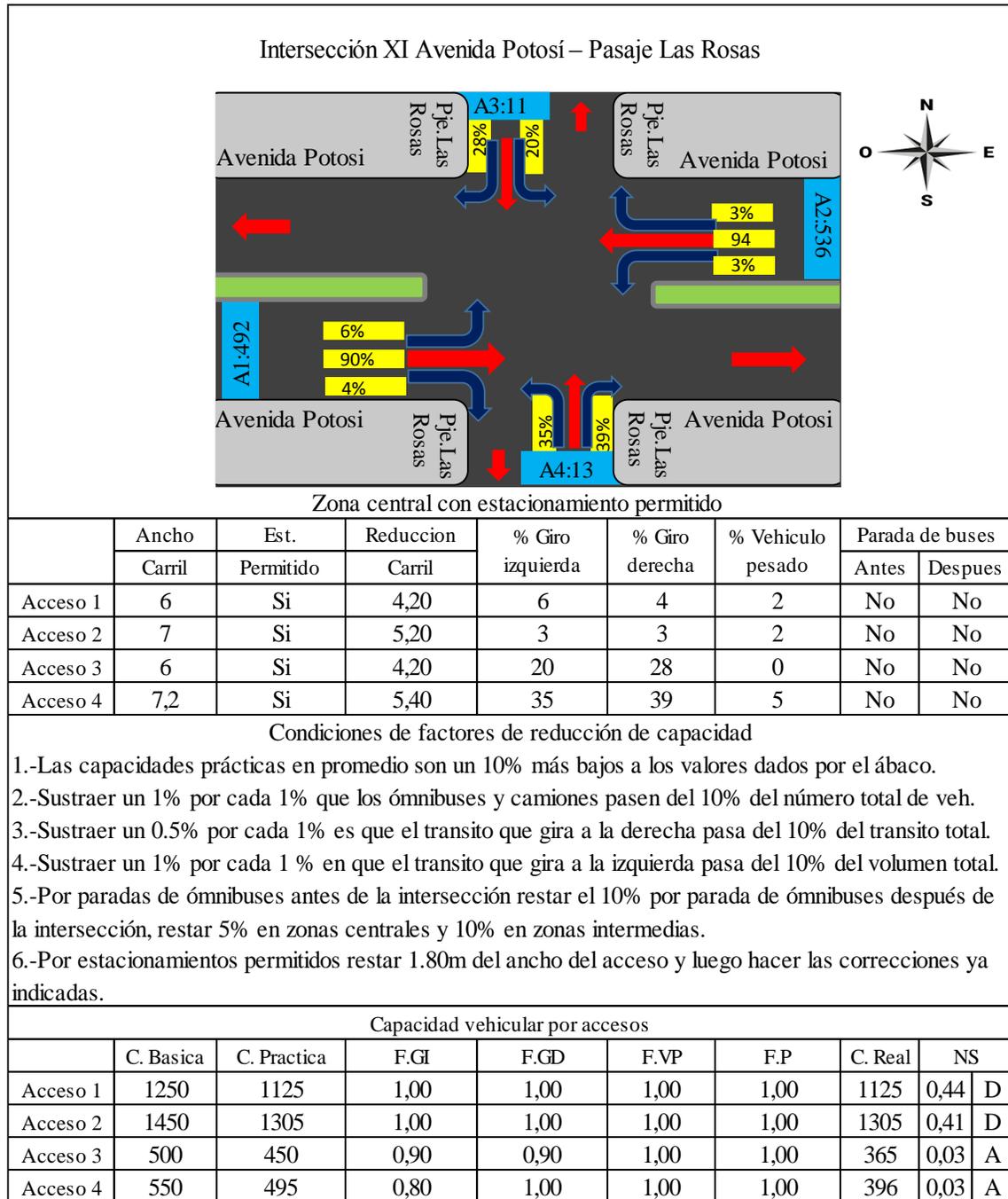
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{536 \text{ veh/hr}}{1125 \text{ veh/hr}} = 0,37$$

$$NS = 0,37 \rightarrow \text{Nivel de servicio D}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 2 es D lo que nos indica que el flujo vehicular es casi inestable, se presentan colas y la velocidad se ve reducida.

Imagen 68: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección XI



Fuente: Elaboración propia.

Intersección XII Avenida Potosí – Avenida Los Membrillos

Datos: Acceso 2 Avenida Potosí dirección (E – W)

Zona Central suburbana y residencial intermedia, con estacionamiento permitido

Presenta parada de buses después de la intersección

Ancho carril = 7 metros

Volumen real = 687 veh/hora

% Giro izq.= 14%

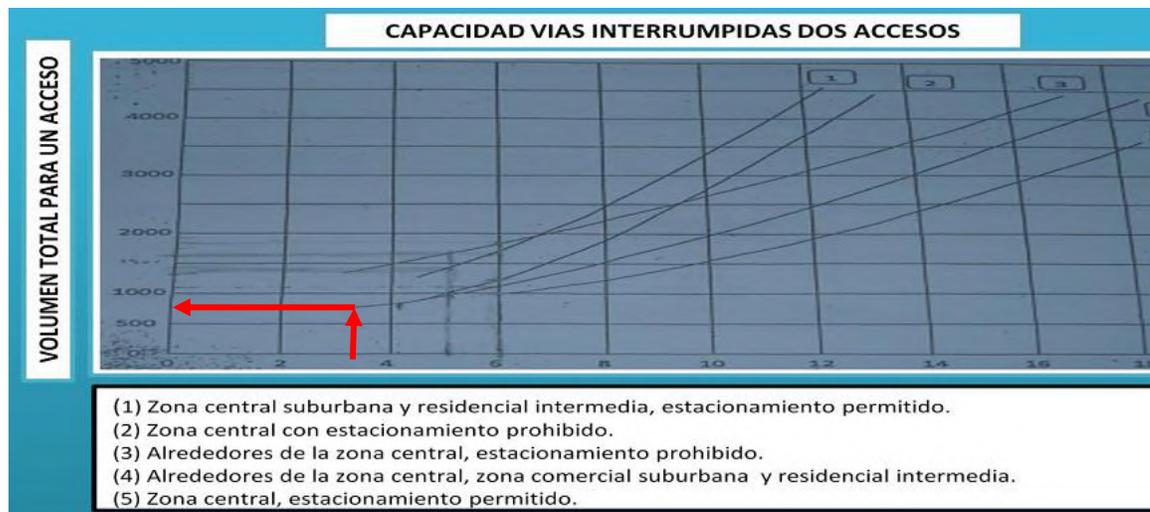
% Giro der. = 27%

% Veh. Pesado= 1%

- 1) Corrección de acceso por estacionamiento permitido

$$\text{Ancho carril real} = 3,50\text{m} - 0 = 3,50\text{m}$$

- 2) Obtención de la capacidad teórica mediante uso de ábaco 2 curva 1



Ingresamos con ancho de carril corregido = 3,5m intersectamos la curva 2 y obtenemos una capacidad teoría para en acceso 2 = 800 vehículos/hora.

- 3) Calculo del factor de reducción por giros a la izquierda

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100} = 1 - \frac{(4\%) * 1\%}{100} = 0,96$$

$$\%GI = 14\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 14\% - 10\% = 4\%$$

4) Calculo del factor de reducción por giros a la derecha

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0,5\%}{100} = 1 - \frac{(16\%)}{100} = 0,84$$

$$\%GD = 27\%$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 27\% - 10\% = 17\%$$

La máxima reducción permitida por la metodología es de 20%, por lo tanto, solo reduciremos un 16% por giros a la derecha.

5) Calculo del factor de reducción por vehículos pesados

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100} = 1$$

$$\% \text{ Pasa } 10\% = 1\% - 10\% = -9\% < 10\%$$

$$F_{VP} = 1 \rightarrow \% \text{ Vehículos pesados no sobrepasa el } 10\%$$

6) Calculo del factor de reducción por parada de buses en la intersección

$$F_{Pd} = 0,95 \rightarrow \text{reduccion por parada despues de la interseccion}$$

7) Calculo de la capacidad real del acceso 2

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = \text{Capacidad}_{\text{practica}} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P =$$

$$\text{Capacida}_{\text{real}} = 800 * 0,9 * 0,96 * 0,84 * 1 * 0,95 = 552 \text{ veh/hr}$$

Capacidad real que puede admitir el acceso es de 552 vehículos por hora.

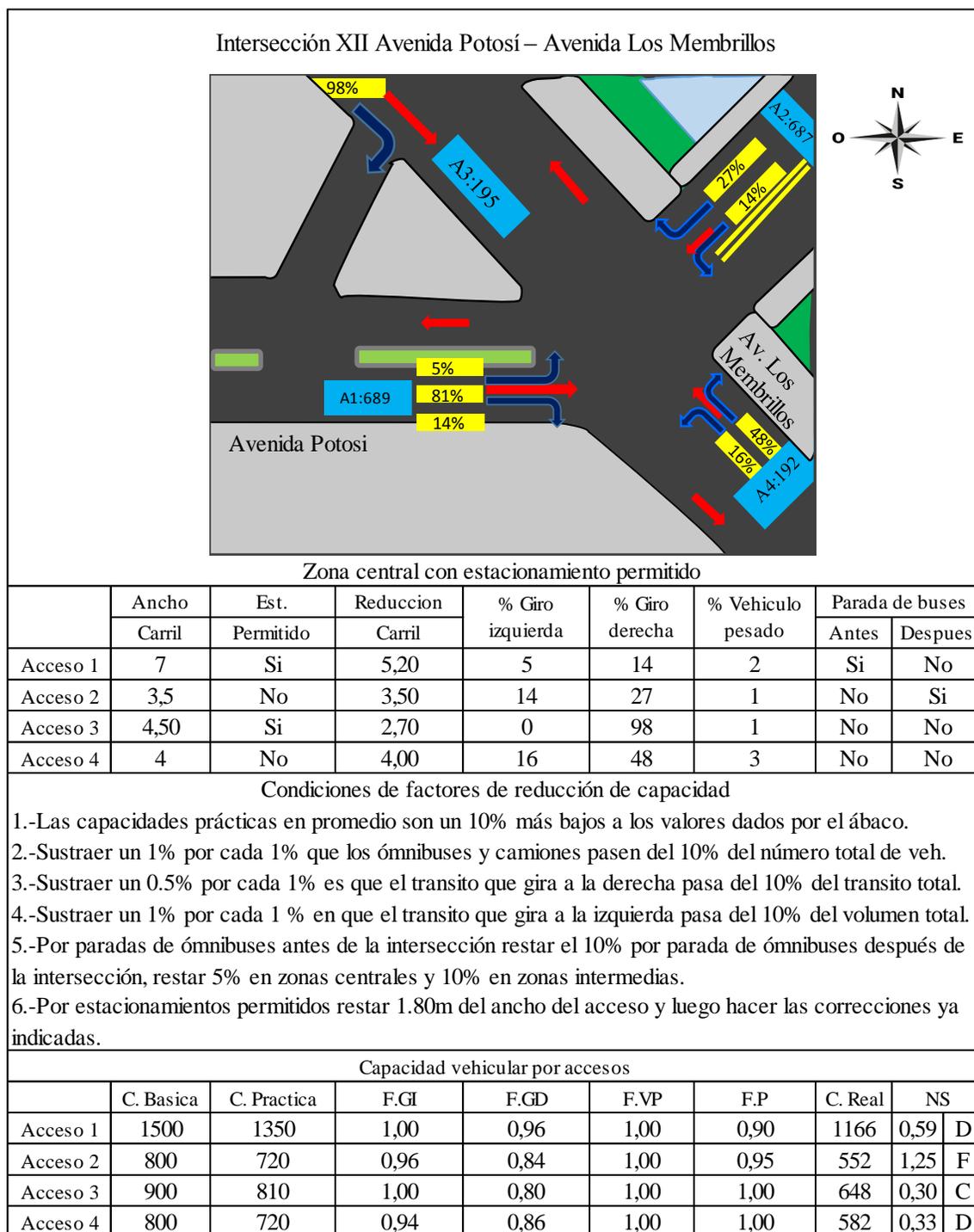
8) Calculo del nivel de servicio

$$NS = \frac{\text{Volumen real}}{\text{Capacidad real}} = \frac{687 \text{ veh/hr}}{552 \text{ veh/hr}} = 1,25$$

$$NS = 1,25 \rightarrow \text{Nivel de servicio F}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 2 es F lo que nos indica que el flujo vehicular es forzado, se presentan congestionamiento la velocidad es reducida.

Imagen 69: Resultados de capacidad y nivel de servicio intersección XII



Fuente: Elaboración propia.

3.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Análisis de parámetros por intersección:

Concluido con la recolección y procesamiento de la información se procede a realizar el análisis de los resultados obtenidos con el fin de poder sacar las mejores conclusiones y afrontar los problemas que se hallan encontrado de acuerdo a los resultados obtenidos.

El objetivo del estudio era poder determinar los parámetros fundamentales de un estudio de tráfico con los cuales vamos a poder evaluar la situación del tráfico vehicular en toda la avenida Potosí, tanto en el carril de ida como en el carril de vuelta y todos los accesos que contribuyen con flujo vehicular, los parámetros a evaluar son:

- ❖ Volumen
- ❖ Velocidad
- ❖ Densidad
- ❖ Capacidad y nivel de servicio

En total el estudio se realizó en 12 intersecciones comenzado en la Calle Méndez y concluyendo en la Avenida los Membrillos, cada intersección con sus ciertas características.

- ❖ Intersección N°1 Calle Méndez – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°2 Calle Cochabamba – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°3 Calle Delgadillo – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°4 Calle Junín – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°5 Calle Segundino Ugarte – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°6 Calle O'Connor – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°7 Calle Ejercito – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°8 Pasaje Carlos Paz – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°9 Avenida La Paz – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°10 Pasaje Güemes – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°11 Pasaje Las Rosas – Avenida Potosí
- ❖ Intersección N°12 Avenida los Membrillos – Avenida Potosí

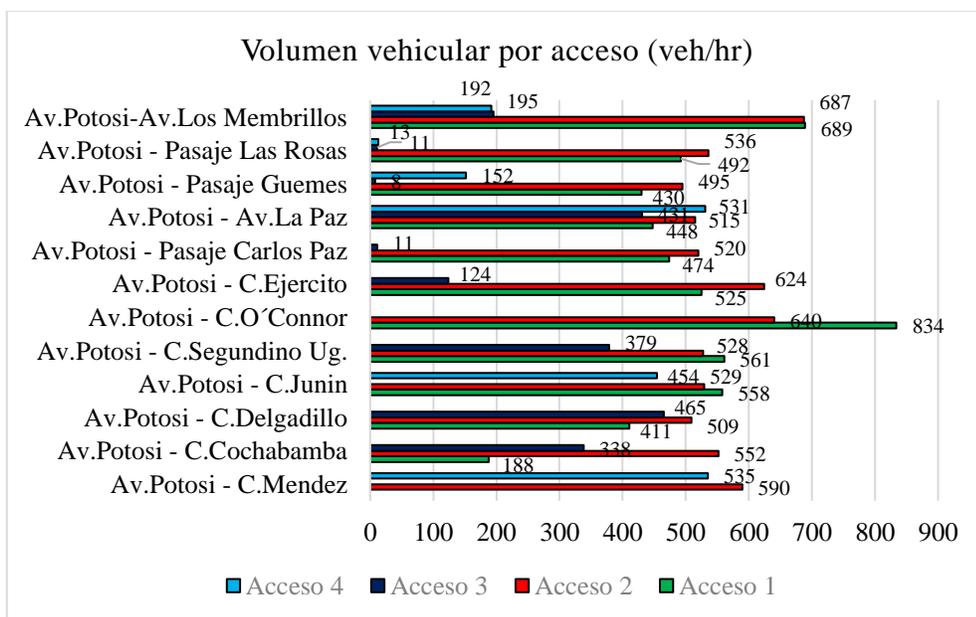
3.4.1 Resultados parámetro volumen

Tabla 77: Resultados del parámetro volumen

Ingreso de volumen vehicular por acceso (veh/hr)				
Intersección	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Av. Potosí - C. Méndez	-	590	-	535
Av. Potosí - C. Cochabamba	188	552	338	-
Av. Potosí - C. Delgadillo	411	509	465	-
Av. Potosí - C. Junín	558	529	-	454
Av. Potosí - C. Segundino Ug.	561	528	379	-
Av. Potosí - C. O'Connor	834	640	-	-
Av. Potosí - C. Ejercito	525	624	124	-
Av. Potosí - Pasaje Carlos Paz	474	520	11	-
Av. Potosí - Av. La Paz	448	515	431	531
Av. Potosí - Pasaje Güemes	430	495	8	152
Av. Potosí - Pasaje Las Rosas	492	536	11	13
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	689	687	195	192

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 70: Histograma de volumen vehicular final



Fuente: Elaboración propia.

Volumen vehicular en la calle principal (Avenida Potosí), carril de ida y vuelta (acceso 1 y 2) se encuentra en un rango de 500 a 600 veh/hr. Mientras que el volumen vehicular en

las calles secundarias (acceso 3 y 4), es variado teniendo los mayores flujos en las intersecciones en la avenida La Paz, calle Segundino Ugarte, calle Junín, calle Delgadillo y calle Méndez.

