CAPÍTULO I:

1. INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El congestionamiento vehicular es un problema propio de las ciudades que sobrepasan cierto tamaño, sean estas ciudades de países desarrollados o en vías de desarrollo; cuando el ingreso de nuevos usuarios a una vía supera su capacidad de soportar una circulación fluida del tráfico vehicular se produce congestionamiento. Entonces se puede decir que el congestionamiento es el medio por el cual se reduce el espacio para circular por ciertas vías a determinadas horas, además de que el congestionamiento es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás.

En los últimos años, el aumento de la demanda de transporte y del tráfico vehicular particularmente en ciudades grandes ha causado, más congestionamientos, demoras, accidentes y problemas ambientales. Ese aumento surge de un mayor acceso al automóvil, más acceso al crédito, reducción de los precios de venta, más oferta de autos usados, crecimiento de la población, menos habitantes por hogar y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte urbano.

Debido al aumento acelerado de la población, el crecimiento económico y la expansión geográfica de la ciudad de Tarija sobre todo en el área central de la provincia Cercado, generado entre otras cosas por el mayor movimiento económico que se ha dado en estos últimos años, se hace necesario realizar un análisis de la problemática del congestionamiento vehicular en el área central de la ciudad, para combatir de forma eficaz a este problema.

El incremento en la demanda por infraestructura vial se explica principalmente en la estrecha relación que tienen los tres elementos citados anteriormente con los viajes y el transporte, observándose que los mismos aumentan en número los impactos negativos, ocasionándose de esta manera un mayor congestionamiento vehicular.
De igual manera las deficiencias que se tiene en los campos de semaforización, señalización y educación vial hacen que el problema de congestionamiento vehicular se acentúe cada vez con mayor fuerza.

Con este estudio se pretende solucionar uno de los problemas diarios que más aqueja y amenaza la calidad de vida de los habitantes de la población de Tarija, brindando una mejor comodidad a los conductores como a los peatones que circulan por el área central de la ciudad.

También podemos rescatar la importancia que tiene este estudio por ser un documento importante acerca de la relación entre el congestionamiento y los parámetros que lo originan, el mismo que servirá como una guía de consulta para estudios posteriores y aplicaciones de carácter práctico, de manera que ofrecerá beneficios tanto académicos como sociales.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La congestión de tráfico es una realidad evidente sobre todo en el centro de la ciudad por ser el lugar de mayor movimiento social y comercial del Departamento, es por eso que al ayudar a prevenir y disminuir la formación de congestionamiento de tráfico vehicular se mejoraría la circulación de vehículos como la de peatones, evitando que este problema acarree consigo la producción de pérdidas sociales, ambientales y económicas.
Además, la rapidez con que se agudiza el congestionamiento de tráfico en las ciudades en desarrollo hace necesario realizar estudios para determinar que medidas a corto y largo plazo se podrían adoptar para minimizar el problema, porque no se podría pensar en eliminar completamente el mismo.

Será importante conocer entonces los factores que ocasionan el congestionamiento para encontrar y plantear soluciones en base a la información que se tiene de éstos.

Entre los factores que son parte de este problema podemos citar a:

- Mayor cantidad del parque automotor: El efecto que tiene el problema con relación al número de vehículos en los congestionamientos que se pueden observar diariamente en colas de espera, mal uso o uso inadecuado que se les da a los vehículos particulares, recorrido saturado de la líneas de transporte público.
- El efecto que tienen los peatones y conductores dentro del problema: Falta de educación vial, donde viven y donde se dirigen.
- La imposibilidad de poder realizar una nueva infraestructura vial: el diseño geométrico urbano (calles y aceras) que componen el centro de la ciudad.
- La insuficiente capacidad que afecta a la transitabilidad y niveles de servicio óptimos de las calles.
- Mal funcionamiento del sistema de semaforización: Reducción de los tiempos promedio de circulación sobre las vías.
- Señalización: ausencia de la misma en lugares necesarios.
- Educación Vial: Poco respeto de los usuarios hacia las normas de tránsito.

Generalmente estos factores hacen que se genere una sobre demanda del flujo vehicular de las calles y arterias del centro de la ciudad sobre todo en las denominadas horas pico o punta que es el momento en donde se acentúa más este problema. Habrá entonces que realizar el análisis para poder enfrentar al congestionamiento y encontrar soluciones que ayuden a minimizarlo y reducirlo.

1.3. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA Y OBJETO DE ESTUDIO

1.3.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

El congestionamiento del flujo vehicular, que ocasiona pérdidas y trastornos de tipo social y económico, y la relación de este problema con los parámetros de tráfico que contribuyen a generarlo.

1.3.2. OBJETO DE ESTUDIO

El análisis de la situación actual en el área central de la ciudad, tomando en cuenta la forma en la que inciden los parámetros de tráfico en la generación del congestionamiento vehicular.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis acerca del congestionamiento de tráfico en el área central de la ciudad de Tarija, que nos permita identificar cuales son los factores que originan y ocasionan de forma directa e indirecta la generación de congestionamientos para poder recomendar posibles soluciones, utilizando la información disponible en el medio como también la información resultante de este estudio en sí.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cuales son los factores de mayor incidencia en la generación del congestionamiento en las intersecciones y calles de la zona de estudio.

- Realizar un análisis y comparación de cada uno de los factores que influyen en el congestionamiento vehicular de la zona estudiada.

- Explicar de que manera afectan cada uno de los factores de tráfico en el origen del congestionamiento vehicular.

- Realizar la delimitación del sector de estudio de la zona central de la ciudad, en base a las características del tránsito y a diversos factores que tengan relación con esta delimitación.

- Realizar aforaciones y mediciones en las intersecciones y calles de la zona en estudio, estas deben incluir volúmenes de tráfico (con su clasificación respectiva), tiempos de semáforos, dimensiones de las intersecciones, colas de espera, estacionamientos.

- Determinar cuales son las intersecciones y calles más conflictivas, según el día y la hora de mayor tráfico vehicular y los resultados obtenidos de la aplicación práctica.

- En base al análisis del congestionamiento en la zona de estudio, plantear algunas posibles medidas para que puedan servir de referencia, y posteriormente con ayuda de programas computacionales, puedan ser usadas en busca de una mejor transitabilidad en las calles de la zona central de la ciudad.

1.5. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS

1.5.1. METODOLOGÍA

La zona de estudio se encuentra en el área central de la ciudad de Tarija, la misma que será delimitada en base a una inspección visual de campo.
Una vez determinada la zona de estudio se realizarán mediciones y aforaciones en cada una de las intersecciones y calles de la ciudad para determinar los factores que influyen en la generación del congestionamiento.
Se hará un análisis de cada uno de los factores con la ayuda de estudios realizados para otros países que sufren el mismo problema, además de aplicar la bibliografía referida al tema, para así plantear medidas que se ajusten a la realidad de la zona en estudio, y así contar con posibles soluciones para ser aplicadas en un futuro.

1.5.2. TÉCNICAS

Se realizará el procesamiento de todos los datos medidos y aforados, para determinar cuales son las intersecciones y calles más conflictivas en base a volúmenes, diseño geométrico, ciclos de semáforos, señalización, colas de espera, demoras, estacionamientos; asimismo se realizará una análisis de resultados obtenidos de las relaciones y fórmulas con las que se cuenta en la bibliografía.

1.6. MEDIOS Y ALCANCE

1.6.1. MEDIOS

Debido a que se tiene un conocimiento básico de cuales son los procedimientos para llegar a obtener la información en la ejecución del estudio, la realización del mismo no representaría una gran dificultad, ni tampoco significaría un gasto económicamente elevado, ó en la necesidad de contar con laboratorios para realizar ensayos y verificaciones que se encuentren dentro del estudio en sí.

La obtención de datos y valores necesarios de instituciones y otros (volúmenes, semaforización, señalización, estacionamientos, etc.) serán realizados por el proyectista.

La bibliografía con la que se cuenta en el medio no es muy amplia por eso será necesario recurrir a estudios hechos para otros países y observar si las metodologías se ajustan a nuestro medio.

1.6.2. ALCANCE

1.6.2.1. ALCANCE GLOBAL

El estudio acerca del congestionamiento vehicular tiene como objetivo determinar los factores que los causan el mismo y que medidas tomar para reducirlo, para mejorar la transitabilidad en el área central de la ciudad ya sea en beneficio de peatones como de conductores.

En los diferentes capítulos se estudiarán los parámetros relacionados con el congestionamiento de tráfico vehicular haciendo una fundamentación teórica y aplicación práctica de los mismos, para luego, siguiendo las metodologías establecidas cumplir con los objetivos trazados, entre los que está plantear medidas para ayudar a disminuir dicho problema.

1.6.2.2. ALCANCE POR CAPÍTULOS

En base al conocimiento previo que se tiene acerca del congestionamiento se procederá a realizar una introducción para identificar cuales son las ideas más importantes para la elaboración de este trabajo, seguidamente se hará la justificación para definir el por qué del interés en la realización del mismo. Se establecerán algunos conceptos puntuales como determinación del problema, objeto de estudio y campo de acción; además, se determinarán los objetivos como también las metodologías, técnicas y los medios con lo que se cuenta para concretar el estudio del congestionamiento de tráfico vehicular.

Se revisará la bibliografía necesaria para desglosar cada uno de los conceptos del marco teórico entre los cuales se tiene: el tráfico vehicular y todas las variables que intervienen en el mismo, así como también el problema del congestionamiento vehicular, su definición, las causas, las consecuencias y costos y los factores que mas incidencia tienen con el mismo.

Se procederá a la ejecución de la aplicación práctica que será efectuada en un sector del área central de la ciudad, se delimitará la zona de estudio mediante una inspección visual y algunos datos obtenidos de campo, se realizará el conteo de volúmenes, colas de espera, medición de vías e intersecciones, semaforización, señalización, estacionamiento, determinación de demoras, entre otros factores.

Una vez analizados los factores o parámetros de tráfico, se verificarán los resultados con el análisis respectivo y se recomendarán ciertas medidas para reducir y minimizar el congestionamiento, dichas medidas serán tomadas de la bibliografía con la que se cuenta y de estudios efectuados por otros países.

Por último en base al análisis y resultados obtenidos del estudio podremos citar algunas conclusiones además de brindar las recomendaciones necesarias para la posible aplicación de este trabajo en un futuro.

CAPÍTULO II

2. LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y SUS VARIABLES

2.1. Ingeniería de Tráfico

La Ingeniería de Tráfico es una rama de la Ingeniería Civil que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medios de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías.

En la Ingeniería de Tráfico en vez de construirse nueva infraestructura, se introduce elementos dinámicos o estáticos (Señales de tráfico, semáforos, sensores, etc.), para regular y dirigir el tráfico, maximizando la capacidad de la vía especialmente en lugares congestionados.

La Ingeniería de Tráfico analiza lo siguiente:

- Las Características del Tráfico, Se utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios. Estas magnitudes son: la velocidad, el volumen, la densidad, la separación entre vehículos sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, se analizan los accidentes, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc. Por otro lado se estudia al usuario en todas las reacciones para maniobrar el vehículo como ser: rapidez de reacción para frenar, para acelerar, su resistencia al cansancio, etc.

- La Reglamentación del Tráfico, Se debe establecer los reglamentos del tráfico, como ser: la responsabilidad y licencias de los conductores, peso y dimensiones de los vehículos, control de accesorios obligatorios y equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento.

También se debe tomar en cuenta la prioridad de paso, tránsito en un sentido, tiempo de estacionamiento, el control policial en intersecciones, sanciones relacionadas con accidentes, etc.

- El Señalamiento y los Dispositivos de Control, Su función principal es la de determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales.

- La Planificación Vial, Es necesario analizar y realizar investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, y de esta manera conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias del aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. Se debe establecer claramente los objetivos concretos y operacionales que se quiere alcanzar.

- La Administración, Para tener buenos resultados se debe considerar varios aspectos tales como: económicos, políticos, fiscales, de relaciones públicas, de sanciones, etc.

2.1.1. Solución al Problema de Tráfico

Las soluciones se plantean a partir de un análisis de factores que intervienen en el problema del tráfico, enunciaremos a continuación los factores principales que inciden en el planteamiento de soluciones a los problemas del tránsito:

- Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad; Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.

- Superposición del tránsito motorizado en facilidades viales; Pocos cambios en trazo urbano, carreteras que no han evolucionado.

- Falta de planificación en el tránsito; Construcción de vías con especificaciones antiguas.

- El automóvil no considerado como una necesidad pública; Falta de apreciación de las autoridades y público en general a la importancia del vehículo automotor.

- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario; Legislación y reglamentos no acordes a la evolución del transporte, falta de educación vial.

Descritos los factores que intervienen en el problema del tránsito, se plantean a continuación los tres tipos de solución que se pueden dar al problema del tránsito:

- **Solución Integral,** Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, es decir, que se busca el equilibrio de la oferta y la demanda, este tipo de solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales porque equivaldría a destruir todo lo existente y construir las vialidades con especificaciones modernas.
- **Solución Parcial de Alto Costo,** Esta solución consiste en realizar cambios necesarios en las vialidades aprovechando al máximo lo que se tiene, cuyos cambios requerirán fuertes inversiones económicas, por ejemplo: ensanchamiento de calles, modificaciones de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.
- **Solución Parcial de Bajo Costo,** Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. En este tipo de solución tiene una gran importancia y participación la reglamentación del tránsito así como la disciplina y educación de parte del usuario.

2.1.2. Elementos del Tráfico

2.1.2.1. Usuario

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor.
El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

Peatón

Es considerado como peatón potencial a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad. Prácticamente todos somos peatones, por lo tanto, a todos nos interesa este aspecto. También puede decirse, que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población.

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

El comportamiento de los peatones es menos predecible que el de los conductores. Además es mucho más difícil regular el movimiento de los peatones que el de los vehículos. Esto es especialmente cierto en zonas urbanas donde los peatones tienden a considerar a los vehículos como intrusos en su propio terreno, y a pensar que las leyes de tráfico refieren exclusivamente a los vehículos. También es cierto que la mayoría de los reglamentos de tráfico conceden poca atención a los peatones, y la policía no suele sancionarlos dadas las dificultades que esto acarrea.

Conductor

El Conductor es considerado de forma individual o colectiva aquella persona que maneja un vehículo motorizado, este es el elemento más importante en la circulación viaria. El movimiento de los vehículos en la carretera depende fundamentalmente de ellos, y la calidad de circulación es el resultado de su mayor o menor habilidad para adaptar el movimiento de sus vehículos a las características de la carretera y de la circulación. La

forma de conducir de cada uno de ellos depende de innumerables variables que incluyen sus aptitudes, sus conocimientos, sus reacciones físicas y psicológicas.

Normalmente el conductor pretende desplazarse de un punto a otros con seguridad, comodidad y rapidez; para conseguirlo tiene que estar atento a las características de la carretera y al estado de la circulación, con objeto de tomar las decisiones adecuadas en los momentos precisos.

Se desarrolla así un proceso continuo de recepción de datos, análisis de los mismos y toma de decisiones. La recepción de las informaciones se realiza a través de los sentidos, la atención del conductor debe dividirse entre los distintos estímulos sensoriales presentes, la mayor parte de los estímulos son visuales y se reacción se verá dificultada si disminuye la visibilidad. Esta disminución puede ser debida a factores externos (niebla, lluvia, falta de luz, obstrucciones en el campo visual, etc.) o a factores propios del conductor (defectos de visión, sueño, efecto del alcohol u otras sustancias, distracción, etc.).

El conductor debe analizar la situación percibida y adoptar las decisiones que crea convenientes, estas serán más acertadas cuanto más sencilla sea la situación y mayor sea la experiencia y habilidad del conductor. En sentido contrario influirán condiciones físicas o psíquicas anormales como el cansancio, el sueño, la ansiedad, las preocupaciones, el efecto de drogas, etc. Una vez analizada la situación la reacción depende tanto del conductor como del vehículo, el conductor debe accionar los mandos necesarios (volante de dirección, acelerador, pedal del freno, etc.) y necesita estar familiarizado con ellos para realizar esta operación rápidamente y sin errores. Para que el vehículo realice los movimientos deseados es necesario que los mandos actúen correctamente y con una demora corta.

2.1.2.2. Vehículo

El Vehículo ha sido el elemento de mayor evolución en relación al tiempo, cambiando sus características para acomodarse al trazo urbano.

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no sólo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

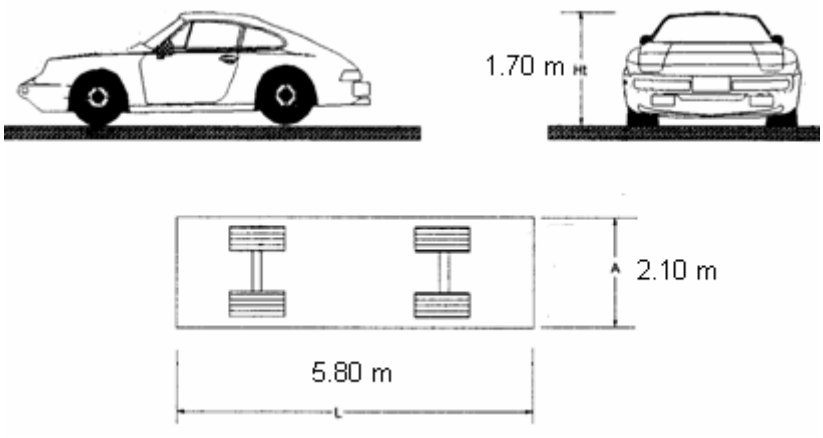
Para que la circulación sea segura, económica y cómoda para conductores y pasajeros, al proyectar las carreteras es necesario tener en cuenta las características de los vehículos. Estas características pueden ser muy diferentes de unos vehículos a otros, ya que actualmente circulan tipos muy variados. Para simplificar su estudio es conveniente agruparlos en varias categorías constituídas por vehículos de características parecidas. Los criterios de clasificación pueden variar según la finalidad perseguida. Así, es posible diferenciarlos según el sistema de propulsión, la finalidad de transporte realizado, su tamaño, peso y movilidad, etc.

El elemento vehículo tiene algunas características que influyen en el comportamiento del flujo vehicular, algunas de ellas son las siguientes:

Cuadro 2.1. Datos Básicos de los Vehículos Tipo

Características del vehículo	Automóviles **VP**	Autobuses y camiones **CO**	Autobuses interurbanos **O**	Camión semi – remolque **SR**
Ancho total; m =	2.10	2.60	2.60	2.60
Largo total; L =	5.80	9.40	12.20	16.80
Radio mínimo de la rueda externa delantera; m =	7.30	12.80	12.80	13.70
Radio mínimo de la rueda interna trasera; m =	4.70	8.70	7.10	6.00

Gráfico 2.1. Vehículo Tipo Ligero



Dimensiones

Son datos fundamentales para el diseño de las carreteras. Determinadas características geométricas de la carretera y de sus instalaciones auxiliares, como los estacionamientos, condicionan las dimensiones de los vehículos que pueden utilizarlas. Recíprocamente, estas dimensiones hacen necesarias unas características geométricas mínimas en las vías.

El ancho de los vehículos está relacionado con el ancho de los carriles y con la capacidad vehicular de la vía.

La longitud es la dimensión más variable, influye sustancialmente en trayectorias curvas por el efecto del radio de curvatura.

La altura es una dimensión también muy variable y está influenciada sobre todo por los pasos a desnivel, señalización vertical, etc.

Potencia

La potencia es la cantidad de esfuerzo necesaria para poner en movimiento a un vehículo, la potencia de los vehículos a combustión interna está ligada al número de giros que se produce en el par motor siendo una relación proporcional entre el número de giros y la potencia del vehículo.

Radio de Giro

Se define como radio de giro a la trayectoria que sigue el vehículo al girar su eje delantero, de tal manera que tenga una trayectoria circular que marque el espacio necesario para cambiar de sentido en un ángulo de 180 grados o para girar el vehículo en una trayectoria curva; normalmente se tiene un radio de giro mínimo que marca la rueda trasera derecha y un radio de giro máximo que marca la parte externa delantera del lateral izquierdo del vehículo.

Velocidad

La velocidad de los vehículos es un elemento fundamental en el comportamiento del flujo vehicular. En la actualidad las velocidades dadas por los fabricantes a los vehículos son altas, sin embargo, el resto de las condiciones tanto internas como externas hacen que los vehículos circulen por las calles y carreteras a velocidades menores. Esta característica de la velocidad puede causar distorsiones en la circulación, generando colas de congestionamiento cuando son bajas y accidentes cuando son altas.

Resistencia

Un vehículo en circulación cualquiera sea el tipo va a tener resistencia, las más importantes son las siguientes:

- ***Resistencia al Aire;*** Un vehículo en movimiento encuentra como fuerza inversa y de sentido contrario al aire lo que obliga que la potencia debe aumentar para vencer dicha resistencia.
- ***Resistencia a la Fricción;*** Cuando un vehículo se encuentra en circulación se presenta una resistencia entre la capa de rodadura y las llantas, esta depende esencialmente del tipo de rodadura.
- ***Resistencia a la Pendiente;*** Cuando un vehículo en movimiento pasa de de una trayectoria plana a una rampa con pendiente.

2.1.2.3. Vía

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos. La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. El elevado nivel de vida de un país se relaciona con un excelente sistema vial o viceversa.

2.2. Factores del Tráfico

Se deben conocer las características del tránsito, ya que esto le será útil durante el desarrollo de proyectos viales y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de diseño, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte.

2.2.1. Volumen

Se llama volumen de tráfico al número o cantidad de vehículos que pasa a través de una sección fija de la vía en un tiempo menor a una hora, se puede expresar en unidades de [veh/hora] teniendo en cuenta que no representa exactamente el número de vehículos por hora.

Los volúmenes de tránsito para su cálculo están clasificados de acuerdo al lapso de tiempo determinado, este lapso puede ser un año, un mes, una semana, un día o una hora; esta medición puede realizarse en cualquier vía en forma manual o automática.

Los volúmenes más importantes son:

- Tránsito Promedio Horario (TPH); Es el número de vehículos que pasan por un punto determinado cada hora de las 24 horas del día. Si este registro corresponde a un año será el Tránsito Promedio Horario Anual (TPHA).
- Tránsito Promedio Diario (TPD); Es el número de vehículos que pasan por un punto determinado las 24 horas del día. Si este registro corresponde a un año será el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

2.2.2. Velocidad

Es la relación entre la distancia recorrida por un vehículo y el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia.; es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en (km/h). La velocidad en un tramo de carretera varía mucho de un vehículo a otro. Incluso cuando se estudia la velocidad de un solo vehículo se ve que ésta no permanece constante aunque el conductor pretenda mantenerla fija. Por otra parte es más interesante estudiar valores medios de la velocidad que seguir con detalle la evolución de los distintos vehículos que circulan por un tramo; estos valores medios pueden obtenerse de distintas formas y con resultados diferentes.

$$\boxed{v = \frac{d}{t}} \qquad (2\text{-}1)$$

Donde:

v = velocidad constante (km/hr)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (hr)

- Velocidad de Punto; Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía. Esta velocidad está considerada a flujo libre, es decir, que un vehículo para imprimir una velocidad no tiene influencia de ningún elemento externo y por ello su comportamiento es independiente. Para medir esta velocidad se utiliza una sección de calle o carretera definida por una distancia fija que

puede variar entre 25, 50, 70, 100 metros, en cuyo espacio se mide el tiempo que tarda el vehículo en recorrer libre de toda interferencia externa.

- Velocidad de Recorrido Total; Esta velocidad no es más que el cociente que resulta de dividir la distancia recorrida por un vehículo entre el tiempo total que se empleó en recorrer dicha distancia. En ese tiempo están incluídos todos los tiempos en que el vehículo se haya detenido ante la presencia de agentes externos o demoras operacionales como; reducciones de velocidad, paradas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc. Esta velocidad sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez del tráfico.

- Velocidad de Crucero; La velocidad de crucero 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.

- Velocidad Directriz; Llamada también velocidad de proyecto o velocidad de diseño, es aquella a la cual, un conductor de habilidad media con razonable atención puede recorrer el camino con entera seguridad, es decir, es aquella velocidad máxima segura que puede mantenerse en un tramo de una vía. La velocidad de directriz sirve para relacionar las características geométricas de una carretera como el alineamiento horizontal, vertical, distancia de visibilidad, de frenado, peraltes, radios de curvatura, etc.

- Velocidad de Circulación Media; Es aquella que se mide a objeto de determinar la velocidad de circulación media de tramos de carretera o conjunto de calles de un área urbana, cuyo comportamiento respecto a la velocidad se quiera determinar.

- Velocidad Percentil; La velocidad percentil es una velocidad fraccionaria que se la determina de cualquier velocidad anterior, de manera estadística tomando fractiles o

percentiles, los más usados son 75%, 80%, 85%, cuyo valor nos refleja con mayor certeza la velocidad medida o determinada.

2.2.3. Densidad

Se define la concentración o densidad de tráfico como el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado. Por lo general se expresa en unidades de vehículos por kilómetro (veh/km).

Se puede medir la densidad de tráfico de un tramo de una vía con la ayuda de una fotografía aérea, en la cual se contaría fácilmente las cantidades de vehículos; también es posible calcular la densidad en función de la intensidad y velocidad.

Está claro que cualquier tramo de vía tiene una densidad máxima, esta situación se da cuando los vehículos están totalmente varados y sin espacios de separación entre ellos; por lo tanto, si se tuviera en el tramo vehículos de una misma longitud, entonces, la densidad o concentración máxima se obtendría como el inverso de la longitud del vehículo.

2.3. Capacidad y Nivel de Servicio

2.3.1. Capacidad

La capacidad se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por una vía en un período determinado de tiempo bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. Refleja la habilidad de la vía para acomodar una corriente de movimiento de vehículos. La Capacidad se expresa en vehículos/hora.

Para que se alcance la capacidad de una sección de carretera es necesario:

- Que haya una demanda de tráfico suficiente en el acceso a la sección.
- Que no exista una sección anterior de menor capacidad, que impida que la intensidad del tráfico se mantenga en la entrada.

- Que no exista una sección posterior de menor capacidad que de formación a una cola de vehículos que llegue a impedir la salida de los mismos de la sección considerada.

Debido a la fluctuación aleatoria del tráfico pueden presentarse valores muy altos de la intensidad durante períodos muy cortos, por lo que normalmente interesa más definir la capacidad mediante el número de vehículos que pasan durante un período suficientemente largo para eliminar estas oscilaciones aleatorias, por ejemplo, quince minutos o una hora.

2.3.1.1. Condiciones Prevalecientes

La capacidad depende de las condiciones existentes, que ya estas al variar la modifican. Estas condiciones se refieren fundamentalmente a:

- Condiciones de la infraestructura vial; Las características físicas de la sección de calle o carretera (de tránsito continuo o discontinuo, con o sin control de accesos, divididas o no, de dos o más carriles, etc.), el desarrollo de su entorno, las características geométricas (ancho de carriles y acotamientos, obstrucciones laterales, velocidad de proyecto, restricciones para el rebase y características de los alineamientos, y el tipo de terreno donde se aloja la obra (estado del pavimento).

- Condiciones del Tránsito; Se refiere a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, a las regulaciones de la circulación (limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamiento, etc.) que influyen sobre el tráfico, y a su composición en tipos de vehículos como livianos, camiones, autobuses y vehículos recreativos.

- Condiciones de Control; Hace referencia a los dispositivos para el control del tránsito, tales como semáforos y señales restrictivas (alto, ceda el paso, no estacionarse, etc.)

- Condiciones Externas; Hay que considerar las condiciones ambientales y meteorológicas, aunque la influencia de estos factores generalmente es pequeña, y sólo en condiciones excepcionales puede llegar a ser importante.

2.3.1.2. Consideraciones Básicas

Para entender mejor la definición de la capacidad, es necesario aclarar algunos puntos importantes.

- La capacidad se define para las condiciones prevalecientes de la carretera, la circulación y los sistemas de control, que deben ser razonablemente uniformes para un tramo o instalación completa a analizar. Cualquier cambio en las condiciones prevalecientes supondrá un cambio en la capacidad de la instalación. La definición asume la persistencia de buen clima, buenas condiciones del firme y la inexistencia de accidentes.

- La capacidad, normalmente se refiere a “una sección o segmento uniforme” de la infraestructura. El análisis de la capacidad se lleva a cabo en segmentos de una instalación que tienen condiciones uniformes de la circulación, la vía y los sistemas de control. Dado que la capacidad depende de estos factores, los segmentos que tienen distintas condiciones prevalecientes tendrán a su vez capacidades diferentes. A menudo la sección o segmento con las peores condiciones de explotación, determina los niveles de servicio generales de la misma.

- La capacidad se refiere a una tasa de flujo vehicular durante un período específico de tiempo, que muy a menudo es el período de 15 minutos punta. La capacidad no se refiere al máximo volumen al que puede darse el servicio durante una hora. Esta definición contempla la posibilidad de variaciones sustanciales en el flujo dentro de una hora y concentra el análisis en los períodos de máximo flujo.

- Una capacidad dada para una instalación, es una tasa de flujo que puede ser repetidamente alcanzada durante períodos punta, en los que exista suficiente demanda y que puede ser conseguida en instalaciones con características similares. No es la tasa de flujo máxima jamás observada en este tipo de instalación. Las características de los conductores varían de región a región y la tasa de flujo máxima absoluta, puede variar día a día y de lugar a lugar.

2.3.2. Nivel de Servicio

Para medir la calidad del flujo se usa el concepto de Nivel de Servicio. Es 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 pasara 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.

Nivel de Servicio A; Condiciones de flujo libre, con bajos volúmenes y altas velocidades. Hay poca o nula limitación de maniobras por la presencia de otros vehículos y puede conservarse la velocidad deseada con pocos o nulos retardos.

Gráfico 2.2. Nivel de Servicio A



Nivel de Servicio B; Condiciones de flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser algo restringidas por las condiciones del tráfico. Los conductores tienen una razonable libertad para seleccionar su velocidad y su carril. El límite menor de velocidad con mayor volumen en este nivel de servicio se relaciona con los volúmenes de servicio usados en el proyecto de carreteras.

Gráfico 2.3. Nivel de Servicio B



Nivel de Servicio C; Corresponde aun a un flujo estable, pero las velocidades y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes. La mayor parte de los conductores ven restringidas su libertad de elegir la velocidad, cambiar de carriles o rebasar. Aun se obtiene una relativamente satisfactoria velocidad de operación, con volúmenes de servicio quizás apropiados para el proyecto de arterias urbanas.

Gráfico 2.4. Nivel de Servicio C



Nivel de Servicio D; Se acerca al flujo inestable, con velocidades de operación tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones del tráfico. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones temporales en el flujo pueden causar considerables reducciones en la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por períodos cortos.

Gráfico 2.5. Nivel de Servicio D



Nivel de Servicio E; Representa una operación a menores velocidades que en el nivel de servicio D, con volúmenes que se acercan, a la capacidad del tramo. Al llegar a esta, las velocidades, normalmente pero no siempre, son de cerca de 50 Km/h. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de duración momentánea.

Gráfico 2.6. Nivel de Servicio E



Nivel de Servicio F; Se refiere a un flujo que opera forzado, a bajas velocidades, donde los volúmenes son menores que los correspondientes a la capacidad. Estas condiciones resultan de las colas de vehículos producidas por alguna obstrucción en la corriente. Las velocidades se reducen considerablemente y pueden ocurrir paradas, cortas o largas, debido al congestionamiento. En casos extremos, la velocidad y el volumen pueden tener valor cero.

Gráfico 2.7. Nivel de Servicio F



2.3.3. Factores que intervienen en la Capacidad y Niveles de Servicio

En base a las relaciones (entre la intensidad del tráfico y otros parámetros que definen el nivel de servicio, como la velocidad media de los vehículos o la densidad) y los valores de los parámetros que limitan los diferentes niveles de servicio, se puede obtener fácilmente la intensidad de servicio que corresponde a cada uno de los distintos niveles. Estas relaciones varían con el tipo y las características de la carretera, y en consecuencia la capacidad y las intensidades de servicio dependen de una serie de factores, unos relacionados con las características de la carretera y otros con las del tráfico.

Condiciones Ideales

En principio, una condición es ideal cuando su mejora no produce incremento alguno de la capacidad. En condiciones ideales se asume la existencia de buen clima, un firme en buenas

condiciones, usuarios habituados a circular por la infraestructura concreta en estudio y la inexistencia de incidentes que obstruyan el flujo.

Se considera que un acceso a una intersección tiene condiciones ideales cuando tiene:
- Anchura de carril igual o mayora a 3.60 metros.
- Inexistencia de estacionamientos junto al bordillo en los accesos a la intersección.
- Una circulación constituída únicamente por vehículos ligeros.
- Todos los vehículos cruzan la intersección sin realizar ningún tipo de giro.
- La intersección está situada fuera de la zona más céntrica y con mayor actividad comercial.
- En los accesos a intersecciones semaforizadas se presenta siempre la fase verde.
- Terreno o rasante llana.
- Inexistencia de peatones.

En la mayoría de los análisis de capacidad, las condiciones prevalecientes no son ideales y los cálculos de capacidad, intensidad o nivel de servicio, deben incluir correcciones predictivas para reflejar la ausencia de estas condiciones ideales.

Factores que dependen de la carretera

- **Sección Transversal;** La capacidad y las intensidades de servicio son directamente proporcionales al número de carriles existentes para cada sentido. Por ello, en carreteras o en calles con calzadas separadas en las que haya dos o más carriles para cada sentido se puede hablar de capacidad (e intensidad de servicio) por carril, y la capacidad total será igual al producto del número de carriles por la capacidad de cada carril. La capacidad por carril aumenta con su anchura, pero a partir de unos 3.60 m. no se consiguen aumentos sensibles de capacidad.

- **Obstáculos Laterales;** Si junto a los carriles exteriores de la calzada existen obstáculos como postes de señales, bordillos elevados, barreras, cunetas profundas, etc., se ha

comprobado que los conductores tienden a desplazarse hacia el centro de la calzada. Por consiguiente, el efecto que producen es semejante a un estrechamiento.

- Trazado; La velocidad a la que se circula, y por consiguiente el nivel de servicio que se puede conseguir en un tramo de calle, depende de la velocidad de proyecto de la misma. Sin embargo, si la intensidad del tráfico se acerca a la capacidad, la velocidad de cualquier vehículo está condicionada por los vehículos que le rodean y resulta independiente de la velocidad de proyecto de la calle.

Factores que dependen del Tráfico

- Vehículos Pesados; Los vehículos pesados se definen como aquellos vehículos que tienen más de cuatro neumáticos en contracto con el pavimento. Los vehículos pesados tienen mayores dimensiones que los vehículos ligeros y generalmente se mueven a velocidades menores; por ello, cuando entre los vehículos que circulan por una calle existen vehículos pesados, el número total de vehículos que puede atravesar una sección será menor que si todos los vehículos fueran automóviles ligeros. Por consiguiente, la capacidad de la calle será menor si circulan vehículos pesados. Asimismo, se producirá una reducción en el nivel de servicio, ya que los vehículos pesados que son muy lentos, obligarán a algunos vehículos a reducir su velocidad y a afectar maniobras de adelantamiento.

- **Distribución del Tráfico;** Las condiciones óptimas en calles de dos carriles, se producen cuando el reparto es de aproximadamente un 50% en cada sentido. La capacidad se reduce al descompensarse este reparto.

- Variación del Tráfico; Para el caso de la determinación de la capacidad de circulación discontinua, además de los factores ya mencionados, se debe tomar en cuenta otro factor como el de la regulación, basado en el control disponible para cada movimiento de circulación. El semáforo es sin duda, el elemento más crítico en las estructuras de regulación en las calles, también señales como STOP o Ceda el paso afectan a la capacidad, aunque su influencia sea menor.