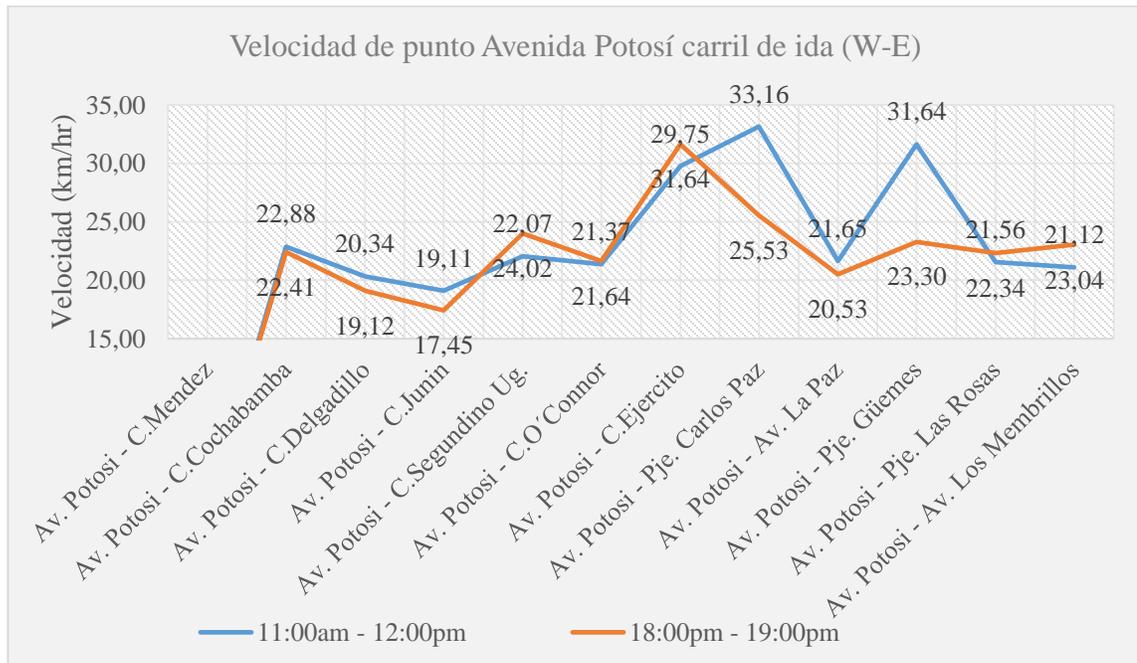
3.4.2 Resultados parámetro velocidad

Tabla 78: Resultados del parámetro velocidad

Intersección	Velocidad de punto							
	Ida		Vuelta		A-3		A-4	
	11:00	18:00	11:00	18:00	11:00	18:00	11:00	18:00
Av. Potosí - C. Méndez	-	-	21,63	19,55	-	-	25,76	16,53
Av. Potosí - C. Cochabamba	22,88	22,41	20,67	21,76	19,48	18,04	-	-
Av. Potosí - C. Delgadillo	20,34	19,12	20,78	16,94	19,50	19,07	-	-
Av. Potosí - C. Junín	19,11	17,45	16,73	23,29	0,00	0,00	14,85	15,46
Av. Potosí - C. Segundino Ug.	22,07	24,02	26,51	25,37	29,85	32,42	-	-
Av. Potosí - C. O'Connor	21,37	21,64	23,77	23,88	-	-	-	-
Av. Potosí - C. Ejército	29,75	31,64	32,85	26,11	25,46	22,55	-	-
Av. Potosí - Pje. Carlos Paz	33,16	25,53	24,86	22,99	22,97	26,86	-	-
Av. Potosí - Av. La Paz	21,65	20,53	22,39	15,17	22,08	18,02	22,31	16,85
Av. Potosí - Pje. Güemes	31,64	23,30	31,84	23,88	27,46	25,97	25,53	24,31
Av. Potosí - Pje. Las Rosas	21,56	22,34	20,45	22,78	31,43	31,06	30,98	31,69
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	21,12	23,04	16,63	21,14	23,23	27,13	19,84	19,83
Promedio	23,44		22,58					

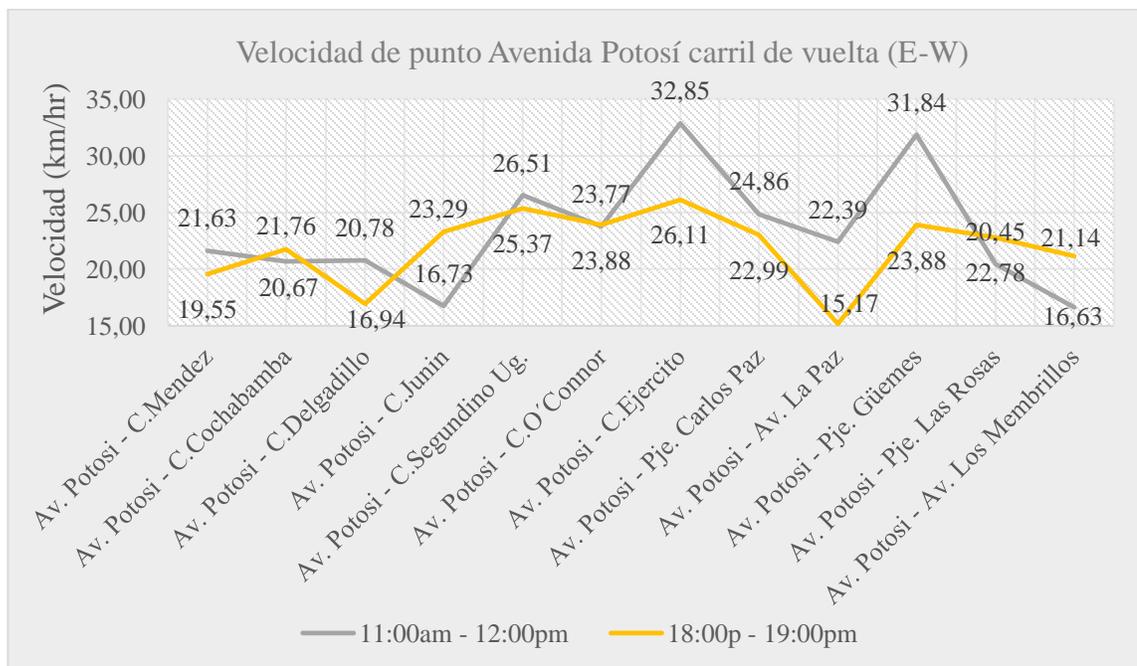
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 71: Velocidad de circulación carril de ida (W-E)



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 72: Velocidad de circulación carril de vuelta (E-W)



Fuente: Elaboración propia.

La velocidad de punto o velocidad instantánea con la que circulan los vehículos por la Avenida Potosí en promedio es superior a los 20km/hr, con una ligera superioridad de velocidad de circulación por el carril de ida en dirección oeste-este con un valor de 23,44km/hr mientras que el carril de vuelta presenta una velocidad de 22,58km/hr en dirección este-oeste.

Tanto en los periodos de lectura durante la mañana y la tarde las intersecciones que presentan baja velocidad son:

Calle Méndez, calle Cochabamba, calle Delgadillo, calle Junín, avenida La Paz y avenida Los Membrillos, intersecciones cuyas velocidades están cercanas a los 20km/hr o inferiores esto debido al alto flujo vehicular que ingresa por todos sus accesos provocando congestionamiento vehicular y retrasando la circulación vehicular a lo largo de la avenida.

La velocidad de recorrido total con la que circulan los vehículos en promedio es de 10km/hr en ambos sentidos velocidad baja considerando que se trata de una avenida.

Tabla 79: Resultados de velocidad de recorrido total

Fecha	Hora	C. Méndez			Av. Los Membrillos	
		Av. Los Membrillos			C. Méndez	
		Rec. Total		Crucero	Rec. Total	Crucero
		D (Km)	Vel.(Km/hr)	Vel.(Km/hr)	Vel.(Km/hr)	Vel.(Km/hr)
Lunes 10/10/22	11:00 - 12:00	1,13	11,31	16,43	10,26	15,50
	18:00 - 19:00	1,13	8,66	13,06	15,08	19,58
Martes 11/10/22	11:00 - 12:00	1,13	8,76	12,69	11,36	21,39
	18:00 - 19:00	1,13	8,26	12,03	9,80	13,78
Miércoles 12/10/22	11:00 - 12:00	1,13	11,43	16,82	5,84	8,92
	18:00 - 19:00	1,13	8,24	13,06	8,76	12,70
Jueves 13/10/22	11:00 - 12:00	1,13	11,61	17,66	15,12	21,75
	18:00 - 19:00	1,13	9,68	14,94	7,20	11,72
Viernes 14/10/22	11:00 - 12:00	1,13	13,33	18,06	10,47	14,92
	18:00 - 19:00	1,13	12,42	18,52	12,17	17,52
Sábado 15/10/22	11:00 - 12:00	1,13	12,72	18,18	15,32	19,98
	18:00 - 19:00	1,13	9,23	14,00	9,92	14,52
Promedio		1,13	10,47	15,45	10,94	16,02

Fuente: Elaboración propia.



Plano de velocidad de circulación vehicular (Km/Hr)

Velocidad :	Código de color :	Velocidad de circulación :
Vel > 25		Rápida
20 ≤ Vel ≤ 25		Normalmente aceptable
10 < Vel < 20		Reducida

3.4.3 Resultados capacidad y nivel de servicio

Tabla 80: Resultados de capacidad vehicular

Capacidad real por acceso				
Intersección	Ida	Vuelta	A - 3	A - 4
Av. Potosí - C. Méndez	-	911	-	328
Av. Potosí - C. Cochabamba	1125	1125	360	-
Av. Potosí - C. Delgadillo	1074	1035	504	-
Av. Potosí - C. Junín	1125	1013	-	350
Av. Potosí - C. Segundino Ug.	1013	1103	864	-
Av. Potosí - C. O'Connor	855	932	-	-
Av. Potosí - C. Ejercito	1013	1125	783	-
Av. Potosí - Pasaje Carlos Paz	1125	1125	364	-
Av. Potosí - Av. La Paz	1005	1103	929	547
Av. Potosí - Pasaje Güemes	1125	1125	362	362
Av. Potosí - Pasaje Las Rosas	1125	1305	365	396
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	1166	552	648	582

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81: Resultados de nivel de servicio vehicular

Nivel de servicio por intersección								
Intersección	Ida		Vuelta		Acceso 3		Acceso 4	
Av. Potosí - C. Méndez	-	-	0,65	D	-	-	1,63	F
Av. Potosí - C. Cochabamba	0,17	C	0,49	D	0,94	E	-	-
Av. Potosí - C. Delgadillo	0,38	D	0,49	D	0,92	E	-	-
Av. Potosí - C. Junín	0,50	D	0,52	D	-	-	1,30	F
Av. Potosí - C. Segundino Ug.	0,55	D	0,48	D	0,44	D	-	-
Av. Potosí - C. O'Connor	0,98	E	0,69	D	-	-	-	-
Av. Potosí - C. Ejercito	0,52	D	0,55	D	0,16	C	-	-
Av. Potosí - Pasaje Carlos Paz	0,42	D	0,46	D	0,03	B	-	-
Av. Potosí - Av. La Paz	0,45	D	0,47	D	0,46	D	0,97	E
Av. Potosí - Pasaje Güemes	0,38	D	0,44	D	0,02	B	0,42	-
Av. Potosí - Pasaje Las Rosas	0,44	D	0,41	D	0,03	B	0,03	B
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	0,59	D	1,25	F	0,30	C	0,33	D

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad en una intersección urbana varía de acuerdo a diferentes factores para lo cual habiendo analizado y procesado la información recolectada se obtuvo los resultados mostrados en la imagen anterior indicándonos que la capacidad por la calle principal es

superior a la capacidad de las calles secundarias sin embargo para indicar la capacidad que debería tener una intersección se asume la menor capacidad que ofrezca los accesos que aportan flujo vehicular a la misma.

El nivel de servicio que presenta la mayoría de las intersecciones de la avenida potosí es un nivel de servicio “D” el cual define la situación del flujo vehicular como un flujo vehicular casi inestable donde se presentan colas y restricciones de circulación debido a la baja velocidad con la que los vehículos circulan.

Conocida la situación de la circulación vehicular en la avenida potosí de acuerdo a los datos obtenidos y procesados se decidió proyectar a información para conocer como variara la circulación debido al incremento del flujo vehicular para diferentes periodos (T=5, T=10, T=20) años.

Tabla 82: Estadística de parque automotor 2003-2021

Año	Parque automotor de Tarija / Tipo de uso			
	Particular	Publico	Oficial	Total
2003	22649	2194	346	25189
2004	25076	1803	375	27254
2005	26114	1969	529	28612
2006	29026	2084	601	31711
2007	34605	2187	737	37529
2008	41196	1829	885	43910
2009	45854	1978	1052	48884
2010	50428	2050	1190	53668
2011	56137	2105	1326	59568
2012	61580	2167	1786	65533
2013	67243	2435	2157	71835
2014	74204	2689	2538	79431
2015	81773	2800	2728	87301
2016	89607	3228	2876	95711
2017	96154	3132	2917	102203
2018	102278	3328	2990	108596
2019	107827	3670	2926	114423
2020	111463	3914	3062	118439
2021	117546	4430	3048	125024

Fuente: Instituto nacional de estadística(INE).

Tabla 83: Índice de crecimiento

Índice de crecimiento			
Periodo		(T) años	(i) %
2021	2017	5	4,5
2021	2012	10	9,1
2021	2019	19	20,9
Promedio			11,5

Fuente: Elaboración propia.

Proyección aritmética:

$$i(\%) = \frac{\text{Vol}_f - \text{Vol}_o}{\text{Vol}_o * T} * 100$$

Donde:

Vol_o = Volumen inicial

Vol_f = Volumen final

T = Años

i = Índice de crecimiento

$$i(\%) = \frac{125024 - 102203}{102203 * 5} * 100$$

$$i(\%) = 4,5\%$$

Tabla 84: Proyección de volumen a T-5, T-10, T-20años

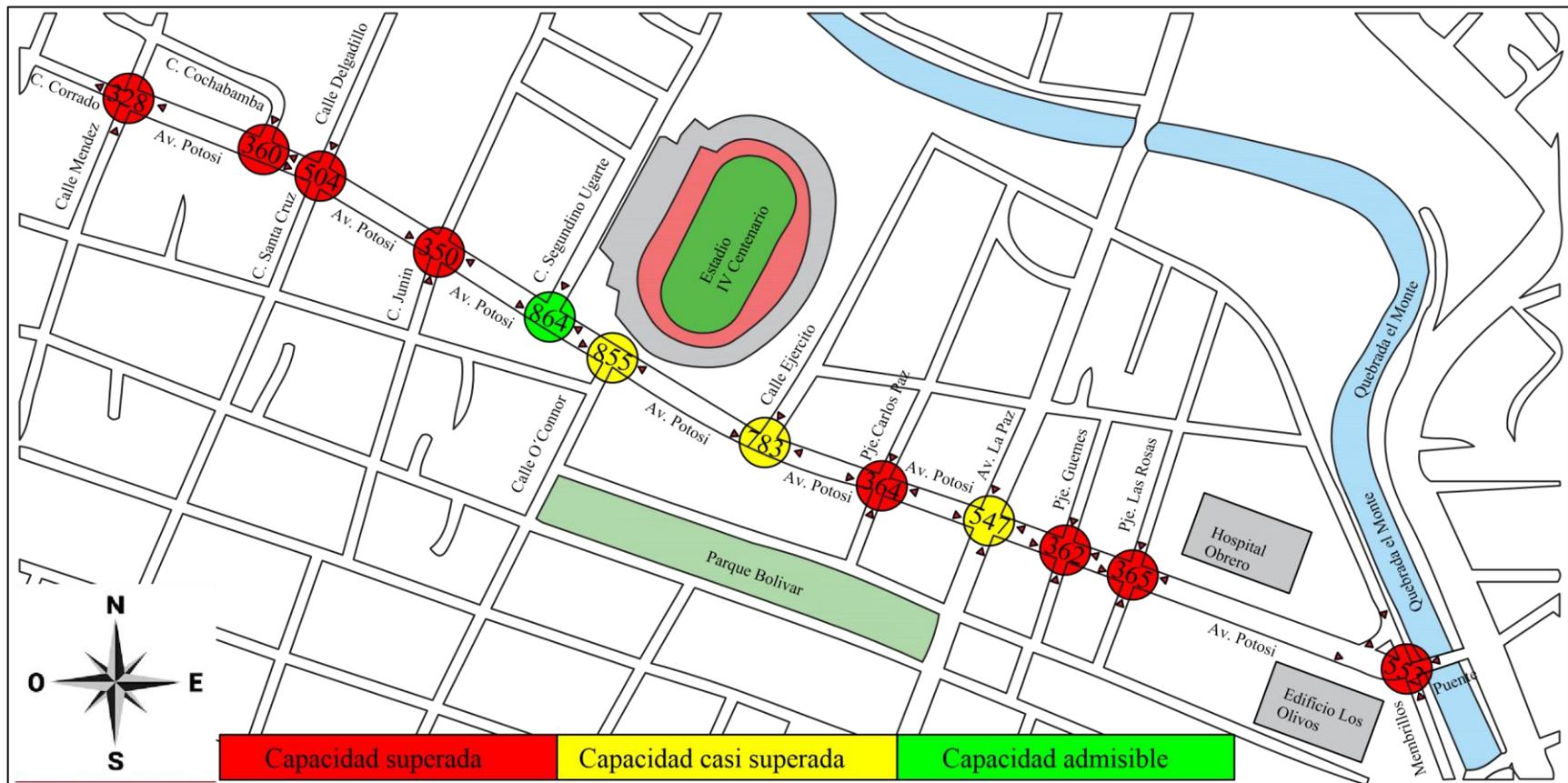
Intersección I (Av. Potosí - Calle Méndez)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1										
2	590	911	11,50	929	1269	1947	D	F	F	F
3										
4	535	328	11,50	843	1150	1766	F	F	F	F
Intersección II (Av. Potosí - Calle Cochabamba)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	188	1125	11,5	296	404	620	C	C	D	D
2	552	1125	11,5	869	1187	1822	D	E	F	F
3	338	360	11,5	532	727	1115	E	F	F	F
4										
Intersección III (Av. Potosí - Calle Delgadillo)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	411	1074	11,5	647	884	1356	D	D	E	F
2	509	1035	11,5	802	1094	1680	D	E	F	F
3	465	504	11,5	732	1000	1535	E	F	F	F
4										
Intersección IV (Av. Potosí - Calle Junín)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	558	1125	11,5	879	1200	1841	D	E	F	F
2	529	1013	11,5	833	1137	1746	D	E	F	F
3										
4	454	350	11,5	715	976	1498	F	F	F	F
Intersección V (Av. Potosí - Calle Segundino Ugarte)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	561	1012,5	11,5	884	1206	1851	D	E	F	F
2	528	1103	11,5	832	1135	1742	D	E	F	F
3	379	864	11,5	597	815	1251	D	D	E	F
4										
Intersección VI (Av. Potosí - Calle O'Connor)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	834,333	855	11,5	1314	1794	2753	D	F	F	F
2	639,667	932	11,5	1007	1375	2111	D	F	F	F
3										
4										

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85: Proyección de volumen a T-5,T-10,T-20años

Intersección VII (Av. Potosí - Calle Ejercito)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	525	1012,5	11,50	827	1129	1733	D	E	F	F
2	624	1125	11,50	983	1342	2059	D	E	F	F
3	124	783	11,50	195	267	409	C	C	C	D
4										
Intersección VIII (Av. Potosí - Pasaje Carlos Paz)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	474	1125	11,50	747	1019	1564	D	D	E	F
2	520	1125	11,50	819	1118	1716	D	D	F	F
3	11	364	11,50	17	24	36	A	A	A	A
4										
Intersección IX (Av. Potosí - Av. La Paz)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	448	1004,625	11,50	706	963	1478	D	D	F	F
2	515	1103	11,50	811	1107	1700	D	D	F	F
3	431	929	11,50	679	927	1422	D	D	F	F
4	531	547	11,50	836	1142	1752	E	F	F	F
Intersección X (Av. Potosí - Pasaje Güemes)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	430	1125	11,50	677	925	1419	D	D	E	F
2	495	1125	11,50	780	1064	1634	D	D	E	F
3	8	362	11,50	13	17	26	A	A	A	A
4	152	362	11,50	239	327	502	D	D	E	F
Intersección XI (Av. Potosí - Pasaje Las Rosas)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	495	1125	11,50	780	1064	1634	D	D	E	F
2	536	1305	11,50	844	1152	1769	D	D	E	F
3	11	365	11,50	17	24	36	A	A	A	A
4	13	396	11,50	20	28	43	A	A	A	A
Intersección XII (Av. Potosí - Av. Los Membrillos)										
A.	Vo (Veh/Hr)	Capacidad real	i (%)	Volumen proyectado			NS	Nivel de servicio proyectado		
				T=5años	T=10años	T=20años	Actual	T=5años	T=10años	T=20años
1	689	1166,4	11,50	1085	1481	2274	D	E	F	F
2	687	552	11,50	1082	1477	2267	F	F	F	F
3	195	648	11,50	307	419	644	C	D	D	F
4	192	582	11,50	302	413	634	D	D	D	F

Fuente: Elaboración propia.