- Conductores; Cuando los conductores son usuarios más habituales y tienen mayor conocimiento de la vía se registran capacidades más altas, caso contrario se aplica un factor de corrección.

2.3.4. Capacidad en tipos de intersecciones

Al analizar las intersecciones, nos damos cuenta que normalmente confluyen corrientes de tráfico en distintas direcciones y en las que por consiguiente, la trayectoria de algunos vehículos puede cortar a las de otros; en estos casos, algunos vehículos tendrán que detenerse para evitar accidentes, lo que es más frecuente cuando son mayores las intensidades de tráfico, resultando así críticas estas intersecciones, tanto desde el punto de vista de la seguridad como de la capacidad.

Para calcular la capacidad en estos puntos, no existe un procedimiento único, sino algunos métodos válidos para las situaciones más frecuentes, que dependen principalmente del sistema de regulación de tráfico que rige la zona de conflicto y del tipo de maniobras que realicen los vehículos.

Las intersecciones pueden ser semaforizadas y no semaforizadas.

Intersecciones semaforizadas

La intersección regulada por semáforos es una de las situaciones más complejas en el sistema circulatorio, pues se debe tomar en cuenta una gran variedad de condiciones prevalecientes, incluida la cantidad y la distribución del tráfico rodado, la composición del mismo, las características geométricas y los detalles de semaforización de la intersección.

Para intersecciones reguladas por semáforos hay que añadir un elemento adicional en el concepto de capacidad, la distribución del tiempo. La manera en la que el semáforo distribuye el tiempo es muy significativa en el funcionamiento de la intersección y en la capacidad de la misma y de sus accesos. De hecho, la semaforización que puede cambiarse

con frecuencia y rápidamente, permite un amplio margen de maniobra en la “gestión” de la capacidad física del espacio y de la geometría de la intersección.

Intersecciones no semaforizadas

Estas intersecciones generalmente están compuestas por señales de prioridad y son las más frecuentes en las calles convencionales. Para establecer las prioridades de paso en las calles que concurren en la intersección se colocan señales de circulación.
La capacidad de cada acceso a la intersección se estudia por separado. Hay dos clases de accesos en estas intersecciones; aquellos en los que los vehículos tienen prioridad de paso, y aquellos en los que los vehículos deben ceder el paso a los que llegan por los accesos prioritarios. En la calle prioritaria la capacidad de los accesos son prácticamente la misma que en un tramo con circulación continua, ya que los vehículos no se ven obligados a detenerse; únicamente los vehículos que giran a la izquierda tienen que ceder el paso a los que vienen en sentido contrario, por lo que están en condiciones similares a las de los vehículos que llegan por los accesos no prioritarios.

Para el cálculo de la capacidad de los accesos no prioritarios se necesita emplear un método que tenga en cuenta el efecto de la regulación de la prioridad. Los vehículos que llegan por esos accesos sólo pueden entrar en la intersección cuando en la calle prioritaria no hay ningún vehículo a una distancia inferior a una que puede medirse por el tiempo que tardará en llegar a la intersección el vehículo con prioridad de paso. Si este tiempo es suficientemente largo, la mayor parte de los vehículos no prioritarios entrarán sin esperar en la intersección, pero si es corto la mayoría de ellos esperarán a que pase el vehículo prioritario.

2.4. Semaforización

Se define como semáforo a los dispositivos electromagnéticos y electrónicos, que se usan para facilitar el control de tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados, como lo son el rojo, amarillo y verde.
Su función principal es la de permitir el paso alternadamente a las corrientes de tránsito que cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

2.4.1. Componentes del Semáforo

Los semáforos vehiculares están constituídos por los siguientes elementos.

a) Cabeza

Se denomina cabeza de un semáforo al elemento que contiene las señales luminosas; esta cabeza contiene un número determinado de caras en las diversas direcciones que a su vez contienen a las señales luminosas o focos.
La cabeza normalmente es un armazón metálico hueco que contiene a los reflectores de cada una de las caras y a los cables que están conectados, en algunos casos llevan además unas viseras sobre cada una de las señales luminosas, para evitar el reflejo del sol y mantener una buena visibilidad de la señal.

b) Cara

La cara de un semáforo es el conjunto de unidades ópticas como ser: el lente, reflector, lámpara y portalámpara. Por seguridad, se recomienda el uso de dos caras para cada acceso a la intersección, ya que uno de ellos podría ser tapado por un vehículo grande o por si se ha fundido alguna de las lámparas.

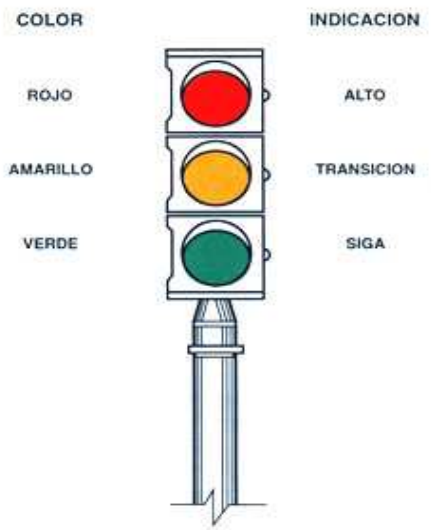
c) Focos

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

Los focos de cada cara están ubicados en un eje vertical de la siguiente manera; Rojo en la parte superior, por debajo de este se ubica el amarillo o ámbar y por último el verde.

Existen señales adicionales como giros a la izquierda o derecha, paso de peatones; estos pueden ir por debajo de la señal verde o a un costado.

Gráfico 2.8. Colores del Semáforo



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

Color Amarillo, Significa precaución ya que la luz roja está a punto de encenderse y por lo tanto vehículos y peatones deberán detenerse. El conductor deberá detener su vehículo en forma suave evitando frenar bruscamente.

Color Verde, Significa que tanto los vehículos como los peatones que se encuentran frente a un semáforo con luz verde pueden continuar su marcha sin detenerse.

d) Postes

Estos son los componentes de sustentación de los semáforos, ayudan a ubicar al semáforo a una altura adecuada para facilitar su visibilidad tanto a los conductores de los vehículos como a los peatones

Ubicación

De acuerdo a las características físicas de la intersección y al número de carriles que puede presentarse en cada acceso pueden existir varias formas de ubicación de semáforos.

Semáforos Individuales; Estos semáforos van ubicados en la entrada de cada acceso a 60 cm. como mínimo del cordón de la acera, cuya altura puede variar de 2.40 – 4.50 m. dependiendo de la visibilidad existente. Si bien desde el punto de vista operacional estos pueden resultar los más eficientes resultan antieconómicos debido a que cada poste soporta una cabeza de semáforo de una sola cara.

Semáforos con Ménsula Corta; Cuando la visibilidad en la intersección no permite una buena ubicación del semáforo, se recurre a estructuras metálicas tipo ménsula, que soportan la cabeza del semáforo un poco más al interior de la calzada y por lo tanto es más visible.

Semáforos con Ménsula Larga; Cuando los semáforos van a tener más de una cara y se quiere que estas sean igualmente visibles a cada acceso, se recurre a la utilización de estructuras metálicas tipo ménsula pero que abarquen hasta 1/3 a 2/3 de la intersección de tal manera que sea visible a todos los accesos, si bien la estructura se encarece un poco más, se equilibra por el número de caras que pueda tener la cabeza del semáforo.

Semáforos Colgantes; Este tipo de semáforos se recomienda en intersecciones en las cuales se va a tener 4 accesos que puedan dar origen a 4 caras de la cabeza del semáforo, que tienen que ser igualmente visibles, para ello se busca un punto que será

geométricamente concéntrico en la intersección y se coloca el semáforo soportado por cables que están anclados en las paredes de la intersección.

2.4.2. Tipos de Semáforos

Semáforos de Tiempo Fijo

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

Los semáforos de tiempo fijo, tienen una coordinación más precisa con los semáforos adyacentes que en el caso de semáforos accionados por el tránsito, por otro lado, no presentan detectores que informan sobre el número de vehículos que llegan por los accesos. Finalmente el costo del equipo de tiempo fijo es menor que la del equipo accionado por el tránsito y su conservación es más sencilla.

Semáforos Accionados por el Tráfico

Estos semáforos reciben información del número de vehículos que llegan por los accesos a través de detectores que se instalan en dichos accesos. Teniendo en cuenta las intensidades de tráfico el regulador del semáforo decide si debe o no cambiar la fase. Existen limitaciones de duración máxima y mínima de cada fase para evitar largas esperas, estas duraciones se adaptan automáticamente a las variaciones del tráfico a través del regulador.

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

Semáforos con Control Centralizado

Este tipo de semáforos reciben órdenes de un ordenador central, que es el encargado de controlar todos los semáforos de una zona. Este ordenador recibe información del tráfico

por medio de detectores colocados en lugares estratégicos y decide lo que conviene realizar en cada momento. Estos semáforos son utilizados en grandes zonas urbanas.

2.4.3. Términos Básicos o Parámetros de Tiempo

Ya sea que la distribución de los tiempos en un semáforo se realice por métodos manuales o computacionales, se necesita conocer los principios básicos que la sustentan.

- Indicación de Señal; Se refiere al encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.

- Ciclo o Longitud de Ciclo; Tiempo necesario para que el disco indicador efectúe una revolución completa o secuencia completa de todas las indicaciones de señal del semáforo.

- Movimiento; Maniobra o conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila.

- Intervalo; Cualquiera de las diversas divisiones del ciclo, durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo.

- Fase; Es parte del ciclo asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de paso, durante uno o más intervalos. Es la selección y ordenamiento de movimientos simultáneos. Una fase puede significar un solo movimiento vehicular, un solo movimiento peatonal, o una combinación de movimientos vehiculares y peatonales. Una fase comienza con la pérdida del derecho de paso de los movimientos que entran en conflicto con los que lo ganan. Un movimiento pierde el derecho de paso en el momento de aparecer la indicación amarilla.

- Secuencia de Fases; Orden predeterminado en que ocurren las fases del ciclo.

- Reparto; Porcentaje de la longitud del ciclo asignado a cada una de las diversas fases.

- Intervalo de despeje; Tiempo de exposición en el intervalo amarillo del semáforo que sigue al intervalo verde. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente.

- Intervalo todo rojo; Tiempo de exposición de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara a circular. Es utilizado en la fase que recibe el derecho de paso después del amarillo de la fase que lo pierde, con el fin de dar un tiempo adicional que permita a los vehículos, que pierden el derecho de paso, despejar la intersección antes de que los vehículos, que lo ganan, reciban verde. Se aplica sobre todo en aquellas intersecciones que sean excesivamente anchas. También puede ser utilizado para crear una fase exclusiva para peatones.

- **Intervalo de cambio de fase;** Intervalo que puede consistir solamente en un intervalo de cambio amarillo o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo.

2.4.4. Determinación de los Tiempos del Semáforo

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

La elección del tiempo que dure el ciclo es un a priori, 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 varia entre 35 y 120 segundos.

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

- Volumen de demanda vehicular.
- Composición del tráfico (vehículos livianos, medianos, pesados, transporte público y privado).

- Volumen de la demanda peatonal.
- Movimiento de giro.

Determinación de la fase amarilla

La fase amarilla tiene como objetivo avisarle al conductor que va a aparecer la fase verde o la fase roja, y permitirle un tiempo suficiente para detener el vehículo o culminar una maniobra del cruce de la intersección.
Por lo tanto, para asignar un tiempo a esta fase debemos tomar en cuenta la distancia de visibilidad de frenado, la velocidad de circulación media y el ancho de la intersección.

La relación que involucra estas acciones es la siguiente:

$$\boxed{Ta = \frac{D}{v} + \frac{a}{v}} \qquad (2\text{-}2)$$

$$\boxed{D = \frac{v * t}{3.6} + \frac{v^2}{254 * (f + -i)}} \qquad (2\text{-}3)$$

Donde:
Ta = Tiempo fase amarilla (seg)
v = Velocidad de circulación media (Km/hr)
a = Ancho de la intersección
D = Distancia de visibilidad de frenado
t = Tiempo de reacción y percepción (2 – 2.5 seg)
f = Coeficiente de fricción neumático – calzada (0.40)
i = Pendiente longitudinal de la intersección en el sentido del acceso

Determinación de la fase verde y la fase roja

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

Estos tiempos deben estar muy relacionados con la demanda, la misma que esta dada por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección.

Si los volúmenes los consideramos como valores totales las relaciones serán:

$$\boxed{\frac{V_1}{tv_1} = \frac{V_2}{tv_2}} \qquad (2\text{-}4)$$

$$\boxed{C = ciclo - ta_1 - ta_2} \qquad (2\text{-}5) \qquad \boxed{ciclo = tv_1 + tv_2 + ta_1 + ta_2} \qquad (2\text{-}6)$$

Colocando en función a una sola variable:

$$\boxed{\frac{V_1 * ta_1}{tv_1} = \frac{V_2 * ta_2}{tv_2}} \qquad \boxed{tv_2 = ?} \qquad (2\text{-}7)$$

Donde:

V_1 = Volumen Acceso 1

V_2 = Volumen Acceso 2

tv_1 = Tiempo de verde en acceso 1

tv_2 = Tiempo de verde en acceso 2

C = Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

ta_1 = Tiempo de fase amarilla en acceso 1

ta_2 = Tiempo de fase amarilla en acceso 2

2.4.5. Coordinación de Semáforos

Se entiende por coordinación de semáforos a la forma metodológica de hacer que funcione un conjunto de semáforos aislados para lograr una mayor fluidez en la circulación, cuanto mejor estén asignados los tiempos de las diferentes fases y mejor esté la coordinación, mayores posibilidades se tendrá de conseguir que la circulación sea fluída y con menores tiempos de demora.

Coordinación Continua o Simultánea

Este tipo de coordinación es aquella que aproximadamente nos da la misma indicación y al mismo tiempo en todos los semáforos, es decir, que todos los semáforos de una red indiquen al mismo tiempo la fase verde, amarilla o roja.
Este tipo de coordinación está en función de los volúmenes de demanda que se tiene en cada una de las intersecciones, generalmente este tipo de coordinación se utiliza en base a 1 o 2 intersecciones, las más importantes, teniéndose el resto que acomodarse a las condiciones que marque el ciclo y la fase.
En la mayoría de las ciudades las primeras redes de semáforos son de este tipo, que funcionan bien para algunas intersecciones y con muchas demoras para otras.

Coordinación Alterna

Este tipo de coordinación se refiere a tener semáforos ubicados sobre una misma línea con mediciones de tipo alterno, es decir, que las indicaciones de fase verde pueden ir en forma alternada cada una, dos o tres intersecciones y lo mismo ocurriría con las fases rojas de tal manera que permitan que un conjunto de vehículos puedan circular con fluidez en un determinado espacio.
Esta modalidad de coordinación alterna es útil y recomendable para trazos urbanos, donde se tengan definidos los flujos direccionales principales y flujos direccionales secundarios.

Coordinación Flexible

La coordinación flexible se entiende como la determinación de diferentes tiempos de fase verde en semáforos pertenecientes a una red, aunque tenga tiempos fijos que responden más a las necesidades de la demanda real en cada intersección, es decir, este tipo de coordinación optimiza los tiempos de fase verde en función de las demandas de acceso, siendo esto sólo posible en una central digitalizada que tenga subcentrales inducidas unitarias para cada semáforo. Esto se da con la nueva tecnología en centrales semafóricas que han servido para optimizar pero tienen un costo más elevado.

2.5. Señalización

La señalización es el parámetro de la Ingeniería de Tráfico cuyo objetivo es estudiar, analizar y disponer de señales que coadyuven al ordenamiento vehicular en calles y carreteras.

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.

2.5.1. Tipos de Señalización

La señalización básicamente se divide en señalización vertical y horizontal.

2.5.1.1. Señalización Vertical

Es aquella que está colocada en postes verticales sobre la superficie del pavimento en lugares adecuadamente ubicados (para una buena visibilidad del conductor) y que sean permanentes en el tiempo.

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

Significado de Formas y Colores

Es fácil diferenciar los grupos de señales por su forma y color. Las formas de las señales son CIRCULARES, CUADRADAS y RECTANGULARES y sus colores son ROJO, AMARILLO, AZUL y VERDE.

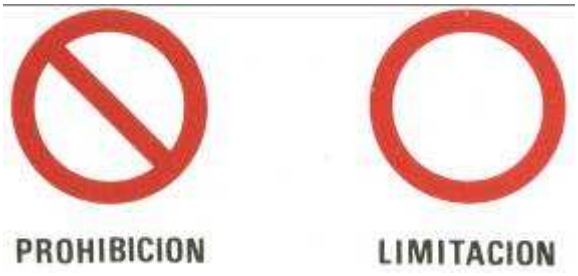
Las señales compuestas básicamente por una orla circular roja significan una restricción o prohibición y pertenecen al grupo de las señales RESTRICTIVAS. Las señales de PARE y CEDA EL PASO son las únicas señales restrictivas que tienen forma distinta para resaltar su importancia.

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

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.

Señales Restrictivas

Gráfico 2.9. Colores de señales restrictivas



Se dividen en señales de advertencia y/o peligro, de restricción y prohibición e indican órdenes, limitaciones o prohibiciones impuestas por leyes y ordenanzas. Su cumplimiento es obligatorio e inexcusable.

Sirven para limitar, obligar o prohibir determinadas situaciones en el tránsito y también para instruir al conductor sobre cómo proceder en uno u otro caso, en el lugar en que estén ubicadas.

Existen dos formas para estas señales: circulares y triangulares (triángulo equilátero invertido). Sin embargo, hay algunas exclusivas, como la de "PARE", cuya forma es un octágono regular de 75 cm. entre sus lados paralelos, la señal de “CEDA EL PASO” es un triángulo equilátero invertido de 80 cm. de lado.

Las señales de reglamentación tienen un fondo de color blanco y franja roja. Cuando están atravesadas por una banda diagonal, PROHIBEN. Cuando no, OBLIGAN o RESTRINGEN.

Señales Preventivas

Gráfico 2.10. Color de señal preventiva



Avisan con antelación sobre la proximidad de una circunstancia o variación de las condiciones de la ruta, que puede resultar sorpresiva o peligrosa para el conductor o los peatones.

No son de carácter obligatorio pero es preciso dejarse guiar por su información para no incurrir en riesgos o comportamientos que atenten nuestra seguridad.

También se les denomina señales genéricas de Prevención y son romboidales, de color amarillo, con una línea negra perimetral y figura también negra.

En algunos países el triángulo equilátero sobre su base, de fondo blanco y línea roja es una señal preventiva que advierte sobre una situación de máximo peligro.

Estas señales están colocadas antes del lugar donde existe peligro para dar tiempo al conductor a su reacción.

Señales Informativas

Gráfico 2.11. Colores de las señales informativas



Este tipo de señales verticales no transmiten órdenes ni previenen sobre irregularidades o riesgo en la vía pública y carecen de consecuencias jurídicas.

Están destinadas a identificar, orientar y hacer referencia a lugares, servicios o cualquier otra información útil para el viajero. Se colocan al costado de la vía de circulación (verticales) en forma similar a las preventivas en zona rural. La forma de estas señales por lo general es un rectángulo de posiciones y dimensiones variables.

Cuentan con varios fondos. Por ejemplo, el fondo azul se utiliza para señales de carácter institucional, histórico y de servicios. El color blanco como fondo es el que se usa para señales educativas o para anuncios especiales.

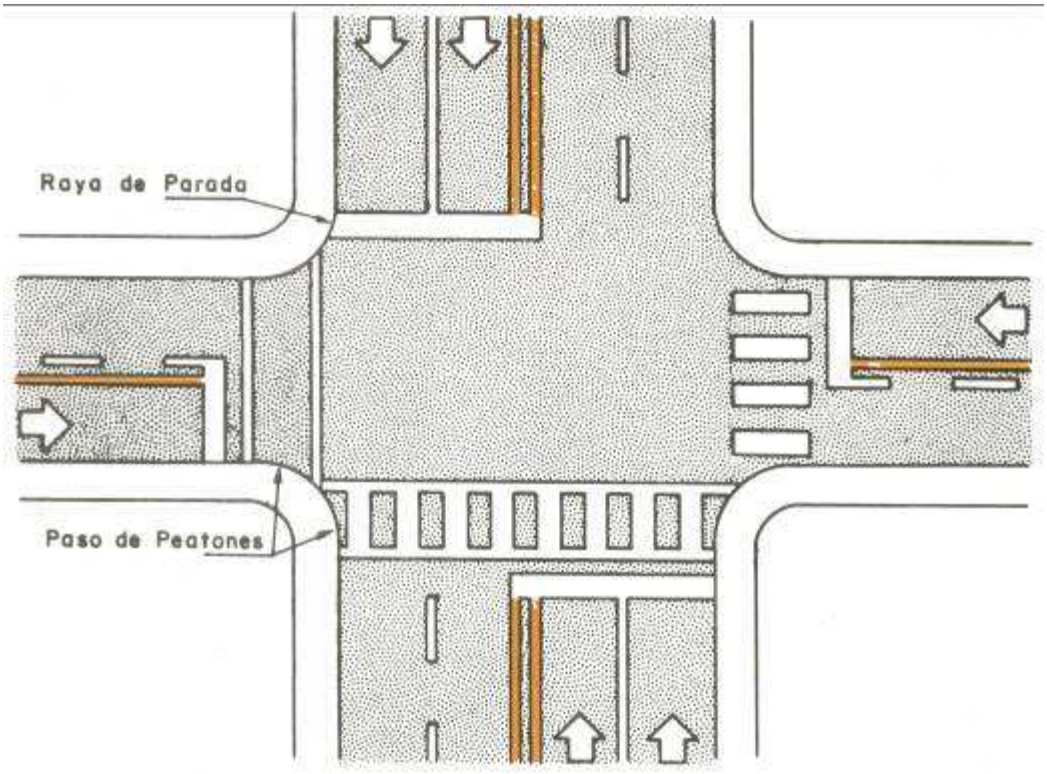
2.5.1.2. Señalización Horizontal

Consiste en marcas viales pintadas sobre la superficie del pavimento o con elementos que sobresalen muy poco de este pavimento, de manera que el conductor pueda visualizarlas y que estas sirvan para organizar el flujo vehicular.

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 transito. Sus características, al igual que las señales las hacen visibles durante el día y la noche, manteniéndose su significado igual en ambos casos.

Gráfico 2.12. Ejemplo de señales horizontales



Significado de Formas y Colores

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

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.

Algunas de las marcas que se tiene comúnmente en las calles son de diferentes tipos y tienen diferentes significados; su clasificación es la siguiente:

- Rayas de Parada; Las rayas blancas de parada son aquellas que están pintadas en la calzada en forma transversal, y sirven para indicar el lugar donde los vehículos deberán detenerse en el caso de una parada obligatoria anunciada por una señal de PARE o por un semáforo.

- Rayas de Cruces para Peatones; Las rayas blancas de cruces para peatones son aquellas que están pintadas en la calzada en forma transversal, y sirven para indicar el lugar destinado al cruce de peatones. La zona destinada al cruce de peatones esta limitada por dos rayas blancas que cruzan la calzada de lado a lado, o una serie de rayas juntas conocidas como “Cebra” y una raya de parada que indica el lugar donde los vehículos deben detenerse para ceder el paso a los peatones.

- Marcas de Estacionamiento Permitido; Las marcas de estacionamiento permitido son aquellas que están pintadas de color blanco sobre la calzada; su objetivo es delimitar los espacios para cada vehículo en zonas donde el estacionamiento está permitido. Su forma y orientación indican el tipo de posición para el estacionamiento, ya sea en línea o en batería.

- Marcas de Estacionamiento Prohibido; Las marcas amarillas de estacionamiento prohibido son aquellas que están pintadas sobre los bordillos de las calzadas, en el costado y parte superior de estos, formando una raya continua a lo largo de la zona donde el estacionamiento está prohibido en todo tiempo, tales como: entradas de vehículos, paradas de colectivos, zonas colindantes con esquinas y otras zonas donde se aplique esta prohibición.

- Marcas Indicadoras de Peligro; Las marcas indicadoras de peligro son aquellas que están pintadas sobre obstáculos que sobresalen de la calzada o adyacentes a ella, con el objeto de indicar al conductor la existencia de un peligro que constituye un riesgo para el transito. Estas marcas están pintadas sobre la cara del obstáculo o sobre una señal colocada en los obstáculos y están constituídas por rayas inclinadas de color amarillo y negro sucesivamente.

- Marcas Limitadoras de Isletas; Las isletas son pequeños espacios que forman parte de la calzada, y sirven para canalizar y separar el tránsito de una intersección. El contorno de estas isletas puede estar definido por un bordillo elevado unos centímetros por encima del pavimento o estar definido mediante rayas pintadas de color blanco sobre la calzada al mismo nivel del pavimento. Los bordillos sirven de barrera para que los vehículos no puedan invadir la zona dentro de una isleta. Las isletas, ya sea con o sin bordillos deben ser respetadas y ningún vehículo puede ingresar a sus áreas.

2.6. Estacionamiento

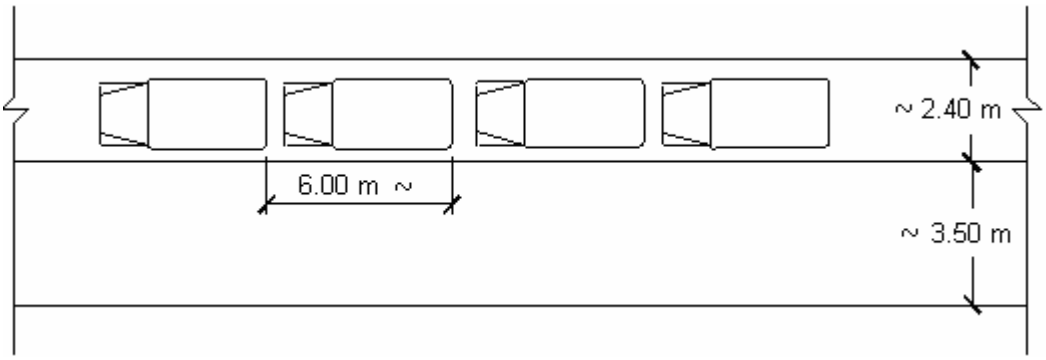
Es el área donde esta previste una detención temporal o de largas horas de un vehículo dentro o fuera de la calzada.

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: estaciones de ferrocarril, campos deportivos, hospitales, terminales, en las cercanías de oficinas públicas y administrativas, etc.

Gráfico 2.13. Estacionamiento paralelo a la calle



2.6.1. Estudios de Estacionamiento

Cualquier vehículo que viaja en una carretera quiere contemporáneamente parquearse 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.

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 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 cual 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.

2.6.2. Oferta – Demanda en Estacionamientos

Para conocer las características de estacionamiento de determinada zona, es necesario llevar a cabo ciertos inventarios y estudios, que permitan establecer la demanda de espacios y verificar las necesidades físicas, para así revisar o incrementar la oferta de espacios existentes.

Uno de los estudios que se realizan en las ciudades modernas es el de usos del suelo, o destino de los edificios, y la necesidad correspondiente de espacios de estacionamiento.

Se entiende por **Oferta**, a los espacios disponibles de estacionamiento tanto en la vía pública como fuera de ella. Para cuantificarla, se lleva a cabo un inventario físico de los espacios de estacionamiento disponibles.

Se entiende por **Demanda**, a la información de donde se estaciona la gente, por cuanto tiempo, o su variación horaria dentro y fuera de la vía pública. Representa la necesidad de espacios para estacionarse, o el número de vehículos que desean estacionarse con cierta duración o para un objetivo específico.

La información sobre demanda del estacionamiento es obtenida entrevistándose con conductores en las varias instalaciones de estacionamiento. La información buscada debe incluir: Origen del viaje, propósito del viaje, el destino del conductor después de parquear, Además de, la localización de la instalación del estacionamiento, los tiempos de la llegada y de la salida, y el tipo del vehículo.

2.6.3. Tipos de Estacionamientos

Estacionamientos en la Vía Pública

El tipo más simple de estacionamiento es en la calle (espacio adyacente a las aceras, frente a las instalaciones comerciales, a los edificios de oficinas y frente de viviendas),

desvirtuando el propósito de ésta, que es la circulación. Así mismo disminuyendo su capacidad, tanto por el espacio ocupado de estacionamiento como por los movimientos y maniobras para estacionarse.

Los estacionamientos en paralelo son recomendados en calles angostas y de volúmenes de tránsito importantes. Los estacionamientos en ángulo 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.

El estacionamiento en la vía pública puede ser:

- Estacionamiento Libre; No existe ninguna restricción para dejar un vehículo cerca de la acera, y es la forma ideal para aquellos conductores que logren encontrar libre un espacio, sin embargo, su uso no es equitativo, pues un usuario puede demorar más que otro.

- Estacionamiento Controlado; Se dispone de señales o dispositivos que restringen su tiempo de utilización. 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.

Estacionamientos fuera de la Vía Pública

Otro tipo de estacionamiento es el que se constituye fuera de la calle, estos estacionamientos son la causa directa de la necesidad de disminuir los estacionamientos en la calle, en beneficio de los usuarios y del mejoramiento de la circulación vial. Pueden ubicarse en lotes o predios baldíos y en edificios.

Desde luego para el diseño de las playas de estacionamiento, lotes o predios baldíos, se debe efectuar un estudio y análisis de la demanda en la zona requerida. Estos pueden ser de servicio público o privado, operados por el sistema de autoservicio o por acomodadores, y

utilizados por usuarios de corta y mediana duración, especialmente durante las horas hábiles del día

2.7. La Oferta y la Demanda de Transporte

2.7.1. Oferta de Transporte

La oferta de transporte consiste en un conjunto de medios que permiten realizar el transporte y que pueden clasificarse del siguiente modo:

- La infraestructura: las vías destinadas a la circulación.
- Los medios de transporte: los vehículos
- La forma en que ambos son gestionados

La oferta de transporte urbana suele calificarse por su capacidad, entendida ésta como la cantidad de personas que pueden trasladarse en un determinado período de tiempo. Desde un punto de vista exclusivo de la infraestructura, la capacidad suele medirse como la cantidad de vehículos que puede circular por un sitio determinado en un cierto período de tiempo.

a) Infraestructura vial

Las formas más simples de infraestructura vial son los nodos y los arcos.
Los nodos o intersecciones son puntos en que se cruzan dos o más vías, por lo que el espacio vial es compartido por ellas; en las intersecciones los vehículos pueden cambiarse a una ruta diferente. Por su parte, los arcos son tramos de vías entre intersecciones y, en general, presentan cierta uniformidad en su ancho; no es posible cambiar de ruta para los vehículos que operan en él, pudiendo sólo salir o incorporarse a la vía hacia o desde los predios vecinos.
Una sucesión de arcos e intersecciones configura lo que se denomina eje vial o simplemente, vía o calle. Las vías se entrecruzan formando una auténtica malla. Por ello, lo

que sucede en una calle puede repercutir en otras, especialmente en situaciones de congestionamiento. De ahí que en el lenguaje técnico suele hablarse de “redes viales”, como el conjunto de arcos y nodos conexos que constituyen un sistema. La operación del tránsito lo pone de manifiesto, surgiendo un conjunto de impactos encadenados y difundidos territorialmente.

b) Los medios de Transporte

Una extensa variedad de vehículos utiliza las calles y avenidas de la ciudad, desde automóviles hasta buses de gran tamaño, pasando por vehículos colectivos, de servicio y de carga de los más variados portes. Esta amplia gama de móviles presta el servicio de transporte de personas y cosas, aunque sus modalidades y calidad de servicio son diferentes. Un asunto importante en relación con el congestionamiento es el uso que cada tipo de vehículo hace del espacio disponible para la circulación, debiendo constatarse que los que llevan más pasajeros son los más eficientes en este sentido, aunque no por ello tengan la primacía en otros aspectos como velocidad de desplazamiento o comodidad.

c) La gestión del sistema de transporte

La red vial y los vehículos deben considerarse en conjunto, ya que con la misma infraestructura y los mismos tipos de vehículos pueden lograrse capacidades de transporte muy distintas. En otras palabras, la gestión del sistema puede hacer una gran diferencia. No es lo mismo que las calles tengan uno o dos sentidos de tránsito, que en todas la intersecciones se pueda virar en cualquier dirección, que los semáforos estén bien sincronizados o no, ni que la ocupación media de los vehículos sea mayor o menor o que los buses tengan o no ciertas preferencias de circulación. En realidad, es la interacción entre la infraestructura, los vehículos y la gestión de transporte la que contribuye a configurar la capacidad u oferta de transporte.

2.7.2. La Demanda de Transporte

La demanda de transporte obedece a la necesidad o deseo de trasladar personas y bienes de un lugar a otro. Las actividades se efectúan en distintos lugares de la ciudad, lo que implica la realización de múltiples desplazamientos para ir y volver, por ejemplo, de la casa al trabajo o al estudio, para hacer compras, asistir a eventos culturales, sociales o recreativos, u otros. Si bien la esencia de la demanda es la movilización de personas o cosas, tiene también una dimensión de tránsito, en términos de volúmenes de vehículos que para dichos efectos se desplazan por las vías públicas. Las mencionadas concentraciones de viajes de la mañana y de la tarde generan el aumento de los volúmenes de tránsito, conocidos como lapsos u horas punta, que se traduce en congestionamiento en diversas calles y períodos.

CAPÍTULO III

3. CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR

Introducción

El congestionamiento vehicular es un problema serio que se agrava, el mismo que ha ido en aumento en gran parte del mundo, desarrollado o no, y todo indica que seguirá agravándose, constituyendo un peligro cierto que se cierne sobre la calidad de vida urbana. Su principal manifestación es la progresiva reducción de las velocidades de circulación, que se traduce en incrementos de tiempos de viaje, de consumo de combustibles, de otros costos de operación y de polución atmosférica, con respecto a un flujo vehicular libre de embotellamientos.

El congestionamiento es causado principalmente por el uso intensivo del automóvil, cuya propiedad se ha masificado en las últimas décadas, debido a que el automóvil posee ventajas en términos de facilitar la movilidad personal, y otorgar sensación de seguridad y aún de estatus.
La situación se ve agravada en la región debido a problemas de diseño y conservación en la vialidad de las ciudades, estilo de conducción que no respeta a los demás, defectuosa información sobre las condiciones del tránsito y gestión inapropiada de las autoridades competentes.

Los costos del congestionamiento son elevados, los efectos perjudiciales del congestionamiento recaen directamente sobre los vehículos que circulan. Pero además de los automovilistas, sufren su efecto los pasajeros del transporte colectivo, generalmente personas de ingresos menores, que no sólo se ven atrasados en sus desplazamientos, sino que a causa del congestionamiento ven incrementados los valores de las tarifas que pagan. Además, reciben perjuicios todos los habitantes de las urbes, en términos de deterioro de su calidad de vida en aspectos tales como mayor contaminación acústica y atmosférica,

impacto negativo sobre la salud y sostenibilidad de las ciudades a largo plazo, todo lo cual hace necesario que se procure mantener el congestionamiento bajo control.

Definición

La causa fundamental del congestionamiento es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, y otras condicionantes. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, ahí es donde comienza el fenómeno del congestionamiento.

Entonces, una posible definición objetiva sería: El congestionamiento es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás. Este congestionamiento surge en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda. A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más las velocidades de circulación.

3.1. El problema del Congestionamiento Vehicular

Como se analizará a continuación, el significativo aumento en la demanda por infraestructura vial se explica principalmente por el incremento de la población, el crecimiento económico y la expansión geográfica de la ciudad. Estos tres elementos han afectado el mercado de los viajes, acrecentando sustancialmente su número, y también el mercado del transporte, donde se ha intensificado la participación del automóvil como medio de transporte. Los impactos provocados sobre estos dos mercados se han traducido en un crecimiento en la demanda por infraestructura en el mercado de los servicios viales que ha superado con creces la expansión de la oferta de vías.