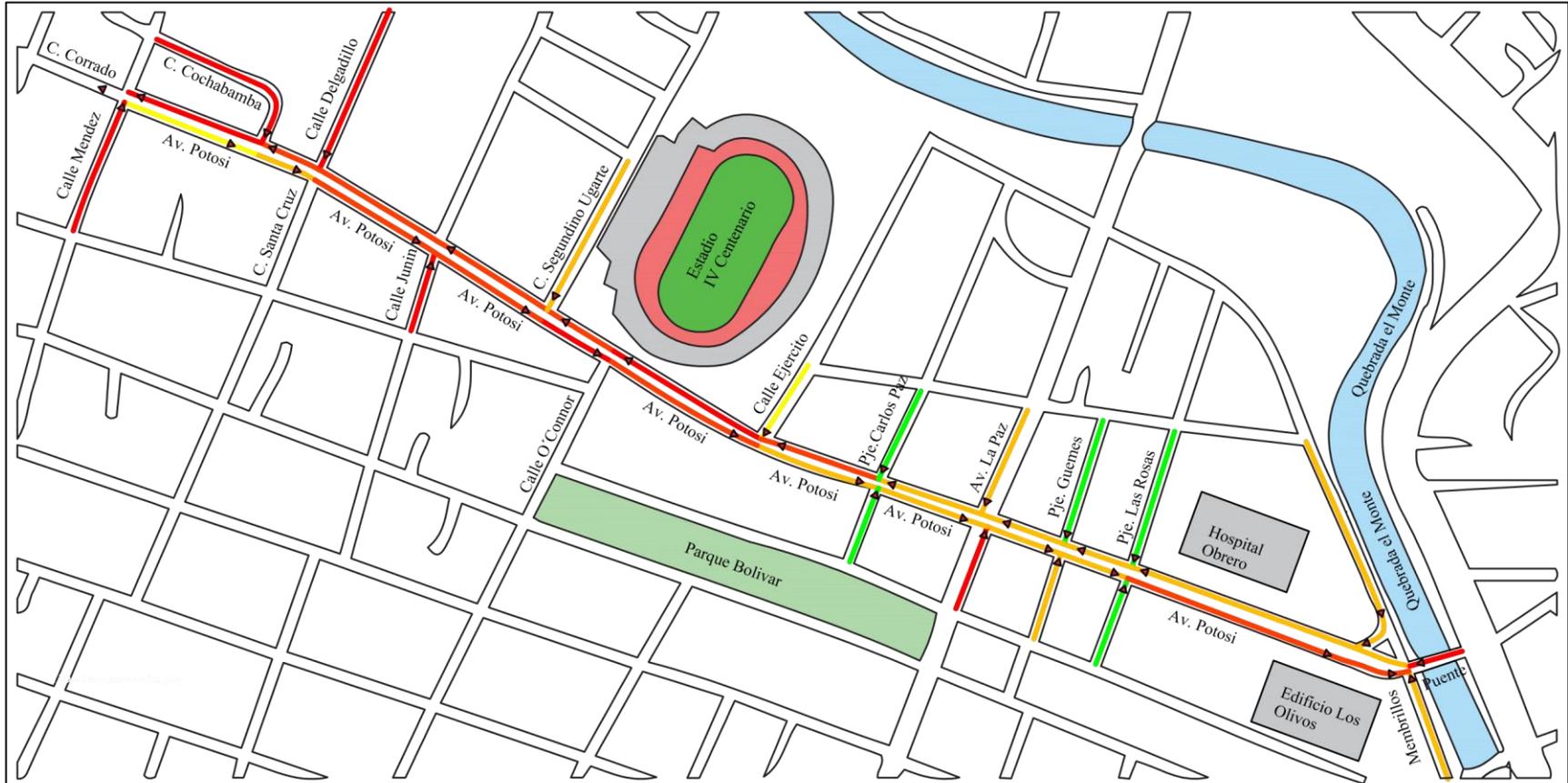
Plano de capacidad optima por intersección (Veh/Hr)

Acceso	Int. I	Int. II	Int. III	Int. IV	Int. V	Int. VI	Int. VII	Int. VIII	Int. IX	Int. X	Int. XI	Int. XII
I (O-E)	-	188	411	558	561	834	525	474	448	430	495	689
II (E-O)	590	552	509	529	528	640	624	520	515	495	536	687
III (N-S)	-	338	465	-	379	-	124	11	431	8	11	195
IV (S-N)	535	-	-	454	-	-	-	-	531	152	13	192



Plano de nivel servicio representando situación actual

Nivel de servicio :	Color :	Circulación :	Índice :
A		Libre	0,0
B		Estable	$0,0 < I_c \leq 0,1$
C		Estable	$0,1 < I_c \leq 0,3$
D		Casi inestable	$0,3 < I_c \leq 0,7$
E		Inestable	$0,7 < I_c \leq 1,0$
F		Forzada	$I_c > 1$



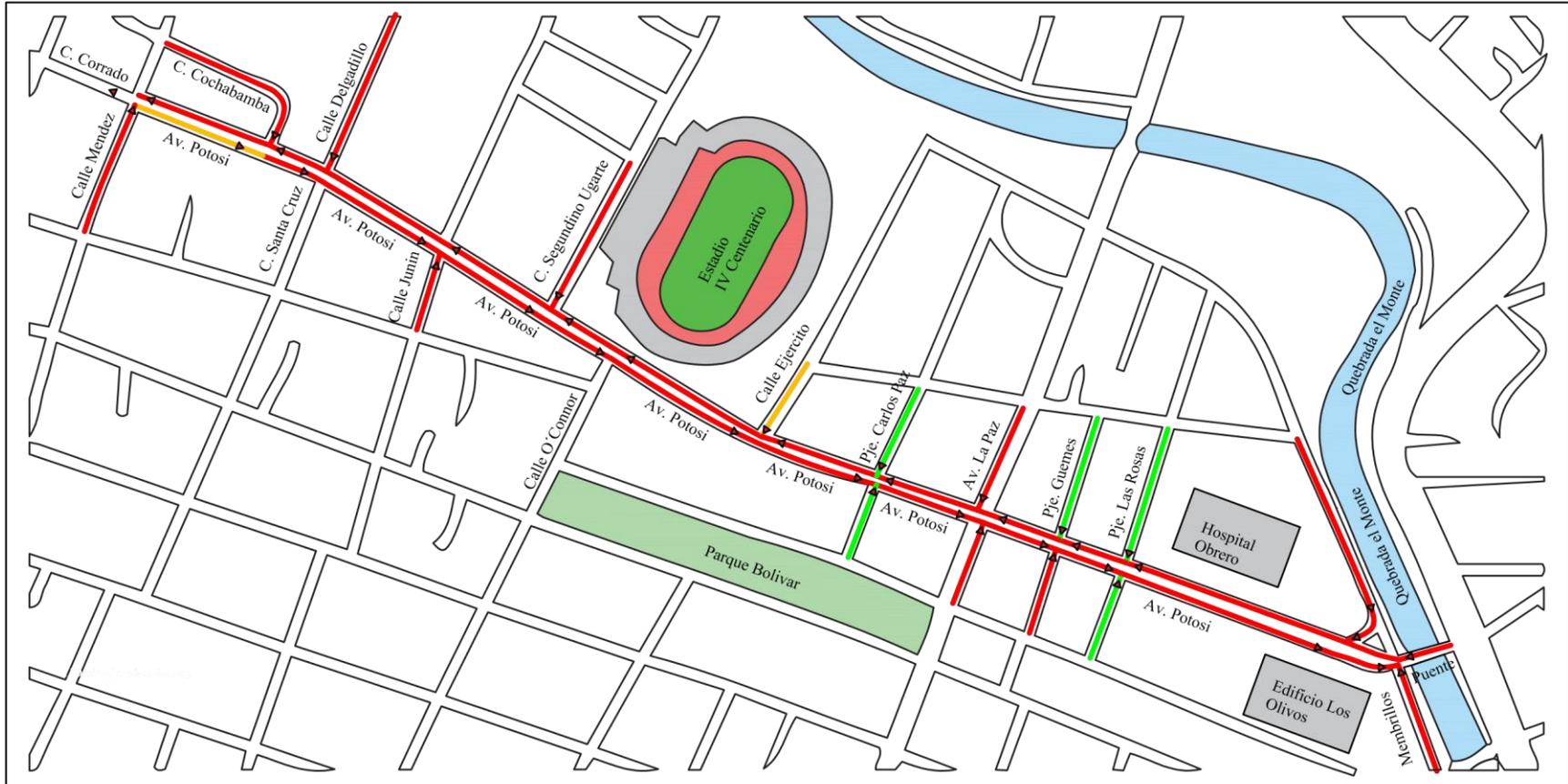
Plano de nivel de servicio proyectado a T – 5 años

Nivel de servicio:	Color:	Circulación:	Índice:
A		Libre	0,0
B		Estable	$0,0 < I_c \leq 0,1$
C		Estable	$0,1 < I_c \leq 0,3$
D		Casi inestable	$0,3 < I_c \leq 0,7$
E		Inestable	$0,7 < I_c \leq 1,0$
F		Forzada	$I_c > 1$



Plano de nivel de servicio proyectado a T – 10 años

Nivel de servicio:	Color:	Circulación:	Índice:
A		Libre	0,0
B		Estable	$0,0 < I_c \leq 0,1$
C		Estable	$0,1 < I_c \leq 0,3$
D		Casi inestable	$0,3 < I_c \leq 0,7$
E		Inestable	$0,7 < I_c \leq 1,0$
F		Forzada	$I_c > 1$



Plano de nivel de servicio proyectado a T – 20 años

Nivel de servicio:	Color:	Circulación:	Índice:
A		Libre	0,0
B		Estable	$0,0 < I_c \leq 0,1$
C		Estable	$0,1 < I_c \leq 0,3$
D		Casi inestable	$0,3 < I_c \leq 0,7$
E		Inestable	$0,7 < I_c \leq 1,0$
F		Forzada	$I_c > 1$

Realizando la lectura de los planos de resultados podemos observar principalmente que la capacidad que ofrecen las intersecciones:

- ❖ Av. Potosí - Calle Méndez
- ❖ Av. Potosí - Calle Cochabamba
- ❖ Av. Potosí - Calle Delgadillo
- ❖ Av. Potosí - Calle Junín
- ❖ Av. Potosí - Pje. Carlos Paz
- ❖ Av. Potosí - Av. Los Membrillos

Ya se ve superada por el volumen que transita en la actualidad, de igual manera el nivel de servicio presente en la intersección en su mayoría es un nivel de servicio D, mientras que algunos accesos secundarios que aportan flujo vehicular presentan un nivel de servicio F considerado el peor de los niveles, el cual define la circulación vehicular como un flujo forzado. Estas intersecciones son:

- ❖ Av. Potosí - Calle Méndez
- ❖ Av. Potosí - Calle Cochabamba
- ❖ Av. Potosí - Calle Delgadillo
- ❖ Av. Potosí - Calle Junín
- ❖ Av. Potosí - Av. La Paz
- ❖ Av. Potosí - Av. Los Membrillos

En generar pudiendo realizar una lectura a los parámetros evaluados existe una relación en los resultados obtenidos la mayoría de los resultados nos permiten identificar las intersecciones más conflictivas para la circulación vehicular y estas son:

- ❖ Av. Potosí - Calle Méndez
- ❖ Av. Potosí - Calle Delgadillo
- ❖ Av. Potosí - Calle Junín
- ❖ Av. Potosí - Av. La Paz
- ❖ Av. Potosí - Av. Los Membrillos

3.5 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE CIRCULACIÓN VEHICULAR

Los problemas que enfrenta la circulación vehicular en esta avenida en la mayoría de sus intersecciones se debe al flujo vehicular que ingresan por sus accesos secundarios, a factores como el estacionamiento permitido en toda la avenida además del mal uso de calles simples en doble sentido estos factores acompañados de un desgaste y mal estado de las señales de tránsito provocan que el flujo vehicular se vea afectado generando problemas y accidentes a los circulantes de la zona.

En el capítulo II definimos que existen tres tipos de soluciones a los problemas de tráfico vehicular las soluciones de bajo costo, las soluciones de alto costo y la solución integral, esta última no es posible debido a que la misma solo se aplica para satisfacer a un determinado tipo de problema como ser transporte pesado en carreteras.

El control de tránsito sería una solución de bajo costo sin embargo la misma es difícil de mantener en el tiempo ya que para su funcionamiento se necesita personal de tránsito constante y salarios haciendo que se vea inviable puesto que esta avenida no es la única que presenta problemas en Tarija.

Otra solución de bajo costo sería la implementación de las señales de tránsito tanto horizontales como verticales ya que la misma solo requería de mantenimiento para que la misma logre el objetivo con el cual han sido creadas.

La implementación de semáforos es una solución de alto costo debido a que las mismas para su funcionamiento requiere de un centro de monitoreo además de su implementación razón por la cual solo es posible asumir en algunas intersecciones.

Sin embargo, en intersecciones con problemas de circulación debido al caos que provocan los giros de izquierda y derecha esta es una muy buena solución tal es el caso de dos intersecciones de la Avenida Potosí.

A continuación, elaboraremos el diseño de la señalización vertical y horizontal que se pudo observar en la avenida potosí es deficiente además de la verificación de los ciclos de los semáforos que están en funcionamiento.

También se verificará la demanda de estacionamientos que existe en la zona y la oferta que la misma entrega a los usuarios que transitan por la misma.

3.5.1 Diseño de semaforización

Una medida optada para mitigar los problemas que sufren las intersecciones más conflictivas de la avenida Potosí es el diseño de semaforización y la actualización de los ciclos de semáforos que ya cuenta la avenida.

Diseño de semaforización:

Se optó por diseñar la semaforización en dos intersecciones de la Avenida Potosí debido que las mismas presentan gran volumen vehicular y problemas al cruzar estas intersecciones, generando peligro a los peatones que transitan por la zona, estos son:

- ❖ Intersección N°1 Avenida Potosí – Calle Méndez
- ❖ Intersección N°12 Avenida Potosí – Avenida Los Membrillos

Actualización de semaforización:

Debido al incremento del flujo vehicular día a día en todo Tarija, los sistemas de semaforización se ven afectados y es necesario que se realice una actualización a los ciclos de los semáforos en caso de que estos no sean suficiente para la demanda de tráfico vehicular:

- ❖ Intersección N°3 Avenida Potosí – Calle Delgadillo
- ❖ Intersección N°4 Avenida Potosí – Calle Junín
- ❖ Intersección N°9 Avenida Potosí – Avenida Potosí

Primeramente, comenzaremos realizando la verificación de los ciclos de los semáforos que ya existen en la avenida y luego realizaremos el diseño de los dos semáforos que vimos por conveniente necesarios en la zona.