Este desbalance ha significado un mayor congestionamiento vehicular en particular en aquellas localidades y horas del día en que el incremento en la demanda por vías ha sido superior al aumento en la oferta.

Si bien para las familias trasladarse a vivir a las zonas más alejadas del centro implica vivir más lejos de los lugares de estudio o trabajo, su decisión implica que los beneficios de contar con más espacio y vivir en comunas menos densamente pobladas compensan el costo que significa vivir más alejado del centro, costo que ha disminuído producto del mayor acceso al automóvil que se ha registrado en los últimos años y las mejoras en las vías de acceso.

En las horas punta gran parte de la red vial, operan muy cerca de su capacidad, lo que implica que pequeños aumentos en los flujos de tránsito agraven muy severamente el congestionamiento.

Costos del Congestionamiento Vehicular

Además, deben agregarse otros costos serios que afectan severamente las condiciones de la vida urbana, los principales pueden agruparse en dos grandes apartados:

Costos monetarios que gravan a:

- Los usuarios (consumo adicional de carburante y de vehículo)
- Otros agentes privados (aumento de la tasa de siniestralidad)
- Los entes públicos:
    - A corto plazo (refuerzo de la policía de tráfico)
    - A medio plazo (incremento de la semaforización, señalización, telecontrol)

Costos no monetarios que gravan a:

- Los usuarios (pérdida de tiempo, estrés)
- Los residentes (contaminación química y acústica del medio)
- Resto de la sociedad (deterioro del medio ambiente y del patrimonio cultural).

Afectados por el Congestionamiento Vehicular

En primer lugar, debe decirse que los efectos perjudiciales del congestionamiento caen sobre todos los habitantes de las ciudades, en términos de deterioro de su calidad de vida en distintos aspectos, como mayor contaminación acústica y atmosférica, impacto negativo sobre la salud mental, y otros.

Está fuera de toda discusión que los propios automovilistas soportan las consecuencias del congestionamiento, es decir, experimentan los efectos de lo que ellos mismos han originado, en términos de mayores tiempos de desplazamiento y costos de operación acrecentados.

El congestionamiento agrava la condición ya deteriorada del transporte colectivo, de modo que también sus usuarios se ven afectados seriamente por ella, sin ser los causantes.

- El congestionamiento atrasa a los pasajeros de buses; Evidentemente, el congestionamiento obliga a los pasajeros de buses a demorarse más en efectuar sus desplazamientos. El mayor tiempo de viaje es un perjuicio real, que posiblemente no llame demasiado la atención debido a los ingresos relativamente bajos de estos pasajeros, lo que trae como consecuencia un bajo valor monetario de su tiempo personal.

- El congestionamiento alza las tarifas de los buses; El congestionamiento demora no solamente a los ocupantes de los buses, sino también a los propios buses, por lo que para proveer la misma capacidad de transporte se requieren más unidades con sus respectivos conductores, trayendo como consecuencia tarifas más elevadas.

Aprender a Convivir con el Problema

En las áreas urbanas, especialmente en los períodos de mayor demanda, el congestionamiento es inevitable y, dentro de ciertos límites, deseable, en el sentido que los costos que impone pueden ser inferiores a los necesarios para eliminarla. Intentar suprimir el congestionamiento implica, entre otros, los costos siguientes:

- Los relacionados con la inversión necesaria para ampliar la capacidad vial, que pueden ser superiores a los causados por niveles moderados de congestión
- Los producidos como consecuencia del desvío de usuarios a otras vías, modos u horarios de viaje
- Los asociados a una eventual supresión de viajes, debido a la implantación de medidas restrictivas para los automovilistas

Por otra parte, subutilizar el espacio vial ya disponible también representa la pérdida de beneficios para la sociedad. Asimismo, no puede perderse de vista que el congestionamiento es producto de la actividad humana, que se realiza porque, a pesar de este, representa ventajas para los que se desplazan; ciertamente, una ciudad con un bajo nivel de actividad no tiene congestionamiento alguno.
En consecuencia, no se trata de eliminar del todo el congestionamiento, puesto que ello es imposible o de costo muy elevado, y ni siquiera deseable. Sí hay que mantenerla bajo control pues su exacerbación tiene un impacto negativo en la sostenibilidad de las ciudades.

Una Visión para buscar una Solución

El deterioro de las condiciones de circulación ha sido significativamente más grave de lo que podría y debería ser, en parte, por un manejo inapropiado de las autoridades competentes. Es obvio que la expansión de las flotas de vehículos particulares ha superado claramente la capacidad institucional para lidiar con esa situación.

Hasta aquí, la reacción de las autoridades ha sido parcializada, debido a que, la responsabilidad de la planificación y administración del transporte urbano está fragmentada en una multiplicidad de entes. Cada uno hace lo que considera más indicado, sin tomar mucho en cuenta las repercusiones sobre los intereses de las demás instituciones.
Una municipalidad, por ejemplo, temiendo el desvío de actividad económica a otra parte de la ciudad, puede autorizar la construcción de edificios para estacionamientos, o permitir el estacionamiento en las calles, sin preocuparse del impacto del congestionamiento generada sobre los usuarios que cruzan la mencionada zona.

Además, en un área tan sensible como el transporte urbano, se ejercen fuertes presiones por parte de grupos organizados (por ejemplo, los transportistas) y también de políticos que plantean sus puntos de vista y, en ocasiones, salen en defensa de determinados intereses.

Se necesita entonces una creciente competencia profesional y de especialistas en el manejo del tránsito, tanto en las entidades encargadas como en las universidades y empresas nacionales de consultoría. Asimismo, el tránsito debería manejarse en forma global y no separadamente a nivel de cada institución.

Se requiere una Aproximación Integral

El congestionamiento es un problema demasiado serio y contundente como para suponer que se puede mitigar con medidas unilaterales, erráticas o voluntaristas. Por el contrario, para mantenerla bajo control y asegurar un mínimo de sostenibilidad de los niveles de vida urbanos, urge un esfuerzo multidisciplinario que incluya el mejoramiento de los hábitos de conducción, la provisión de mejor infraestructura y medidas de gestión de tránsito (manejo de la oferta), así como de racionalización del uso de las vías públicas (manejo de la demanda).

Planificación personalizada de viajes

Reconociendo el gran atractivo que ejerce el automóvil debido a las ventajas que ofrece, últimamente se han desarrollado y aplicado en ciertos lugares diversos métodos que intentan promover el cambio voluntario y convencido de conducta en relación con su uso. Estos métodos consideran que el cambio es más probable si se presentan a las personas metas que sean consistentes con su escala de valores o representen cambios positivos para sus vidas.

- Métodos de ayuda para establecer la mejor forma de realizar viajes específicos, ya sea en automóvil o, preferentemente, en transporte público. Se centran principalmente en los

viajes al trabajo, aunque en algunas partes se incluyen viajes con otros propósitos, como búsqueda de empleo, visita a hospitales o a centros de convenciones.
- Métodos que intentan modificar hábitos y actitudes ante los viajes.
- Métodos varios, entre los que se cuentan el manejo restrictivo del estacionamiento en entidades privadas (Pagando para que los automovilistas dejen el auto en casa al ir al trabajo), la educación vial en colegios, campañas públicas que buscan hacer conciencia sobre medios sostenibles de transporte, salud, medio ambiente, y otros, y oficinas de información sobre viajes.

La disponibilidad de tiempo para viajes

Varios autores han identificado parámetros referentes a los viajes que hacen las personas, que parecen mantener una cierta estabilidad a lo largo del tiempo en una misma ciudad y aun en grupos de ellas.

La validez de una relación de este tipo traería como consecuencia que una reducción en las velocidades de circulación, producidas por un aumento en el congestionamiento, daría como consecuencia una disminución en la distancia media transitada por persona, o una búsqueda de maneras alternativas de desplazarse. Opciones posibles son:
- Una reducción en el largo medio de los viajes.
- Una reducción en la frecuencia de los viajes.
- Una transferencia espacial de los viajes a los sectores menos congestionados, desde los de mayor congestión.
- Una transferencia modal de los viajes, desde los automóviles hacia los medios relativamente independientes del congestionamiento, como las motocicletas.
- Una transferencia temporal de los viajes hacia las horas de menor congestionamiento.

Algunos de estos efectos repercuten sobre la distribución del uso de suelo, pero no siempre en el mismo sentido, de modo que el impacto neto varía de una ciudad a otra. Por ejemplo, la reducción del largo de los viajes crearía una mayor demanda por vivir cerca de los lugares de trabajo.

Educación vial

El comportamiento de los usuarios de las vías públicas, tanto conductores como peatones, tiene distintos grados de incidencia sobre el congestionamiento y también sobre la seguridad.

El crecimiento sostenido del uso de las vías condujo primeramente a establecer reglas del juego o disposiciones para la circulación o normas de tránsito, con el objeto de definir derechos y restricciones de uso de las calles, y de este modo mejorar la fluidez y evitar accidentes. Lamentablemente, dichas reglas son desconocidas e irrespetadas por muchos.

La conducción indisciplinada o la falta de consideración hacia los demás, reducen de hecho la capacidad de la red vial a una fracción de su potencial.

Intentar ganar algunos segundos a costa de transgredir las reglas de circulación en las intersecciones o en las calles significa una seria perturbación para el resto de los usuarios, traduciéndose en mayor congestionamiento y, lamentablemente, un aumento del riesgo de accidentes. Por su parte, los peatones también deben respetar las reglas de la circulación, cruzando las calles sólo en los sitios y lapsos habilitados para ello.

Es indispensable mejorar la forma en que se comportan conductores y peatones. De ahí la enorme importancia de educar a toda la población en cuanto a las reglas del tránsito, lo que debería empezar desde la infancia.

El campo y las posibilidades en este sentido son muy amplios. A título de ejemplo, cabe mencionar la inclusión de la educación vial en el currículum escolar, las campañas educativas mediante spots o avisos dirigidos al grueso público en los medios de difusión, las escuelas de conductores, la práctica controlada y obligatoria de una cierta cantidad de horas de conducción antes de obtener licencia, exámenes de conducción más exigentes, entre otros.

Desde luego, no pueden esperarse resultados inmediatos, pero la formación de menores, por su misma maleabilidad, entrega verdaderas esperanzas de futuros cambios hacia conductas más seguras y respetuosas de las reglas.

Modernas tecnologías de comunicación

Los avances tecnológicos en el sector de la informática permiten explorar medidas que estimulen la reducción del número de viajes necesarios.
La proliferación de la disponibilidad residencial de Internet y televisión por cable, los que seguramente van a influir en la producción de los viajes y su distribución temporal. Una conexión de Internet crea posibilidades de flexibilización horaria de muchos viajes a los lugares de trabajo y, además, de reemplazar algunos de estos viajes por intercambios electrónicos. Ello puede reducir la concentración de la demanda por desplazarse en las horas punta. Por otra parte, algunos viajes de compras podrán reemplazarse por encargos mediante Internet, con entrega por camión de reparto. También es lógico considerar que vaya a haber una menor propensión a salir de la casa a los lugares de esparcimiento, debido a las mayores posibilidades de poder entretenerse sin salir del domicilio.

3.1.1. Causas que Originan el Congestionamiento Vehicular

Transporte Urbano

Características del transporte urbano que provocan el congestionamiento

El sistema de transporte, incluyendo la provisión de suelo urbano para infraestructura de transporte, se desenvuelve bajo características propias muy particulares, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

• La demanda de transporte es “derivada”, es decir, pocas veces los viajes se producen por un deseo exclusivo de desplazarse; generalmente, obedecen a la necesidad de acceder a los sitios en que se llevan a cabo las distintas actividades: trabajo, compras, estudio, recreación, descanso, y otros, todas las cuales se realizan en lugares diferentes.
• La demanda de transporte es eminentemente variable y tiene puntas muy marcadas en las que se concentran muchos viajes, a causa del deseo de aprovechar en buena forma las horas

del día para realizar las distintas actividades y tener oportunidad de contacto con otras personas.

• El transporte se efectúa en limitados espacios viales, los que son fijos en el corto plazo; como es fácil de comprender, no se puede acumular la capacidad vial no utilizada para ser usada posteriormente en períodos de mayor demanda.

• Las opciones de transporte que presentan las características más deseadas, es decir, seguridad, comodidad, confiabilidad, autonomía, como es el caso del automóvil (son las que hacen un mayor uso del espacio vial por pasajero).

• Especialmente en zonas urbanas, la provisión de infraestructura vial para satisfacer la demanda de los períodos de punta tiene un costo muy elevado.

• A raíz de todo lo anterior, se produce congestionamiento en diversos lugares, con sus negativas secuelas de contaminación, importante gasto de los recursos privados y sociales, y pérdida de calidad de vida.

El Automóvil

La existencia de un número excesivo de vehículos de transporte público y privado contribuye a agravar el congestionamiento, como se observa en algunas ciudades. Algunos vehículos generan más congestión que otros. En la ingeniería de tránsito cada tipo de vehículo tiene asignada una unidad de equivalencia dada por cantidad de pasajeros y la influencia perturbadora sobre el flujo de tránsito, o el espacio vial que efectivamente ocupan.

El problema también radica en el incremento de la cantidad de automóviles en la circulación, así como en su uso para los más variados propósitos, incluídos los viajes a los lugares de trabajo y estudio, con lo que se presiona significativamente la red vial.

Este fenómeno se debe a las reformas económicas que han hecho más accesible el automóvil. Estas trajeron consigo, entre otros efectos, tasas de crecimiento económico más altas y la reducción del precio de los automóviles.

La Infraestructura Vial

La vialidad de las ciudades; problemas de diseño y conservación.

El inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad es causa de un congestionamiento innecesario. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en el número de carriles, paraderos de buses ubicados justamente donde se reduce el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, y en especial la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión.

De la misma forma, la mala coordinación de semáforos y la falta de los mismos en ciertas intersecciones hacen que se produzcan congestionamientos.

Las Prácticas de Conducción

Hay conductores que muestran poco respeto por aquellos con quienes comparten las vías. En algunas ciudades, muchos automovilistas intentan ahorrarse algunos segundos de tiempo de viaje, y tratan de imponerse en las intersecciones, bloqueándolas y generando a los demás perjuicios económicos muy superiores a su propio beneficio. En algunas ciudades, es tradición que los buses u cualquier otro automóvil se detengan en el punto inmediatamente anterior a una intersección, lo que causa congestionamiento (y accidentes). En estas ciudades, como en otras que cuentan con una oferta generosa de taxis que no acostumbran operar a partir de paraderos fijos, éstos circulan a baja velocidad en búsqueda de pasajeros, lo que también genera congestionamiento.

A las conductas anteriores debe agregarse la frecuente presencia en los flujos de tránsito de vehículos antiguos, mal mantenidos.

Cabe tener presente que al reanudarse la marcha después de la detención en un semáforo, se genera una suerte de congestionamiento debido al atraso que impone a vehículos con tasas de aceleración normales la lentitud de otros ubicados más adelante. Por otra parte, un vehículo varado perturba gravemente la fluidez del tránsito, pues elimina de hecho una pista de circulación.

3.2. Determinación del Congestionamiento Vehicular

Generalidades

Uno de los objetivos de la ingeniería de tráfico es el de planear, diseñar y operar sistemas viales, de tal manera que las demoras inducidas a los usuarios sean mínimas. En los períodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente con pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestionamiento con las consiguientes demoras y colas asociadas.

3.2.1. Demoras y Filas Asociadas

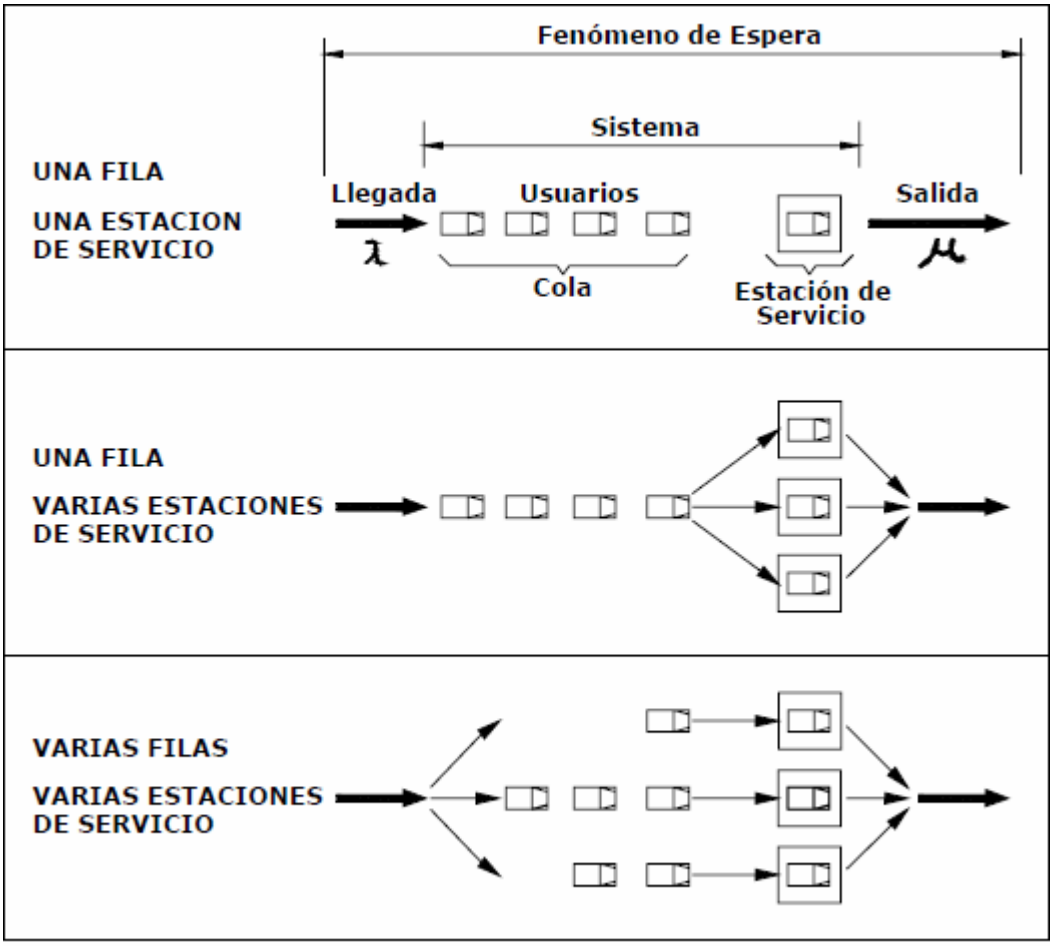
El congestionamiento se debe a que en los períodos de máxima demanda, la velocidad del flujo vehicular va reduciendo, logrando que el sistema tienda a saturarse, dando origen a las demoras y filas asociadas.

Las demoras y las filas son fenómenos de espera que es resultado del congestionamiento y está asociado a muchos problemas de tránsito, por lo general, las demoras se debe a la variabilidad del flujo de tránsito. Para el análisis de este fenómeno se hace uso de algoritmos y modelos matemáticos.

El servicio prestado en una o más estaciones para cada llegada toma cierto tiempo o demora, lo cual da origen a las filas.

Se define la fila, al el número de vehículos que esperan ser servidos, sin incluir aquellos que están siendo atendidos.

Gráfico 3.1. Tipos de filas



Ref. Ingeniería de Tránsito de Rafael Cal y Mayor R. & James Cárdenas G.

Causas por las que se genera una Demora

El flujo vehicular puede ser interrumpido por:

a) Dispositivos de control de tránsito. Como ser:

- Semáforos.
- Señales de ALTO.
- Señales de CEDA EL PASO.

b) La corriente vehicular en situaciones de flujo vehicular continuo. Como ser:

- Demoras periódicas que ocurren corriente arriba de “Cuellos de Botella”.
- Demoras no periódicas debido a los accidentes, vehículos descompuestos, cierres eventuales de un carril o calzada.

Causas por las que se genera una Fila

Se genera una fila cuando los usuarios (vehículos) llegan a una estación de servicio cualquiera, ya sea:

- Un estacionamiento.
- Una intersección con semáforo o no.
- Un “Cuello de Botella”.
- Un enlace de entrada a una Autopista.
- Un carril especial de vuelta.

Tipos de Fila

Los tipos de fila pueden ser:

- Una fila y una estación de servicio.
- Una fila y varias estaciones de servicio.
- Varias filas y varias estaciones de servicio.

Elementos que caracterizan a la Fila

Los vehículos llegan al sistema a una tasa de llegadas λ. Entran a la estación de servicio si está desocupada, donde son atendidos a una tasa media de servicio μ, equivalente a la tasa de salidas. Si la estación de servicio está ocupada se forman en la cola, a esperar ser atendidos. Este proceso descrito está conformado por los siguientes elementos que presenta la fila.

Las llegadas (demandas) o características de entrada

- La separación promedio entre dos llegadas tendrá una tasa o rata de llegada igual a “λ”.
- Pueden ser expresadas en términos de tasas de flujo (vehículos/hora) o intervalos de tiempo (segundos/vehículo).
- El intervalo promedio entre arribos consecutivos es igual a $1/\lambda$.

- Su distribución será la de Poisson.
- Tendrá una llegada libre.

Los servicios (capacidad) o características de salida

- La tasa de servicios es igual a "μ".
- Pueden ser expresadas en términos de tasas de flujo (vehículos/hora) o intervalos de tiempo (segundos/vehículo).
- El tiempo promedio de un servicio es igual a 1/μ.
- Su distribución será exponencial.

El procedimiento de servicio o disciplina de la cola

El procedimiento consiste en el orden en el cual se van atender las unidades, es decir, el que llega primero es atendido primero.

3.2.2. Análisis determinístico de líneas de espera

Este análisis consiste en el cálculo preciso del valor de una variable en función de ciertos valores específicos que toman otras variables. Esto es, solamente ocurrirá un valor de la función objetivo para un conjunto dado de valores de las variables de entrada.

Esta situación de congestionamiento, donde los patrones de llegada y servicios son altos, los enfoques a nivel macroscópico son los que más se aproximan a este fenómeno, describiendo la operación vehicular en términos de sus variables de flujo, generalmente tomadas como promedios.

3.2.2.1. Análisis de intersecciones con semáforo

La intersección con semáforo es uno de los ejemplos más típicos de un fenómeno de espera, puesto que por la presencia de la luz roja siempre existirá la formación de colas de vehículos. Con el propósito de entender de una manera clara y sencilla.

La capacidad de un acceso a una intersección con semáforo se expresa en términos del flujo de saturación "s". Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos a través de la línea de ALTO se incrementa rápidamente a una tasa equivalente al flujo de saturación, la cual se mantiene constante hasta que la cola se disipa o hasta que termina el verde. El flujo de saturación es la tasa máxima de salidas que puede ser obtenida cuando existen colas.

A continuación se detallan algunas relaciones para el cálculo determinístico del congestionamiento:

Tasa de llegadas "λ" constante para todo el período de estudio.

Tasa de salidas "μ", igual a "0" cuando el semáforo está en rojo, igual "s" cuando el semáforo está en verde y aun hay cola y "λ" cuando sin existir cola el semáforo continúa en verde, es decir, los vehículos salen de la intersección a la misma tasa que llegan.

Tiempo para que se disipe la cola después del verde efectivo (t_o):

$$\boxed{t_o = \frac{\lambda * r}{\mu - \lambda}} \qquad (3\text{-}1)$$

Factor de utilización o intensidad del tránsito (ρ), tomando en cuenta μ = s:

$$\boxed{\rho = \frac{\lambda}{\mu}} \qquad (3\text{-}2)$$

Rojo efectivo (r), teniendo en cuenta que C igual a tiempo de ciclo y g verde efectivo:

$$\boxed{r = C - g} \qquad (3\text{-}3)$$

Proporción del ciclo con cola (P_q):

$$P_q = \frac{r + t_o}{C} \quad (3\text{-}4)$$

Proporción de vehículos detenidos (P_s):

$$P_s = \frac{t_o}{\rho * C} \quad (3\text{-}5)$$

Longitud máxima de la cola (Q_m):

$$Q_m = \lambda * r \quad (3\text{-}6)$$

Longitud promedio de la cola mientras exista (Q_q):

$$Q_q = \frac{\lambda * r}{2} \quad (3\text{-}7)$$

Longitud promedio de la cola por ciclo (Q):

$$Q = \frac{r + t_o}{C} * \left(\frac{\lambda * r}{2} \right) \quad (3\text{-}8)$$

Demora máxima que experimenta un vehículo (d_m):

$$d_m = r \quad (3\text{-}9)$$

Demora total para todo el tránsito por ciclo (D):

$$D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1 - \rho)} \quad (3\text{-}10)$$

Demora promedio del tránsito por ciclo (d):

$$d = \frac{r}{2 * C * (1 - \rho)} \quad (3\text{-}11)$$

3.2.3. Análisis probabilístico de líneas de espera

El análisis que se presentará a continuación es sólo para condiciones en "Estado Estacionario", esto quiere decir, que las relaciones a usar solamente se aplicarán cuando los patrones de llegadas y servicios se sostienen por largos períodos, por tanto, no se puede aplicar a situaciones de máxima demanda en las cuales los flujos de llegadas "λ" excedan la capacidad en estado estacionario "μ". Entonces, se dice que λ< μ para tener condiciones de flujo en estado estacionario.

3.2.3.1 Sistema de líneas de espera con una estación de servicio

Las características de este tipo de líneas de espera son:
- La presencia de una sola estación de servicio.
- Llegadas de acuerdo a una distribución Poisson.
- Tiempos de servicio exponenciales.
- Disciplina de servicio "El que llega primero es atendido primero".

Factor de Congestión o Factor de Carga (ρ):

$$\boxed{\rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1} \qquad (3\text{-}12)$$

Probabilidad de tener exactamente "n" vehículos o unidades en el mismo sistema ($P_{(n)}$):

$$\boxed{P_{(n)} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n x\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} \qquad (3\text{-}13)$$

Número promedio de unidades en el sistema (n o E_n):

$$\boxed{E_n = \frac{\rho}{1-\rho}} \quad (3\text{-}14) \qquad \boxed{\bar{n} = E_n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}} \quad (3\text{-}15)$$

Número promedio de unidades en fila o longitud promedio de la línea de espera (Q o E_m):

$$\overline{Q} = E_m = \frac{\rho^2}{1-\rho} \qquad (3\text{-}16) \qquad\qquad \overline{Q} = \frac{\lambda^2}{\mu * (\mu - \lambda)} \qquad (3\text{-}17)$$

Tiempo promedio de espera en la fila de espera o tiempo promedio en fila o tiempo de espera (t_q o w_E): $$\bar{t}_q = E_w = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)} \qquad (3\text{-}18)$$

Tiempo promedio gastado en el sistema (t_s o v_E):

$$\bar{t}_s = E_v = \frac{1}{\mu - \lambda} \qquad (3\text{-}19)$$

Porcentaje de utilización del servicio (P):

$$P = \frac{\lambda}{\mu} * 100 \qquad (3\text{-}20)$$

Porcentaje de encontrar el sistema inactivo (I):

$$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * 100 \qquad (3\text{-}21)$$

Probabilidad de tener que gastar un tiempo "t" en el sistema ($P_{(t)}$)

$$P_t = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t} \qquad (3\text{-}22)$$

Probabilidad de tener que gastar un tiempo "t" o menos en el sistema ($P_{(t\,s \leq t\,)}$):

$$P_{(t_n \leq t)} = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * (\mu * t)} \qquad (3\text{-}23)$$

Probabilidad de tener que esperar un tiempo "t" o menos en la línea de espera ($P_{(tq \leq t\,)}$)

$$P_{(t_q \leq t)} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * (\mu * t)} \qquad (3\text{-}24)$$

3.3. Relación de las Variables de Tráfico con el Congestionamiento Vehicular y Acciones sobre las Mismas

3.3.1. La Oferta y Demanda de Transporte y el Congestionamiento Vehicular

3.3.1.1. Acciones sobre la Oferta de Transporte

Ampliación de la Oferta de Transporte

A partir de una determinada situación, la elevada concentración de actividades en zonas urbanas y el uso intenso del espacio público, en especial por los vehículos de transporte, producen desajustes entre los volúmenes de éstos y la capacidad de las vías, que se traducen en congestionamiento vehicular, deterioro de los servicios para los viajeros y, además, una menor calidad de vida para los ciudadanos en general.

A medida que aparece el congestionamiento, una opción para combatirla es aumentar la oferta de transporte. Las acciones sobre las vías y los vehículos, y la forma de operarlos, son medidas en el ámbito de la oferta. Mejorar cualquier componente de la oferta permite obtener beneficios por menor congestionamiento.

En primera instancia, suele considerarse la ampliación de capacidad de la red vial como forma de desahogo de la acumulación de vehículos.

Tradicionalmente, en torno de la infraestructura se han concentrado los mayores esfuerzos técnicos para atenuar o eliminar el congestionamiento y muchas de las medidas que se plantean tienen como objetivo mejorar las intersecciones o las vías. Grandes y costosas obras, como el ensanche o construcción de vías de características generosas o la erección de pasos a desnivel, cuentan con favoritismo a la hora de buscar soluciones, aunque muchas veces no representan un aporte duradero. En todo caso, no deberían menospreciarse múltiples pequeñas intervenciones, porque encierran en sí un gran potencial de beneficios que se obtendrían mediante diseños adecuados, como la rectificación de cruces o el mejoramiento de la señalización.

También es posible actuar sobre el tamaño de los vehículos o la forma en que se aprovecha su capacidad, con miras a un uso más eficiente del espacio vial, de donde surgen iniciativas

como buses de gran capacidad en avenidas de mucha afluencia de pasajeros, taxis colectivos, autos compartidos y otras.

El tercer componente de la oferta es el de la gestión, que brinda un sinnúmero de opciones cada vez más amplias, debido al desarrollo de modernas tecnologías. Excelentes aportes para enfrentar el congestionamiento se derivan, por ejemplo, del ajuste conjunto de los ciclos de los semáforos, de esquemas de prioridad para buses, de un manejo flexible de los sentidos de circulación, y de sistemas eficientes de información a los usuarios.

No es difícil comprender que los tres componentes de la oferta están estrechamente ligados entre sí. Las medidas sobre ellos pueden y deben complementarse para proveer mayores capacidades y atenuar el congestionamiento en el corto plazo, siendo clave la elección de paquetes adecuados.

Adecuación permanente y consistente de la Oferta de Transporte

La oferta de transporte debe concebirse como un sistema, que permanentemente debe estar en proceso de mejoramiento y adaptación.

Resultados mejores pueden esperarse de la intervención simultánea y progresiva en una amplia gama de facetas que componen el sistema de transporte, como una apropiada demarcación y conservación de las calles, la coordinación de los semáforos, la racionalización del transporte público, y muchas otras. En otras palabras, es necesario poner en práctica un conjunto de medidas factibles destinadas a ampliar la capacidad mediante el mejoramiento de la gestión y la productividad de la infraestructura existente.

De todas las medidas, las que parecen tener más prometedores resultados son la coordinación de semáforos y la instauración de carriles segregados para buses, junto con la reorganización del transporte público sobre ellos.

El mejoramiento de las vías e incluso su ampliación, son medidas potencialmente útiles, siempre que se eviten efectos negativos sobre la habitabilidad y calidad de vida. Asimismo, deben acompañarse de otras que eviten su pronto embotellamiento o que éste se traslade algunas cuadras más allá. No obstante, la sola provisión de más infraestructura vial no resuelve el congestionamiento y es necesario esforzarse en no caer en la ilusión de que se puede eliminar con autopistas urbanas, túneles y viaductos.

En todo caso, la mejor utilización de la oferta no da cuenta por sí sola de las complejas realidades ligadas al congestionamiento. Las vías urbanas, especialmente en el centro, no tienen la capacidad suficiente para soportar el uso indiscriminado del automóvil particular, y no la van a tener nunca, aunque se tomen todas las medidas financiera, ambiental y políticamente factibles para ampliarlas. De allí que sea necesario incorporar medidas sobre la demanda, que permitan resolver los desajustes en el uso de la infraestructura y apunten al logro de un equilibrio aceptable para la comunidad.

Acciones sobre el Transporte Público

Carriles y vías dedicadas al transporte Público

Una importante medida para otorgar preferencia al transporte público es la reserva de espacio vial para su uso exclusivo. Ella debería operar en conjunto con sistemas de programación de semáforos que confirieran prioridad al flujo de los buses. Como puede verse, no necesariamente se modifican el tamaño y las características de los vehículos de transporte colectivo, pero al generarse una mejora en sus condiciones de circulación, crece de hecho su capacidad.

La reserva de espacio para la circulación de buses es una medida regulatoria que procura corregir, por medio de la administración de las vías, la distorsión que se genera en la percepción imperfecta del congestionamiento por parte de cada operador privado. Si los viajeros de automóvil percibieran el costo total de ese modo de transporte operando en condiciones de congestionamiento y los usuarios de buses hicieran lo propio, los cambios en la partición modal harían prácticamente innecesaria el tipo de intervención aquí planteada, ya que se generaría un nuevo equilibrio con flujos menores. En ausencia de lo anterior, la autoridad interviene repartiendo las pistas de una determinada vía, tratando de garantizar un nivel de servicio adecuado a los medios de transporte público y, de paso, eliminando la fricción entre los buses y demás vehículos.

Taxis Colectivos

Otra opción de transporte público de calidad superior está representada por los taxis colectivos, ampliamente utilizados en diversas ciudades. Ofrecen recorridos fijos y cobran una tarifa más elevada que los buses. Su ventaja radica en que, siendo automóviles y transportando a pocos pasajeros, circulan a mayor velocidad.
Sin embargo, por ser estrechos, difícilmente atraen a usuarios de automóvil y más bien llevan a personas que alternativamente viajarían en buses.

3.3.1.2. Acciones sobre la Demanda de Transporte

La oferta de transporte se ha ido desarrollando en respuesta a la demanda y debe seguir haciéndolo. Sin embargo, hay que reconocer que el gran número de automóviles existente y la marcada preferencia por usarlos, agravada por el hecho de que los usuarios no perciben plenamente los costos del transporte involucrados, hacen que dicho empeño sea del todo insuficiente.

Es preciso actuar también sobre la demanda. Los problemas se manifiestan sobre todo en las zonas céntricas durante los lapsos punta y es ahí donde hay que hacer los mayores esfuerzos. Son útiles medidas que contribuyan a que en esos lugares y momentos circule un menor volumen de automóviles, que esos períodos sean más extendidos o que una cantidad de viajes se traslade para antes o después de ellos. La alternativa de eliminar por completo un determinado número de desplazamientos sería inconveniente en la medida en que implique la pérdida de la utilidad que ellos representan para quienes quieren realizarlos, junto con la potencial supresión de las actividades que desearían desarrollar. Sin embargo, a mediano y largo plazo, las modernas tecnologías de comunicación como el Internet, correo electrónico y telefonía móvil, o una modificación del uso del suelo pueden ayudar a reducir la necesidad de moverse, con un efecto beneficioso sobre el congestionamiento.
La supresión lisa y llana del automóvil en zonas céntricas parece inviable, a la vez que innecesaria. Las medidas sobre la demanda deben apuntar primordialmente a modificar la repartición modal o tipo de vehículo usado en las horas de mayor concentración y desplazar

una parte de los viajes a horas de menores niveles de tránsito. Un menor uso del automóvil en las horas punta significa ampliar de hecho la disponibilidad de espacio vial, lo que se traduce en un aumento de las velocidades y una disminución de los tiempos de viaje de todos los vehículos, incluídos por cierto los de transporte público.

De acuerdo a lo razonado, el congestionamiento podría disminuirse en buena medida si fuese posible convencer a un número significativo de automovilistas de que efectuaran sus desplazamientos en sectores o períodos congestionados mediante vehículos colectivos o por medios no motorizados, o que modificaran el horario del viaje. En otras palabras, se trata de inducir cambios de conducta que impliquen el reemplazo transitorio del automóvil. Los resultados esperados son:

• Mayor utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluido el uso compartido del vehículo particular.
• Transferencia de viajes en automóvil desde las horas punta a horas fuera de punta.
• Realización de viajes a pie o en bicicleta.

Existen varios métodos que procuran cambiar los hábitos de uso del automóvil mediante procesos de identificación de posibilidades convenientes de desplazamiento por medio de modos alternativos. Estos métodos procuran generar en los automovilistas un convencimiento íntimo que los conduzca a cambios de comportamiento perdurables, como la restricción voluntaria del uso del auto.

Otros tipos de medidas procuran cambios de conducta mediante la coerción o los incentivos/desestímulos. Los coercitivos son de tipo reglamentario, y obligan a los usuarios mediante restricciones. En cambio, los segundos consisten ya sea en ventajas o premios económicos para quienes adopten ciertas conductas, o en la obligación de pagar para poder realizar determinadas acciones. Las medidas de carácter económico pueden parecer menos efectivas y en algunos casos se reputan de poco equitativas desde un punto de vista social, aunque pueden tener una mayor aceptabilidad en los usuarios. Por otra parte, las reglamentaciones son vulnerables. Sin embargo, ambos tipos de medidas deben tenerse en cuenta para un mejor resultado global.

Diversas medidas pueden contribuir al buscado cambio de hábitos de transporte para mitigar la congestión. En las secciones siguientes se hace una reseña sobre:

• El control de estacionamiento en las calles y fuera de la vía pública;
• El escalonamiento o dispersión de horarios de las actividades laborales, educativas y comerciales;
• La restricción vehicular o prohibición de circular para parte de los vehículos existentes;
• La tarificación vial mediante métodos electrónicos y no electrónicos de recaudación;
• Métodos y situaciones que aminoran la congestión sobre la base de la convicción personal y la reducción de la necesidad de viajar.

3.3.2. Acciones en Intersecciones

Diseño de Intersecciones

Por tratarse de sitios de potencial congestionamiento, las intersecciones deben ser cuidadosamente diseñadas. En general, en áreas urbanas el criterio dominante para tratar las intersecciones será aumentar su capacidad, ya que es normal que éstas alcancen el nivel de saturación en algunos períodos de operación. Este esfuerzo demanda involucrar aspectos físicos y operacionales, que deben ser abordados de manera simultánea.

Principios básicos de diseño

Al efectuar cualquier diseño, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios fundamentales:

- Preferencia de los movimientos principales; Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios, permitiendo la continuidad operacional de la vía de mayor jerarquía. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, generar restricciones de ancho, introducir curvas de radio pequeño e incluso eliminar totalmente movimientos muy poco importantes.

- Reducción de áreas de conflicto; Es usual que las grandes superficies pavimentadas operen como «tierra de nadie» y que los movimientos de peatones y vehículos sean por ello, desordenados. Esto genera confusión en los conductores, lo que aumenta los accidentes y disminuye la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas de que no sean recomendables.

- Perpendicularidad de las trayectorias que convergen en la intersección; Es deseable que las intersecciones ocurran en ángulo recto, ya que en ese caso las áreas de conflicto son mínimas. Además, disminuyen la gravedad de los posibles accidentes y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores visualizar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás. Este principio es de menor interés en las intersecciones con semáforos.

- Separación de puntos de conflicto; Mediante una canalización adecuada de los movimientos deben separarse los puntos de conflicto en una intersección, con lo que los conductores no necesitan fijarse simultáneamente en varios vehículos.
En las intersecciones reguladas por semáforos puede convenir, en ciertos casos, concentrar algunos puntos de conflicto, ya que la separación en el tiempo sustituye a la separación en el espacio.

- Separación de movimientos; Cuando el flujo de un determinado movimiento es importante y siempre que sea posible, se le deberá dotar de una vía propia de sentido único, completándola con una vía de aceleración o desaceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto, son además imprescindibles en muchos casos para la colocación de señales.

- Control de velocidad; También mediante la canalización puede controlarse la velocidad del tránsito que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o estrechamientos que, además de reducir la velocidad, evitan adelantamientos en áreas de conflicto.

- Control de los puntos de giro; La canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas que los hagan materialmente imposibles o muy difíciles.
Las islas son superficies en el interior de la intersección, que se sustraen de la circulación vehicular mediante demarcación u obstáculos físicos.
La seguridad es mayor empleando islas elevadas, en comparación a la canalización materializada mediante marcas pintadas en el pavimento, siempre que los elementos elevados no reduzcan la capacidad o sean obstáculos peligrosos.

- Creación de zonas protegidas; Las islas proporcionan a los peatones y los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso. Asimismo, pueden servir para que cuando un peatón o vehículo necesite cruzar varios carriles, puedan hacerlo en etapas sucesivas, sin necesidad de esperar a que simultáneamente se produzca en todos ellos la necesaria interrupción de tránsito. Ejemplo típico son las vías de giro a la izquierda situadas en las medianas.

- Visibilidad; La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención. Debe asegurarse que un vehículo en la vía subordinada alcance a frenar antes de llegar al punto conflictivo, si otro vehículo aparece por la vía con preferencia.

- Sencillez y claridad; Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

- Información requerida; La información que se requiere para el diseño de intersecciones se refiere en general a:

- Tipo de vías que confluyen en la intersección, ya que el tratamiento debe ser adecuado a sus características funcionales; Clasificación, velocidad de diseño y preferencia de paso.

- Topografía y edificaciones; Deben examinarse las restricciones existentes para la ampliación de la superficie. Es fundamental considerar los servicios (tuberías) del subsuelo.
- Tránsito; Se deben conocer los volúmenes de cada movimiento a lo largo del día, para los efectos de determinar la capacidad del segmento vial correspondiente. Asimismo, debe conocerse el movimiento de vehículos pesados y elegir el vehículo tipo para el que se proyecta la intersección.

El análisis de los peatones que cruzan la intersección puede determinar alguna disposición especial para facilitarlo.

- El número de accidentes puede justificar el acondicionamiento específico. Es importante conocer la forma en que se producen los accidentes y los motivos que los determinan

Materialización del diseño

En las últimas décadas se han desarrollado diversos modelos computacionales que permiten asistir la labor de diseño y a su vez plantean requerimientos de información específica que deben ser agregados a los ya planteados. De esta forma, el diseño de intersecciones puede concebirse como un proceso iterativo donde los cambios físicos y operacionales pueden ser modelados a bajo costo y probados en cuanto a su rendimiento, permitiendo explorar una amplia gama de opciones y concluir en soluciones de alta calidad.

La simulación de los resultados operacionales de cada opción facilita además la evaluación económica de las alternativas más relevantes y con ello la determinación de la solución que presenta mejores atributos económicos.

Sistema de control de Intersecciones

Tal como se mencionó, las intersecciones suelen constituir la restricción operacional de una vía. Por lo tanto, los sistemas de control que se establezcan para regular los derechos de vía sobre ellas deben responder a criterios de óptimo local y también general, para el conjunto del eje o la red involucrados.

Básicamente, las intersecciones pueden operar con señales de prioridad: intersección priorizada, o con semáforos: intersección semaforizada.

Intersecciones Priorizadas

Estas intersecciones regulan el derecho de paso mediante la señal “CEDA el PASO” o la señal “PARE”. Debe emplearse una señal de prioridad cuando el volumen vehicular que converge a una intersección, considerando todas las ramas, supere en algún período del día los 100 vehículos por hora. El tipo de señal de prioridad también depende de las condiciones de visibilidad.

La señal “CEDA el PASO” indica a los conductores que la enfrentan que la prioridad corresponde a los vehículos de la otra vía; no tienen necesidad de detenerse si en el flujo vehicular por la vía principal existe un espacio suficiente para cruzarla o incorporarse a éste con seguridad. Esta señal debe instalarse en todos los casos en que la visibilidad no esté restringida, según el criterio que se presenta más adelante. Esta es empleada cuando:

- Se emplea “CEDA el PASO” si el conductor del vehículo que transita por la calle subordinada puede ver cualquier vehículo que circule por la otra vía, disponiendo del tiempo y la distancia necesarios para permitirle el paso sin entrar al cruce. En caso contrario, debe emplearse señal “PARE” o “ALTO”.
- Se instala la señal “CEDA el PASO” cuando desde cualquier punto de la línea (a) se tiene visibilidad no interrumpida por tramos de más de un metro sobre la línea (y). En caso contrario se debe instalar señal “PARE”.

La señal “PARE” tiene por propósito ordenar a los conductores que detengan completamente su vehículo y reanuden la marcha sólo cuando puedan hacerlo en condiciones que eviten accidentes. Debe ser colocada sobre la línea en que los vehículos deben detenerse, de manera tal que el conductor disponga de buena visibilidad sobre la vía prioritaria para poder reanudar la marcha con seguridad. Esta es empleada cuando:

- En general, la señal “PARE” debe usarse en pocas ocasiones, ya que su uso indiscriminado afecta negativamente su credibilidad y, en consecuencia, cuando realmente se requiere, en lugar de ayudar a la seguridad del cruce, puede deteriorarla.

- Si la vía prioritaria tiene doble sentido de tránsito se debe realizar este procedimiento separadamente para cada sentido, correspondiendo instalar señal “PARE” si a lo menos en un sentido se justifica.

La instalación de una señal “CEDA el PASO” o “PARE” debe complementarse siempre con la respectiva demarcación de pavimento correspondiente.

Intersecciones Semaforizadas

Los semáforos son una forma más sofisticada de controlar una intersección. Permiten separar los períodos de tiempo en que se puede avanzar por cada calle que llega a una intersección. En general, el semáforo tiende a ser considerado como una medida positiva, que produce beneficios y mejora la seguridad en cualquier situación.
No obstante, esta creencia no siempre se ve corroborada. Para que la instalación de un semáforo produzca beneficios reales a la población tiene que darse un conjunto de condiciones que permitan que los beneficios efectivamente sean mayores que los costos. Por ejemplo, dada la variabilidad de la demanda, es posible que un semáforo tenga plena justificación en ciertos períodos del día o ciertas estaciones del año y en el resto constituya un costo para la comunidad.
El estudio de los costos y beneficios es un trabajo técnico complejo que puede facilitarse mediante el apoyo de modelos computacionales, diversos países han adoptado requisitos o estándares mínimos para justificar la instalación de semáforos, cuyo cumplimiento garantiza en general lo correcto de la decisión. Estos requisitos consideran, entre otros aspectos, volumen vehicular, volumen peatonal, accidentes.

- ***Justificación por volumen vehicular;*** Los volúmenes vehiculares mínimos que deben cumplirse para la instalación de semáforos.
- ***Justificación por demoras en el acceso secundario;*** Este requisito se aplica cuando los vehículos del acceso secundario sufren demoras excesivas y se rige por el cuadro. Como puede observarse, esta condición no apunta a minimizar las demoras totales, sino a reducir demoras inusitadamente largas para los vehículos de la vía secundaria.

- *Justificación por movimiento progresivo;* Ocasionalmente es conveniente instalar un semáforo para mantener el movimiento progresivo de los vehículos a lo largo de una vía. En la práctica, la incorporación del semáforo permite que la formación de los vehículos se mantenga compacta, asegurando así que una buena parte del flujo se vea favorecida con la medida. Este criterio, válido para la generalidad de los vehículos, debe ser revisado cuando haya presencia significativa de transporte público. En tal caso es muy difícil que los buses puedan incorporarse y mantenerse en la formación de los automóviles, ya que deben detenerse en las paradas para tomar o dejar pasajeros.

- *Justificación por accidentes;* Este criterio de justificación corresponde cuando exista un riesgo manifiesto de accidentes en una intersección; por ejemplo, que en los tres últimos años hayan ocurrido cinco o más accidentes anuales de cierta consideración. Sin embargo, la instalación de un semáforo no garantiza la reducción de accidentes. Puede incluso aumentarlos si la inconveniencia de instalarlo en alguna intersección se hace manifiesta para los conductores. En este caso es probable que dejen de respetarlo, aumentando significativamente el riesgo de accidentes.

3.3.3. Acciones sobre las Vías

Ampliación de la capacidad física

Se puede recurrir al uso de arcos, que son tramos de vías entre intersecciones y normalmente no constituyen elementos generadores de conflicto relevantes.

Puede haber, sin embargo, situaciones en que un arco se constituya en cuello de botella dentro de una sucesión de arcos e intersecciones, y cuya solución más adecuada será la ampliación de su capacidad física. También puede pensarse en el aumento de capacidad para el eje vial completo, cuando se procura incrementar significativamente la oferta vial; en este caso, existe competencia con usos alternativos del espacio público e incluso del privado, si es necesario realizar expropiaciones.

Desde la perspectiva del control del congestionamiento, es pertinente considerar que los aumentos de capacidad física, como el último de los señalados, tienden en general a resolver sólo en el corto plazo los desequilibrios entre oferta y demanda vial, dado que la

demanda constreñida por el propio congestionamiento, relativamente pronto tiende a expresarse en toda su magnitud, atraída por una operación más fluída y expedita.

De esta forma, el congestionamiento es propenso a reproducirse en niveles de mayor flujo, tendencia que, de consolidarse, termina por comprometer el espacio público en beneficio del transporte motorizado, desplazando a los peatones y otras actividades existentes en él. Este fenómeno es palpable en ciudades que han optado consciente o inconscientemente por proveer mayores capacidades en respuesta al aumento de los flujos. Otras, en cambio, quizás por el especial significado de su patrimonio arquitectónico e histórico, han explorado formas alternativas de generar capacidad, sin comprometer significativamente nuevos territorios para uso vehicular.

La tradicional ampliación de capacidad física empieza entonces a ser reemplazada por formas más eficientes de usar dicha capacidad.

Naturalmente, la coordinación de semáforos aparece como la acción que permite mejorar la velocidad en las vías, reduciendo los tiempos de viaje y el congestionamiento. Pero está también la posibilidad de administrar los sentidos de circulación de arcos o vías por períodos horarios, en función de los movimientos principales de viajeros y, por último, la posibilidad de asignar carriles de circulación por tipo de vehículo, proveyendo facilidades a aquellos que presentan un uso más eficiente del espacio, es decir, los vehículos de transporte público.

Vías de sentido variable

Vías de sentido variable son aquellas en las que se modifica a lo largo del día su sentido de circulación en función de los volúmenes de tránsito, con el fin de favorecer el desplazamiento de los flujos mayores. Así, se puede invertir el sentido de circulación de una vía unidireccional o generar un solo sentido cuando existen dos, proveyendo temporalmente mayor capacidad para acoger los desplazamientos masivos que caracterizan la estructura de viajes y ritmo general de funcionamiento de las ciudades. Estos movimientos suelen transcurrir, por ejemplo, desde las zonas residenciales hacia las de trabajo o estudio en la hora punta de la mañana y a la inversa en la hora punta de la tarde.

Esta forma de gestión fina de la capacidad existente hace un uso más intensivo de las principales vías, al orientarlas en el sentido de los desplazamientos mayoritarios. En muchos casos, esta medida provee significativos incrementos de la oferta vial, aptos para atender las necesidades de las horas punta.

Los beneficios medidos directamente sobre las vías involucradas son cuantiosos, sin embargo, debe tenerse presente lo siguiente:

- Estos cambios, al actuar sobre vías principales de la ciudad, producen reasignaciones de flujos de quienes desean circular en sentido contrario, que se ven forzados a seguir trayectos mayores y, eventualmente, experimentar demoras adicionales para llegar a su destino de viaje, todo lo cual debe ser considerado en el diseño y evaluación de la medida.
- Los cambios de sentido según horario requieren de muy buena información y señalización para evitar confusiones y accidentes, especialmente durante el período de puesta en marcha.

3.3.4. Acciones en Semáforos

Coordinación de Semáforos

La coordinación de semáforos es una de las formas más eficientes de reducir demoras, consumo de combustible, contaminación y accidentes. La coordinación consiste en establecer ciclos, repartos y desfases en una vía o red, de manera tal que los vehículos puedan desplazarse a una cierta velocidad, procurando que las interrupciones generadas por luz roja sean mínimas. Los parámetros más importantes que deben considerarse para la coordinación de un sistema son el ciclo, que normalmente será común para todos los semáforos coordinados, el reparto o distribución de tiempos en verde, y el desfase, que es el período que transcurre entre el comienzo de una fase específica en un semáforo y su comienzo en la intersección siguiente.

Además de estos parámetros básicos, existe un conjunto de condiciones que deben resolverse en la medida en que el eje o red a coordinar aumenta en complejidad, todo lo cual puede ser asistido por herramientas de modelación para representar y optimizar cada caso.

La unidad básica para coordinar es un eje, corredor o vía. Cuando se trata de ejes sencillos unidireccionales es posible utilizar técnicas gráficas o “banda verde”, obteniéndose programaciones normalmente fijas, calculadas sobre la base de datos históricos de flujos y velocidades. Pero en casos bidireccionales con intersecciones espaciadas irregularmente, puede ser difícil e incluso imposible determinar una “banda verde” sin interrupciones y que satisfaga la demanda. Desde luego, la coordinación de redes es simplemente imposible de plantear con dicho método.

Existen tres formas de coordinación de Semáforos los cuales son: Coordinación con planes fijos, Coordinación flexible o dinámica y Sistemas de control centralizado.

3.3.5. Acciones sobre el Estacionamiento

El estacionamiento es una condición evidentemente indispensable en todo sistema de transporte vial. En particular los automóviles no están destinados a un movimiento perpetuo, sino a realizar viajes determinados y específicos, según sea el propósito de los usuarios. Una vez concluído un desplazamiento, o al cabo de una secuencia de ellos, cuando el usuario ya no requiera moverse, el vehículo pasa a una etapa de reposo, en la que debe, necesariamente, ocupar un espacio que se sustrae a casi todo uso alternativo.

Lo señalado abre la opción de manejar los estacionamientos como herramienta para regular el tránsito y aminorar el congestionamiento. La dotación de estacionamientos o su ausencia, así como su costo, facilitan u obstaculizan el acceso en automóvil, sobre todo para aquellos recorridos en los que el usuario debe encontrar, de una manera accesible, un lugar para dejar el automóvil. La escasez de estacionamiento en la cercanía de los destinos o un valor elevado por su uso es, de hecho, en numerosas situaciones, un desincentivo al uso del vehículo particular, así como su buena disponibilidad genera el efecto contrario.
Es preciso encontrar el mejor equilibrio entre accesibilidad y limitaciones en el uso del automóvil, lo que puede exigir el mejoramiento del transporte público e implantar las medidas restrictivas en forma gradual.

Control de Estacionamientos

El control de estacionamiento consiste en regular la disponibilidad de sitios de parqueo en distintas zonas de la ciudad, con el fin de disminuir el congestionamiento. Controlar el estacionamiento, sea restringiendo el número de sitios disponibles o cobrando por su uso, ha sido reconocido desde hace tiempo como uno de los elementos más efectivos en cualquier estrategia para reducir el uso del automóvil. De esta manera, se dan señales de que no cualquier viaje en automóvil, en cualquier momento, es conveniente para la sociedad.

Una opción para bajar el congestionamiento es desalentar los viajes en auto a las zonas centrales de las ciudades en las horas punta. Dado que más de la mitad de los viajes en esos períodos tienen como propósito ir al trabajo, existe un interesante potencial para atacar el congestionamiento mediante acciones que desestimulen u obstaculicen el estacionamiento de larga duración cerca de o en las zonas con gran cantidad de puestos laborales. Las restricciones pueden incentivar el cambio a vehículos de alta ocupación o la transferencia de viajes fuera de los períodos punta.

Los objetivos que se pueden perseguir al actuar sobre los estacionamientos, con el fin de aliviar el congestionamiento, son los siguientes:

- Liberar espacio de calles y avenidas para la circulación de vehículos, aumentando la capacidad efectiva de las vías.
- Reducir los desplazamientos en auto que impliquen estancias prolongadas del vehículo, como por ejemplo, los viajes domicilio-trabajo.
- Fomentar la utilización de medios de transporte de alto coeficiente de ocupación, incluyendo el uso compartido del auto particular.
- Incentivar la transferencia de viajes de horas punta a horas fuera de punta.
- Facilitar en las áreas congestionadas el estacionamiento de corta duración por motivos de negocios, trámites personales, y otros.
- Reducir el tiempo dedicado por vehículos en movimiento a la búsqueda de una plaza para estacionar.

El control de estacionamiento en áreas congestionadas puede adquirir diversas modalidades, como:

- La prohibición lisa y llana de estacionar en determinados lugares y períodos.
- La fijación de cuotas de espacio o tiempo de aparcamiento.
- La imposición de un cobro por estacionar o el suministro del espacio.

Por otra parte, la provisión de estacionamientos intermedios que permitan hacer viajes combinando el automóvil con el transporte público, también puede contribuir a aminorar el congestionamiento.

Debe dejarse en claro que el control de estacionamiento no persigue prohibir el uso del automóvil, ni mucho menos ahogar el desarrollo de las actividades urbanas. Por ello, es necesario conjugar una apropiada provisión de estacionamientos en zonas sin congestionamiento, con ciertas limitaciones en aquellas donde la hay, con el fin de alcanzar los mejores resultados para el desenvolvimiento de una ciudad.

En todo caso, las medidas deben diferenciarse según sea la naturaleza de los estacionamientos, pudiéndose distinguir:

- El estacionamiento libre o gratuito en la calzada
- El estacionamiento regulado o pagado en la calzada
- El estacionamiento pagado fuera de la calzada
- El estacionamiento gratuito fuera de la calzada

Estacionamiento libre o gratuito en la calzada

El estacionamiento en las calles es apetecido por los usuarios, en atención a que en muchos casos provee una solución asequible y cercana al destino preciso, con mayor razón si es gratuito. Lamentablemente, el espacio ocupado se sustrae de la circulación durante todo el tiempo que dure la detención del vehículo.

Ello reduce la capacidad de la vía y puede tornarse crítico en arterias cuyo tránsito es elevado, particularmente en las horas punta.

Como su nombre lo indica, esta medida consiste en prohibir el estacionamiento en determinados lugares y períodos de tiempo.

La prohibición rescata virtualmente un carril para los vehículos que desean circular, a costa de incomodar a los relativamente pocos vehículos que podrían estar estacionados. Un carril adicional puede permitir el paso de unos 1500 vehículos por hora, agilizando enormemente el tránsito en vías de alta demanda y reduciendo drásticamente los niveles de congestionamiento. Lo más notable es que se trata de un espacio vial disponible y que puede liberarse con medidas al alcance de las autoridades.

La prohibición de estacionar sobre la calzada se justifica sólo en lugares donde tenga una contribución efectiva. Es apropiada en aquellas vías que, por su volumen de tránsito, requieren un mayor espacio para desahogar los flujos, lo que sucede generalmente en avenidas importantes y calles de las zonas céntricas de las ciudades.

La prohibición puede ser permanente en las avenidas principales, en uno o ambos costados, en tanto que en otras vías ella puede ser temporal, abarcando solamente los días laborales (lunes a viernes o sábado en la mañana), excluyéndose las horas nocturnas. Por el contrario, en las calles de carácter vecinal no tiene real sentido.

Un caso particular es la detención para faenas de carga y descarga, las que deben estar vedadas en los momentos más severos y permitidas expresamente en horarios de baja demanda de tránsito.

Esta medida es generalmente de facultad municipal y puede contar con un razonable grado de apoyo ciudadano. Posiblemente, la mayor resistencia en el momento de ponerla en vigor provenga de residentes que no tengan estacionamiento propio, razón por la que cabe considerar, donde sea factible, permitir el aparcamiento nocturno.

Ésta debe estar debidamente señalizada mediante signos convencionales; además, al implantarse, debe publicitarse ampliamente, para que nadie pueda alegar desconocimiento. De cualquier forma, es preferible lograr el apoyo ciudadano, ya que el acatamiento voluntario facilita enormemente el cumplimiento de los objetivos, para lo que es esencial explicar qué se pretende lograr.

Con todo, se requiere ejercer vigilancia para que la medida sea respetada, y en caso de infracción, que el responsable sea verdaderamente sancionado. En este sentido, es

importante contar, sobre todo en las horas de mayor demanda, con un mecanismo que ofrezca una alta probabilidad de que los infractores sean detectados, mediante un apropiado número de inspectores y un buen sistema de patrullaje. Además, es necesario un esquema objetivo de sanciones y un sistema que las haga efectivas. En ausencia de control eficaz, campeará el estacionamiento ilegal.

Si se pretende que sea exitosa, la prohibición de estacionar debe formar parte de un conjunto de medidas, entre las que debe considerarse un mejoramiento del transporte público. Asimismo, sería importante que existiera alguna dotación de estacionamientos en las inmediaciones de las zonas restringidas, que pueda recibir a quienes quieran o necesiten acercarse a ella en automóvil.

Estacionamiento regulado o pagado en la calzada

Si en las vías de mayor afluencia de vehículos se justifica la prohibición, hay numerosas otras en que, siendo posible el estacionamiento, es necesario regularlo mediante parquímetros y otros medios que racionalicen la demanda.

El propósito es generar la probabilidad de encontrar un sitio cuando se requiera y, en el caso de ser pagado, de hacer asumir al usuario el costo que para la sociedad implica la provisión del espacio.

En las zonas centrales de las ciudades, debe propenderse a que el estacionamiento en las calles se destine a estadías de corta duración. Ello permite el acceso para fines de trámites o compras, a la vez que inhibe el aparcamiento para fines laborales, que representa el grueso de los motivos de viaje en las horas punta.

El pago de una tarifa debe ser el principal elemento racionalizador del aparcamiento regulado en la vía pública y tiene la ventaja adicional de generar recursos para el municipio. Puede ser conveniente establecer también lapsos máximos de estadía, aunque el pago es en sí un disuasivo para quedarse mucho tiempo. Una regulación más liviana consiste en permitir el estacionamiento gratuito, pero estrictamente limitado en cuanto a tiempo, para asegurar la rotación.

Los parquímetros son medios efectivos para regular el estacionamiento autorizado en la vía pública. Estos aparatos tienen una amplia gama de características (pueden ser sólo medidores del tiempo o también recaudadores mecánicos o electrónicos, manuales o automáticos, con monedas o tarjetas).

En países con mano de obra de bajo costo o elevados niveles de desempleo, es posible manejar los estacionamientos con cobradores humanos premunidos de aparatos registradores del tiempo estacionado. Así, además de crear fuentes de trabajo formal, se puede cobrar el tiempo exacto de uso, sin perjuicio de que exista un monto mínimo por el hecho de estacionarse.

Los cobradores humanos pueden ser la primera línea de un sistema de control de los usuarios, que debe complementarse con un grupo de supervisores. En el caso de pagos directos a los parquímetros, se debe contar con inspectores.

Estacionamiento pagado fuera de la calzada

Resulta lógico que la mayor parte de los estacionamientos se provean fuera de las calles, ya sea en predios privados o en la faja pública, fuera de la calzada propiamente tal. Aparte de que es imposible que las calles sean suficientes para estacionar todos los vehículos, su función primordial no es precisamente el parqueo.

Los estacionamientos pagados fuera de la vía pública pueden ser subterráneos, en edificios o a nivel del suelo. A veces estos últimos están instalados precariamente en terrenos baldíos; desde un punto de vista urbanístico, convendría que fuesen obligados a subir de categoría. Un aspecto al que debe prestarse atención es a los accesos, para evitar que ellos sean fuente de congestionamiento; cualquier posible fila que se produzca debería poder ubicarse fuera de los carriles de la calzada principal.

Los parqueos fuera de la calzada tienen la ventaja de que bajan la presión por estacionar en la calle y pueden ser motivo de emprendimiento comercial.

El estacionamiento pagado fuera de la calzada también puede jugar un papel en el control del congestionamiento. Desde luego, permite eliminar sitios de parqueo en la calzada.

Asimismo, el pago es un incentivo para racionalizar el uso del automóvil, especialmente cuando se trate de estacionamiento de larga duración. Hay que tener presente que es factible el cobro de derechos municipales, ya sea por el usufructo de sitios públicos o el establecimiento de derechos por el ejercicio del negocio, para llevar las tarifas a los niveles apropiados.

Una forma complementaria de reducir la disponibilidad de estacionamientos de larga duración sería prohibir el ingreso a parqueos pagados durante la hora punta de la mañana. Ello obligaría a indemnizar el derecho de explotación que se pierde. A primera vista, parece más adecuado el cobro de un impuesto para que el monto de las tarifas inhiba dejar el vehículo durante toda la jornada de trabajo.

Estacionamiento gratuito fuera de la calzada

Diversas instituciones ofrecen estacionamiento gratuito para favorecer sus operaciones. Desde el punto de vista de su relación con el congestionamiento, pueden agruparse bajo los rubros que se comentan a continuación, teniendo siempre presente que el problema se manifiesta principalmente en zonas céntricas durante las horas punta.

- Centros comerciales, instituciones de servicio y empresas con fines de lucro; La puesta a disposición de estacionamientos gratuitos para clientes puede ser una necesidad imperiosa para el buen funcionamiento de establecimientos comerciales y otras entidades a las que acude público para recibir un servicio o realizar trámites o negocios, como centros de salud, oficinas de pago de servicios, bancos, diversas empresas públicas o privadas, y otras. Los viajes atraídos suelen representar detenciones de duración relativamente corta y muchos de ellos (aunque no necesariamente la mayoría) se efectúan de todos modos fuera de las horas punta.

- Lugares de trabajo y de educación superior; Diferente es el caso del aparcamiento para trabajadores provisto por sus empleadores, pues sus desplazamientos coinciden mayoritariamente con los períodos punta. Estas granjerías suelen ser otorgadas a los trabajadores para atraer mano de obra calificada o se obtienen en los procesos de

negociación salarial colectiva. El estacionamiento gratuito provisto por instituciones de educación superior a sus alumnos es de efectos similares.

- Estacionamientos en proyectos inmobiliarios; Los estacionamientos en proyectos inmobiliarios de carácter residencial son imprescindibles y deben constituir una dotación apropiada para que los vehículos no queden en la calle. Sin embargo, hay que asegurar que no se produzcan atochamientos en sus accesos, lo que debe ser causal de un diseño adecuado.

3.3.6. Escalonamiento de Horarios

Los volúmenes de tránsito tienen marcados períodos punta, en los que se concentra gran número de viajes. Generalmente, ello se debe a que al comienzo del día se produce el inicio de gran cantidad de actividades, lo que induce a muchas personas a desplazarse en forma casi simultánea a su sitio de trabajo o estudio. Un fenómeno parecido, aunque menos acentuado, se produce en la tarde al concluir el período laboral y comercial. En consecuencia, el congestionamiento se puede aliviar en la medida en que sea factible repartir los inicios de las diferentes jornadas a lo largo de un período más extenso.

Descripción de la medida

El escalonamiento de horarios consiste en establecer distintas horas de entrada y salida para las diferentes actividades que existen en las grandes ciudades, tales como trabajo, comercio, colegios, universidades, y otras, de modo que cada actividad tenga un comienzo desfasado en relación con las otras.

Lo que se pretende con esta medida es evitar que las horas punta sean muy marcadas, puesto que los viajes se repartirían en un período más extendido. De esa forma, se distribuye en el tiempo la demanda por el sistema vial, estando las calles menos congestionadas. Como es obvio, los mejores resultados se conseguirían si se lograra distribuir en un mayor lapso los viajes de las horas punta.

La reorganización que se pueda hacer de los horarios depende directamente del funcionamiento de las actividades en cada ciudad; en todo caso, debe cautelarse no

interferir en el normal funcionamiento de las actividades afectas a modificación. Cada ciudad tiene una actividad comercial distinta, un sistema educacional que puede o no estar distribuido espacialmente en forma homogénea y una cultura que puede o no facilitar la aplicación de esta medida.

Hay una tendencia a que la entrada a los colegios sea anterior a la del trabajo en general, dado el deseo de muchos padres de pasar a dejar a sus hijos en camino a sus obligaciones laborales. La educación superior, el comercio y buena parte de las actividades privadas parecen disponer de mayor flexibilidad de horario.

Una opción cierta es diferenciar las horas de entrada de distintos ámbitos laborales, como el sector público, el privado, los bancos y la construcción. A veces esto se logra espontáneamente, pues la construcción suele comenzar apenas despunta el sol. A su vez, el sector público puede adelantar o atrasar su comienzo, dependiendo de la idiosincrasia nacional o del número de horas que incluya la jornada (si es de seis horas, es factible desarrollarla íntegramente antes de almuerzo. La banca a distancia, posibilitada por Internet, hace menos perentoria la necesidad de abrir muy temprano).

Otra posibilidad es estimular que dentro de una empresa, la jornada laboral sea flexible para todos aquellos que resulte factible. En otras palabras, cada trabajador elegiría su hora de entrada y de salida, respetando el número total de horas de trabajo y determinados períodos en que obligatoriamente todos deberían estar en sus puestos, para poder desarrollar consultas u otras actividades en común. El teletrabajo, aprovechando las modernas técnicas de comunicación: Internet, correo electrónico, y otros, puede ayudar también a la dispersión de horarios. De todos modos, hay que reconocer que el sector privado se presta más para este tipo de innovaciones.

Casos de aplicación

En numerosas empresas de países desarrollados, incluídas ciertas oficinas públicas, existe la flexibilidad del horario laboral que cada trabajador ejerce en forma voluntaria; la condición es estar en el lugar de trabajo un cierto horario parcial, que es el mismo para todos. De hecho, muchos trabajadores acomodan su viaje fuera de la hora punta de la mañana, ya sea antes o después de ella.

Ventajas y Desventajas

Ventajas

- La medida logra ciertos resultados; Es obvio que se logra una punta más extendida en el tiempo y, por lo tanto, una baja en los niveles de tránsito durante la hora más intensa, lo que significa menores tiempos de viaje y de costos de operación vehicular.
- Bajos costos de puesta en marcha; La medida no tiene un costo relevante de puesta en marcha, aunque sí puede haber costos debido al necesario ajuste a los nuevos horarios de actividades.
- Posibilidad de mantener hábitos modales; Los usuarios tienen la opción de seguir desplazándose en el modo de su predilección.
- Ahorro en flota de transporte público; Un horario de punta más extendido permite atender la misma cantidad total de pasajeros con menor cantidad de buses, por cuanto la densidad de viajes es menor.

Desventajas

- Costos del ajuste a los nuevos horarios; El necesario ajuste a los nuevos horarios de actividades puede significar pérdidas de productividad transitorias.
- Aumento de viajes producto de los cambios de horario; Posiblemente aparezcan viajes adicionales, debido a que el desfase puede dificultar una combinación que antes era factible. Es el caso típico de llevar a los hijos al colegio, para enseguida continuar al lugar de trabajo, lo que eventualmente podría no ser realizable, sino implicar un retorno intermedio al hogar.
- Cambio de hábitos; El cambio de hábitos es un inconveniente al menos de orden subjetivo, pues supone reacomodar las actividades, lo que toma un tiempo para alcanzar un nuevo orden.
- Medida difícil de imponer; En el caso del sector privado, es escasa la posibilidad que tienen las autoridades de obligar a mantener un determinado horario de actividades.

3.3.7. Restricción Vehicular

Dado que el congestionamiento se produce por la presencia de muchos automóviles circulando, ha surgido la idea de aminorar el congestionamiento mediante la prohibición de circular, aplicable a una parte del parque existente, sin afectar el derecho de comprar vehículos.