Diseño de sistema de semaforización Avenida Potosí – Calle Delgadillo

Datos para el diseño de semaforización					
Principal		Secundario		En común	
Vol (veh/hr)	509	Vol (veh/hr)	464	L. Veh. (m)	5,8
Vel (m/s)	5,24	Vel (m/s)	5,36	t (s)	1
W (m)	10,8	W (m)	17	a (m/s ²)	3,5
Long. Inters. (m)	110	Long. Inters. (m)	184		

1) Análisis de ciclo óptimo de semáforos

Según longitud de intersección:

Acceso 2 (Av. Potosí E-W)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{110m}{5,24m/s} = 21s$$

Acceso 3 (Calle Delgadillo N-S)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{184m}{5,36m/s} = 34s$$

Los ciclos no se encuentran dentro del rango admitido por la norma AASHTO 35-120

Según la metodología HCM:

Calculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V=Velocidad (m/s)

L_{veh}=Longitud de vehículo tipo (m)

a=Aceleración (m/s²)

W=Longitud de paso intersección (m)

$$Y_1 = \left(1 + \frac{5,24}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{10,8 + 5,80}{5,24} \right) = 1,75 + 3,17 = A_1 = 2 + T_{R2} = 3$$

$$Y_2 = \left(1 + \frac{5,36}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{17 + 5,80}{5,36} \right) = 1,77 + 4,25 = A_2 = 2 + T_{R1} = 4$$

Tiempos de pérdida (L):

$$I_1 = A_1 + T_{R1} = 2 + 4 = 6 \text{ segundos}$$

$$I_2 = A_2 + T_{R2} = 2 + 3 = 5 \text{ segundos}$$

$$L = I_1 + I_2 = 6 + 5 = 11 \text{ segundos}$$

Máxima relación de flujos (Y_i):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo maximo}}{\text{Flujo de saturacion}}$$

Dónde: $S=1800\text{Veh/Hr}$ para semaforización según la norma HCM

$$Y_1 = \frac{q_1}{S} = \frac{509}{1800} = 0,283 \quad ; \quad Y_2 = \frac{q_2}{S} = \frac{464}{1800} = 0,258$$

Ciclo óptimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \sum Y_i} = \frac{1,5 * 11 + 5}{1 - (0,283 + 0,258)} = 47 \text{ segundos}$$

Donde:

L =Tiempos de pérdida (s)

Y_i = Máxima relación flujo (-)

2) Asignación de tiempos de fase amarillo

Se determinó asumir el valor mínimo de tiempo de fase amarilla para el acceso principal y secundario.

$$T_{am} = 3 \text{ segundos}$$

3) Determinación de tiempos de fase Rojo y Verde

$$V_A * t_{am} * T_{VB} - V_B * t_{am} * T_{VA} = 0$$

$$1527 * T_{VB} - 1392 * T_{VA} = 0 \quad (I)$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + t_{am}(\text{ida}) + t_{am}(\text{vuelta})$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + 3 + 3 = 47$$

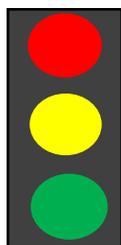
$$T_{VA} * T_{VB} = 41s \quad (II)$$

Sistema de ecuaciones:

$$\left[\begin{array}{l} -1392 * T_{VA} + 1527 * T_{VB} = 0 \quad (I) \\ T_{VA} + T_{VB} = 41s \quad (II) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} T_{VA} = 21 \text{ segundos} \\ T_{VB} = 20 \text{ segundos} \end{array}$$

4) Sistema de semaforización

Semáforo principal



Rojo=20 segundos
 Amarillo=3 segundos
 Verde=21 segundos
 Ciclo=44 segundos

Semáforo secundario



Rojo=24 segundos
 Amarillo=3 segundos
 Verde=17 segundos
 Ciclo=44 segundos

5) Banda de Colores del ciclo de semáforo

Sistema existente y sistema nuevo:

Ciclo 40 segundos		
19 segundos	3 seg.	18 segundos
22 segundos		15 segundos
		3 seg.

Ciclo 44 segundos		
21 segundos	3 seg.	20 segundos
24 segundos		17 segundos
		3 seg.

Diseño de sistema de semaforización Avenida Potosí – Calle Junín

Análisis para accesos con mayor flujo vehicular

Datos para el diseño de semaforización					
Principal		Secundario		En común	
Vol (veh/hr)	558	Vol (veh/hr)	454	L. Veh. (m)	5,8
Vel (m/s)	5,08	Vel (m/s)	4.22	t (s)	1
W (m)	9	W (m)	17	a (m/s ²)	3,5
Long. Inters. (m)	110	Long. Inters. (m)	685		

1) Análisis de ciclo óptimo de semáforos

Según longitud de intersección:

Acceso 1 (Av. Potosí W-E)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{110m}{5,08m/s} = 22s$$

Acceso 4 (Calle Junín S-N)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{68,5m}{4,22m/s} = 16s$$

Los ciclos no se encuentran dentro del rango admitido por la norma AASHTO 35-120

Según la metodología HCM:

Calculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V=Velocidad (m/s) Lveh=Longitud de vehículo tipo (m)
a=Aceleración (m/s²) W=Longitud de paso intersección (m)

$$Y_1 = \left(1 + \frac{5,08}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{9 + 5,80}{5,08} \right) = 1,73 + 2,91 = A_1 = 2 + T_{R2} = 3$$

$$Y_2 = \left(1 + \frac{4,22}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{17 + 5,80}{4,22} \right) = 1,60 + 5,40 = A_2 = 2 + T_{R1} = 5$$

Tiempos de perdida (L):

$$I_1 = A_1 + T_{R1} = 2 + 5 = 7 \text{ segundos}$$

$$I_2 = A_2 + T_{R2} = 2 + 3 = 5 \text{ segundos}$$

$$L = I_1 + I_2 = 7 + 5 = 12 \text{ segundos}$$

Máxima relación de flujos (Yi):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo maximo}}{\text{Flujo de saturacion}}$$

Dónde: S=1800Veh/Hr para semaforización según la norma HCM

$$Y_1 = \frac{q_1}{S} = \frac{558}{1800} = 0,31 \quad ; \quad Y_2 = \frac{q_2}{S} = \frac{454}{1800} = 0,252$$

Ciclo óptimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \sum Y_i} = \frac{1,5 * 12 + 5}{1 - (0,31 + 0,252)} = 53 \text{ segundos}$$

Donde:

L=Tiempos de perdida (s) Yi=Máxima relación flujo (-)

2) Asignación de tiempos de fase amarillo

$$T_{am} = 3 \text{ segundos}$$

3) Determinación de tiempos de fase Rojo y Verde

$$V_A * t_{am} * T_{VB} - V_B * t_{am} * T_{VA} = 0$$

$$1674 * T_{VB} - 1362 * T_{VA} = 0 \text{ (I)}$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + t_{am}(\text{ida}) + t_{am}(\text{vuelta})$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + 3 + 3 = 53$$

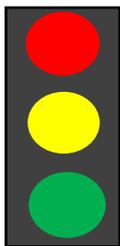
$$T_{VA} * T_{VB} = 47s \text{ (II)}$$

Sistema de ecuaciones:

$$\left\{ \begin{array}{l} -1362 * T_{VA} + 1674 * T_{VB} = 0 \text{ (I)} \\ T_{VA} + T_{VB} = 47s \text{ (II)} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} T_{VA} = 26 \text{ segundos} \\ T_{VB} = 21 \text{ segundos} \end{array}$$

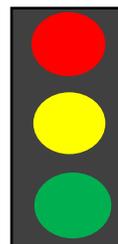
4) Sistema de semaforización

Semáforo Principal



Rojo=21 segundos
Amarillo=3 segundos
Verde=26 segundos
Ciclo=50 segundos

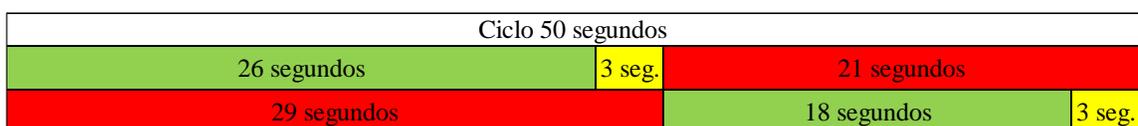
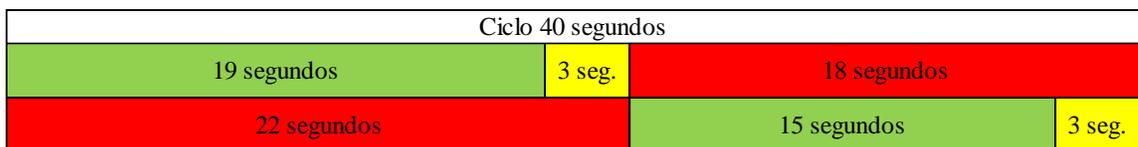
Semáforo Secundario



Rojo=29 segundos
Amarillo=3 segundos
Verde=18 segundos
Ciclo=50 segundos

5) Banda de Colores del ciclo de semáforo

Sistema existente y sistema nuevo:



Diseño de sistema de semaforización Avenida Potosí – Avenida La Paz

Datos para el diseño de semaforización					
Principal		Secundario		En común	
Vol (veh/hr)	515	Vol (veh/hr)	531	L. Veh. (m)	5,8
Vel (m/s)	7.75	Vel (m/s)	5,44	t (s)	1
W (m)	14.60	W (m)	17	a (m/s ²)	3,5
Long. Inters. (m)	63	Long. Inters. (m)	73		

1) Análisis de ciclo óptimo de semáforos

Según longitud de intersección:

Acceso 2 (Av. Potosí E-W)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{63m}{7,75m/s} = 8s$$

Acceso 4 (Av. La Paz S-N)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{73m}{5,44m/s} = 13s$$

Los ciclos no se encuentran dentro del rango admitido por la norma aashto 35-120

Según la metodología HCM:

Calculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V=Velocidad (m/s)

L_{veh}=Longitud de vehículo tipo (m)

a=Aceleración (m/s²)

W=Longitud de paso intersección (m)

$$Y_1 = \left(1 + \frac{7,75}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{14,60 + 5,80}{7,75} \right) = 2,11 + 2,63 = A_1 = 2 + T_{R2} = 3$$

$$Y_2 = \left(1 + \frac{5,44}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{17 + 5,80}{5,44} \right) = 1,78 + 4,19 = A_2 = 2 + T_{R1} = 4$$

Tiempos de pérdida (L):

$$I_1 = A_1 + T_{R1} = 2 + 4 = 6 \text{ segundos}$$

$$I_2 = A_2 + T_{R2} = 2 + 3 = 5 \text{ segundos}$$

$$L = I_1 + I_2 = 6 + 5 = 11 \text{ segundos}$$

Máxima relación de flujos (Y_i):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo maximo}}{\text{Flujo de saturacion}}$$

Dónde: $S=1800\text{Veh/Hr}$ para semaforización según la norma HCM

$$Y_1 = \frac{q_1}{S} = \frac{515}{1800} = 0,286 \quad ; \quad Y_2 = \frac{q_2}{S} = \frac{531}{1800} = 0,295$$

Ciclo óptimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \sum Y_i} = \frac{1,5 * 11 + 5}{1 - (0,286 + 0,295)} = 51 \text{ segundos}$$

Donde:

L =Tiempos de perdida (s) Y_i =Máxima relación flujo (-)

2) Asignación de tiempos de fase amarillo

Se determinó asumir el valor mínimo de tiempo de fase amarilla para el acceso principal y secundario.

$$T_{am} = 3 \text{ segundos}$$

3) Determinación de tiempos de fase rojo y verde

$$V_A * t_{am} * T_{VB} - V_B * t_{am} * T_{VA} = 0$$

$$1545 * T_{VB} - 1593 * T_{VA} = 0 \quad (I)$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + t_{am}(\text{ida}) + t_{am}(\text{vuelta})$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + 3 + 3 = 51$$

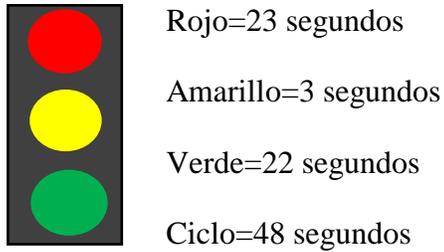
$$T_{VA} * T_{VB} = 45s \quad (II)$$

Sistema de ecuaciones:

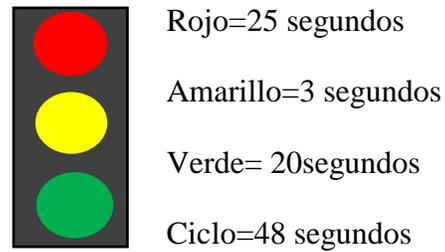
$$\left[\begin{array}{l} -1593 * T_{VA} + 1545 * T_{VB} = 0 \quad (I) \\ T_{VA} + T_{VB} = 45s \quad (II) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} T_{VA} = 22 \text{ segundos} \\ T_{VB} = 23 \text{ segundos} \end{array}$$

4) Sistema de semaforización

Semáforo Principal



Semáforo Secundario



5) Banda de Colores del ciclo de semáforo

Sistema existente y sistema nuevo:

Ciclo 40 segundos			
19 segundos	3 seg.	18 segundos	
22 segundos		15 segundos	3 seg.

Ciclo 48 segundos			
22 segundos	3 seg.	23 segundos	
35 segundos		20 segundos	3 seg.

Diseño de sistema de semaforización Avenida Potosí – Calle Méndez

Datos para el diseño de semaforización					
Principal		Secundario		En común	
Vol (veh/hr)	590	Vol (veh/hr)	535	L. Veh. (m)	5,80
Vel (m/s)	5,72	Vel (m/s)	5,86	t (s)	1
W (m)	9	W (m)	17	a (m/s ²)	3,5
Long. Inters. (m)	111	Long. Inters. (m)	113		

1) Análisis de ciclo óptimo de semáforos.

Según longitud de intersección:

Acceso 2 (Av. Potosí S-N)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{111m}{5,72m/s} = 19s$$

Acceso 4 (C. Méndez E-W)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{113m}{5,86m/s} = 19s$$

Los ciclos no se encuentran dentro del rango admitido por la norma AASHTO 35-120

Según la metodología HCM:

Calculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V=Velocidad (m/s)

L_{veh}=Longitud de vehículo tipo (m)

a=Aceleración (m/s²)

W=Longitud de paso intersección (m)

$$Y_1 = \left(1 + \frac{5,52}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{9 + 5,80}{5,52} \right) = 1,82 + 2,59 = A_1 = 2 + T_{R2} = 3$$

$$Y_2 = \left(1 + \frac{5,86}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{17 + 5,80}{5,86} \right) = 1,84 + 3,89 = A_2 = 2 + T_{R1} = 4$$

Tiempos de perdida (L):

$$I_1 = A_1 + T_{R1} = 2 + 4 = 6 \text{ segundos}$$

$$I_2 = A_2 + T_{R2} = 2 + 3 = 5 \text{ segundos}$$

$$L = I_1 + I_2 = 6 + 5 = 11 \text{ segundos}$$

Máxima relación de flujos (Y_i):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo maximo}}{\text{Flujo de saturacion}}$$

Dónde: S=1800 Veh/Hr, para semaforización según la norma HCM

$$Y_1 = \frac{q_1}{S} = \frac{509}{1800} = 0,328 \quad ; \quad Y_2 = \frac{q_2}{S} = \frac{464}{1800} = 0,297$$

Ciclo óptimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \sum Y_i} = \frac{1,5 * 11 + 5}{1 - (0,328 + 0,297)} = 57 \text{ segundos}$$

Donde:

L=Tiempos de perdida (s)

Y_i=Máxima relación flujo (-)

2) Asignación de tiempos de fase amarillo

Se determinó asumir el valor mínimo de tiempo de fase amarilla para el acceso principal y secundario.

$$T_{am} = 3 \text{ segundos}$$

3) Determinación de tiempos de fase Rojo y Verde

$$V_A * t_{am} * T_{VB} - V_B * t_{am} * T_{VA} = 0$$

$$1770 * T_{VB} - 1605 * T_{VA} = 0 \text{ (I)}$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + t_{am}(\text{ida}) + t_{am}(\text{vuelta})$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + 3 + 3 = 57$$

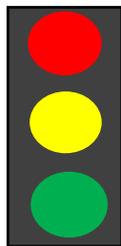
$$T_{VA} * T_{VB} = 51s \text{ (II)}$$

Sistema de ecuaciones:

$$\left\{ \begin{array}{l} -1605 * T_{VA} + 1770 * T_{VB} = 0 \text{ (I)} \\ T_{VA} + T_{VB} = 51s \text{ (II)} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} T_{VA} = 27 \text{ segundos} \\ T_{VB} = 24 \text{ segundos} \end{array}$$

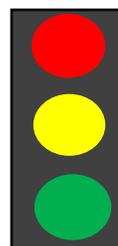
4) Sistema de semaforización

Semáforo principal



Rojo=24 segundos
Amarillo=3 segundos
Verde=27 segundos
Ciclo=54 segundos

Semáforo secundario



Rojo=30 segundos
Amarillo=3 segundos
Verde=21 segundos
Ciclo=54 segundos

5) Banda de Colores del ciclo de semáforo

Sistema nuevo:



Diseño de sistema de semaforización Avenida Potosí – Avenida Los Membrillos

Datos para el diseño de semaforización					
Principal		Secundario		En común	
Vol (veh/hr)	689	Vol (veh/hr)	192	L. Veh. (m)	5,8
Vel (m/s)	6,72	Vel (m/s)	6,34	t (s)	1
W (m)	11	W (m)	9	a (m/s ²)	3,5
Long. Inters. (m)	40	Long. Inters. (m)	110		

1) Análisis de ciclo óptimo de semáforos

Según longitud de intersección:

Acceso 2 (Av. Potosí W-E)

Acceso 4 (Av. Los Membrillos S-N)

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{40m}{6,72m/s} = 8s$$

$$C = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{110m}{6,34m/s} = 13s$$

Los ciclos no se encuentran dentro del rango admitido por la norma AASHTO 35-120

Según la metodología HCM:

Calculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

L_{veh}= Longitud de vehículo tipo (m)

a= Aceleración (m/s²)

W= Longitud de paso intersección (m)

$$Y_1 = \left(1 + \frac{6,72}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{11 + 5,80}{6,72} \right) = 1,96 + 2,5 = A_1 = 2 + T_{R2} = 3$$

$$Y_2 = \left(1 + \frac{6,34}{2 * 3,5} \right) + \left(\frac{9 + 5,80}{6,34} \right) = 1,91 + 2,30 = A_2 = 2 + T_{R1} = 2$$

Tiempos de pérdida (L):

$$I_1 = A_1 + T_{R1} = 2 + 2 = 4 \text{ segundos}$$

$$I_2 = A_2 + T_{R2} = 2 + 3 = 5 \text{ segundos}$$

$$L = I_1 + I_2 = 4 + 5 = 9 \text{ segundos}$$

Máxima relación de flujos (Y_i):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo maximo}}{\text{Flujo de saturacion}}$$

Dónde: $S=1800$ Veh/Hr \rightarrow para semaforización según la norma HCM

$$Y_1 = \frac{q_1}{S} = \frac{689}{1800} = 0,383 \quad ; \quad Y_2 = \frac{q_2}{S} = \frac{192}{1800} = 0,107$$

Ciclo óptimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \sum Y_i} = \frac{1,5 * 9 + 5}{1 - (0,383 + 0,107)} = 36 \text{ segundos}$$

Donde:

L =Tiempos de perdida (s) Y_i =Máxima relación flujo (-)

2) Asignación de tiempos de fase amarillo

Se determinó asumir el valor mínimo de tiempo de fase amarilla para el acceso principal y secundario.

$$T_{am} = 3 \text{ segundos}$$

3) Determinación de tiempos de fase Rojo y Verde

$$V_A * t_{am} * T_{VB} - V_B * t_{am} * T_{VA} = 0$$

$$2067 * T_{VB} - 576 * T_{VA} = 0 \quad (I)$$

$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + t_{am}(\text{ida}) + t_{am}(\text{vuelta})$$

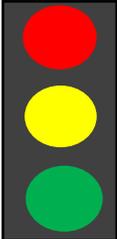
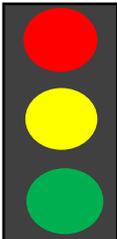
$$\text{Ciclo} = T_{VA} + T_{VB} + 3 + 3 = 43$$

$$T_{VA} * T_{VB} = 37s \quad (II)$$

Sistema de ecuaciones:

$$\left\{ \begin{array}{ll} -576 * T_{VA} + 2067 * T_{VB} = 0 \quad (I) & T_{VA} = 29 \text{ segundos} \\ T_{VA} + T_{VB} = 37s \quad (II) & T_{VB} = 8 \text{ segundos} \end{array} \right.$$

4) Sistema de semaforización

Semáforo principal	Semáforo secundario
	
Rojo=18 segundos	Rojo=25 segundos
Amarillo=3 segundos	Amarillo=3 segundos
Verde=22 segundos	Verde= 15segundos
Ciclo=43 segundos	Ciclo=43 segundos

5) Banda de Colores del ciclo de semáforo

Sistema nuevo:

Ciclo 43 segundos			
22 segundos	3 seg.	18 segundos	
25 segundos		15 segundos	3 seg.