Descripción de la medida

La restricción vehicular consiste en prohibir la circulación de una parte de los vehículos en determinadas zonas y lapsos de tiempo, los días lunes a viernes. Esta medida se ha aplicado para reducir el congestionamiento o la contaminación ambiental; por consiguiente, según sea lo que se persigue, deberían ser diferentes sus modalidades de aplicación. El enfoque aquí es el de enfrentar el congestionamiento por la vía de evitar la circulación de cierto número de vehículos en la zona restringida, aunque por contraste hay referencias al control de la polución.

A quiénes Restringir

La obtención de resultados apreciables en cuanto a reducción del congestionamiento implica aplicar la prohibición a una fracción importante del parque vehicular, la que debe ser rotativa a lo largo de la semana. Habitualmente se ha optado por imponerla de lunes a viernes al 20% de los vehículos restringibles, aunque en condiciones de alta contaminación ambiental se puede superar esta proporción.

La prohibición puede abarcar todo tipo de vehículos en forma pareja o bien exceptuar a algunos. Primordialmente sufren la restricción los vehículos de transporte particular: automóviles, incluyendo todo tipo de taxis y camionetas.

Por otra parte, es usual que se prohíba la circulación de camiones y otros vehículos de carga en zonas céntricas en las horas punta, además de establecer horarios especiales para las faenas de carga y descarga. No tiene sentido prohibir la circulación de buses, a menos que se trate también de combatir la contaminación, pues son precisamente ellos los que menos congestionan por pasajero transportado y constituyen una importante opción en el caso de

tener que dejar guardado el auto propio. Por la misma causa, tampoco debería afectarse al transporte escolar, que en muchas ciudades es ofrecido por minibuses. Los taxis colectivos transportan relativamente pocos pasajeros como para justificar su exención, además de que si ella existiera, habría una presión para transformar masivamente los taxis individuales en colectivos.

Formas de materializar la Restricción

Una opción simple es imponerla en función del último dígito de la placa patente. La prohibición diaria de circular de dos dígitos, restringe al 20% y permite abarcarlos a todos en un ciclo de lunes a viernes. Otras fórmulas permiten restringir una fracción mayor o menor. Es conveniente mantener el turno de restricción por períodos prolongados, posiblemente varios meses, para evitar en los usuarios la confusión que provocan los cambios frecuentes.

Sin embargo, la permanencia prolongada perjudica a quienes les toca los viernes, día en que muchos desean salir de la ciudad, razón por la que debe haber cambios cada cierto tiempo.

Otra posibilidad, más cercana a los mecanismos de mercado, es discriminar por medio del permiso de circulación o tasa de rodaje. En las ciudades en que se pretenda implantar se cobraría una tasa adicional, que sería de un valor elevado para quienes deseen quedar exentos de la restricción, de valores decrecientes para restricción, por ejemplo, de uno o dos días a la semana, y nulo para restricción continua de lunes a viernes. Los montos se fijarían en niveles que permitan reducir la circulación en la proporción deseada.

La diferenciación se haría mediante sellos pegados en el parabrisas, de distintos colores y características. Por cierto que es posible el mecanismo inverso de rebajar el valor del permiso anual en distintos montos, en función de los días semanales de restricción. En todo caso, debe aceptarse que la fiscalización es más compleja que en el caso de tener que considerar sólo el último dígito.

Sectores de la ciudad con Restricción

Esta medida debería abarcar a todos los sectores de la ciudad en que haya congestionamiento, la que generalmente existe en las zonas céntricas y diversas avenidas importantes. Aplicar la restricción a la ciudad completa sólo se justificaría por razones ambientales.

Períodos de vigencia

La restricción habría que aplicarla en los momentos de congestionamiento, vale decir, en las horas punta, especialmente la de la mañana. Si muchos automovilistas optaran por ir al trabajo en un modo diferente, es menos probable que usen su vehículo en la hora punta de la tarde, lo que la aliviaría automáticamente.

La restricción se ha aplicado durante el día completo, excluyendo la noche. Su aplicación durante las horas valle (períodos fuera de punta) del día tendría justificación por razones ambientales, no así desde el punto de vista del congestionamiento.

Durante los feriados, así como en el período del año en que baja notablemente el tránsito urbano a causa de las vacaciones, obviamente debería suspenderse la restricción vehicular.

Efectividad de la Restricción

No cabe duda que la prohibición de circular puede tener un impacto en los niveles de tránsito en el corto plazo, pues equivale a que el parque vehicular sea virtualmente menor que el efectivo. Sin embargo, a mediano plazo su eficacia disminuye. La alta tasa de adquisición de vehículos hace que en tres o cuatro años la dotación de vehículos pueda crecer en 20%, anulando en la práctica los efectos propuestos con la restricción. Una presión adicional al crecimiento y, de paso, al envejecimiento del parque, proviene del hecho de que quienes pueden, tienen el incentivo de comprar un segundo vehículo, posiblemente de mayor antigüedad, para eludir la restricción, especialmente si ésta se aplica por días completos.

Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Es efectiva en el corto plazo; Las ciudades que la aplicaron han logrado disminuir la congestión en el corto plazo, aunque el efecto se va disipando debido al aumento del parque vehicular y la posible adquisición de un segundo coche. En cambio, si la restricción se aplica mediante un permiso de circulación adicional de costo variable, será más fácil graduar la cantidad de vehículos con derecho a circular. Mientras exista disminución de la congestión, se acortarán los tiempos de viaje, con el consiguiente aumento de las velocidades de circulación.
- Disminución de la contaminación; Este efecto se nota en el corto plazo, en la medida en que bajen los niveles de tránsito.
- Bajos costos de puesta en marcha; Esta medida requiere un esquema de información y, sobre todo, de fiscalización reforzada, generalmente a cargo de quienes controlan el tránsito.

Desventajas

- Expropiación de un derecho adquirido por los usuarios; La restricción vehicular, ya sea por placa patente o por tasa adicional, conlleva el dilema de restringir el derecho a circular, por el cual se ha pagado anualmente en forma expresa. Su suspensión durante períodos preestablecidos equivale a una expropiación y puede conducir a planteamientos de tipo constitucional y legal, y es posible que en algunos países deba dictarse una ley para poder aplicar esta medida.
- Dificultad de fiscalización; Dados los altos volúmenes de tránsito en los períodos punta, la fiscalización es difícil, principalmente si detener un vehículo implica generar congestión. Ello puede estimular el deseo de burlar la disposición, lo que sería contrario a la equidad.
- Incremento adicional y envejecimiento del parque automotriz en el mediano plazo; Sucede en tanto haya quienes puedan adquirir un segundo y hasta un tercer auto, seguramente de bajo costo, para eludir el efecto de la restricción.

CAPÍTULO IV

4. APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1. Delimitación de la zona de estudio.

La Delimitación de la zona de estudio comprende a la calle Cochabamba por el norte, Ingavi por el sur, Colon por el este y Campero por el oeste. Se realizó el análisis de las 28 intersecciones que se encuentran dentro de esta zona de estudio

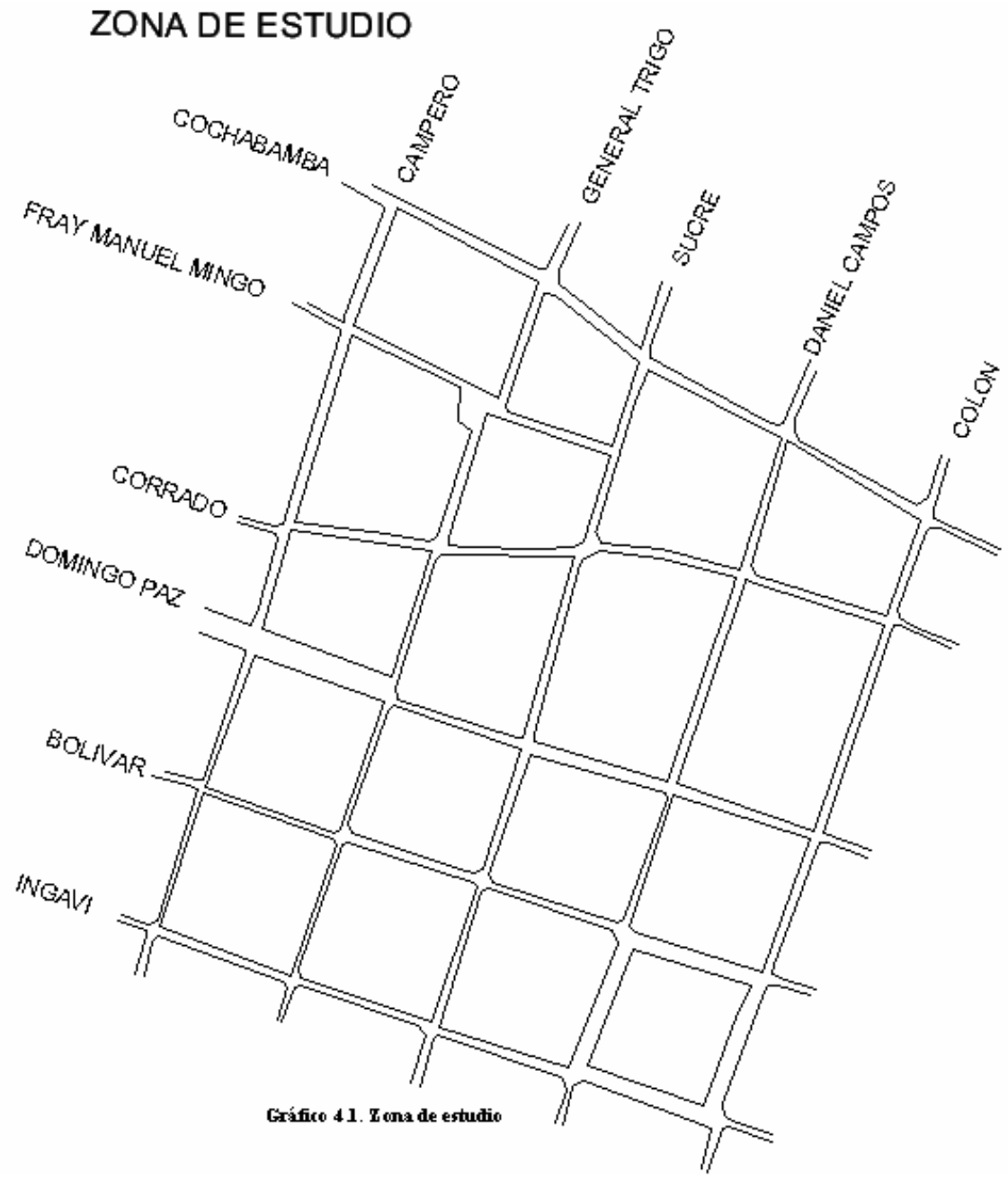


Gráfico 4.1. Zona de estudio

4.2. DETERMINACIÓN DE LAS HORAS PICO

Nº	HORA	CALLES (UBICACIÓN)										
		ENTRE GENERAL TRIGO Y SUCRE						ENTRE DOMINGO PAZ Y BOLIVAR				
		COCHABAMBA	FRAY M. MINGO	CORRADO	DOMINGO PAZ	BOLIVAR	INGAVI	CAMPERO	GRAL. TRIGO	SUCRE	DANIEL CAMPOS	COLON
		(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)	(Veh.)
1	07:00 a 08:00	354	19	281	243	349	257	251	154	272	247	260
2	08:00 a 09:00	479	29	403	357	425	334	331	215	356	311	311
3	09:00 a 10:00	491	35	422	371	436	345	345	233	364	325	336
4	10:00 a 11:00	481	30	407	362	419	337	329	224	351	315	323
5	11:00 a 12:00	478	31	398	360	422	340	343	228	355	318	328
6	12:00 a 13:00	495	37	425	374	437	346	350	234	367	326	337
7	13:00 a 14:00	456	32	371	333	401	317	322	219	340	300	310
8	14:00 a 15:00	334	18	279	274	315	251	245	174	291	229	239
9	15:00 a 16:00	367	23	320	295	343	276	273	195	263	261	257
10	16:00 a 17:00	415	25	356	326	385	302	302	206	308	277	299
11	17:00 a 18:00	466	24	398	348	419	325	327	224	345	308	318
12	18:00 a 19:00	499	38	428	375	440	349	352	236	370	328	339
13	19:00 a 20:00	478	36	414	367	432	330	340	228	358	314	325
14	20:00 a 21:00	362	22	333	324	305	278	285	186	296	254	289
15	21:00 a 22:00	274	15	262	221	275	248	236	120	215	233	240

Cuadro 4.1. Determinación de horas pico

HISTROGRAMAS (HORAS PICO)

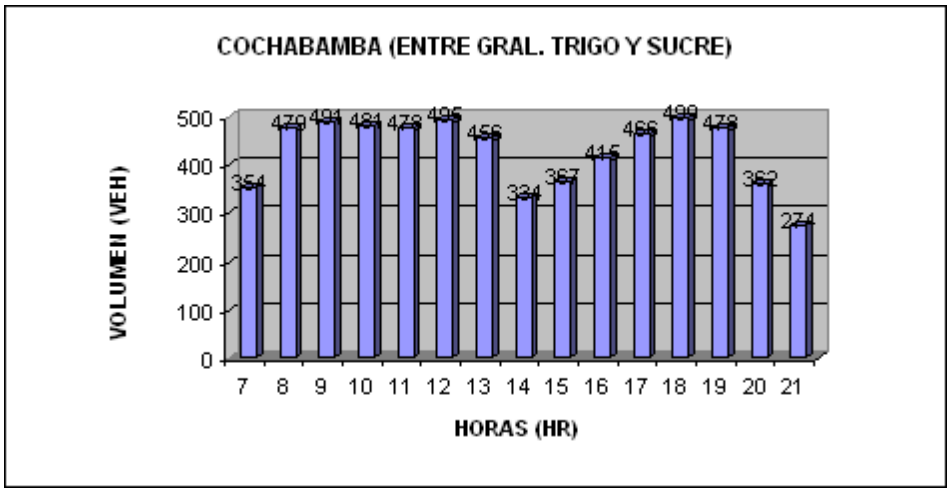


Gráfico 4.2. Histograma hora pico calle Cochabamba

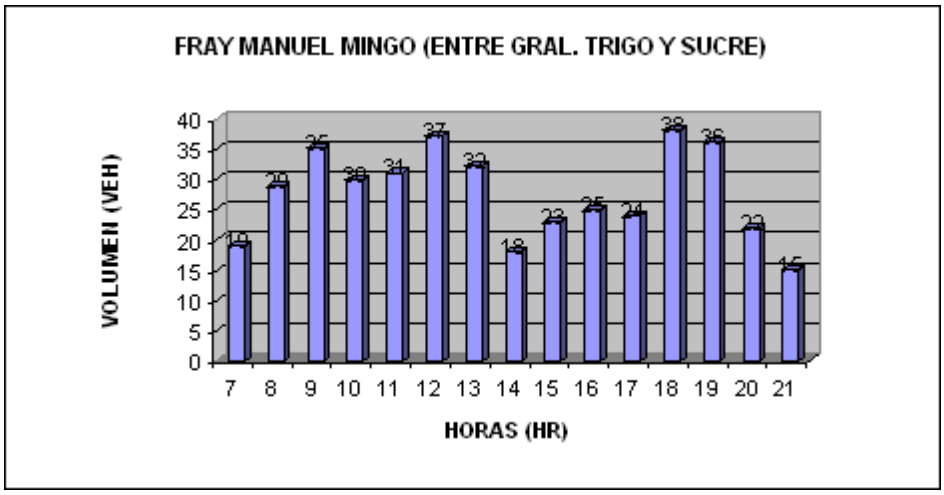


Gráfico 4.3. Histograma hora pico calle Fray M. Mingo

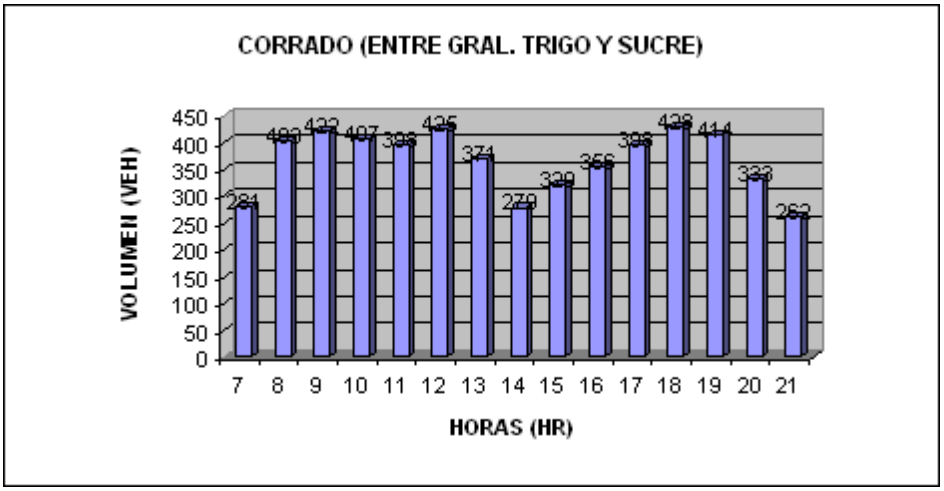


Gráfico 4.4. Histograma hora pico calle Corrado

HISTROGRAMAS (HORAS PICO)

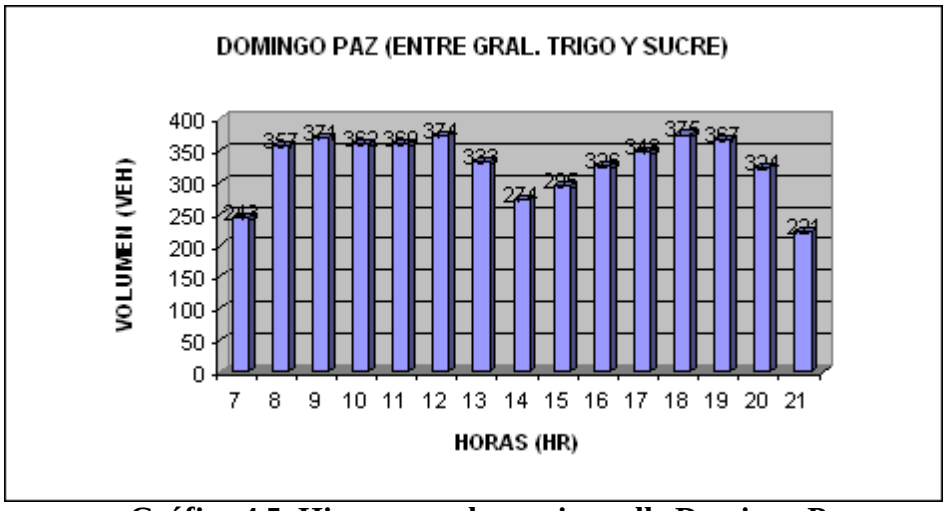


Gráfico 4.5. Histograma hora pico calle Domingo Paz

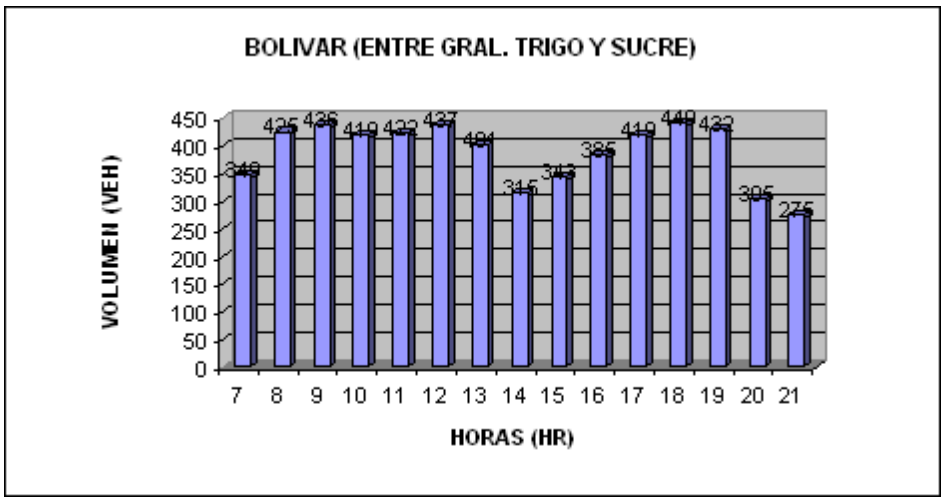


Gráfico 4.6. Histograma hora pico calle Bolivar

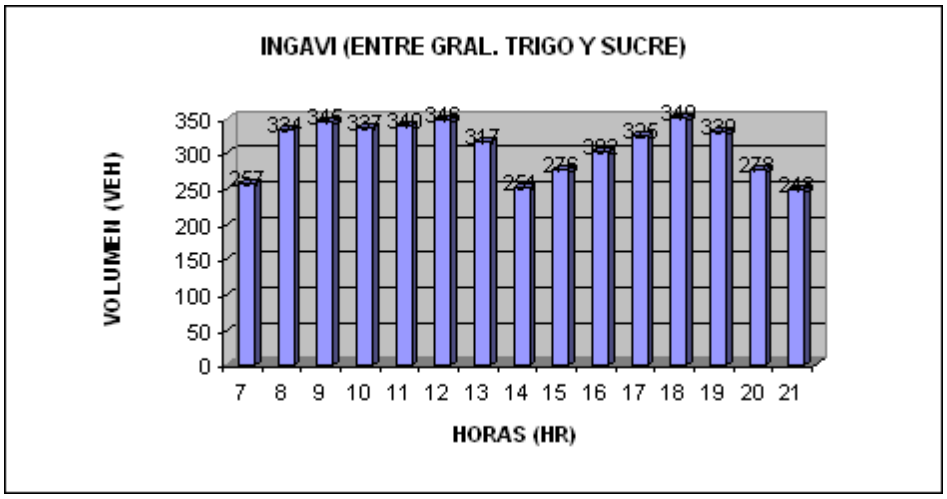


Gráfico 4.7. Histograma hora pico calle Ingavi

HISTROGRAMAS (HORAS PICO)

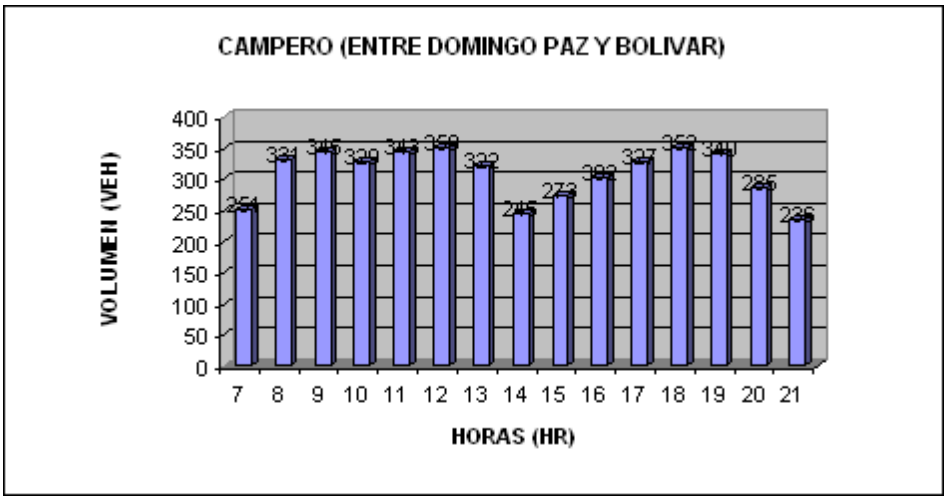


Gráfico 4.8. Histograma hora pico calle Campero

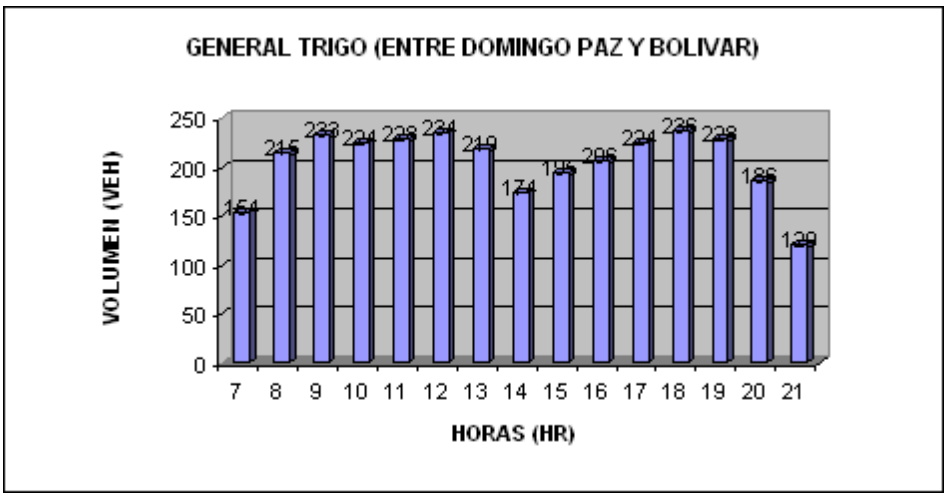


Gráfico 4.9. Histograma hora pico calle Gral. Trigo

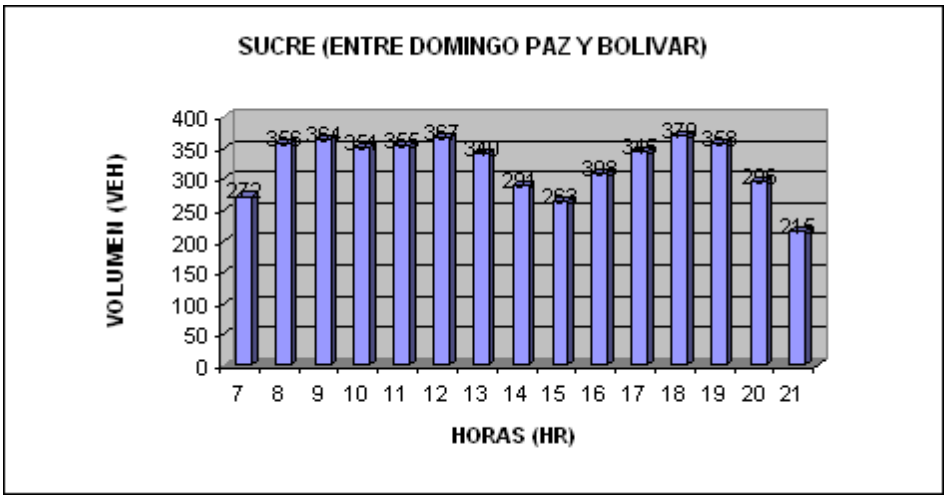


Gráfico 4.10. Histograma hora pico calle Sucre

HISTROGRAMAS (HORAS PICO)

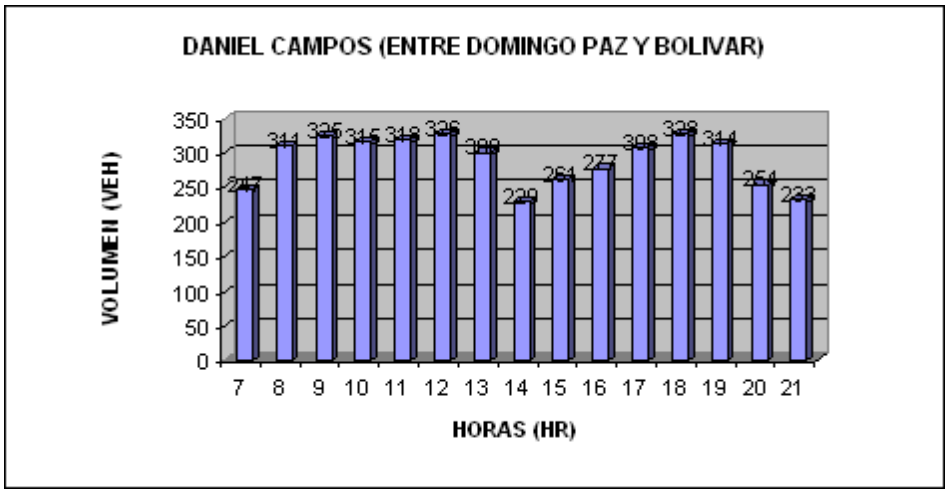


Gráfico 4.11. Histograma hora pico calle Daniel Campos

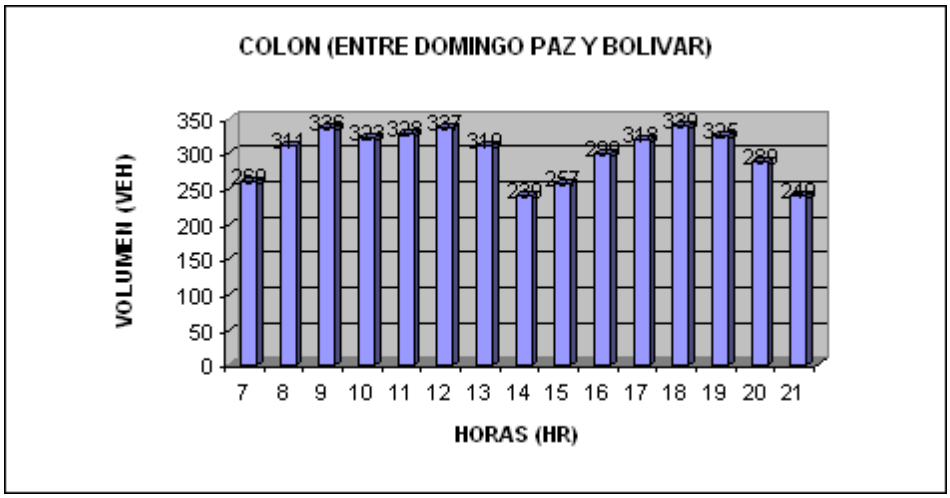


Gráfico 4.12. Histograma hora pico calle Colon

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS INTERSECCIONES

Clasificación de la intersección de acuerdo a la visibilidad que tienen los vehículos que llegan y salen de la misma

RANGO DE CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Muy buena	Las Visibilidad que tienen los vehículos que llegan y salen de la intersección es óptima. El ancho de las aceras en los accesos al ingreso y salida son mayores a 2 metros. Cuenta con un ochave de longitud mayor a 3 metros, que forma un ángulo de 45º con respecto a cada lado de la acera.
Buena	Las dimensiones de la Intersección permiten tener una buena visibilidad que ayuda al vehículo a realizar una buena maniobra al llegar o salir de la misma. Los anchos de las aceras se encuentran entre 2 y 1,5 metros y la longitud de los ochaves entre 3 y 2 metros, el ángulo que forman con respecto a la acera es aproximadamente 45º.
Regular	La visibilidad se ve afectada por las dimensiones de los accesos, ya sea en la llegada o salida de la intersección. El ancho de las aceras puede variar entre 1,5 a 0,8 metros y la longitud de los ochaves puede variar entre 2 a 1 metro formando ángulos cercanos a 45º con respecto a las aceras de la esquina.
Mala	La visibilidad de llegada a la intersección es mucho menor que la de salida, la intersección puede o no contar con aceras u ochaves. Si tiene aceras sus dimensiones varian de 0,8 a 0,25 metros y para ochaves de 1 a 0,25 metros.
Muy mala	La visibilidad es pésima, esta se ve dificultada por la no existencia de aceras y ochaves, tanto a la llegada como a la salida de la intersección. Las intersecciones que cuentan con aceras tienen dimensiones menores a 0,25 metros, de igual forma la longitud de los ochaves es menor a 0,25 metros.

Cuadro 4.2. Clasificación de la intersección de acuerdo a la visibilidad

Clasificación de la intersección de acuerdo a la calidad de la señalización horizontal y vertical

RANGO DE CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Muy buena	Cuenta con todas las señales de tránsito, además de que la calidad de la señalización horizontal es excelente al igual que la ubicación de las señales verticales.
Buena	Cuenta con la señalización necesaria. La calidad de la señalización horizontal es aceptable, pudiendose distinguir el pintado con claridad. La ubicación de las señales verticales son facilmente visibles para conductores como para peatones.
Regular	Cuenta con la señalización necesaria. La calidad de la señalización horizontal es un poco deficiente, pudiendose distinguir el pintado con cierta dificultad. Las señales verticales se ubican en lugares que permiten visualizarlas sin problema desde distancias cortas.
Mala	Hay ausencia de algún tipo de señal. La calidad de la señalización horizontal es muy deficiente, notandose minimamente el pintado. La señalización vertical existente se encuentra en lugares que dificultan su visibilidad.
Muy mala	No cuenta con ningun tipo de señalización ya sea horizontal o vertical.