Conclusión

El diseño de los dos semáforos ubicados en la intersección 1 y 12 correspondiente a la calle Méndez y avenida los Membrillos buscan generar un flujo estable y evitar que los vehículos generen trancadera quedándose parados en media intersección, problema que se vio a lo largo de los aforos realizados en el trabajo de recolección de datos.

El semáforo diseñado para la calle Méndez busca beneficiar tanto al usuario peatón como también al conductor que se enfrentan día a día con los malos hábitos de choferes que no respetan el paso libre en plena intersección generando malestar a conductores y peatones que intentan cruzar por estas intersecciones.

El semáforo diseñado para la avenida Los Membrillos pretende controlar que el flujo vehicular de ambos accesos y este sea estable, asignando mayor tiempo de verde a la avenida Potosí debido a la gran demanda de vehículos que transitan en esta intersección, sin generar problemas a los vehículos que ingresan por la avenida Los Membrillos, reduciendo el riesgo de colisión entre vehículos que giran a la izquierda y vehículos que giran a la derecha.

Tabla 86: Volumen vehicular para diseño semaforización

Mayor volumen vehicular por calle				
Intersección	Calle principal		Calle secundaria	
	E-W	E-W	N-S	S-N
Av. Potosí - C. Méndez	-	590	-	535
Av. Potosí - C. Cochabamba	-	552	338	-
Av. Potosí - C. Delgadillo	-	509	465	-
Av. Potosí - C. Junín	558	-		454
Av. Potosí - C. Segundino Ug.	561	-	379	-
Av. Potosí - C. O'Connor	834	640		-
Av. Potosí - C. Ejército	-	624	124	-
Av. Potosí - Pasaje Carlos Paz	-	520	11	-
Av. Potosí - Av. La Paz	-	515	-	531
Av. Potosí - Pasaje Güemes	-	495	-	152
Av. Potosí - Pasaje Las Rosas	-	536	-	13
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	689	-	-	192

Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo de condiciones para la instalación de semáforo calle Méndez:

Tabla 87: Instalación de semáforo calle Méndez

Condiciones para la instalación de un semáforo			
Volumen calle principal	590	Veh / Hr	
Volumen calle secundaria	535	Veh / Hr	
1ra condición volúmenes mínimos para accesos			
Volumen mínimo calle principal	500	Veh / Hr	Cumple
Volumen mínimo calle secundaria	150	Veh / Hr	Cumple
2da condición volúmenes mínimos sumando ambos accesos			
Volumen mínimo calle principal + secundaria		750	Cumple
Volumen mínimo solo calle secundaria		75	Cumple
3ra condición cantidad mínima de peatones en circulación			
No se tiene datos			
4ra condición separación mínima de semáforos 300 metros			
Semáforo mas cercano en la calle delgadillo a :	112 m		No cumple
5ta condición antecedentes de accidentes de tránsito			
Accidentes mas frecuentes colisiones vehículo a vehículo			Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 88: Resumen de estudio de semaforización

Resumen de estudio de semaforización						
Condición	1	2	3	4	5	Observación
Av. Potosí - C. Méndez	✓	✓	✗	✗	✓	Cumple
Av. Potosí - C. Cochabamba	✓	✓	✗	✗	✓	Cumple
Av. Potosí - C. Delgadillo	✓	✓	✗	✗	✓	Cumple
Av. Potosí - C. Junín	✓	✓	✗	✗	✓	Cumple
Av. Potosí - C. Segundino Ug.	✓	✓	✗	✗	✓	Cumple
Av. Potosí - C. O'Connor	✓	✓	✗	✗	✓	No Cumple
Av. Potosí - C. Ejercito	✓	✗	✗	✗	✓	Cumple
Av. Potosí - Pasaje Carlos Paz	✓	✗	✗	✗	✓	No Cumple
Av. Potosí - Av. La Paz	✓	✓	✗	✗	✓	Cumple
Av. Potosí - Pasaje Güemes	✗	✗	✗	✗	✓	No Cumple
Av. Potosí - Pasaje Las Rosas	✓	✗	✗	✗	✓	No Cumple
Av. Potosí - Av. Los Membrillos	✓	✓	✗	✗	✓	Cumple

Ciclo de semáforos								
Intersección	Principal				Secundario			
	Ciclo	R	A	V	Ciclo	R	A	V
Av. Potosí - C. Méndez	54	24	3	27	54	30	3	21
Av. Potosí - C. Cbba.	36	13	3	20	36	23	3	10
Av. Potosí - C. Delgadillo	44	20	3	21	44	24	3	17
Av. Potosí - C. Junín	50	21	3	26	50	29	3	18
Av. Potosí - C. Segun. Ug.	36	13	3	20	36	23	3	10
Av. Potosí - C. O'Connor	65	35	3	27	65	30	3	32
Av. Potosí - Av. La Paz	48	23	3	22	48	25	3	20
Av. Potosí - Av. Memb.	43	18	3	22	43	25	3	15

Números de semáforos por intersección		
Intersección	Principal	Secundario
Av. Potosí - Calle Méndez	1	1
Av. Potosí - Calle Cochabamba	2	1
Av. Potosí - Calle Delgadillo	2	2
Av. Potosí - Calle Junín	2	2
Av. Potosí - Calle Segundino Ugarte	2	1
Av. Potosí - Calle O'Connor	1	1
Av. Potosí - Avenida La Paz	2	2
Av. Potosí - Avenida Los Membrillos	2	1
Total	14	11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89: Reducción de la capacidad por semáforo

Análisis de la reducción de capacidad y nivel de servicio por semáforo										
Nro de intersección	Acceso	Capacidad	Ciclo	F. Rojo	F. Verde	Capacidad	Volumen acceso	Ns	V/C	Ns
		sin semáforo				con semáforo		Sin semáforo	Con semáforo	Con semáforo
1	Av. Potosí (E-W)	911	54	24	27	456	590	D	1,30	F
	C. Méndez (S-N)	328		30	21	128	535	F	4,19	F
2	Av. Potosí (W-E)	1125	36	13	20	625	188	C	0,30	C
	Av. Potosí (E-W)	1125		13	20	625	552	D	0,88	E
	C. Cochabamba (N-S)	360		23	10	100	338	E	3,38	F
3	Av. Potosí (W-E)	1074	44	20	21	513	411	D	0,80	E
	Av. Potosí (E-W)	1035		20	21	494	509	D	1,03	F
	C. Delgadillo (N-S)	504		24	17	195	465	E	2,39	F
4	Av. Potosí (W-E)	1125	50	21	26	585	558	D	0,95	E
	Av. Potosí (E-W)	1013		21	26	527	529	D	1,00	F
	C. Junín (S-N)	350		29	18	126	454	F	3,60	F
5	Av. Potosí (W-E)	1013	36	13	20	563	561	D	1,00	F
	Av. Potosí (E-W)	1103		13	20	613	528	D	0,86	E
	C. Segundino Ug.	864		23	10	240	379	D	1,58	F
6	Av. Potosí (W-E)	855	65	35	27	355	843	D	2,37	F
	Av. Potosí (E-W)	932		35	27	387	639	D	1,65	F
9	Av. Potosí (W-E)	1005	48	23	22	460	448	D	0,97	E
	Av. Potosí (E-W)	1103		23	22	505	515	D	1,02	F
	Av. la Paz (N-S)	929		25	20	387	431	D	1,11	F
	Av. la Paz (S-N)	547		25	20	228	531	E	2,33	F
12	Av. Potosí (W-E)	1166	43	18	22	597	689	D	1,15	F
	Puente Gamonedá (E-W)	552		18	22	282	687	D	2,43	F
	Av. Los Membrillos (N-S)	648		25	15	226	195	A	0,86	E
	Av. Los Membrillos (S-N)	582		25	15	203	192	D	0,95	E

Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Diseño de señalización

La señalización es tan esencial en un trayecto de vía, tan importante que si estas no se encuentran en vías e intersecciones el flujo vehicular sería un caos, ya que de ellas depende el orden de los vehículos a la hora de desplazarse por las arterias principales y secundarias de una red urbana con constante flujo de tráfico vehicular.

Muchos problemas que se encuentran en municipios desarrollados donde el parque automotor es considerable son el mal estado de las señales horizontales y verticales la carencia de mantenimiento provoca que las mismas se deterioren y queden obsoletas.

El principal problema que genera un mal estado de señalización es la falta de regulación en la red de flujo vehicular, donde los usuarios de vehículos se detienen en cualquier parte, sobre las líneas de paso de cebra, en lugares con estacionamiento prohibido, en paradas de buses, en esquinas de intersección y otros lugares restrictivos o áreas específicamente dispuestas para cierta población, como ser paqueos de personas discapacitadas.

Si el mal estado de las señales horizontales y verticales se prolonga con el tiempo la población usuario peatón se acostumbra a no estar regularizado provocando que los mismos se acostumbre o adopten un mal habito, todo por no sentirse regularizados por este tipo de señales.

Debido a que las señales son muy importantes para complementar el buen desarrollo de una vía urbana o rural, la entidad encargada de regular la circulación del tráfico en Bolivia SNC hoy ABC adopto como base el uso del Manual Interamericano de Dispositivos para el Control del Tráfico en Calles y Carreteras, por lo que todo tipo de señal puesta en una vía es igual y tiene el mismo significado en cualquier país.

A continuación, se procederá indicar las señales que se recomienda realizar en el área de estudio ya realizado (Avenida Potosí).

3.5.2.1 Señalización vertical

Las señales verticales necesarias para un buen control y regulación del tráfico vehicular en tramos e intersecciones de la avenida potosí son las siguientes:

- Señalética de pare (SR-1)
- Señalética de ceda el paso (SR-2)
- Señalética de estacionamiento prohibido (SR-27)
- Señalética de prohibido giro izquierda (SR-6)
- Señalética de prohibido giro en u (SR-10)
- Señalética de prohibido tocar bocina (SR-29)
- Señalética de prohibido seguir de frente (SR-4)
- Señalética de zona escolar (SP-49)
- Señalética de informativo centro de salud (I-28)
- Señalética parada de buses (SI-20)

Imagen 73: Señalización vertical



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito en calles y carreteras.

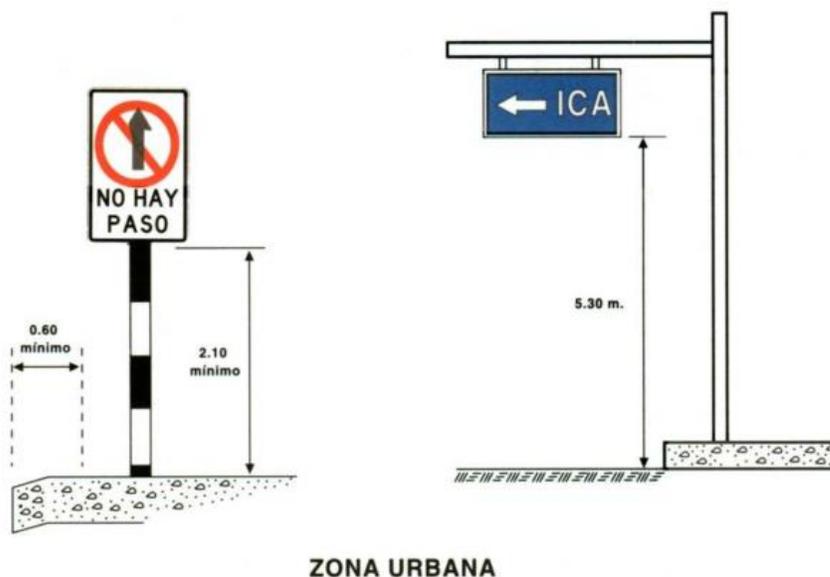
Ubicación de señales verticales:

Zona urbana

Lateral: la distancia del borde de la calzada al borde próximo de la señal no deberá ser menor de 0,60 m.

Altura: la altura mínima permisible entre el borde inferior de la señal y el nivel de la vereda no será menor de 2,10 m.

Imagen 74: Altura mínima para para señales verticales



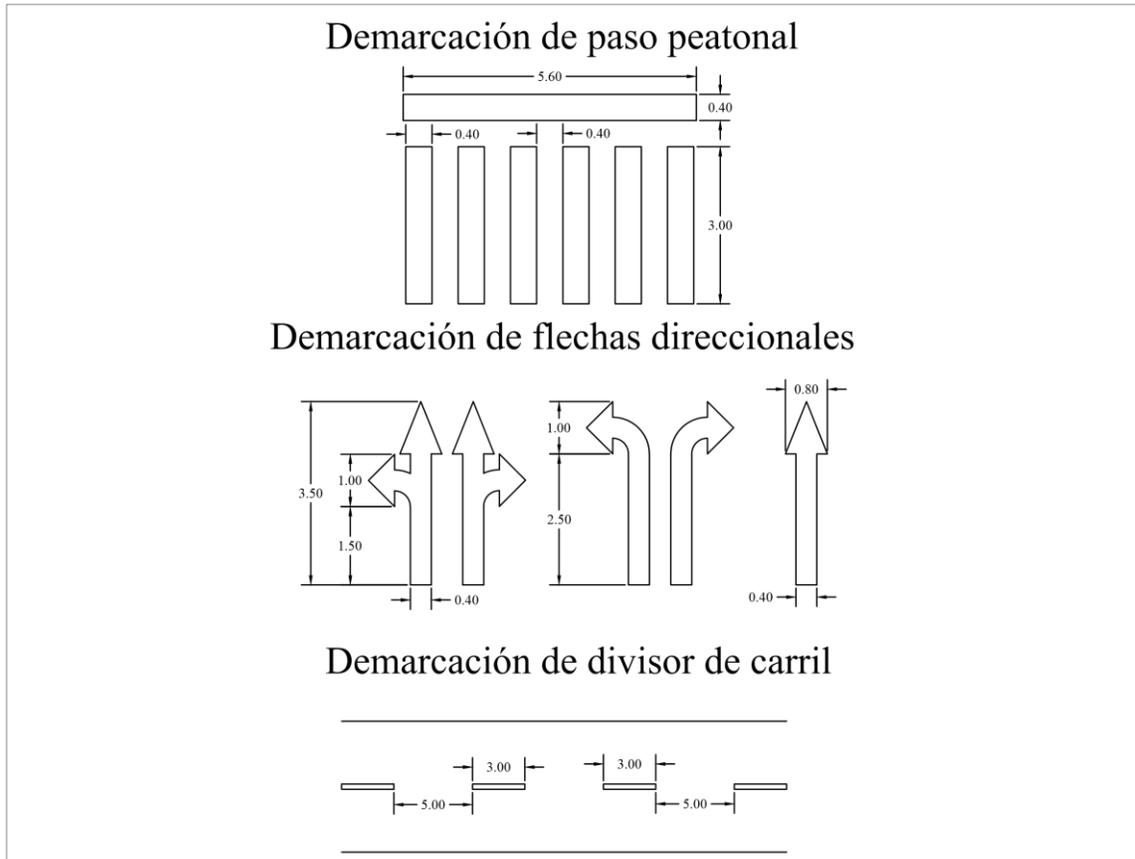
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito en calles y carreteras.

3.5.2.2 Señalización horizontal

Las señales horizontales necesarias para un buen control y regulación del tráfico vehicular en tramos e intersecciones de la Avenida Potosí son las siguientes:

- ❖ Línea de separación de carril
- ❖ Líneas de prohibición de invasión de carril
- ❖ Línea paso peatonal (línea de cebra)
- ❖ Línea de pare
- ❖ Flechas direccionales
- ❖ Línea de prohibición de estacionar
- ❖ Línea de prohibición de parar

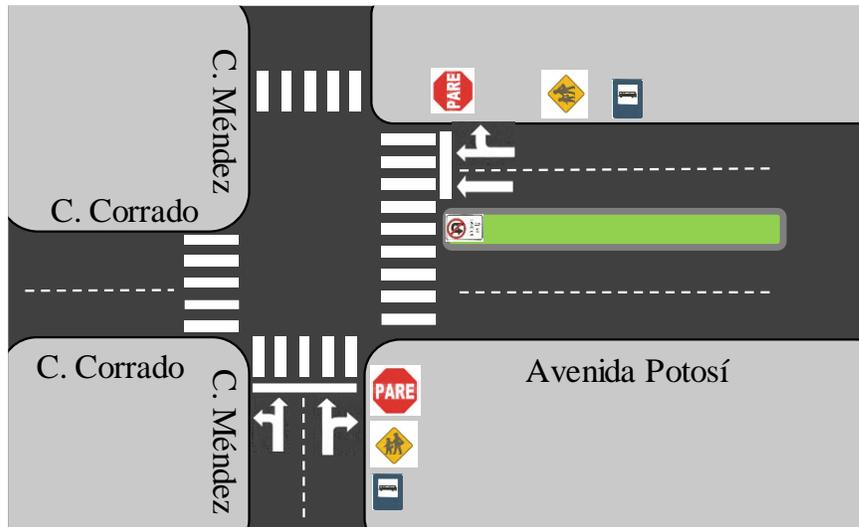
Imagen 75: Dimensiones de señaléticas horizontales



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito en calles y carreteras.