Cuadro 4.3. Clasificación de la intersección de acuerdo a la calidad de señalización

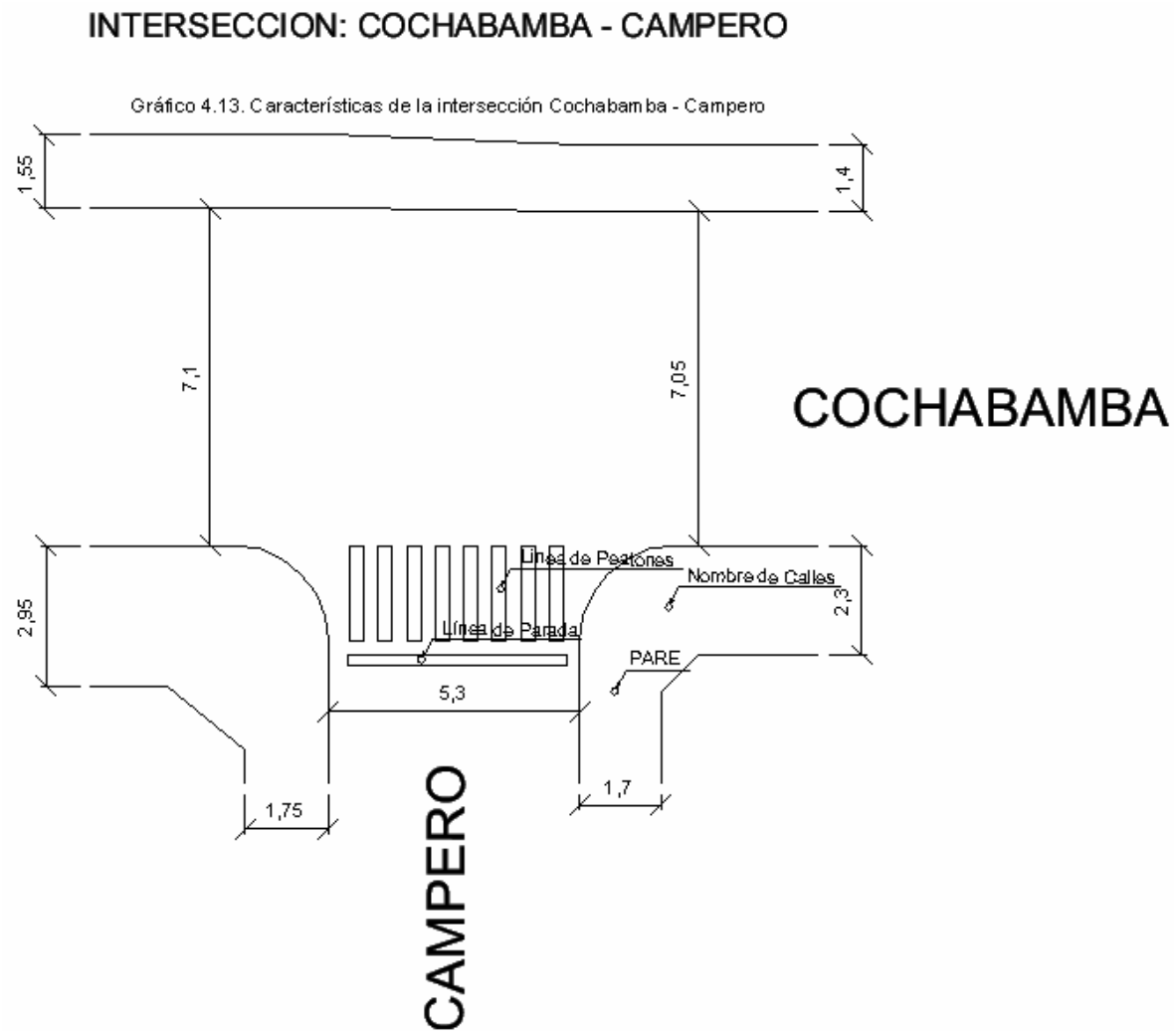
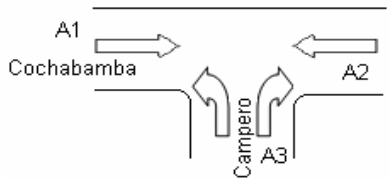


Gráfico 4.13. Características de la intersección Cochabamba - Campero

CALLE	SENTIDO	CARRILES	UBICACION	ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Cochabamba	2	2	LLEGADA	7.10	1.55	2.95	BUENA	MALA
	2	2	LLEGADA	7.05	2.3	1.40	BUENA	MALA
Campero	1	2	LLEGADA	5.30	1.75	1.70	BUENA	REGULAR
			SALIDA	0.00	0.00	0.00		

Cuadro 4.6. Características de la intersección Cochabamba - Campero

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO



Cuadro 4.7. Volúmenes totales intersección Cochabamba – Campero

		ACCESO 1 (A1)			ACCESO 2 (A2)			ACCESO 3 (A3)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	144,25	40,67	0,00	197,25	36,72	0,00	29,33	75,58	0,00	86,08	0,00	0,00
	PARTICULARES	122,50	0,72	0,00	180,58	0,69	0,00	28,33	0,81	0,00	70,25	0,86	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	46,81	13,20	0,00	47,50	8,84	0,00	21,88	56,38	0,00	54,76	0,00	0,00
	PARTICULARES	39,75	0,23	0,00	43,49	0,17	0,00	21,14	0,60	0,00	44,69	0,55	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		308,14			415,25			134,06			157,19		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		100,00			100,00			46,03			53,97		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS		PESADOS		
	PÚBLICOS	144,25	40,67	0,00	197,25	36,72	0,00	115,42	75,58		0,00		
	PARTICULARES	122,50	0,72	0,00	180,58	0,69	0,00	98,58	1,67		0,00		
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	46,81	13,20	0,00	47,50	8,84	0,00	39,63	25,95		0,00		
	PARTICULARES	39,75	0,23	0,00	43,49	0,17	0,00	33,85	0,57		0,00		
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		308			415			291					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

"ESTA INTERSECCIÓN NO CUENTA CON SEMÁFOROS"

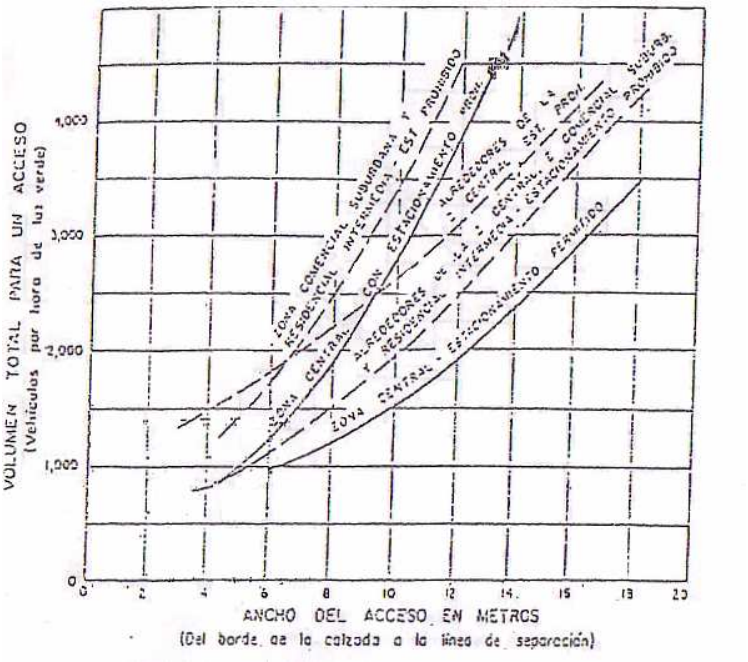
COLA DE ESPERA

Cuadro 4.8. Colas de espera intersección Cochabamba – Campero

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	4	1	2,5
A2	6	1	3,5
A3	5	1	3

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Grafico 4.42. Ábaco para el cálculo de la capacidad



Cuadro 4.4. Nivel de Servicio

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	**DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO**	**FACTOR DE CARGA**
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**≤ 0,10**
C	Flujo Estable	**≤ 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**≤ 0,70**
E	Flujo Inestable	**≤ 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

Cuadro 4.5. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehículos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresión del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresión del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relación v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	0,00	40,05
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	0,00	53,95
% RECTO	100,00	100,00	0,00
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	13,43	9,01	26,52
% VEHÍCULOS LIVIANOS	86,57	90,99	73,48
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	60,01	56,34	65,58
% VEHÍCULOS PARTICULARES	39,99	43,66	34,42
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	308	415	291
ANCHO DE CARRIL (m)	7,10	7,05	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	2	2	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

Cuadro 4.9. Datos para cálculo capacidad intersección Cochabamba – Campero

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
822	A1	1848	1663	1662,75	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1836	1653	1652,63	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A3	1270	1143	822,96	1,000	1,000	0,800	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	308	1662	0,185	C	**D**
A2	415	1652	0,251	C	
A3	291	822	0,354	D	

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n)=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n=\frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1662	0,462	308	0,086	0,151	1
A2	1652	0,459	415	0,115	0,188	1
A3	822	0,228	291	0,081	0,229	1

$$Q=\frac{\lambda^{2}}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad t_s=\frac{1}{\mu-\lambda} \qquad t_q=\frac{\lambda}{\mu*(\mu-\lambda)} \qquad P=\frac{\lambda}{\mu}*100$$

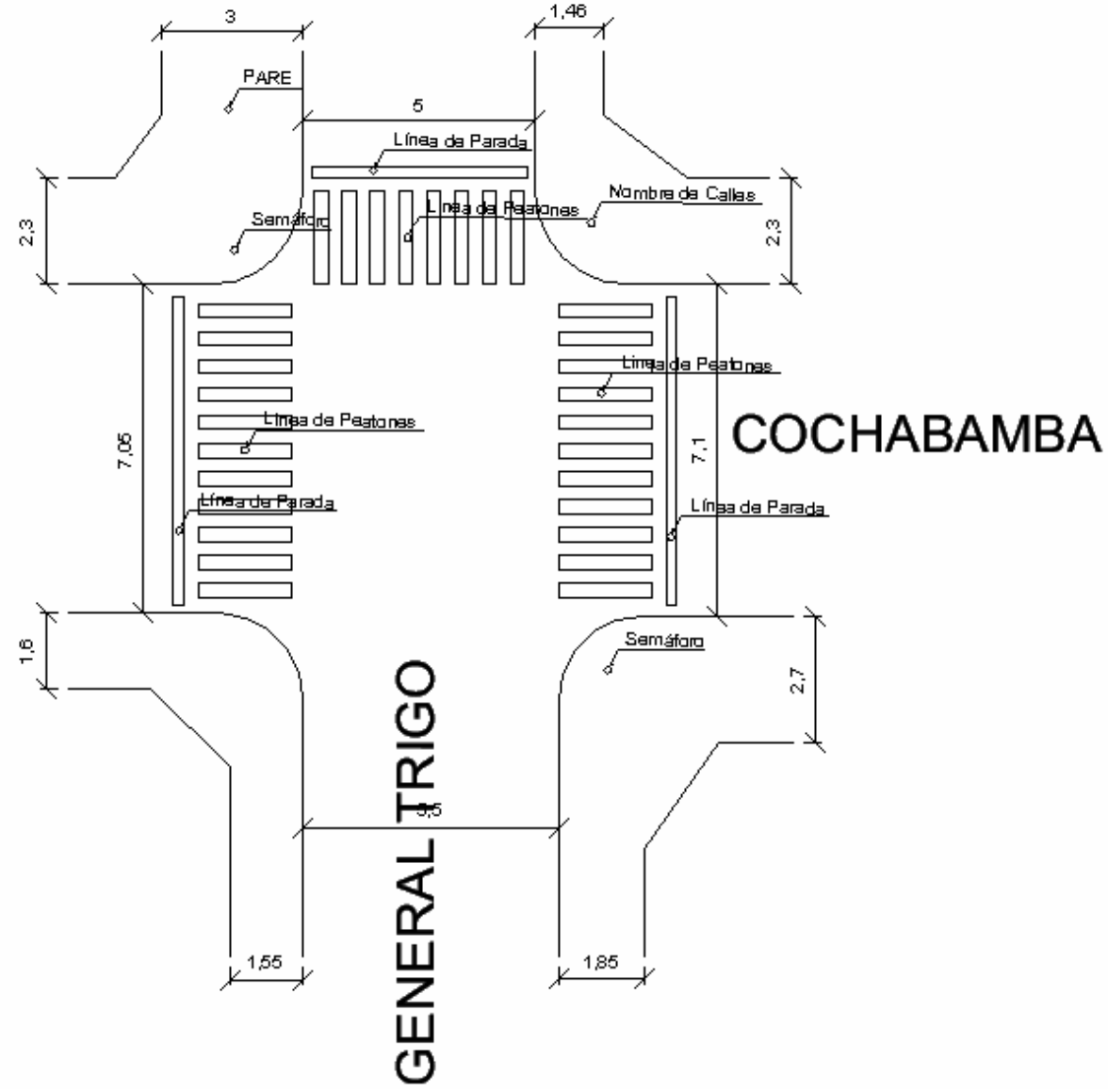
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,042	2,659	0,493	18,532
A2	0,084	2,910	0,731	25,121
A3	0,194	6,780	2,400	35,401

$$I=\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t)=(\mu-\lambda)*e^{(\lambda-\mu)*t} \qquad P(ts\le t)=1-e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t} \qquad P(tq\le t)=1-\frac{\lambda}{\mu}*e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	81,468	0,138	0,632	0,846
A2	74,879	0,126	0,632	0,805
A3	64,599	0,054	0,632	0,752

INTERSECCION: COCHABAMBA - GENERAL TRIGO

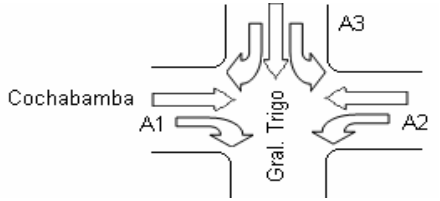
Gráfico 4.14. Características de la intersección Cochabamba - Gral. Trigo



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Cochabamba	2	2	LLEGADA	7.05	2.30	1.60	BUENA	MALA
	2	2	LLEGADA	7.10	2.70	2.30	BUENA	MALA
Gral. Trigo	1	2	LLEGADA	5.50	1.55	1.85	BUENA	MALA
			SALIDA	5.00	1.46	3.00	BUENA	MALA

Cuadro 4.10. Características de la intersección Cochabamba - Gral. Trigo

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - GENERAL TRIGO



Cuadro 4.11. Volúmenes totales intersección Cochabamba – Gral. Trigo

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	211,64	17,08	0,00	15,53	0,44	0,00	164,25	19,72	0,00	6,36	5,44	0,00
	PARTICULARES	198,69	8,92	0,00	13,44	0,22	0,00	158,25	9,25	0,00	3,58	2,97	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	48,50	3,92	0,00	52,39	1,50	0,00	46,73	5,61	0,00	34,64	29,65	0,00
	PARTICULARES	45,54	2,04	0,00	45,36	0,75	0,00	45,02	2,63	0,00	19,52	16,19	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		436,33			29,64			351,47			18,36		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		93,64			6,36			95,04			4,96		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	227,17		17,53		0,00		170,61		25,17		0,00	
	PARTICULARES	212,14		9,14		0,00		161,83		12,22		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	48,75		3,76		0,00		46,13		6,80		0,00	
	PARTICULARES	45,53		1,96		0,00		43,76		3,30		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		465						369					

		ACCESO 3 (A3)								
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	86,50	0,11	0,00	33,61	0,00	0,00	21,67	13,17	0,00
	PARTICULARES	56,92	0,67	0,00	30,22	0,78	0,00	18,33	0,83	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	59,99	0,08	0,00	52,02	0,00	0,00	40,12	24,38	0,00
	PARTICULARES	39,47	0,46	0,00	46,78	1,20	0,00	33,95	1,54	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		144,19			64,61			54,00		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		54,87			24,59			20,55		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	141,78			13,28			0,00		
	PARTICULARES	105,47			2,28			0,00		
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	53,95			5,05			0,00		
	PARTICULARES	40,13			0,87			0,00		
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		262								

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.12. Tiempos de semáforos intersección Cochabamba – Gral. Trigo

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,04	18,03	17,97	18,04	18,01	18,06	18,03	18	42
	AMARILLA	2,1	1,97	1,98	2,02	2,05	1,98	2,02	2	
	VERDE	21,99	22,06	22,04	21,97	22,05	22,03	22,02	22	
A2	ROJA	18,04	18,03	17,97	18,04	18,01	18,06	18,03	18	42
	AMARILLA	2,1	1,97	1,98	2,02	2,05	1,98	2,02	2	
	VERDE	21,99	22,06	22,04	21,97	22,05	22,03	22,02	22	
A3	ROJA	21,92	21,89	22,06	22,06	22,09	21,98	22,00	22	42
	AMARILLA	1,93	1,96	1,98	2,1	2,07	2,08	2,02	2	
	VERDE	17,98	18,06	18,04	17,9	17,86	18,03	17,98	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.13. Colas de espera intersección Cochabamba – Gral. Trigo

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	1	5
A2	7	1	4
A3	6	1	3,5

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	4,96	20,55
% GIRO DERECHA (GD)	6,36	0,00	24,59
% RECTO	93,64	95,04	54,87
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	5,72	10,11	5,92
% VEHÍCULOS LIVIANOS	94,28	89,89	94,08
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	52,51	52,94	59,00
% VEHÍCULOS PARTICULARES	47,49	47,06	41,00
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	465	369	262
ANCHO DE CARRIL (m)	7,05	7,10	5,00
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	2	2	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

Cuadro 4.14. Datos para cálculo capacidad intersección Cochabamba – Gral. Trigo

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
896	A1	1836	1653	1652,63	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1848	1663	1662,75	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A3	1237	1113	896,29	1,000	1,000	0,895	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	465	1652	0,281	C	**C**
A2	369	1662	0,222	C	
A3	262	896	0,292	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
384	1652	A1	22	42	865	52,36
	1662	A2	22	42	870	52,35
	896	A3	18	42	384	42,86

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	465	1652	0,281
A2	369	1662	0,222
A3	262	896	0,292

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	865	0,5376	42	22	0,524	5,038	0,531	5,569
A2	870	0,424	42	22	0,524	4,653	0,210	4,862
A3	384	0,682	42	18	0,429	7,365	3,380	10,745

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	A	
A3	B	

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - GENERAL TRIGO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1652	0,459	465	0,129	42	18
A2	1662	0,462	369	0,103	42	18
A3	896	0,249	262	0,073	42	22

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,281	24	9,402	0,795	0,795	4
A2	0,222	24	6,849	0,735	0,735	3
A3	0,292	20	8,265	0,673	0,673	2

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,550	1,233	24	51,773	9,543
A2	1,230	0,903	24	37,945	8,814
A3	0,728	0,490	20	20,571	6,730

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

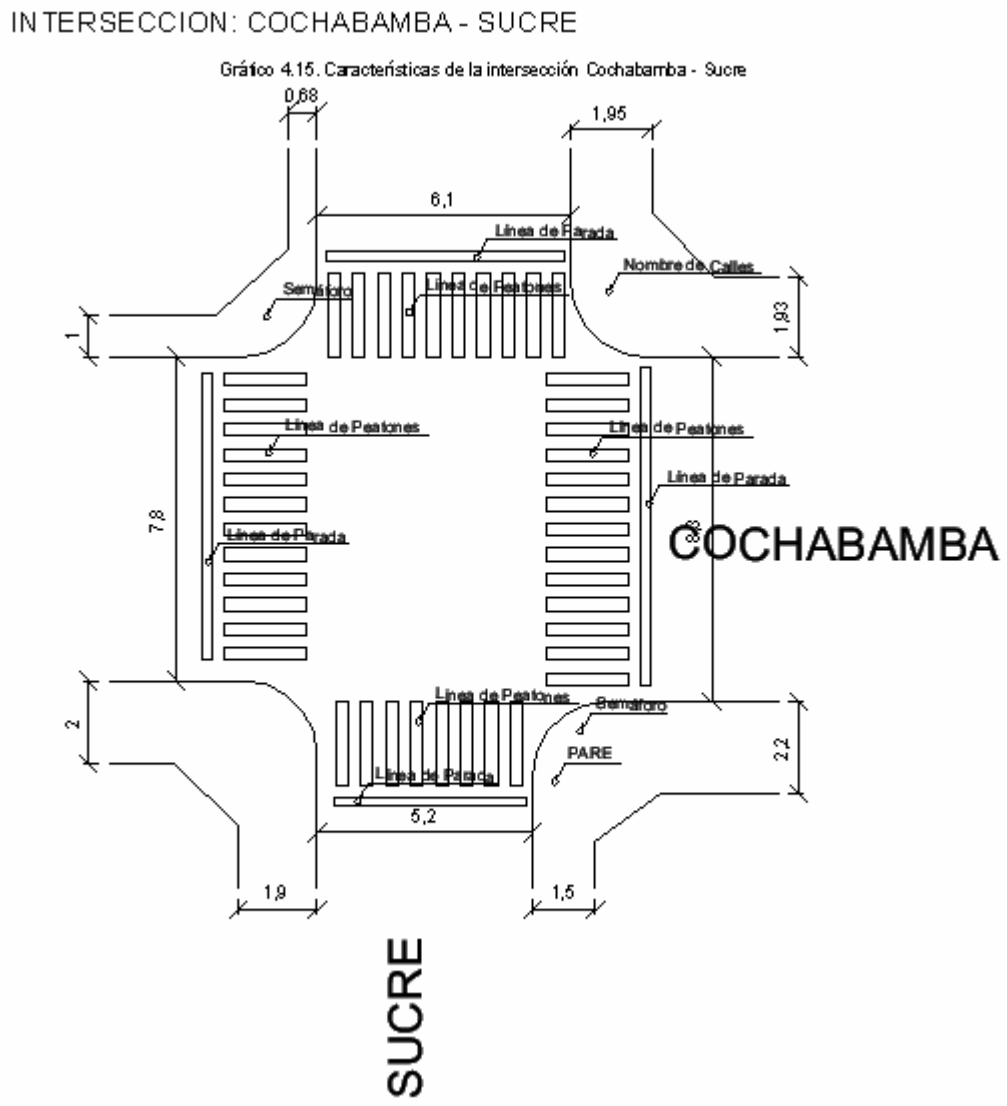
ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1652	0,459	465	0,129	0,202	1
A2	1662	0,462	369	0,103	0,173	1
A3	896	0,249	262	0,073	0,207	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,110	3,033	0,854	28,148
A2	0,063	2,784	0,618	22,202
A3	0,121	5,678	1,660	29,241

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

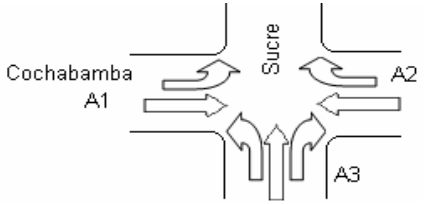
ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	71,852	0,121	0,632	0,788
A2	77,798	0,132	0,632	0,822
A3	70,759	0,065	0,632	0,782



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Cochabamba	2	2	LLEGADA	7.80	1.00	2.00	BUENA	MALA
	2	2	LLEGADA	8.30	2.20	1.93	BUENA	MALA
Sucre	1	2	LLEGADA	5.20	1.90	1.50	BUENA	MALA
			SALIDA	6.10	1.95	0.68	REGULAR	MALA

Cuadro 4.15. Características de la intersección Cochabamba - Sucre

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - SUCRE



Cuadro 4.16. Volúmenes totales intersección Cochabamba – Sucre

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	191,50	31,17	0,00	42,25	0,00	0,00	154,67	20,03	0,00	19,33	0,00	0,00
	PARTICULARES	184,83	0,67	0,00	39,83	0,50	0,00	145,42	0,50	0,00	18,39	0,64	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	46,92	7,64	0,00	51,16	0,00	0,00	48,24	6,25	0,00	50,40	0,00	0,00
	PARTICULARES	45,28	0,16	0,00	48,23	0,61	0,00	45,36	0,16	0,00	47,94	1,67	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		408,17			82,58			320,61			38,36		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		83,17			16,83			89,31			10,69		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	233,75		31,17		0,00		174,00		20,03		0,00	
	PARTICULARES	224,67		1,17		0,00		163,81		1,14		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	47,63		6,35		0,00		48,47		5,58		0,00	
	PARTICULARES	45,78		0,24		0,00		45,63		0,32		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		490						358					

		ACCESO 3 (A3)								
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	103,33	11,36	0,00	15,28	20,11	0,00	11,00	0,00	0,00
	PARTICULARES	95,83	0,69	0,00	13,53	0,50	0,00	9,67	0,67	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	48,92	5,38	0,00	30,92	40,70	0,00	51,56	0,00	0,00
	PARTICULARES	45,37	0,33	0,00	27,37	1,01	0,00	45,31	3,13	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		211,22			49,42			21,33		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		74,91			17,53			7,57		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	129,61			31,47			0,00		
	PARTICULARES	119,03			1,86			0,00		
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	45,97			11,16			0,00		
	PARTICULARES	42,21			0,66			0,00		
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		281								

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.17. Tiempos de semáforos intersección Cochabamba – Sucre

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,13	17,88	17,96	18,02	18,05	18,07	18,02	18	42
	AMARILLA	1,95	1,97	2,05	1,93	2,09	1,97	1,99	2	
	VERDE	22,06	21,85	21,96	22,11	21,98	21,85	21,97	22	
A2	ROJA	18,13	17,88	17,96	18,02	18,05	18,07	18,02	18	42
	AMARILLA	1,95	1,97	2,05	1,93	2,09	1,97	1,99	2	
	VERDE	22,06	21,85	21,96	22,11	21,98	21,85	21,97	22	
A3	ROJA	22,03	21,85	21,81	21,89	22,15	22	21,96	22	42
	AMARILLA	2,18	2,09	2,15	2,07	2,09	2,1	2,11	2	
	VERDE	18,09	17,89	17,82	17,87	17,99	18,06	17,95	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.18. Colas de espera intersección Cochabamba – Sucre

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	7	1	4
A3	7	1	4

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - SUCRE

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	16,83	0,00	17,53
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	10,69	7,57
% RECTO	83,17	89,31	74,91
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	6,59	5,90	11,82
% VEHÍCULOS LIVIANOS	93,41	94,10	88,18
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	53,98	54,05	57,13
% VEHÍCULOS PARTICULARES	46,02	45,95	42,87
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	490	358	281
ANCHO DE CARRIL (m)	7,80	8,30	5,20
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	2	2	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

Cuadro 4.19. Datos para cálculo capacidad intersección Cochabamba – Sucre

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
943	A1	2005	1805	1681,29	1,000	1,000	0,932	1,000	1,000
	A2	1720	1548	1393,20	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A3	1259	1133	943,05	1,000	1,000	0,925	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	490	1681	0,291	C	**C**
A2	358	1393	0,257	C	
A3	281	943	0,298	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
404	1681	A1	22	42	880	52,35
	1393	A2	22	42	729	52,33
	943	A3	18	42	404	42,84

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	490	1681	0,291
A2	358	1393	0,257
A3	281	943	0,298

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	880	0,5568	42	22	0,524	5,109	0,605	5,714
A2	729	0,491	42	22	0,524	4,872	0,437	5,310
A3	404	0,696	42	18	0,429	7,425	3,540	10,965

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	
A3	B	

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - SUCRE

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1681	0,467	490	0,136	42	18
A2	1393	0,387	358	0,099	42	18
A3	943	0,262	281	0,078	42	22

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \qquad r = C - g \qquad t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho} \qquad P_q = \frac{r + t_o}{C} \qquad P_s = \frac{t_o}{\rho * C} \qquad Q_m = \lambda * r$$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,291	24	9,874	0,807	0,807	4
A2	0,257	24	8,301	0,769	0,769	3
A3	0,298	20	8,489	0,678	0,678	2

$$Q_q = \frac{\lambda * r}{2} \qquad Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q \qquad d_m = r \qquad D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)} \qquad d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,633	1,317	24	55,328	9,678
A2	1,193	0,918	24	38,546	9,229
A3	0,781	0,529	20	22,238	6,783

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1681	0,467	490	0,136	0,207	1
A2	1393	0,387	358	0,099	0,191	1
A3	943	0,262	281	0,078	0,209	1

$$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \qquad t_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \qquad t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)} \qquad P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$$

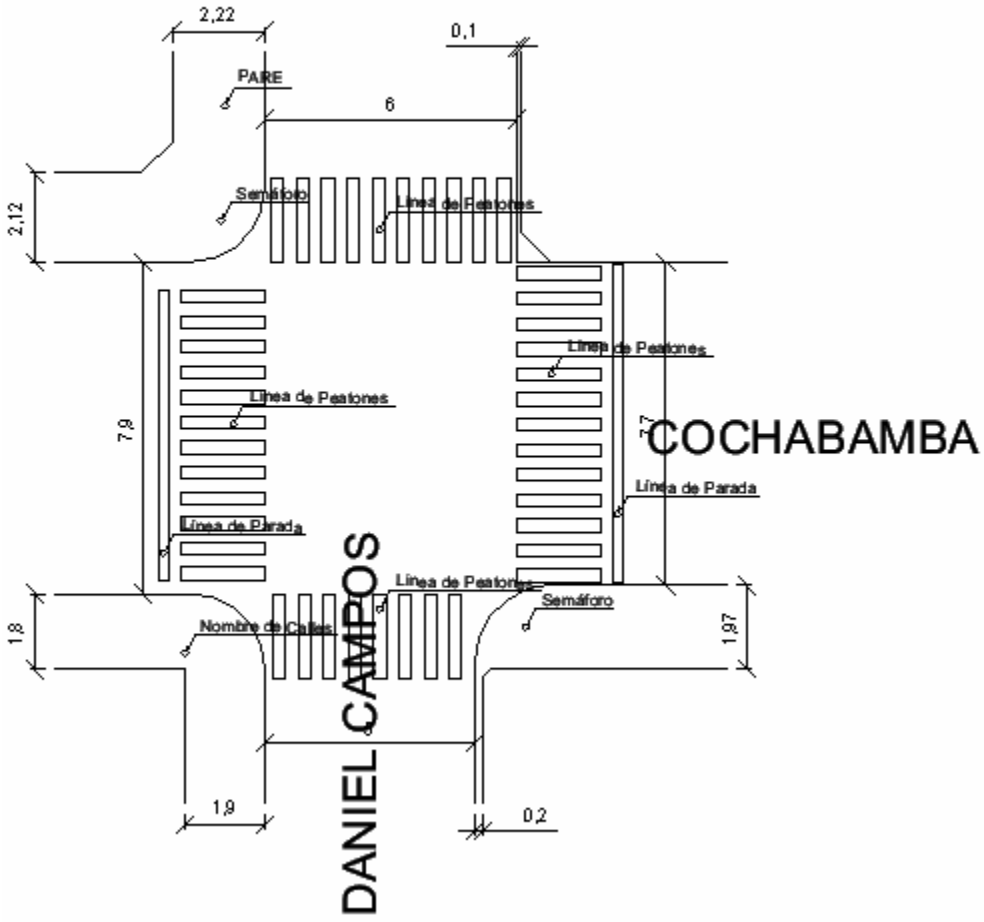
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,120	3,023	0,881	29,149
A2	0,089	3,478	0,894	25,700
A3	0,126	5,438	1,620	29,799

$$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t} \qquad P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t} \qquad P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	70,851	0,122	0,632	0,782
A2	74,300	0,106	0,632	0,801
A3	70,201	0,068	0,632	0,779

INTERSECCION: COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS

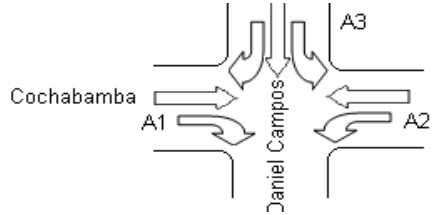
Grático 4.16. Caracteństicas de la intersección Cochabamba - Daniel Campos



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Cochabamba	2	2	LLEGADA	7.90	2.12	1.80	BUENA	MALA
	2	2	LLEGADA	7.70	1.97	0.00	REGULAR	MALA
Daniel Campos	1	2	LLEGADA	5.00	0.10	2.22	REGULAR	MALA
			SALIDA	6.00	1.90	0.20	REGULAR	MALA

Cuadro 4.20. Características de la intersección Cochabamba - Daniel Campos

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS



Cuadro 4.21. Volúmenes totales intersección Cochabamba – Daniel Campos

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	171,69	21,25	0,00	31,83	7,75	0,00	131,58	20,19	0,00	9,92	0,00	0,00
	PARTICULARES	166,42	0,67	0,00	29,00	0,56	0,00	124,67	0,61	0,00	9,31	0,61	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	47,69	5,90	0,00	46,04	11,21	0,00	47,49	7,29	0,00	50,00	0,00	0,00
	PARTICULARES	46,22	0,19	0,00	41,94	0,80	0,00	45,00	0,22	0,00	46,92	3,08	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		360,03			69,14			277,06			19,83		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		83,89			16,11			93,32			6,68		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	203,53		29,00		0,00		141,50		20,19		0,00	
	PARTICULARES	195,42		1,22		0,00		133,97		1,22		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	47,42		6,76		0,00		47,66		6,80		0,00	
	PARTICULARES	45,53		0,28		0,00		45,13		0,41		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		429						296					

		ACCESO 3 (A3)								
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	85,83	15,39	0,00	43,58	0,00	0,00	24,67	0,00	0,00
	PARTICULARES	74,42	0,64	0,00	36,75	0,78	0,00	22,61	0,78	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	48,69	8,73	0,00	53,73	0,00	0,00	51,33	0,00	0,00
	PARTICULARES	42,22	0,36	0,00	45,31	0,96	0,00	47,05	1,62	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		176,28			81,11			48,06		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		57,71			26,56			15,73		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	154,08			15,39			0,00		
	PARTICULARES	133,78			2,19			0,00		
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	50,45			5,04			0,00		
	PARTICULARES	43,80			0,72			0,00		
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		305								

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.22. Tiempos de semáforos intersección Cochabamba – Daniel Campos

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	17,93	18,13	18,09	17,88	17,96	18,02	18,00	18	42
	AMARILLA	1,91	2,08	2,1	2,04	2,01	1,94	2,01	2	
	VERDE	22,04	22,12	21,98	21,87	22,14	21,98	22,02	22	
A2	ROJA	17,93	18,13	18,09	17,88	17,96	18,02	18,00	18	42
	AMARILLA	1,91	2,08	2,1	2,04	2,01	1,94	2,01	2	
	VERDE	22,04	22,12	21,98	21,87	22,14	21,98	22,02	22	
A3	ROJA	22,04	21,87	22,09	21,85	22,06	22,01	21,99	22	42
	AMARILLA	2,01	2,05	1,96	1,9	2,01	1,96	1,98	2	
	VERDE	17,93	18,12	17,9	18,17	17,93	17,95	18,00	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.23. Colas de espera intersección Cochabamba – Daniel Campos

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	7	1	4
A2	6	1	3,5
A3	5	1	3

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	6,68	15,73
% GIRO DERECHA (GD)	16,11	0,00	26,56
% RECTO	83,89	93,32	57,71
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	7,04	7,21	5,76
% VEHÍCULOS LIVIANOS	92,96	92,79	94,24
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	54,18	54,46	55,48
% VEHÍCULOS PARTICULARES	45,82	45,54	44,52
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	429	296	305
ANCHO DE CARRIL (m)	7,90	7,70	6,00
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	2	2	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

Cuadro 4.24. Datos para cálculo capacidad intersección Cochabamba – Daniel Campos

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1030	A1	1636	1472	1427,42	1,000	1,000	1,000	0,969	1,000
	A2	1983	1784	1784,25	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A3	1350	1215	1030,81	1,000	1,000	0,943	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	429	1427	0,301	D	**D**
A2	296	1784	0,166	C	
A3	305	1030	0,296	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
441	1427	A1	22	42	747	52,35
	1784	A2	22	42	934	52,35
	1030	A3	18	42	441	42,82

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	429	1427	0,301
A2	296	1784	0,166
A3	305	1030	0,296

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	747	0,5743	42	22	0,524	5,176	0,811	5,987
A2	934	0,317	42	22	0,524	4,339	0,069	4,408
A3	441	0,692	42	18	0,429	7,407	3,170	10,577

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	A	
A3	B	

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1427	0,396	429	0,119	42	18
A2	1784	0,496	296	0,082	42	18
A3	1030	0,286	305	0,085	42	22

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \qquad r = C - g \qquad t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho} \qquad P_q = \frac{r + t_o}{C} \qquad P_s = \frac{t_o}{\rho * C} \qquad Q_m = \lambda * r$$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,301	24	10,317	0,817	0,817	3
A2	0,166	24	4,774	0,685	0,685	2
A3	0,296	20	8,414	0,677	0,677	2

$$Q_q = \frac{\lambda * r}{2} \qquad Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q \qquad d_m = r \qquad D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)} \qquad d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,430	1,168	24	49,073	9,805
A2	0,987	0,676	24	28,391	8,221
A3	0,847	0,573	20	24,073	6,765

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1427	0,396	429	0,119	0,210	1
A2	1784	0,496	296	0,082	0,138	1
A3	1030	0,286	305	0,085	0,208	1

$$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \qquad t_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \qquad t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)} \qquad P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,129	3,607	1,084	30,063
A2	0,033	2,419	0,401	16,592
A3	0,125	4,966	1,470	29,612

$$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t} \qquad P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t} \qquad P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	69,937	0,102	0,632	0,777
A2	83,408	0,152	0,632	0,859
A3	70,388	0,074	0,632	0,780