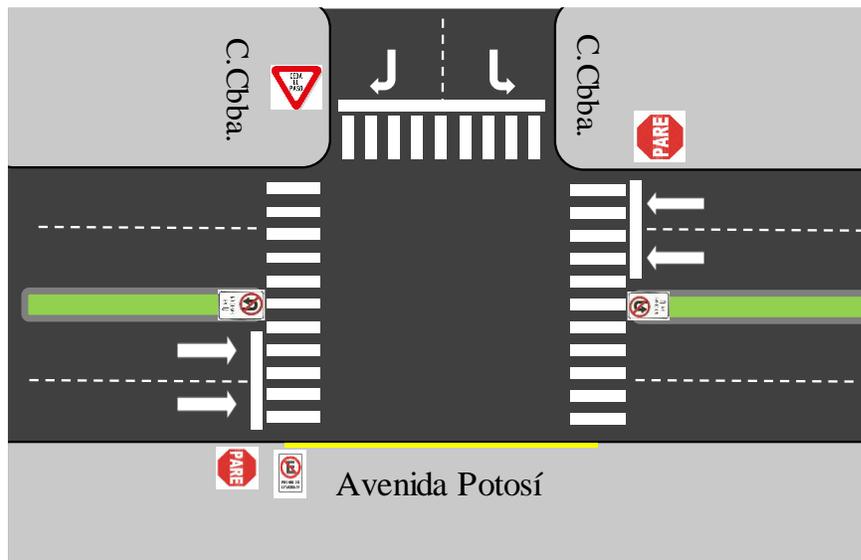
Diseño de señalización vertical y horizontal

Imagen 76: Señalización horizontal intersección I



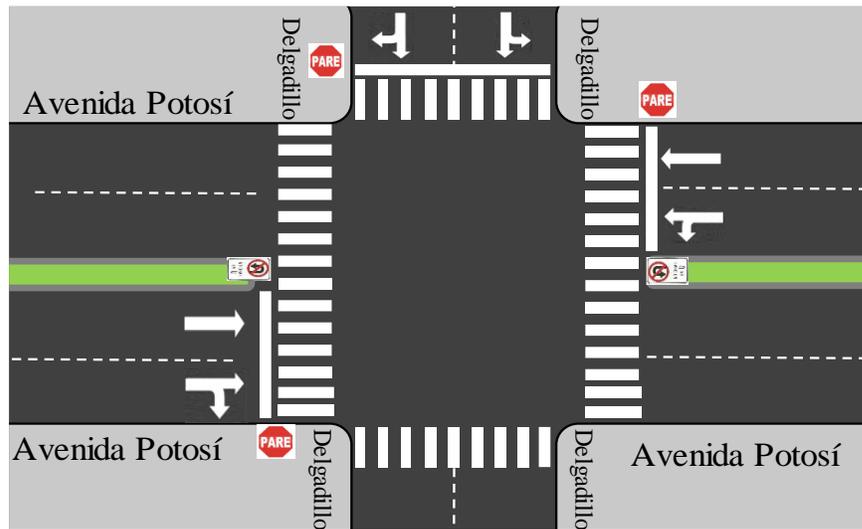
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 77: Señalización horizontal intersección II



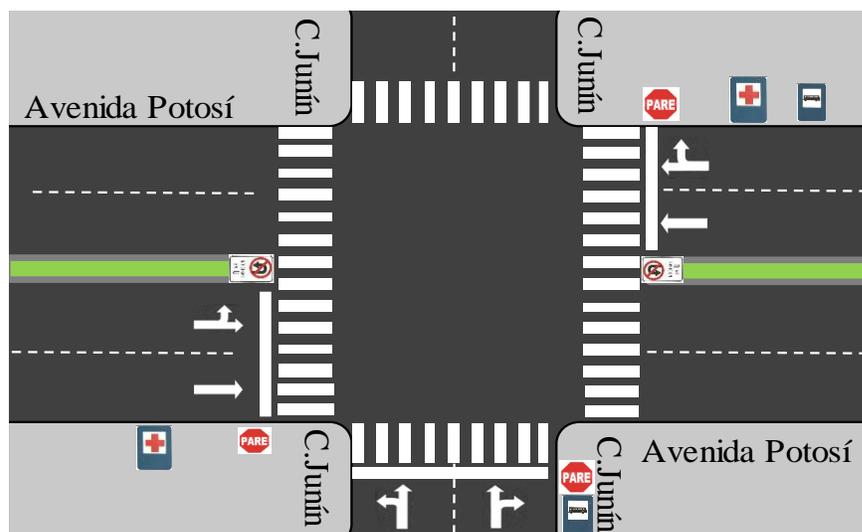
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 78: Señalización horizontal intersección III



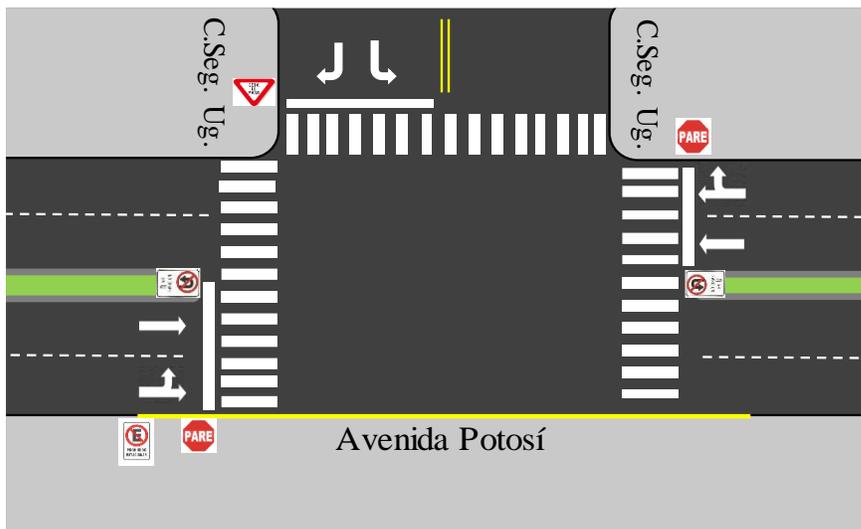
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 79: Señalización horizontal intersección IV



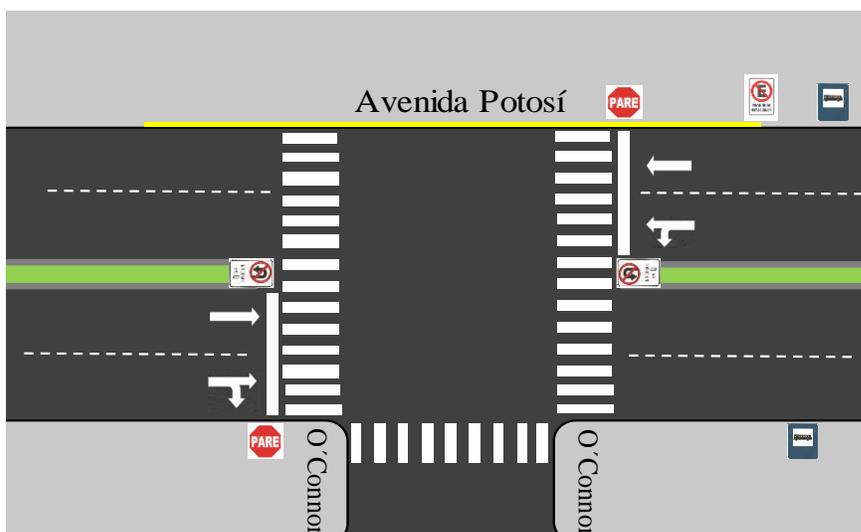
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 80: Señalización horizontal intersección V



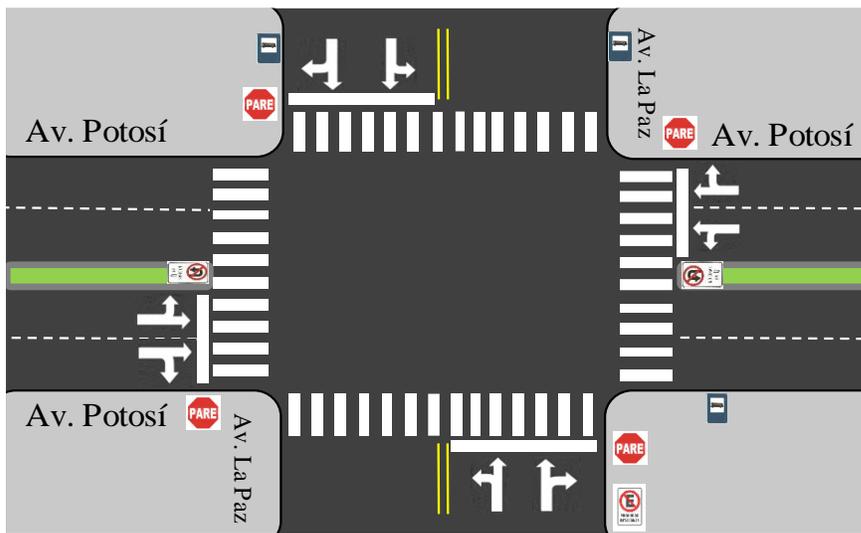
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 81: Señalización horizontal intersección VI



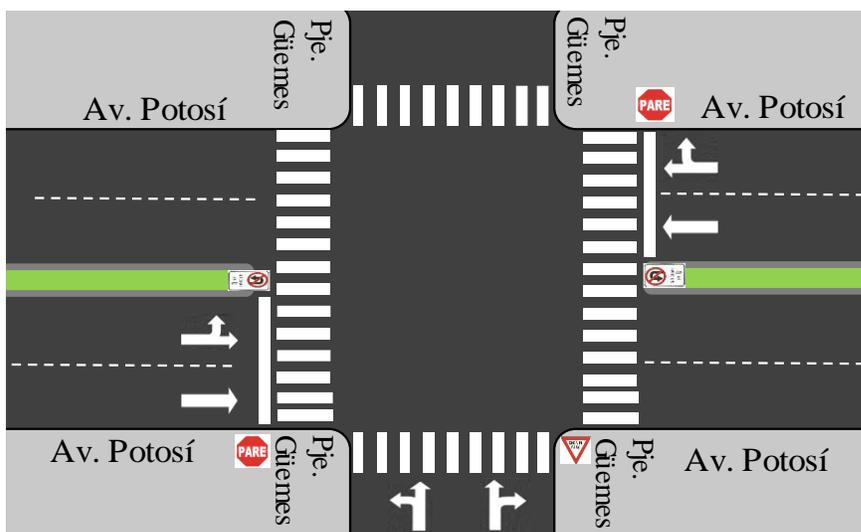
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 84: Señalización horizontal intersección IX



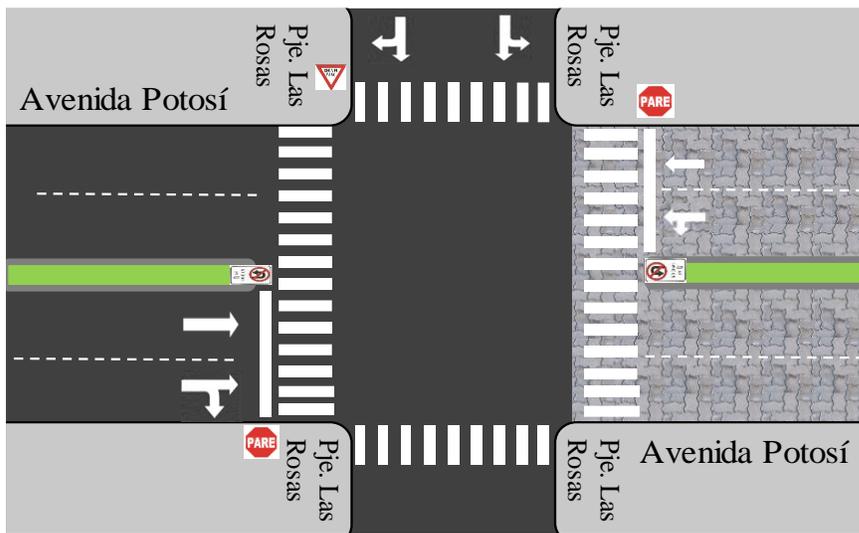
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 85: Señalización horizontal intersección X



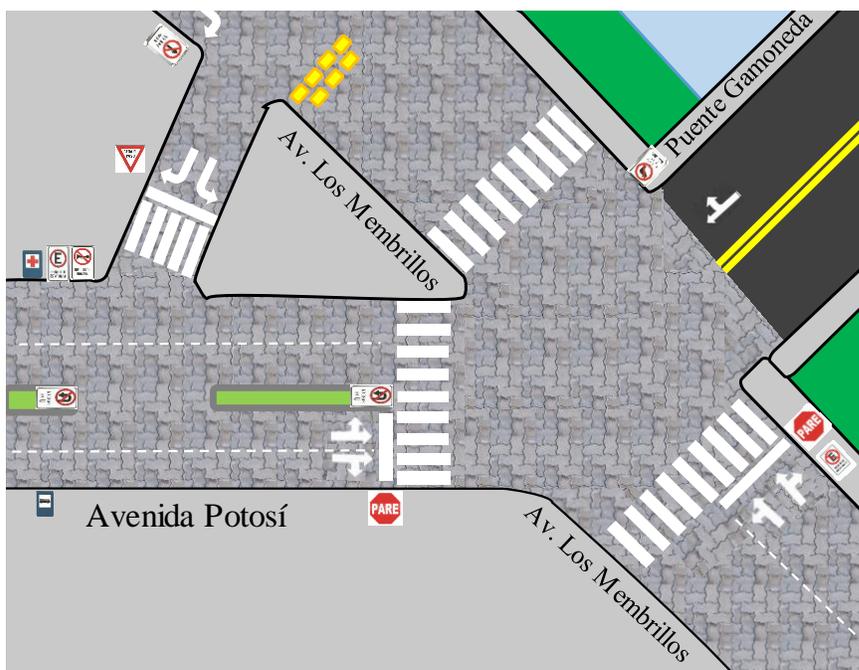
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 86: Señalización horizontal intersección XI



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 87: Señalización horizontal intersección XII



Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 Diseño de oferta de estacionamientos

Los estacionamientos son un complemento para una buena circulación vehicular en cualquier calle urbana, el conocer las áreas específicas donde se es permitido estacionar es muy importante y su cumplimiento por parte de los usuarios vital para no perjudicar el flujo vehicular que circula por la vía que contiene los estacionamientos.

El estudio realizado nos permite identificar zonas con alta demanda de estacionamientos y verificar si la oferta que es capaz de dar la avenida potosí es suficiente para satisfacer la demanda.

Demanda:

La metodología empleada nos indica que se debía realizar aforos en las cuadras interesadas anotando las placas de los vehículos que se encontraban haciendo uso de los estacionamientos en periodos de 20 a 30 minutos durante 1 hora.

En nuestro caso se realizó 3 lecturas obteniendo diversos números de placas de vehículos estacionados verificando el aumento o decremento de los mismos. La demanda final será el número de placas no repetidas estacionadas en las 3 lecturas.

$$\text{Demanda} = \text{N}^\circ \text{de placas contadas no repetidas en una hora}$$

Oferta:

La oferta es la cantidad máxima de vehículos que permite estacionar a lo largo de la avenida potosí dependiendo del diseño y dimensiones de los cajones dispuestos en paralelo al margen derecho de la vía.

$$\text{Oferta} = \frac{L}{L_c} - 2 = \frac{\text{Longitud de cuadra}}{\text{Longitud de casilla}} = \text{N}^\circ \text{casillas posibles}$$

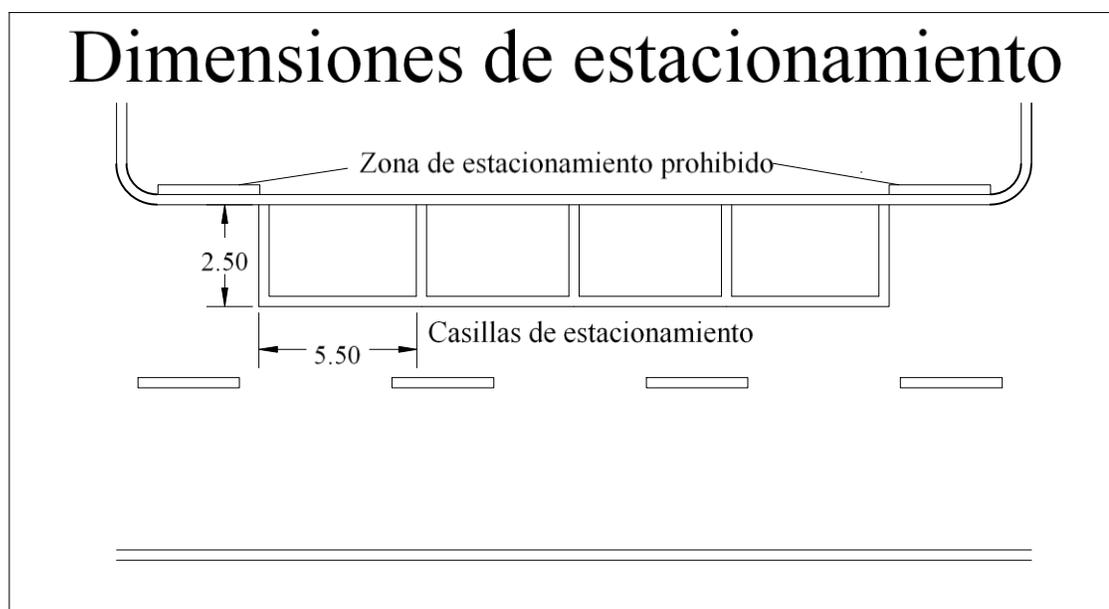
Índice de ocupación:

Es el índice del uso de un espacio del estacionamiento. Se obtiene dividiendo el volumen del estacionamiento para un período especificado por el número de los espacios del estacionamiento.

$$I_o = \frac{\text{Demanda}}{\text{Oferta}} = \text{N}^\circ \text{veh/casilla}$$

Resultados obtenidos:

Imagen 88: Dimensiones de estacionamiento



Fuente: Elaboración propia.

Asignando como prioritario zonas de estacionamiento permitido a la longitud comprendida entre las calles Delgadillo y Junín, por tener oficinas del SE.DE.DE. determinamos la cantidad de casillas que puede ofrecer este tramo y la longitud de pintura que se usara.