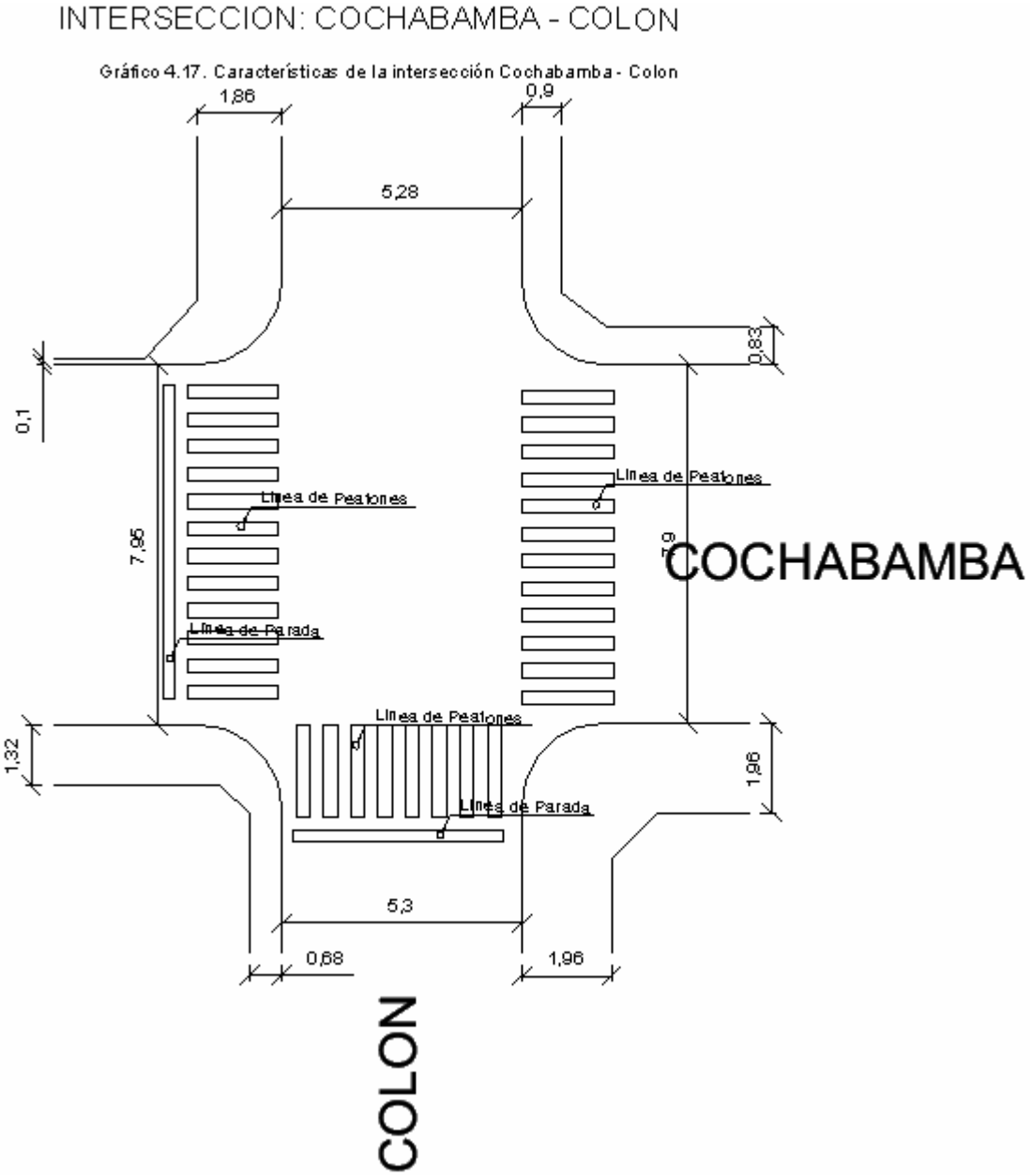
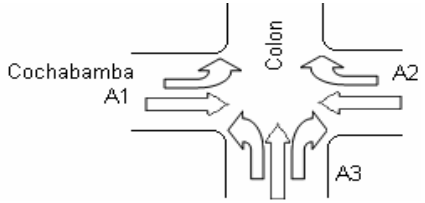


Gráfico 4.17. Características de la intersección Cochabamba - Colon

CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Cochabamba	2	2	LLEGADA	7.95	0.10	1.32	MALA	MALA
	2	2	LLEGADA	7.90	1.96	0.86	REGULAR	MALA
Colon	1	2	LLEGADA	5.30	0.68	1.96	REGULAR	MALA
			SALIDA	5.28	0.90	1.86	MALA	MALA

Cuadro 4.25. Características de la intersección Cochabamba - Colon

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - COLON



Cuadro 4.26. Volúmenes totales intersección Cochabamba – Colon

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	170,33	20,64	0,00	29,25	0,00	0,00	124,33	0,00	0,00	54,33	0,00	0,00
	PARTICULARES	161,83	0,78	0,00	25,42	0,72	0,00	112,42	0,89	0,00	45,89	0,83	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	48,17	5,84	0,00	52,81	0,00	0,00	52,32	0,00	0,00	53,77	0,00	0,00
	PARTICULARES	45,77	0,22	0,00	45,89	1,30	0,00	47,31	0,37	0,00	45,41	0,82	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		353,58			55,39			237,64			101,06		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		86,46			13,54			70,16			29,84		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	199,58		20,64		0,00		178,67		0,00		0,00	
	PARTICULARES	187,25		1,50		0,00		158,31		1,72		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	48,80		5,05		0,00		52,75		0,00		0,00	
	PARTICULARES	45,79		0,37		0,00		46,74		0,51		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		408						338					

		ACCESO 3 (A3)								
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	96,17	36,94	0,00	19,92	21,92	0,00	10,92	0,00	0,00
	PARTICULARES	85,75	0,75	0,00	16,56	0,67	0,00	9,58	0,78	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	43,79	16,82	0,00	33,73	37,11	0,00	51,31	0,00	0,00
	PARTICULARES	39,05	0,34	0,00	28,03	1,13	0,00	45,04	3,66	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		219,61			59,06			21,28		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		73,22			19,69			7,09		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	127,00			58,86			0,00		
	PARTICULARES	111,89			2,19			0,00		
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	42,34			19,62			0,00		
	PARTICULARES	37,30			0,73			0,00		
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		299								

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.27. Tiempos de semáforos intersección Cochabamba – Colon

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,01	18,05	18,07	17,98	18,12	18,11	18,06	18	42
	AMARILLA	2,01	2,03	1,94	2,11	2,08	2,04	2,04	2	
	VERDE	21,99	22,09	21,96	22,12	21,87	21,95	22,00	22	
A2	ROJA	18,01	18,05	18,07	17,98	18,12	18,11	18,06	18	42
	AMARILLA	2,01	2,03	1,94	2,11	2,08	2,04	2,04	2	
	VERDE	21,99	22,09	21,96	22,12	21,87	21,95	22,00	22	
A3	ROJA	21,86	22,1	21,93	21,92	21,86	21,89	21,93	22	42
	AMARILLA	2,07	1,85	2	1,94	2,07	1,96	1,98	2	
	VERDE	18,04	17,99	18,04	18,07	18,04	18,17	18,06	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.28. Colas de espera intersección Cochabamba – Colon

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	6	1	3,5
A2	4	1	2,5
A3	5	0	2,5

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - COLON

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	13,54	0,00	19,69
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	29,84	7,09
% RECTO	86,46	70,16	73,22
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	5,41	0,51	20,36
% VEHÍCULOS LIVIANOS	94,59	99,49	79,64
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	53,85	52,75	61,97
% VEHÍCULOS PARTICULARES	46,15	47,25	38,03
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	408	338	299
ANCHO DE CARRIL (m)	7,95	7,90	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	2	2	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

Cuadro 4.29. Datos para cálculo capacidad intersección Cochabamba – Colon

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
929	A1	2039	1835	1769,86	1,000	1,000	0,965	1,000	1,000
	A2	1636	1472	1325,16	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A3	1270	1143	929,03	1,000	1,000	0,903	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	0,0
B	Flujo Estable	? 0,10
C	Flujo Estable	? 0,30
D	Próximo al Flujo Inestable	? 0,70
E	Flujo Inestable	? 1,0
F	Flujo Forzado	-b

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	408	1769	0,231	C	D
A2	338	1325	0,255	C	
A3	299	929	0,322	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
398	1769	A1	22	42	927	52,40
	1325	A2	22	42	694	52,38
	929	A3	18	42	398	42,84

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	408	1769	0,231
A2	338	1325	0,255
A3	299	929	0,322

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	927	0,4401	42	22	0,524	4,703	0,226	4,929
A2	694	0,487	42	22	0,524	4,859	0,444	5,303
A3	398	0,751	42	18	0,429	7,686	5,340	13,026

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	A	**B**
A2	B	
A3	B	

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - COLON

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1769	0,491	408	0,113	42	18
A2	1325	0,368	338	0,094	42	18
A3	929	0,258	299	0,083	42	22

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,231	24	7,195	0,743	0,743	3
A2	0,255	24	8,219	0,767	0,767	3
A3	0,322	20	9,492	0,702	0,702	2

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,360	1,010	24	42,425	8,913
A2	1,127	0,864	24	36,300	9,205
A3	0,831	0,583	20	24,495	7,022

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1769	0,491	408	0,113	0,177	1
A2	1325	0,368	338	0,094	0,190	1
A3	929	0,258	299	0,083	0,218	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

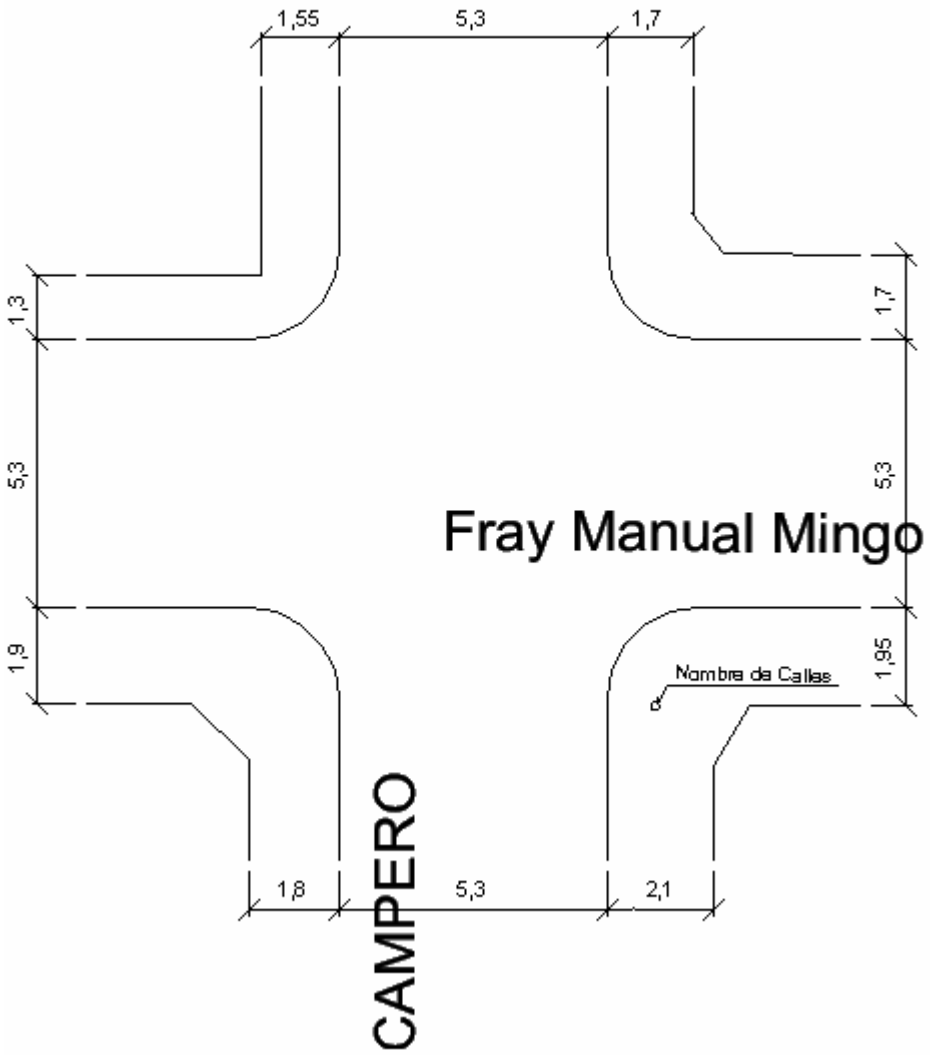
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,069	2,645	0,610	23,064
A2	0,087	3,647	0,930	25,509
A3	0,153	5,714	1,839	32,185

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	76,936	0,139	0,632	0,817
A2	74,491	0,101	0,632	0,802
A3	67,815	0,064	0,632	0,767

INTERSECCION: FRAY MANUEL MINGO - CAMPERO

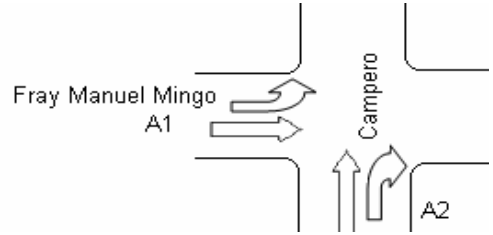
Gráfico 4.18. Características de la intersección Fray Manuel Mingo - Campero



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Fray M. Mingo	1	2	LLEGADA	5.30	1.30	1.90	BUENA	MALA
			SALIDA	5.30	1.95	1.70		
Campero	1	2	LLEGADA	5.30	1.80	2.10	BUENA	MALA
			SALIDA	5.30	1.55	1.70		

Cuadro 4.30. Características de la intersección Fray Manuel Mingo - Campero

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - CAMPERO



Cuadro 4.31. Volúmenes totales intersección Fray M. Mingo – Campero

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	56,17	0,00	0,00	15,94	0,00	0,00	100,25	67,78	0,00	11,11	0,00	0,00
	PARTICULARES	44,50	0,69	0,00	14,03	0,64	0,00	92,92	0,58	0,00	8,56	0,67	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	55,41	0,00	0,00	52,09	0,00	0,00	38,33	25,92	0,00	54,64	0,00	0,00
	PARTICULARES	43,90	0,69	0,00	45,83	2,09	0,00	35,53	0,22	0,00	42,08	3,28	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		101,36			30,61			261,53			20,33		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		77,37			23,37			93,07			7,24		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	72,11		0,00		0,00		111,36		67,78		0,00	
	PARTICULARES	58,53		1,33		0,00		101,47		1,25		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	54,64		0,00		0,00		39,51		24,05		0,00	
	PARTICULARES	44,35		1,01		0,00		36,00		0,44		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		131						281					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

"ESTA INTERSECCION NO CUENTA CON SEMAFOROS"

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.32. Colas de espera intersección Fray M. Mingo – Campero

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	3	0	1,5
A2	5	0	2,5

INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - CAMPERO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	23,37	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	7,24
% RECTO	77,37	93,07
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	1,01	24,49
% VEHÍCULOS LIVIANOS	98,99	75,51
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	54,64	63,56
% VEHÍCULOS PARTICULARES	45,36	36,44
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	131	281
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.33. Datos para cálculo capacidad intersección Fray M. Mingo – Campero

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
990	A1	1270	1143	990,21	1,000	1,000	0,866	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	131	990	0,132	C	**C**
A2	281	1028	0,273	C	

INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - CAMPERO

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n)=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n=\frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

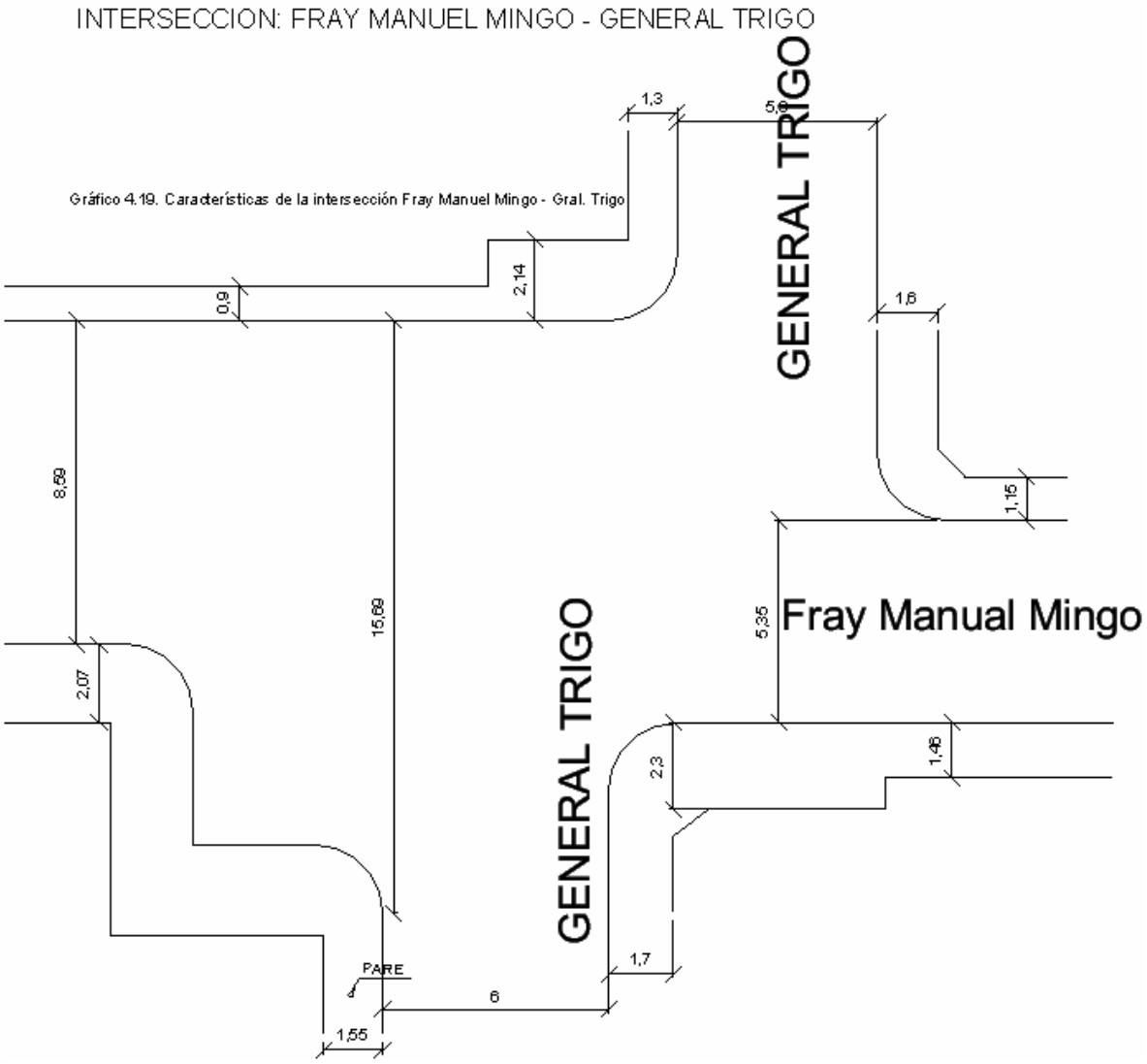
ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	990	0,275	131	0,036	0,115	1
A2	1028	0,286	281	0,078	0,199	1

$$Q=\frac{\lambda^{2}}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad t_s=\frac{1}{\mu-\lambda} \qquad t_q=\frac{\lambda}{\mu*(\mu-\lambda)} \qquad P=\frac{\lambda}{\mu}*100$$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,020	4,191	0,555	13,232
A2	0,103	4,819	1,317	27,335

$$I=\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t)=(\mu-\lambda)*e^{(\lambda-\mu)*t} \qquad P(ts\le t)=1-e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t} \qquad P(tq\le t)=1-\frac{\lambda}{\mu}*e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t}$$

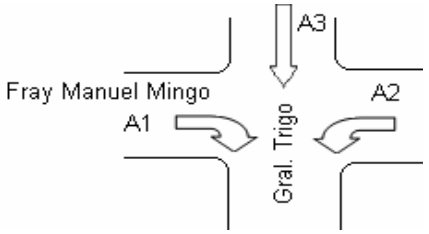
ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	86,768	0,088	0,632	0,884
A2	72,665	0,076	0,632	0,792



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Fray M. Mingo	1	2	LLEGADA	8.59	0.90	2.70	BUENA	MALA
	1	2	LLEGADA	5.35	1.46	1.15	REGULAR	MALA
Gral. Trigo	1	2	LLEGADA	5.00	1.60	1.30	REGULAR	MALA
			SALIDA	6.00	1.55	1.70		

Cuadro 4.34. Características de la intersección Fray Manuel Mingo - Gral. Trigo

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - GENERAL TRIGO



Cuadro 4.35. Volúmenes totales intersección Fray M. Mingo – Gral. Trigo

		ACCESO 1 (A1)			ACCESO 2 (A2)			ACCESO 3 (A3)		
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	68,83	0,06	0,00	20,08	0,00	0,00	91,25	21,47	0,00
	PARTICULARES	51,58	0,58	0,00	16,17	0,42	0,00	78,67	0,58	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	56,86	0,05	0,00	54,77	0,00	0,00	47,53	11,19	0,00
	PARTICULARES	42,61	0,48	0,00	44,09	1,14	0,00	40,98	0,30	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		121,06			36,67			191,97		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		100,00			100,00			100,00		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
	PÚBLICOS	68,83	0,06	0,00	20,08	0,00	0,00	91,25	21,47	0,00
	PARTICULARES	51,58	0,58	0,00	16,17	0,42	0,00	78,67	0,58	0,00
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	56,86	0,05	0,00	54,77	0,00	0,00	47,53	11,19	0,00
	PARTICULARES	42,61	0,48	0,00	44,09	1,14	0,00	40,98	0,30	0,00
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		121			36			191		

TIEMPOS DEL SEMAFORO

"ESTA INTERSECCIÓN NO CUENTA CON SEMÁFOROS"

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.36. Colas de espera intersección Fray M. Mingo – Gral. Trigo

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	4	1	2,5
A2	2	0	1
A3	8	1	4,5

INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	100,00	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	100,00	0,00	0,00
% RECTO	100,00	100,00	100,00
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	0,53	1,14	11,49
% VEHÍCULOS LIVIANOS	99,47	98,86	88,51
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	56,91	54,77	58,72
% VEHÍCULOS PARTICULARES	43,09	45,23	41,28
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	121	36	191
ANCHO DE CARRIL (m)	5,35	5,35	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

Cuadro 4.37. Datos para cálculo capacidad intersección Fray M. Mingo – Gral. Trigo

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
918	A1	1276	1148	1033,16	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A2	1276	1148	918,36	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000
	A3	1270	1143	1143,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	121	1033	0,117	C	**C**
A2	36	918	0,039	B	
A3	191	1143	0,167	C	

INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - GENERAL TRIGO

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n)=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n=\frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1033	0,287	121	0,034	0,103	1
A2	918	0,255	36	0,010	0,038	1
A3	1143	0,318	191	0,053	0,139	1

$$Q=\frac{\lambda^{2}}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad t_s=\frac{1}{\mu-\lambda} \qquad t_q=\frac{\lambda}{\mu*(\mu-\lambda)} \qquad P=\frac{\lambda}{\mu}*100$$

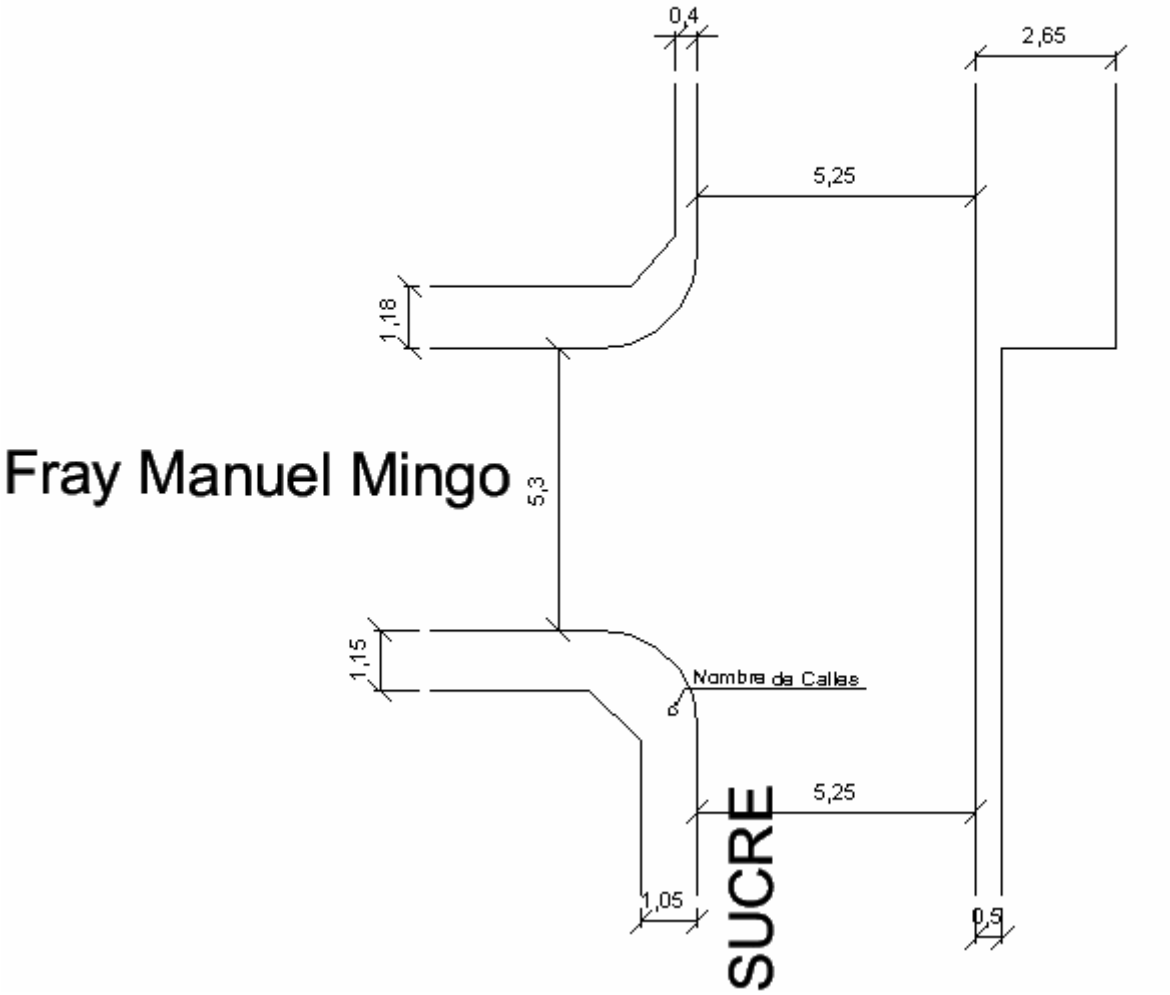
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,016	3,947	0,462	11,713
A2	0,002	4,082	0,160	3,922
A3	0,034	3,782	0,632	16,710

$$I=\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t)=(\mu-\lambda)*e^{(\lambda-\mu)*t} \qquad P(ts\le t)=1-e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t} \qquad P(tq\le t)=1-\frac{\lambda}{\mu}*e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	88,287	0,093	0,632	0,896
A2	96,078	0,090	0,632	0,962
A3	83,290	0,097	0,632	0,859

INTERSECCION: FRAY MANUEL MINGO - SUCRE

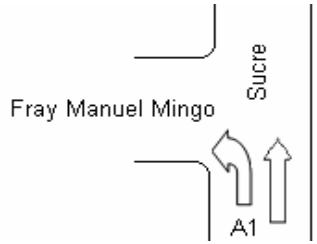
Gráfico 4.20. Características de la intersección Fray Manuel Mingo - Sucre



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Fray M. Mingo	1	2	LLEGADA	0.00	0.00	0.00	REGULAR	MALA
			SALIDA	5.30	1.18	1.15		
Sucre	1	2	LLEGADA	5.25	1.05	0.50	REGULAR	MALA
			SALIDA	5.25	0.4	2.65		

Cuadro 4.38. Características de la intersección Fray Manuel Mingo - Sucre

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - SUCRE



Cuadro 4.39. Volúmenes totales intersección Fray M. Mingo – Sucre

		ACCESO 1 (A1)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	129,33	31,94	0,00	20,08	0,00	0,00
	PARTICULARES	119,25	0,50	0,00	16,17	0,53	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	46,02	11,37	0,00	54,61	0,00	0,00
	PARTICULARES	42,43	0,18	0,00	43,96	1,44	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		281,03			36,78		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		88,43			11,57		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	149,42		31,94		0,00	
	PARTICULARES	135,42		1,03		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	47,02		10,05		0,00	
	PARTICULARES	42,61		0,32		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		317					

TIEMPOS DEL SEMAFORO

"ESTA INTERSECCIÓN NO CUENTA CON SEMÁFOROS"

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.40. Colas de espera intersección Fray M. Mingo – Sucre

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	5	1	3

INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - SUCRE

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1
% GIRO IZQUIERDA (GI)	11,57
% GIRO DERECHA (GD)	0,00
% RECTO	88,43
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	10,37
% VEHÍCULOS LIVIANOS	89,63
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	57,07
% VEHÍCULOS PARTICULARES	42,93
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	317
ANCHO DE CARRIL (m)	5,25
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI
ZONA	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2

Cuadro 4.41. Datos para cálculo capacidad intersección Fray M. Mingo – Sucre

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1120	A1	1265	1138	1120,16	1,000	1,000	0,984	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	0,0
B	Flujo Estable	? 0,10
C	Flujo Estable	? 0,30
D	Próximo al Flujo Inestable	? 0,70
E	Flujo Inestable	? 1,0
F	Flujo Forzado	-b

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	317	1120	0,283	C	**C**

INTERSECCIÓN: FRAY MANUEL MINGO - SUCRE

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n)=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n=\frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1120	0,311	317	0,088	0,203	1

$$Q=\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad t_s=\frac{1}{\mu-\lambda} \qquad t_q=\frac{\lambda}{\mu*(\mu-\lambda)} \qquad P=\frac{\lambda}{\mu}*100$$

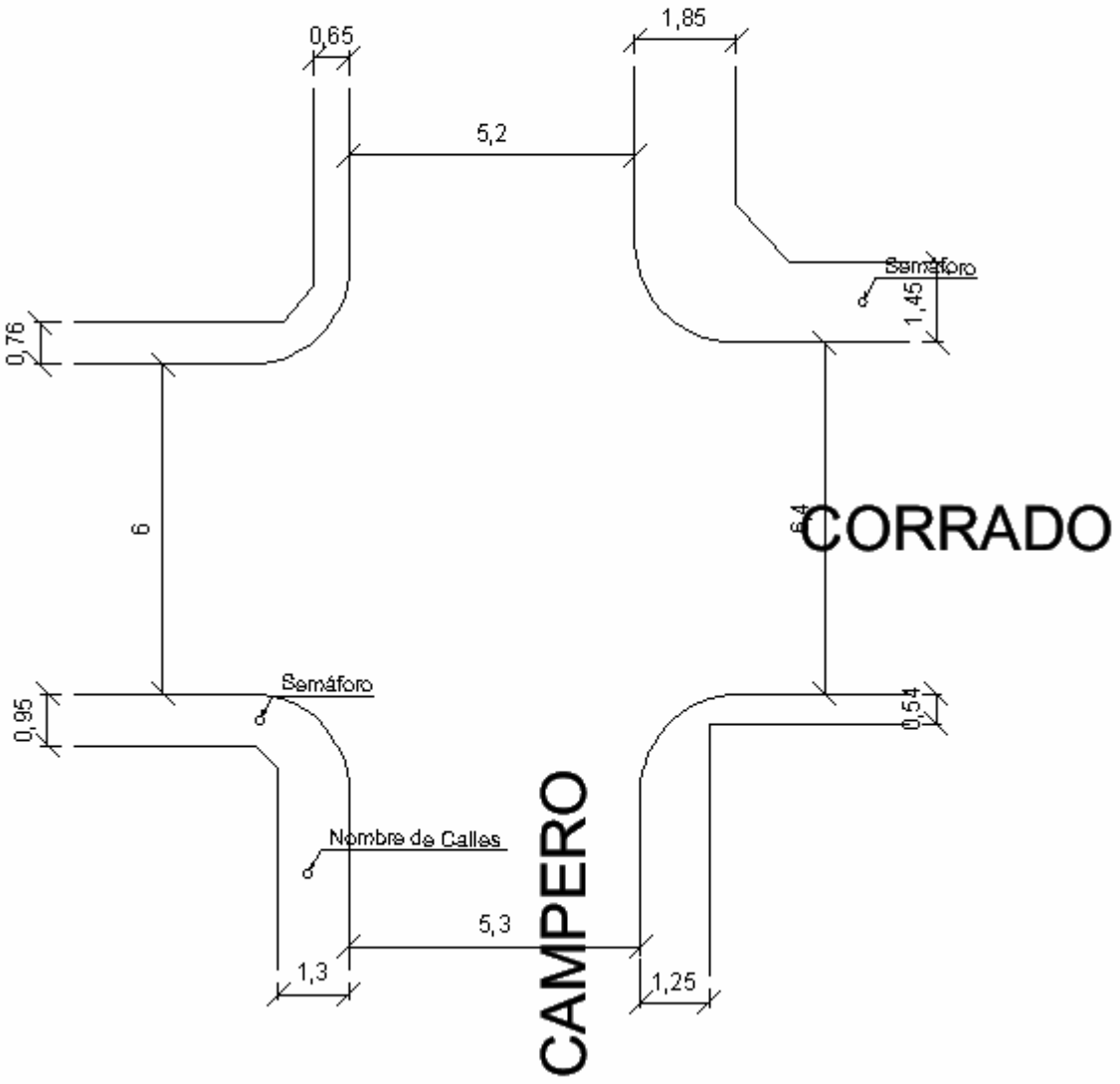
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,112	4,483	1,269	28,304

$$I=\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t)=(\mu-\lambda)*e^{(\lambda-\mu)*t} \qquad P(ts\le t)=1-e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t} \qquad P(tq\le t)=1-\frac{\lambda}{\mu}*e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	71,696	0,082	0,632	0,787

INTERSECCION: CORRADO - CAMPERO

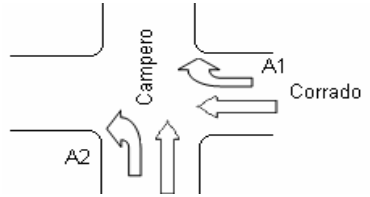
Gráfico 4.21. Características de la intersección Corrado - Campero



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Corrado	1	2	**LLEGADA**	6.40	0.54	1.45	MALA	MALA
			SALIDA	6.00	0.95	0.76		
Campero	1	2	**LLEGADA**	5.30	1.30	1.25	MALA	MALA
			SALIDA	5.20	0.65	1.85		

Cuadro 4.42. Características de la intersección Corrado - Campero

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: CORRADO - CAMPERO



Cuadro 4.43. Volúmenes totales intersección Corrado – Campero

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	127,39	15,42	0,00	84,58	0,00	0,00	28,11	68,64	0,00	4,03	16,53	0,00
	PARTICULARES	114,11	1,44	0,00	74,11	1,33	0,00	23,47	0,83	0,00	7,08	0,58	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	49,31	5,97	0,00	52,86	0,00	0,00	23,22	56,70	0,00	14,27	58,56	0,00
	PARTICULARES	44,17	0,56	0,00	46,31	0,83	0,00	19,39	0,69	0,00	25,10	2,07	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		258,36			160,03			121,06			28,22		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		61,75			38,25			81,09			18,91		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS			
	PÚBLICOS	211,97	15,42	0,00				32,14	85,17	0,00			
	PARTICULARES	188,22	2,78	0,00				30,56	1,42	0,00			
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	50,66	3,68	0,00				21,53	57,05	0,00			
	PARTICULARES	44,99	0,66	0,00				20,47	0,95	0,00			
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		418						149					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.44. Tiempos de semáforos intersección Corrado – Campero

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	17,93	18,06	17,91	18,02	17,99	17,9	17,97	18	42
	AMARILLA	1,9	2,09	1,93	1,99	1,98	1,95	1,97	2	
	VERDE	21,9	21,98	22,1	22,06	21,93	21,94	21,99	22	
A2	ROJA	21,93	21,97	22,03	22,03	22,07	21,95	22,00	22	42
	AMARILLA	2,09	2,1	1,85	2,07	1,95	2,05	2,02	2	
	VERDE	17,98	17,93	18,04	18,07	18,06	18,03	18,02	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.45. Colas de espera intersección Corrado – Campero

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	5	0	2,5
A2	4	0	2

INTERSECCIÓN: CORRADO - CAMPERO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	18,91
% GIRO DERECHA (GD)	38,25	0,00
% RECTO	61,75	81,09
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	4,35	58,00
% VEHÍCULOS LIVIANOS	95,65	42,00
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	54,35	78,58
% VEHÍCULOS PARTICULARES	45,65	21,42
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	418	149
ANCHO DE CARRIL (m)	6,40	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.46. Datos para cálculo capacidad intersección Corrado – Campero