De la misma manera se determinó como prioritario demarcar como zona de estacionamiento permitido al tramo comprendido entre el pasaje Carlos Paz y avenida Los Membrillos por ser una zona que alberga el hospital Obrero.

Tabla 90: Zona de estacionamiento permitido

Oferta y longitud de demarcación de estacionamiento permitido		
Longitud de demarcación por dimensión de casilla (5+2,5+2,5)	10,50	ml/casilla
Número de casillas entre la calle Delgadillo y Junín	32	336,00
Número de casillas entre el pasaje Las Rosas y la avenida Los Membrillos	77	808,50
Longitud total en metros de demarcación de estacionamientos		1144,50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91: Análisis y resultados de estacionamientos

Análisis de estacionamientos Avenida Potosí carril de ida							
Longitud de intersección (m)			Dimensión de casilla (m)		Demanda máxima	Oferta	Índice de ocupación
Inicio	C. Méndez	161	Lc	5,50	28,00	27,27	1,03
Fin	C. Delgadillo		Ancho	2,50			
Inicio	C. Delgadillo	110	Lc	5,50	15,00	18,00	0,83
Fin	C. Junín		Ancho	2,50			
Inicio	C. Junín	160	Lc	5,50	20,00	27,09	0,74
Fin	C. O'Connor		Ancho	2,50			
Inicio	C. O'Connor	142	Lc	5,50	9,00	23,82	0,38
Fin	C. Ejercito		Ancho	2,50			
Inicio	C. Ejercito	96	Lc	5,50	14,00	15,45	0,91
Fin	Pje. Carlos Paz		Ancho	2,50			
Inicio	Pje. Carlos Paz	87	Lc	5,50	12,00	13,82	0,87
Fin	Av. La Paz		Ancho	2,50			
Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	10,00	9,45	1,06
Fin	Pje. Güemes		Ancho	2,50			
Inicio	Pje. Güemes	53	Lc	5,50	11,00	7,64	1,44
Fin	Pje. Las Rosas		Ancho	2,50			
Inicio	Pje. Las Rosas	230	Lc	5,50	36,00	39,82	0,90
Fin	Av. Los Membrillos		Ancho	2,50			
Total					155	182	0,91

Fuente: Elaboración propia.

La demanda máxima se obtuvo de los aforos realizados en cada cuadra de la avenida.

Calculo de oferta:

$$\text{Oferta} = \frac{L}{Lc} - 2 = \frac{161\text{m}}{5,50\text{m}} - 2 = 27 \text{ casillas posibles}$$

Calculo de índice de ocupación:

$$I_o = \frac{28}{27} = 1,03 \text{ veh/casilla}$$

El índice de ocupación correspondiente al tramo Calle Méndez – Calle Cochabamba nos indica por los menos un vehículo se encuentra estacionado durante el periodo de una hora en una casilla.

Tabla 92: Análisis y resultados de estacionamientos

Análisis de estacionamientos Avenida Potosí carril de vuelta																																																																																																																							
Longitud de intersección (m)			Dimensión de casilla (m)		Demanda máxima	Oferta	Índice de ocupación																																																																																																																
Inicio	C. Méndez	111	Lc	5,50	19,00	18,18	1,05																																																																																																																
Fin	C. Cochabamba		Ancho	2,50				Inicio	C. Cochabamba	48	Lc	5,50	8,00	6,73	1,19	Fin	C. Delgadillo	Ancho	2,50	Inicio	C. Delgadillo	109	Lc	5,50	18,00	17,82	1,01	Fin	C. Junín	Ancho	2,50	Inicio	C. Junín	102	Lc	5,50	14,00	16,55	0,85	Fin	C. Secundino Ug.	Ancho	2,50	Inicio	C. Secundino Ug.	198	Lc	5,50	13,00	34,00	0,38	Fin	C. Ejercito	Ancho	2,50	Inicio	C. Ejercito	93	Lc	5,50	12,00	14,91	0,80	Fin	Pje. Carlos Paz	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Carlos Paz	86	Lc	5,50	17,00	13,64	1,25	Fin	Av. La Paz	Ancho	2,50	Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95	Fin	Pje. Güemes	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total			
Inicio	C. Cochabamba	48	Lc	5,50	8,00	6,73	1,19																																																																																																																
Fin	C. Delgadillo		Ancho	2,50				Inicio	C. Delgadillo	109	Lc	5,50	18,00	17,82	1,01	Fin	C. Junín	Ancho	2,50	Inicio	C. Junín	102	Lc	5,50	14,00	16,55	0,85	Fin	C. Secundino Ug.	Ancho	2,50	Inicio	C. Secundino Ug.	198	Lc	5,50	13,00	34,00	0,38	Fin	C. Ejercito	Ancho	2,50	Inicio	C. Ejercito	93	Lc	5,50	12,00	14,91	0,80	Fin	Pje. Carlos Paz	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Carlos Paz	86	Lc	5,50	17,00	13,64	1,25	Fin	Av. La Paz	Ancho	2,50	Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95	Fin	Pje. Güemes	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93								
Inicio	C. Delgadillo	109	Lc	5,50	18,00	17,82	1,01																																																																																																																
Fin	C. Junín		Ancho	2,50				Inicio	C. Junín	102	Lc	5,50	14,00	16,55	0,85	Fin	C. Secundino Ug.	Ancho	2,50	Inicio	C. Secundino Ug.	198	Lc	5,50	13,00	34,00	0,38	Fin	C. Ejercito	Ancho	2,50	Inicio	C. Ejercito	93	Lc	5,50	12,00	14,91	0,80	Fin	Pje. Carlos Paz	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Carlos Paz	86	Lc	5,50	17,00	13,64	1,25	Fin	Av. La Paz	Ancho	2,50	Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95	Fin	Pje. Güemes	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93																				
Inicio	C. Junín	102	Lc	5,50	14,00	16,55	0,85																																																																																																																
Fin	C. Secundino Ug.		Ancho	2,50				Inicio	C. Secundino Ug.	198	Lc	5,50	13,00	34,00	0,38	Fin	C. Ejercito	Ancho	2,50	Inicio	C. Ejercito	93	Lc	5,50	12,00	14,91	0,80	Fin	Pje. Carlos Paz	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Carlos Paz	86	Lc	5,50	17,00	13,64	1,25	Fin	Av. La Paz	Ancho	2,50	Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95	Fin	Pje. Güemes	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93																																
Inicio	C. Secundino Ug.	198	Lc	5,50	13,00	34,00	0,38																																																																																																																
Fin	C. Ejercito		Ancho	2,50				Inicio	C. Ejercito	93	Lc	5,50	12,00	14,91	0,80	Fin	Pje. Carlos Paz	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Carlos Paz	86	Lc	5,50	17,00	13,64	1,25	Fin	Av. La Paz	Ancho	2,50	Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95	Fin	Pje. Güemes	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93																																												
Inicio	C. Ejercito	93	Lc	5,50	12,00	14,91	0,80																																																																																																																
Fin	Pje. Carlos Paz		Ancho	2,50				Inicio	Pje. Carlos Paz	86	Lc	5,50	17,00	13,64	1,25	Fin	Av. La Paz	Ancho	2,50	Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95	Fin	Pje. Güemes	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93																																																								
Inicio	Pje. Carlos Paz	86	Lc	5,50	17,00	13,64	1,25																																																																																																																
Fin	Av. La Paz		Ancho	2,50				Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95	Fin	Pje. Güemes	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93																																																																				
Inicio	Av. La Paz	63	Lc	5,50	9,00	9,45	0,95																																																																																																																
Fin	Pje. Güemes		Ancho	2,50				Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02	Fin	Pje. Las Rosas	Ancho	2,50	Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93																																																																																
Inicio	Pje. Güemes	54	Lc	5,50	8,00	7,82	1,02																																																																																																																
Fin	Pje. Las Rosas		Ancho	2,50				Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80	Fin	Av. Los Membrillos	Ancho	2,50	Total					148	176	0,93																																																																																												
Inicio	Pje. Las Rosas	216	Lc	5,50	30,00	37,27	0,80																																																																																																																
Fin	Av. Los Membrillos		Ancho	2,50				Total					148	176	0,93																																																																																																								
Total					148	176	0,93																																																																																																																

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los índices de ocupación podemos llegar a la conclusión que la avenida potosí durante los periodos más críticos del día se encuentra con vehículos estacionados a lo largo de la avenida.

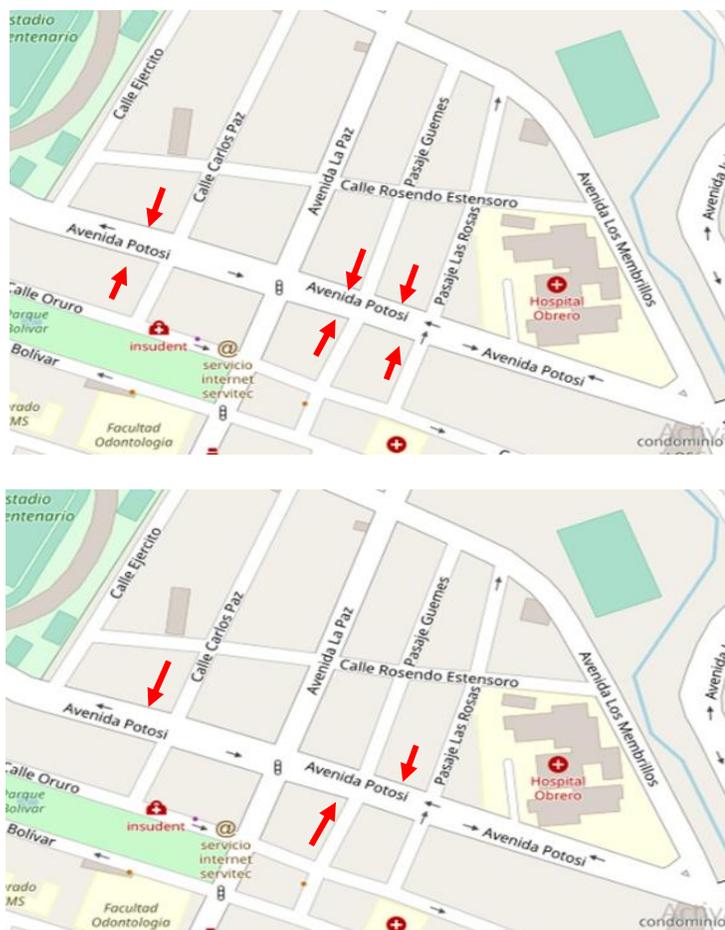
Se puede observar que tenemos índices de ocupación superior a 1 esto nos indica existen vehículos que se están estacionando en lugares prohibidos como ser esquinas de intersección lo cual es un mal habito que genera problemas a la circulación vehicular y por consecuente posibles accidentes de tránsito.

3.5.4 Modificaciones e implementaciones

Debido a que ciertos accesos que contribuyen flujo vehicular a la avenida potosí ocasionando problemas por ser accesos que solo cuentan con un carril para ambos sentidos vemos por conveniente establecer un flujo unidireccional en los accesos de los pasajes

Carlos Paz, Güemes y Las Rosas, siendo el pasaje Carlos Paz un acceso que solo contribuya con flujo vehicular en dirección Norte – Sur, el pasaje Güemes un acceso que solo contribuya flujo vehicular en dirección Sur – Norte, mientras que el Pasaje Las rosas un acceso que contribuya flujo vehicular en dirección Norte – Sur.

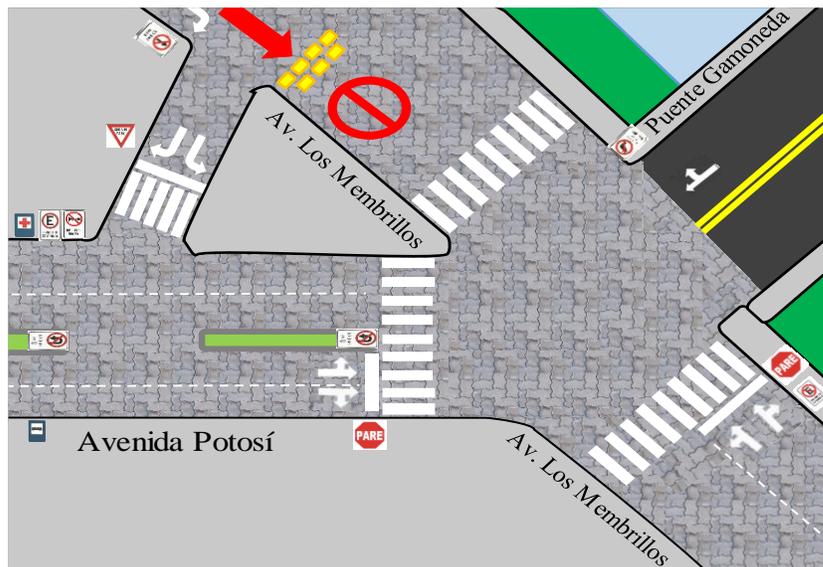
Imagen 89: Flujo antes y después en pasajes



Fuente: Obtenida de google maps.

Debido a que la intersección Avenida potosí – Avenida Los Membrillos cuenta con el problema de los giros a la izquierda por el acceso 2 (ingreso de vehículos por el puente Gamoneda) se vio por conveniente prohibir el giro a la izquierda por el acceso 2 colocando una señalización vertical, además de prohibir el ingreso de vehículos por el acceso 3 (ingreso de vehículos por la avenida Los membrillos en dirección norte – sur) solo permitiendo la maniobra de giro a la derecha para lo cual se dispuso de poner tachones viales que restringirá la maniobra de vehículos de frente.

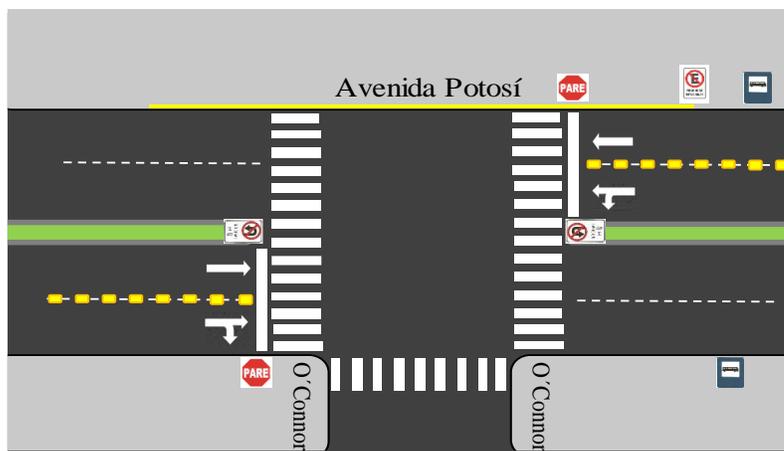
Imagen 90: Tachón vial Avenida los Membrillos



Fuente: Elaboración propia.

La intersección Avenida Potosí – Calle O’Connor tiene el problema de giros a la izquierda por el acceso 2 (ingreso de vehículos por la Avenida Potosí) debido a que el acceso cuenta con dos carriles destinado para el flujo vehicular sin embargo uno de los carriles es usado como estacionamiento por parte de los vendedores de plantas, de esta manera solo queda un carril para la circulación ocasionando que cuando un vehículo quiera girar a la izquierda tenga que detenerse y esperar a poder completar su maniobra ocasionando cola de vehículos durante el tiempo que tarde en lograr girar.

Imagen 91: Tachón vial Calle O’Connor



Fuente: Elaboración propia.

3.6 COSTOS Y PRESUPUESTOS

Se consideró la lista de ítems que a continuación se muestra para evaluar el costo necesario por alternativa, de igual manera se simplifico el análisis de precios unitarios agrupando la señáleles horizontales, en marcas transversales y marcas longitudinales. De la misma forma se agrupo las señales verticales de acuerdo al tipo de señal, esta sea de prohibición, prevención o de información.

Planteadas las alternativas de solución, con el fin de mejorar la circulación vehicular en la Avenida Potosí procedimos a realizar un análisis del presupuesto necesario para implementarlos.

Alternativa 1

Implementación de dispositivo de control semáforo en las intersecciones I Y XII, Avenida Potosí – Calle Méndez y Avenida Potosí – Avenida Los Membrillos.

- ❖ Costo de ejecución Bs. 40 105,00 Cuarenta mil ciento cinco bolivianos.

Alternativa 2

Mantenimiento e implementación de la señalización horizontal y vertical para todas las intersecciones involucradas en el área de estudio.

- ❖ Costo de ejecución Bs. 167 259,43 ciento sesenta y siete mil doscientos cincuenta y nueve mil bolivianos.

Alternativa 3

Establecer flujo unidireccional en los pasajes Carlos Paz, Güemes y Las rosas.

Prohibición de giro a la izquierda por el acceso 2 (ingreso de vehículos por el puente Gamoneda) de la intersección Avenida Potosí – Avenida Los Membrillos.

Implementación de tachones para impedir flujo vehicular por el acceso 3 (Avenida los Membrillos).

Implementación de tachones divisor de carril en la intersección Avenida Potosí – Calle O'Connor brindando carril específico para giro derecha e izquierda por el acceso 1 y 2.

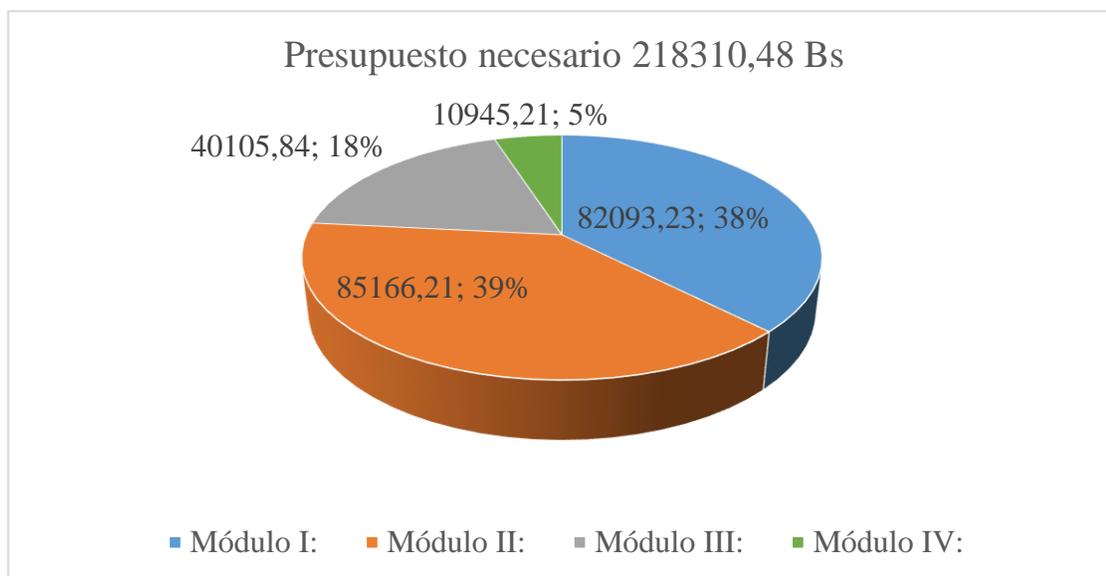
- ❖ Costo de ejecución Bs. 10 945 Diez mil novecientos cuarenta y cinco bolivianos.

Alternativa 4

Implementación de todas las alternativas anterior mente mencionadas.

- ❖ Costo de ejecución Bs. 218 310,48 Doscientos dieciocho mil treientos diez bolivianos.

Imagen 92: Costo por alternativa



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93: Lista de ítems elementos de control de tráfico

Lista de ítems de control de tráfico		
Cód..	Ítem	Unid.
Módulo I:	Señalización horizontal	
SH 01	Marcas transversales	m ²
	Paso peatonal	
	Línea de pare	
	Flecha direccional frente	
	Flecha direccional derecha	
	Flecha direccional izquierda	
	Flecha direccional frente-derecha	
	Flecha direccional frente-izquierda	
SH 02	Marcas longitudinales	ml
	Divisor de carril	
SH 03	Caja de estacionamiento	ml
	Caja de estacionamiento	
Módulo II:	Señalización vertical	
SV01	Letrero de prohibición	pza
	Letrero prohibido estacionar	
	Letrero prohibido girar en U	
	Letrero prohibido giro izquierda	
	Letrero prohibido tocar bocina	
SV02	Letrero de Pare	pza.
	Letrero Pare	
SV03	Letrero de ceda el paso	pza
	Letrero ceda el paso	
SV04	Letrero de prevención	pza
	Letrero prevención estudiantes	
SV05	Letrero informativo	pza
	Letrero informativo hospital	
	Letrero parada de micro	
SV06	Letrero informativo de calles	pza
	Letrero informativo de calles	
Módulo III:	Dispositivos de control	
DC 01	Semáforo de 1 cara con 3 focos	gbl
	Semáforo de 1 cara con 3 focos	
Módulo IV:	Tachón vial	
TV 01	Tachón vial refractivo 25x15x5cm	pza
	Tachón vial refractivo 25x15x5cm	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 94: Presupuesto general por alternativas de solución

Presupuesto general					
Cód..	Ítem	Unid.	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Parcial (Bs)
Módulo I:					82125,53
SH 01	Marcas transversales	m ²	195,00	75,80	14780,03
SH 02	Marcas longitudinales	ml	944,00	32,30	30491,20
SH 03	Caja de estacionamiento	ml	1141,00	32,30	36854,30
Módulo II:					85166,21
SV01	Letrero de prohibición	pza	31,00	834,76	25877,60
SV02	Letrero de Pare	pza	28,00	780,76	21861,31
SV03	Letrero de ceda el paso	pza	10,00	814,76	8147,61
SV04	Letrero de prevención	pza	2,00	750,76	1501,52
SV05	Letrero informativo	pza	13,00	750,76	9759,90
SV06	Letrero informativo de calle	pza	24,00	750,76	18018,27
Módulo III:					40105,84
DC 01	Inst. Prov. Semáforo 1C/3F	gbl	1,00	40105,84	40105,84
Módulo IV:					10945,21
TV 01	Tachón vial refractivo 25x15x5cm	pza	83,00	131,87	10945,21
Costo total					218342,78

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

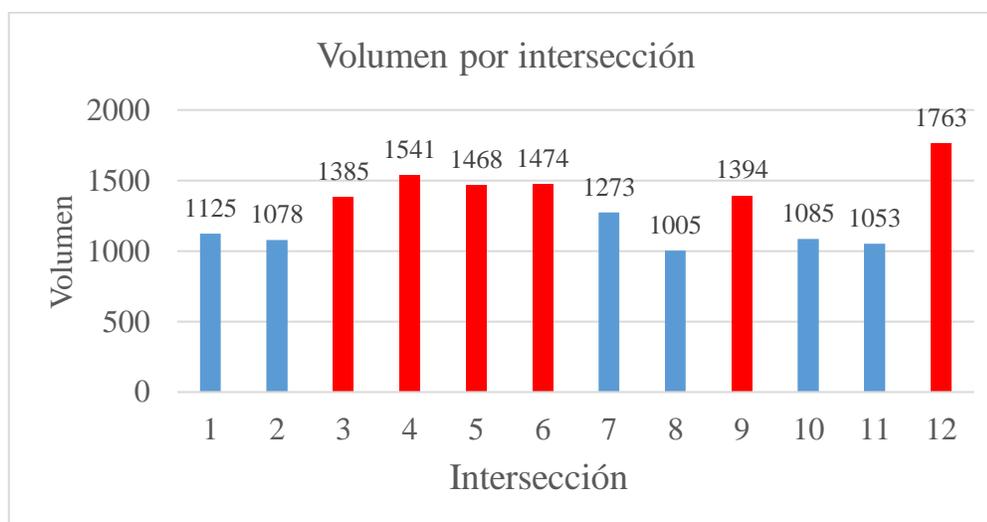
Concluido el estudio de tráfico vehicular evaluando los parámetros fundamentales de un estudio de tráfico en la Avenida Potosí se llegan a las siguientes conclusiones:

Las horas de máxima demanda o también conocidas como horas pico que se presentan en el día son de 8:00am a 9:00am por la mañana, de 11:00am a 12:00pm durante el mediodía y durante la tarde al culminar la jornada en horas 18:00pm a 19:00pm.

Habiendo evaluado el parámetro volumen se pudo percatar que las intersecciones que cuentan con un gran flujo de vehículos son:

- ❖ La Avenida Potosí – Calle Delgadillo
- ❖ La Avenida Potosí – Calle Junín
- ❖ La Avenida Potosí – Calle Segundino Ugarte
- ❖ La Avenida Potosí – Calle O'Connor
- ❖ La Avenida Potosí – Avenida La Paz
- ❖ La Avenida Potosí – Avenida los Membrillos

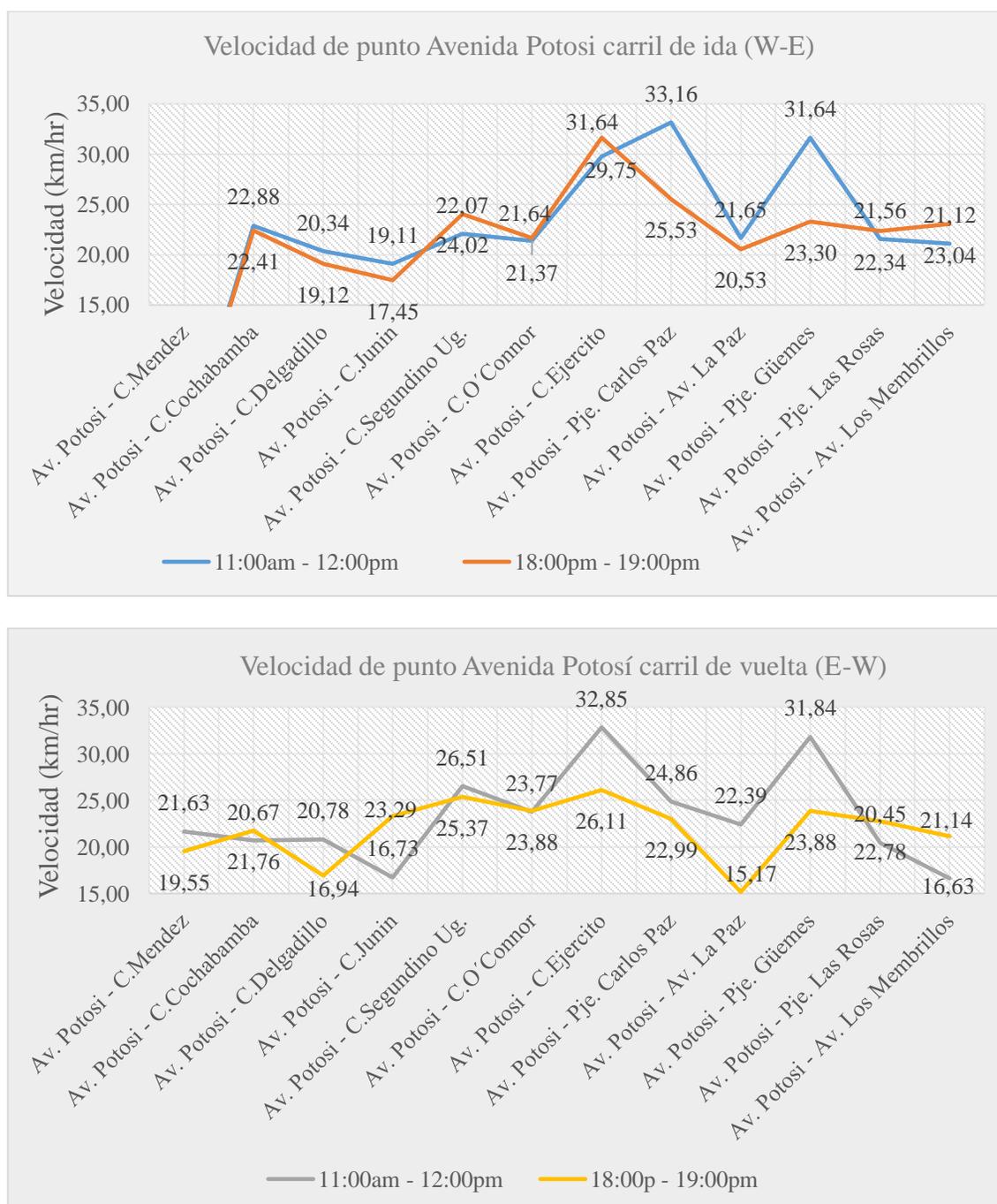
Imagen 93: Volumen por intersección



Fuente: Elaboración propia.

Evaluando el parámetro velocidad podemos observar en los grafico realizados que la velocidad de circulación en el carril de ida y el carril de vuelta de la avenida potosí presentan velocidades bajas en intersecciones con alto volumen vehicular

Imagen 94: Velocidad de circulación



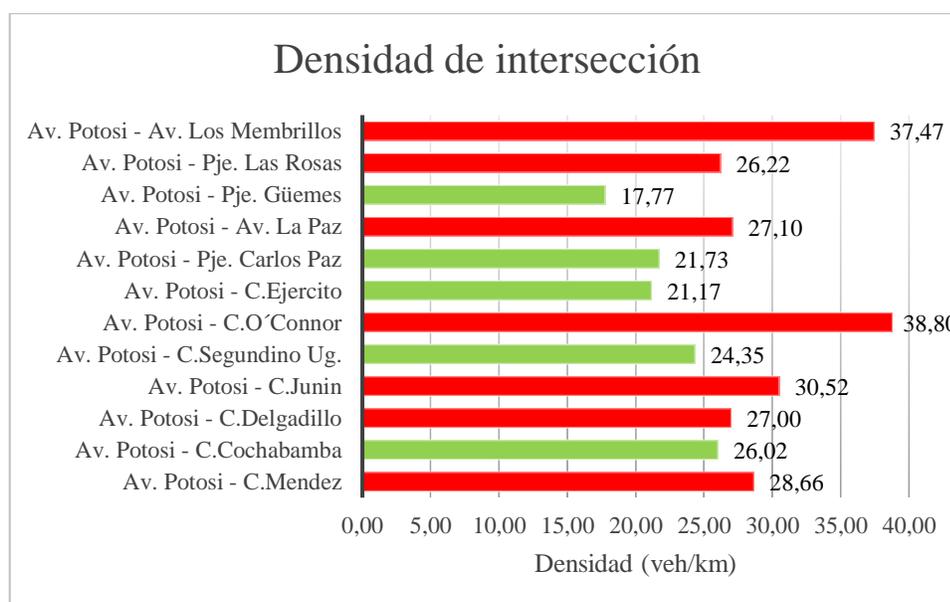
Fuente: elaboración propia.

La velocidad de recorrido total en promedio es de 10,94 Km/hr, con un tiempo de viaje de 6,20 minutos para lograr cruzar la prolongación de la Avenida Potosí que es de 1,13 kilómetros.

El parámetro densidad se obtuvo con la relación volumen - velocidad, relacionando estos dos parámetros indicamos que la densidad es mayor en intersecciones con gran flujo vehicular y velocidades reducidas indicándonos que en estas intersecciones existe saturación vehicular:

- ❖ Avenida Potosí – Calle Méndez
- ❖ Avenida Potosí – Calle delgadillo
- ❖ Avenida Potosí – Calle Junín
- ❖ Avenida Potosí – Calle O'Connor
- ❖ Avenida potosí – Avenida La Paz
- ❖ Avenida Potosí – Avenida Los membrillos

Imagen 95: Densidad de interseccion



Fuente: Elaboración propia.

Relacionando los resultados de los parámetros fundamentales logramos obtener un patrón y cuando lo analizamos podemos observar que los problemas de circulación vehicular

presentes en la avenida potosí se encuentran en las intersecciones que ofrecen los peores resultados del análisis de los parámetros estudiados y son:

- ❖ Avenida Potosí – Calle Méndez
- ❖ Avenida Potosí – Calle Delgadillo
- ❖ Avenida Potosí – Calle Junín
- ❖ Avenida potosí – Avenida La Paz
- ❖ Avenida Potosí – Avenida Los Membrillos

Evaluando los resultados de la capacidad y nivel de servicio presentes en la avenida potosí podemos observar que existen intersecciones que sobrepasaron la capacidad máxima que pueden ofrecer las vías en la actualidad en relación al volumen que ingresan por sus accesos.

El nivel de servicio que predomina en el área de estudio es el nivel de servicio “D”, el cual define a la circulación vehicular como una circulación casi inestable donde se presentan velocidad de circulación reducida, colas de vehículos y dificultad de maniobrar para los conductores.

Los accesos que presentan el peor nivel de servicio son:

- ❖ Calle Méndez, nivel de servicio “F”
- ❖ Calle Cochabamba, nivel de servicio “E”
- ❖ Calle Delgadillo, nivel de servicio “E”
- ❖ Calle Junín, nivel de servicio “F”
- ❖ Avenida Potosí – C. O’Connor A-1, nivel de servicio “E”
- ❖ Avenida Potosí – Avenida La Paz A-4, nivel de servicio “E”
- ❖ Avenida Potosí - Los Membrillos A-2, nivel de servicio “F”

Se realizó la observación que los ciclos de los semáforos ya instalados en las intersecciones Av. Potosí - C. Delgadillo, Av. Potosí - C. Junín y Av. Potosí - Av. La Paz no satisfacen la demanda vehicular, por lo cual se procedió a realizar una actualización de los ciclos de los semáforos, además de proponer el diseño para dos intersecciones que consideramos necesarias para descongestionar el flujo vehicular en las mismas estas intersecciones son; Av. Potosí - C. Méndez y Av. Potosí - Av. Los Membrillos.

Se realizó el diseño de la señalización horizontal y vertical mínima necesaria para informar a los conductores y peatones de las maniobras que pueden realizar con el fin de ordenar y lograr un tráfico fluido de vehículos y peatones.

Se propuso cuatro alternativas de solución, para mejorar la circulación vehicular en el área de estudio, todas con alternativas de costos:

Alternativa 1 (diseño y actualización de semáforos)

Alternativa 2 (diseño de señalización horizontal y vertical)

Alternativa 3 (establecer flujo direccional en los pasajes y la adición de tachones divisores de carril.)

Alternativa 4 (realización de todas las alternativas)

4.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar una buena planificación de los tiempos que puede tomar el recabar la información puesto que la misma tiene que ser lo más acorde a la situación real que presenta el área del estudio realizado, en lo posible no falsificar datos o usar información de anteriores estudios realizados muchos años atrás puesto que esta información no representa la situación actual que vive la zona en estudio.
- ❖ Se recomienda la implementación de un semáforo en la intersección Avenida Potosí – Calle Méndez, con el mismo se pretende generar un flujo estable por ambos accesos además de brindar protección a los estudiantes del colegio Rosa Arce que se encuentra a una cuadra de la intersección. De igual manera se recomienda la instalación de un semáforo en la intersección Av. Potosí - Av. Los Membrillos ya que dicha intersección cuenta con varios accidentes algunos fatales, o prohibir el giro a la izquierda por parte del flujo vehicular que ingresa por el puente Gamoneda.
- ❖ Gran parte de la avenida de la Avenida Potosí presentan estacionamientos permitidos, lo que provoca una gran reducción de su capacidad lo cual no es bueno, si bien los estacionamientos son necesarios el estacionarse, en esquinas provoca dificultad a los vehículos que intentan realizar algún giro obstruyendo la

visibilidad ocasionando un tiempo más de pérdida y en el peor de los casos accidentes de tránsito.

- ❖ Se recomienda implementar tachones a la intersección Av. Potosí - C. O'Connor con el fin de brindar un carril específico para el giro a la izquierda y derecha además que obligara a los vehículos a no estacionarse a lo largo de la intersección.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Bull Compilador Alberto.** Congestión de tránsito “el problema y como enfrentarlo” cuadernos de la CEPAL Santiago de Chile.
- 2.- Cal Rafael y Reyes Spínola + Cárdenas Grisales James.** (2000) Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones. 7ma edición C&M Colombia.
- 3.- Ing. Gabriel Valencia Alaix Víctor.** (2007) Ingeniería de tránsito de la Universidad Nacional de Colombia.
- 4.- Ing. Gómez Ronald Cesar.** (2004) Texto del alumno ingeniería de tráfico civ -326 de la universidad Mayor de San Simón.
- 5.- Ing. Pandolfi Arbulú Alberto.** (1993) Manual de dispositivos de control del tránsito automotor en calles y carreteras de Perú.
- 6.- Transportation Research Board.** (2010) HIGHWAY CAPACITY MANUAL (manual de capacidad de carreteras) Washington, DC.