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1041	A1	1400	1260	1134,00	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A2	1270	1143	1041,21	1,000	1,000	0,911	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	418	1134	0,369	D	**D**
A2	149	1041	0,143	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
446	1134	A1	22	42	594	52,38
	1041	A2	18	42	446	42,84

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	418	1134	0,369
A2	149	1041	0,143

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	594	0,7037	42	22	0,524	5,732	2,606	8,338
A2	446	0,334	42	18	0,429	6,082	0,173	6,255

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: CORRADO - CAMPERO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1134	0,315	418	0,116	42	22
A2	1041	0,289	149	0,041	42	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,369	20	11,676	0,754	0,754	3
A2	0,143	24	4,009	0,667	0,667	1

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,161	0,876	20	36,779	7,542
A2	0,497	0,331	24	13,911	8,003

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1134	0,315	418	0,116	0,233	1
A2	1041	0,289	149	0,041	0,123	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

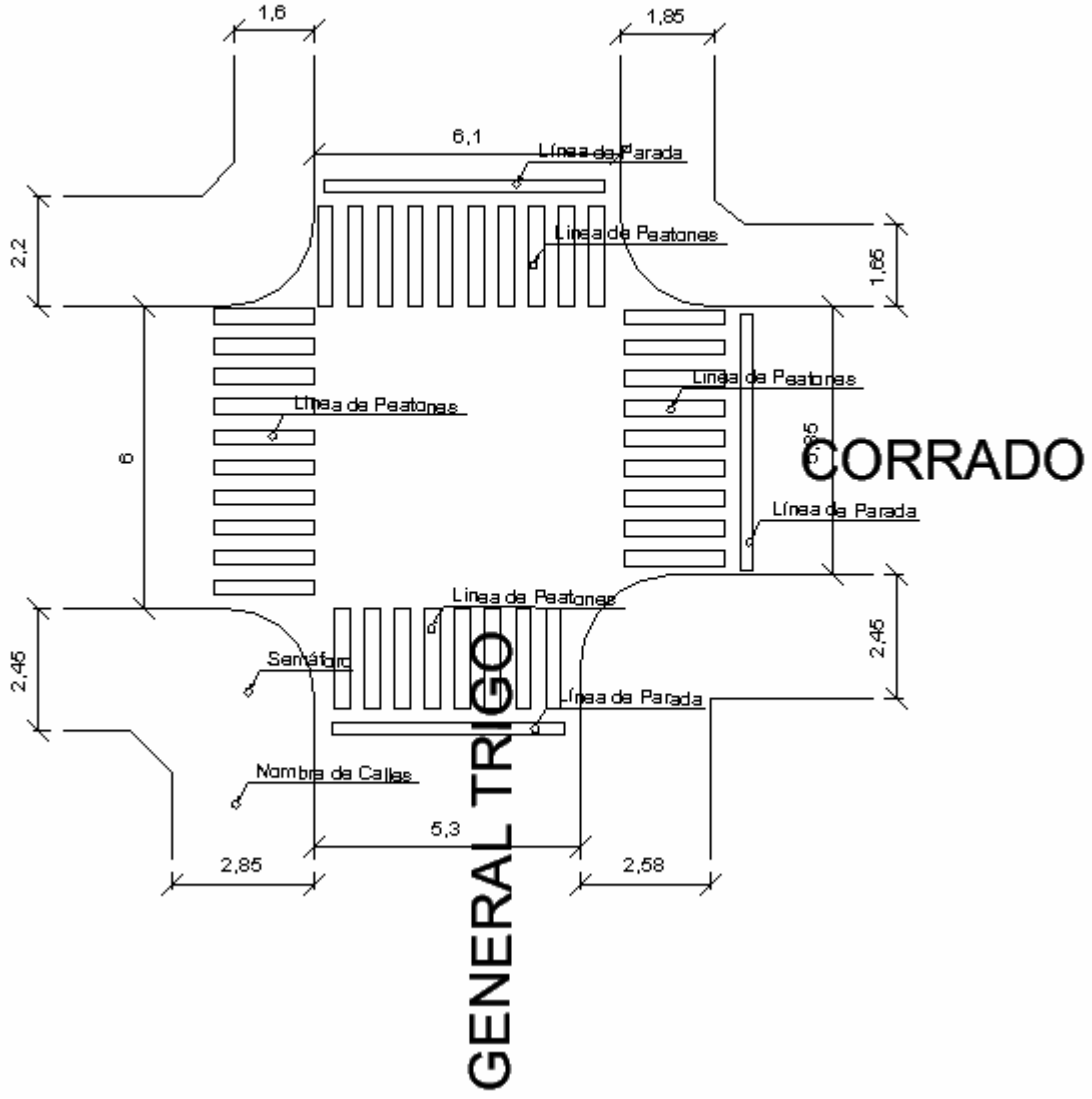
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,215	5,028	1,853	36,861
A2	0,024	4,036	0,578	14,313

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	63,139	0,073	0,632	0,745
A2	85,687	0,091	0,632	0,876

INTERSECCION: CORRADO - GENERAL TRIGO

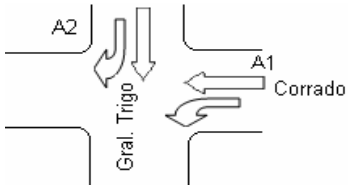
Gráfico 4.22. Características de la intersección Corrado - Gral. Trigo



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Corrado	1	2	LLEGADA	5.35	2.45	1.65	BUENA	REGULAR
			SALIDA	6.00	2.45	2.20		
Gral. Trigo	1	2	LLEGADA	6.10	1.85	1.60	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.30	2.58	2.85		

Cuadro 4.47. Características de la intersección Corrado - Gral. Trigo

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: CORRADO - GENERAL TRIGO



Cuadro 4.48. Volúmenes totales intersección Corrado – Gral. Trigo

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	139,97	31,78	0,00	48,00	30,92	0,00	110,50	20,64	0,00	59,50	0,00	0,00
	PARTICULARES	132,58	0,69	0,00	43,42	0,53	0,00	103,36	0,58	0,00	53,25	0,58	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	45,89	10,42	0,00	39,07	25,16	0,00	47,00	8,78	0,00	52,50	0,00	0,00
	PARTICULARES	43,47	0,23	0,00	35,34	0,43	0,00	43,97	0,25	0,00	46,99	0,51	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		305,03			122,86			235,08			113,33		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		71,29			28,71			67,47			32,53		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	187,97		62,69		0,00		170,00		20,64		0,00	
	PARTICULARES	176,00		1,22		0,00		156,61		1,17		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	43,93		14,65		0,00		48,79		5,92		0,00	
	PARTICULARES	41,13		0,29		0,00		44,95		0,33		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		427						348					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.49. Tiempos de semáforos intersección Corrado – Gral. Trigo

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,1	17,91	17,96	18,13	17,9	18,08	18,01	18	42
	AMARILLA	2,02	2,06	1,98	1,99	2,02	2,08	2,03	2	
	VERDE	21,95	21,97	22,14	21,86	22,09	22,11	22,02	22	
A2	ROJA	21,98	22,1	22,01	22,01	22,09	22	22,03	22	42
	AMARILLA	2,02	1,96	1,96	1,85	2,1	2,07	1,99	2	
	VERDE	17,91	18,04	17,93	18,05	17,96	17,84	17,96	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.50. Colas de espera intersección Corrado – Gral. Trigo

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	10	2	6

INTERSECCIÓN: CORRADO - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	28,71	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	32,53
% RECTO	71,29	67,47
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	14,94	6,26
% VEHÍCULOS LIVIANOS	85,06	93,74
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	58,58	54,72
% VEHÍCULOS PARTICULARES	41,42	45,28
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	427	348
ANCHO DE CARRIL (m)	5,35	6,10
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.51. Datos para cálculo capacidad intersección Corrado – Gral. Trigo

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
933	A1	1276	1148	933,13	1,000	1,000	0,813	1,000	1,000
	A2	1363	1226	1103,63	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	427	933	0,458	D	**D**
A2	348	1103	0,316	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
472	933	A1	22	42	488	52,30
	1103	A2	18	42	472	42,79

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	427	933	0,458
A2	348	1103	0,316

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	488	0,8750	42	22	0,524	6,681	11,326	18,007
A2	472	0,737	42	18	0,429	7,619	4,128	11,747

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	C	**C**
A2	B	

INTERSECCIÓN: CORRADO - GENERAL TRIGO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	933	0,259	427	0,119	42	22
A2	1103	0,306	348	0,097	42	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,458	20	16,877	0,878	0,878	3
A2	0,316	24	11,062	0,835	0,835	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,186	1,041	20	43,741	8,780
A2	1,160	0,968	24	40,672	10,018

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

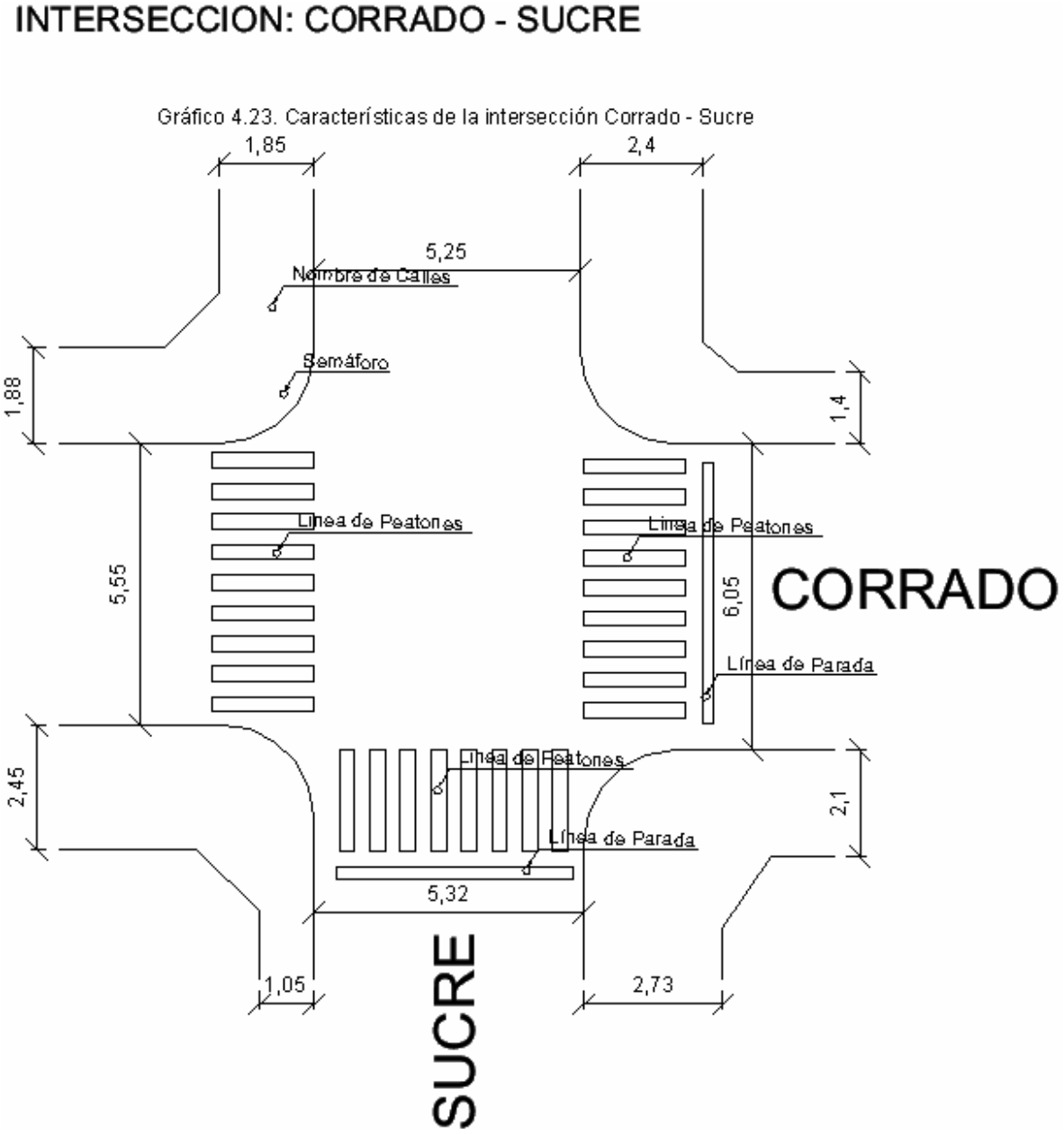
ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	933	0,259	427	0,119	0,248	1
A2	1103	0,306	348	0,097	0,216	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,386	7,115	3,256	45,766
A2	0,145	4,768	1,504	31,550

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

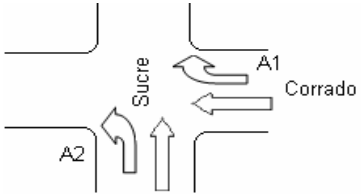
ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	54,234	0,052	0,632	0,710
A2	68,450	0,077	0,632	0,770



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Corrado	1	2	LLEGADA	6.05	2.10	1.40	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.55	2.45	1.88		
Sucre	1	2	LLEGADA	5.32	1.05	2.73	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.25	1.85	2.40		

Cuadro 4.52. Características de la intersección Corrado - Sucre

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: CORRADO - SUCRE



Cuadro 4.53. Volúmenes totales intersección Corrado – Sucre

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	136,58	67,00	0,00	27,50	37,33	0,00	122,50	0,08	0,00	48,31	0,47	0,00
	PARTICULARES	130,75	3,75	0,00	34,03	2,67	0,00	89,50	4,28	0,00	36,17	4,14	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	40,40	19,82	0,00	27,09	36,77	0,00	56,62	0,04	0,00	54,23	0,53	0,00
	PARTICULARES	38,67	1,11	0,00	33,52	2,63	0,00	41,37	1,98	0,00	40,60	4,65	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		338,08			101,53			216,36			89,08		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		76,91			23,09			70,83			29,17		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS			
	PÚBLICOS	164,08	104,33	0,00				170,81	0,56	0,00			
	PARTICULARES	164,78	6,42	0,00				125,67	8,42	0,00			
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	37,32	23,73	0,00				55,92	0,18	0,00			
	PARTICULARES	37,48	1,46	0,00				41,14	2,76	0,00			
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		439						305					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.54. Tiempos de semáforos intersección Corrado – Sucre

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,08	18,05	17,95	17,86	18,15	18,04	18,02	18	42
	AMARILLA	1,99	2,08	2,03	1,91	1,99	2,12	2,02	2	
	VERDE	21,98	22,14	22,03	21,94	22,1	21,94	22,02	22	
A2	ROJA	21,88	22,1	22,03	21,81	22,03	21,88	21,96	22	42
	AMARILLA	2,08	1,96	1,96	2,03	2,12	2,1	2,04	2	
	VERDE	17,98	18,04	17,86	18,09	17,93	17,84	17,96	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.55. Colas de espera intersección Corrado – Sucre

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	1	4,5
A2	6	1	3,5

INTERSECCIÓN: CORRADO - SUCRE

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	29,17
% GIRO DERECHA (GD)	23,09	0,00
% RECTO	76,91	70,83
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	25,19	2,94
% VEHÍCULOS LIVIANOS	74,81	97,06
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	61,06	56,10
% VEHÍCULOS PARTICULARES	38,94	43,90
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	439	305
ANCHO DE CARRIL (m)	6,05	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.56. Datos para cálculo capacidad intersección Corrado – Sucre

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
923	A1	1356	1221	1140,71	1,000	1,000	1,000	0,935	1,000
	A2	1270	1143	923,94	1,000	1,000	0,808	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	439	1140	0,385	D	**D**
A2	305	923	0,330	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
395	1140	A1	22	42	597	52,37
	923	A2	18	42	395	42,80

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	439	1140	0,385
A2	305	923	0,330

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	597	0,7353	42	22	0,524	5,886	3,267	9,154
A2	395	0,772	42	18	0,429	7,789	6,249	14,038

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: CORRADO - SUCRE

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1140	0,317	439	0,122	42	22
A2	923	0,256	305	0,085	42	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,385	20	12,525	0,774	0,774	3
A2	0,330	24	11,845	0,853	0,853	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,219	0,944	20	39,662	7,744
A2	1,017	0,868	24	36,442	10,241

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1140	0,317	439	0,122	0,237	1
A2	923	0,256	305	0,085	0,221	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

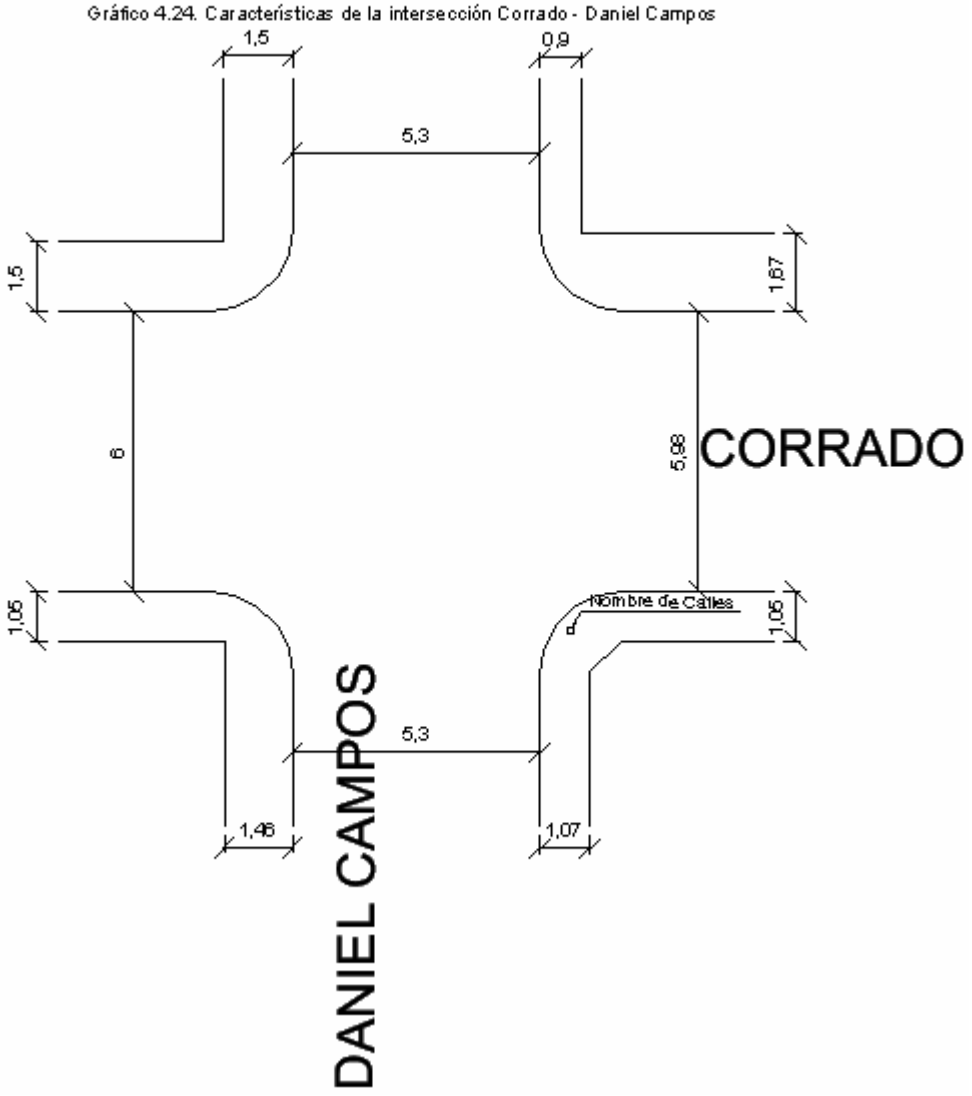
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,241	5,136	1,978	38,509
A2	0,163	5,825	1,925	33,044

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	61,491	0,072	0,632	0,738
A2	66,956	0,063	0,632	0,763

INTERSECCION: CORRADO - DANIEL CAMPOS

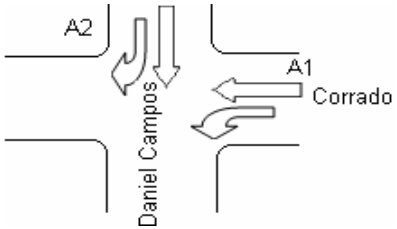
Gráfico 4.24. Características de la intersección Corrado - Daniel Campos



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Corrado	1	2	LLEGADA	5.98	1.05	1.67	MALA	MALA
			SALIDA	6.00	1.05	1.50		
Daniel Campos	1	2	LLEGADA	5.30	0.90	1.50	MALA	MALA
			SALIDA	5.30	1.07	1.46		

Cuadro 4.57. Características de la intersección Corrado - Daniel Campos

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: CORRADO - DANIEL CAMPOS



Cuadro 4.58. Volúmenes totales intersección Corrado – Daniel Campos

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	152,25	76,42	0,00	65,61	0,36	0,00	94,36	17,25	0,00	37,22	0,94	0,00
	PARTICULARES	138,81	1,81	0,00	62,25	0,86	0,00	81,67	1,25	0,00	31,19	0,97	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	41,23	20,69	0,00	50,83	0,28	0,00	48,51	8,87	0,00	52,92	1,34	0,00
	PARTICULARES	37,59	0,49	0,00	48,22	0,67	0,00	41,98	0,64	0,00	44,35	1,38	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		369,28			129,08			194,53			70,33		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		74,10			25,90			73,45			26,55		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	217,86		76,78		0,00		131,58		18,19		0,00	
	PARTICULARES	201,06		2,67		0,00		112,86		2,22		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	43,72		15,41		0,00		49,68		6,87		0,00	
	PARTICULARES	40,34		0,54		0,00		42,61		0,84		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		498						264					

TIEMPOS DEL SEMAFORO

"ESTA INTERSECCIÓN NO CUENTA CON SEMÁFOROS"

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.59. Colas de espera intersección Corrado – Daniel Campos

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	7	1	4
A2	6	1	3,5

INTERSECCIÓN: CORRADO - DANIEL CAMPOS

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	25,90	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	26,55
% RECTO	74,10	73,45
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	15,94	7,71
% VEHÍCULOS LIVIANOS	84,06	92,29
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	59,12	56,55
% VEHÍCULOS PARTICULARES	40,88	43,45
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	498	264
ANCHO DE CARRIL (m)	6,00	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.60. Datos para cálculo capacidad intersección Corrado – Daniel Campos

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1021	A1	1350	1215	1021,80	1,000	1,000	0,841	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	498	1021	0,488	D	**D**
A2	264	1028	0,257	C	

INTERSECCIÓN: CORRADO - DANIEL CAMPOS

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n)=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n=\frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1021	0,284	498	0,138	0,250	1
A2	1028	0,286	264	0,073	0,191	1

$$Q=\frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad t_s=\frac{1}{\mu-\lambda} \qquad t_q=\frac{\lambda}{\mu*(\mu-\lambda)} \qquad P=\frac{\lambda}{\mu}*100$$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,464	6,883	3,357	48,776
A2	0,089	4,712	1,210	25,681

$$I=\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t)=(\mu-\lambda)*e^{(\lambda-\mu)*t} \qquad P(ts\le t)=1-e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t} \qquad P(tq\le t)=1-\frac{\lambda}{\mu}*e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	51,224	0,053	0,632	0,701
A2	74,319	0,078	0,632	0,801

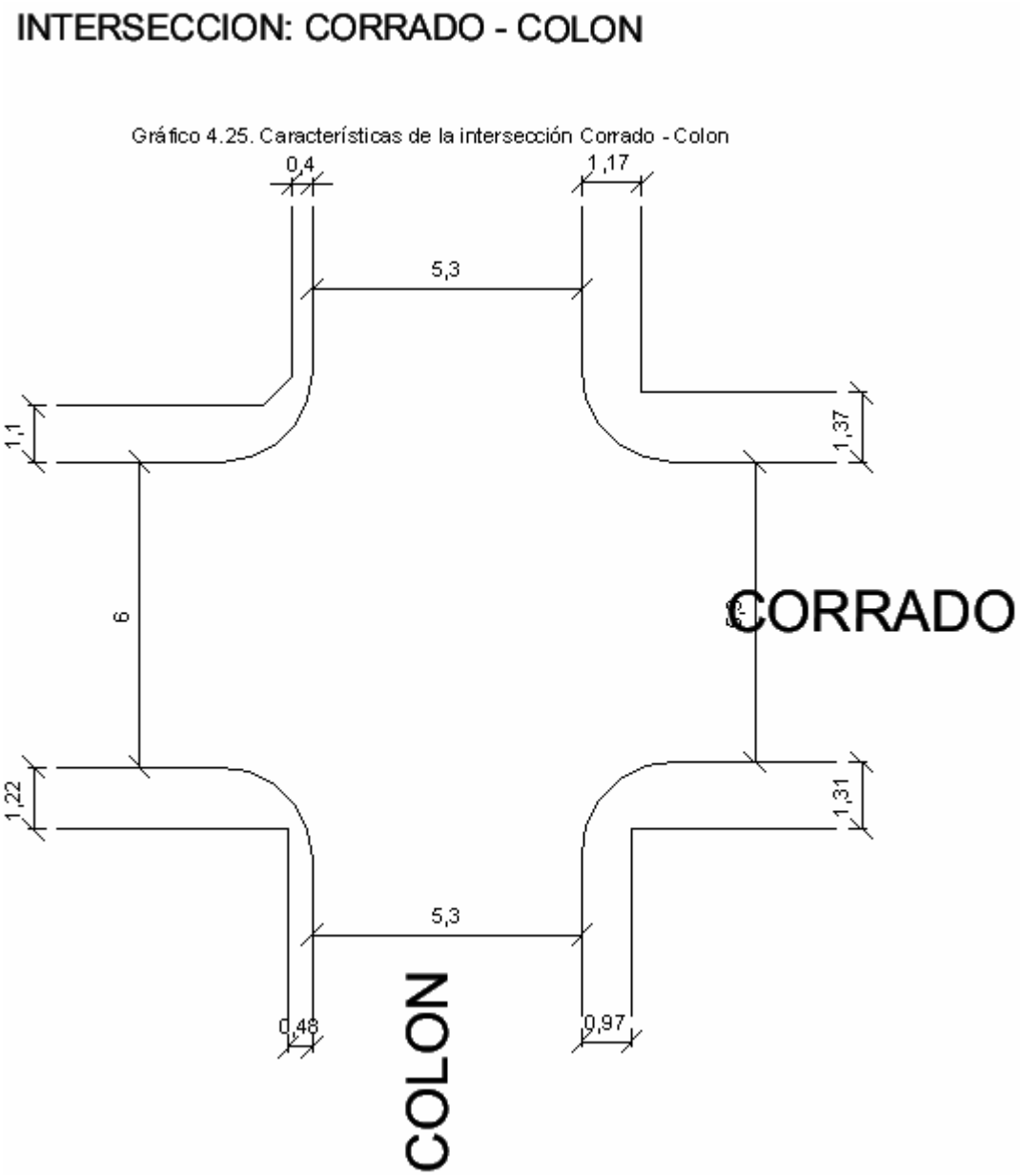
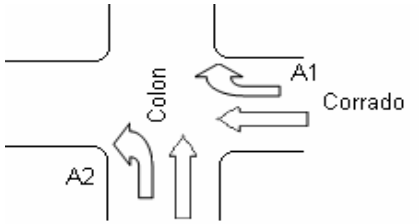


Gráfico 4.25. Características de la intersección Corrado - Colon

CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Corrado	1	2	LLEGADA	5.90	1.31	1.37	MALA	MALA
			SALIDA	6.00	1.22	1.10		
Colon	1	2	LLEGADA	5.30	0.48	0.97	MALA	MALA
			SALIDA	5.30	0.40	1.17		

Cuadro 4.61. Características de la intersección Corrado - Colon

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: CORRADO - COLON



Cuadro 4.62. Volúmenes totales intersección Corrado – Colon

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	198,50	59,67	0,00	33,56	1,39	0,00	98,97	56,83	0,00	29,08	30,58	0,00
	PARTICULARES	147,42	0,75	0,00	23,75	1,78	0,00	82,33	1,44	0,00	30,69	1,94	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	48,85	14,68	0,00	55,49	2,30	0,00	41,31	23,72	0,00	31,51	33,13	0,00
	PARTICULARES	36,28	0,18	0,00	39,27	2,94	0,00	34,37	0,60	0,00	33,25	2,11	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		406,33			60,47			239,58			92,31		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		87,05			12,95			72,19			27,81		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS			
	PÚBLICOS	232,06	61,06	0,00				128,06	87,42	0,00			
	PARTICULARES	171,17	2,53	0,00				113,03	3,39	0,00			
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	49,71	13,08	0,00				38,58	26,34	0,00			
	PARTICULARES	36,67	0,54	0,00				34,06	1,02	0,00			
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		466						331					

TIEMPOS DEL SEMAFORO

"ESTA INTERSECCIÓN NO CUENTA CON SEMÁFOROS"

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.63. Colas de espera intersección Corrado – Colon

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	7	1	4
A2	7	1	4

INTERSECCIÓN: CORRADO - COLON

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	27,81
% GIRO DERECHA (GD)	12,95	0,00
% RECTO	87,05	72,19
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	13,62	27,36
% VEHÍCULOS LIVIANOS	86,38	72,64
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	62,79	64,92
% VEHÍCULOS PARTICULARES	37,21	35,08
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	466	331
ANCHO DE CARRIL (m)	5,90	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.64. Datos para cálculo capacidad intersección Corrado – Colon

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
939	A1	1270	1143	1126,12	1,000	1,000	1,000	0,985	1,000
	A2	1270	1143	939,41	1,000	1,000	0,822	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	466	1126	0,414	D	**D**
A2	331	939	0,353	D	

INTERSECCIÓN: CORRADO - COLON

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n)=\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{n}\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n=\frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1126	0,313	466	0,129	0,243	1
A2	939	0,261	331	0,092	0,228	1

$$Q=\frac{\lambda^{2}}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad t_s=\frac{1}{\mu-\lambda} \qquad t_q=\frac{\lambda}{\mu*(\mu-\lambda)} \qquad P=\frac{\lambda}{\mu}*100$$

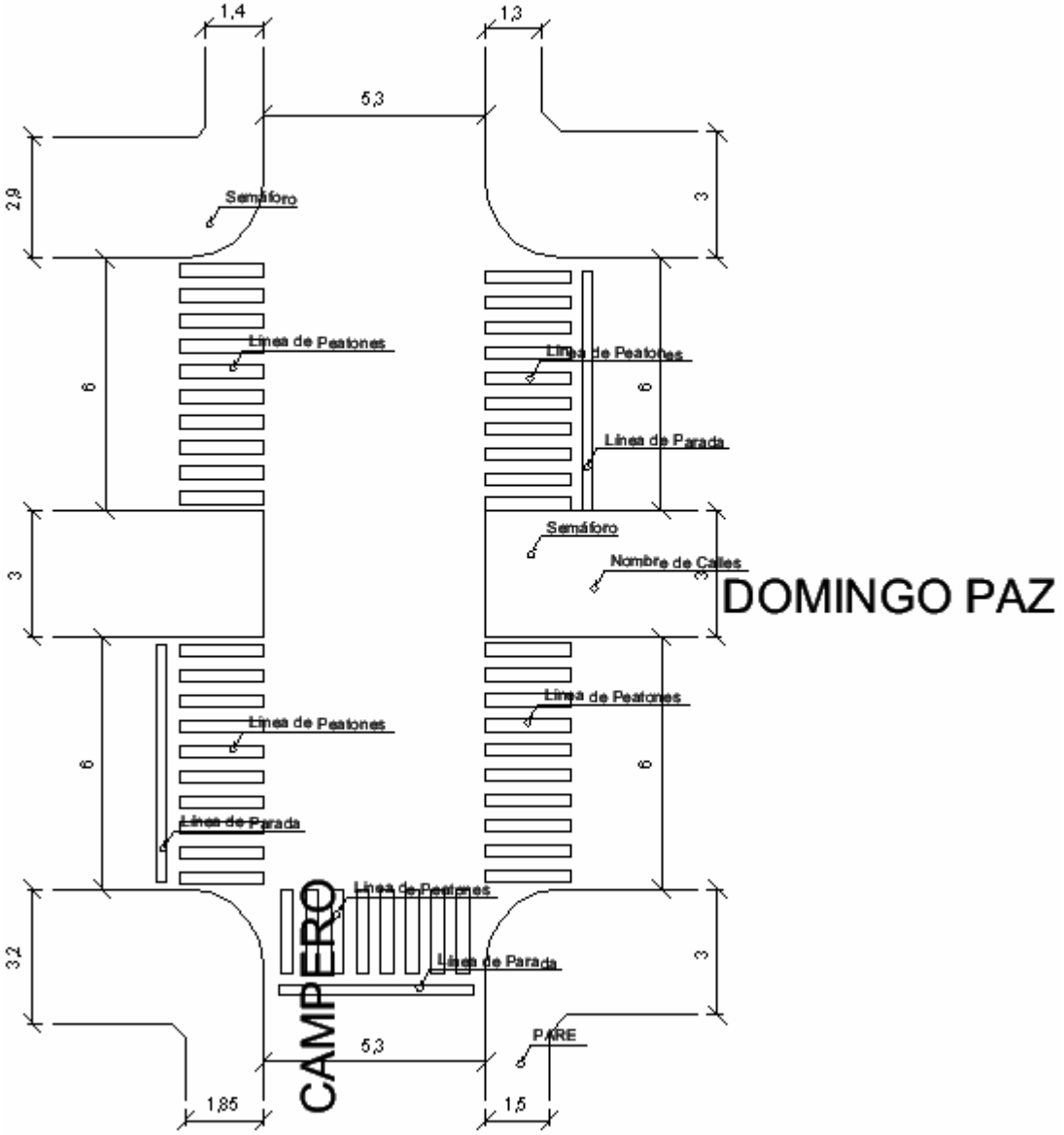
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,292	5,455	2,257	41,385
A2	0,192	5,921	2,087	35,250

$$I=\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t)=(\mu-\lambda)*e^{(\lambda-\mu)*t} \qquad P(ts\le t)=1-e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t} \qquad P(tq\le t)=1-\frac{\lambda}{\mu}*e^{-\left(1-\frac{\lambda}{\mu}\right)*\mu*t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	58,615	0,067	0,632	0,726
A2	64,750	0,062	0,632	0,752

INTERSECCION: DOMINGO PAZ - CAMPERO

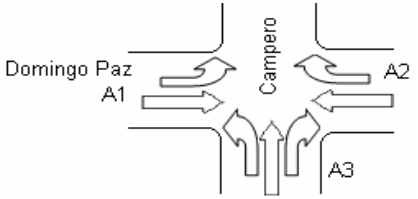
Grático 4.26. Características de la intersección Domingo Paz - Campero



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Domingo Paz	2	4	LLEGADA	6.00	1.50	3.20	BUENA	BUENA
			SALIDA	6.00	1.50	1.50	BUENA	BUENA
Campero	1	2	LLEGADA	5.30	1.85	1.50	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.30	1.30	1.40		

Cuadro 4.65. Características de la intersección Domingo Paz - Campero

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - CAMPERO



Cuadro 4.66. Volúmenes totales intersección Domingo Paz – Campero

TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
		SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	96,14	117,56	0,00	16,22	0,00	0,00	37,67	35,97	0,00	5,92	0,00	0,00
	PARTICULARES	86,08	0,67	0,00	14,78	0,42	0,00	34,17	0,69	0,00	6,17	0,39	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	32,00	39,13	0,00	51,64	0,00	0,00	34,72	33,15	0,00	47,44	0,00	0,00
	PARTICULARES	28,65	0,22	0,00	47,04	1,33	0,00	31,49	0,64	0,00	49,44	3,12	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		300,44			31,42			108,50			12,47		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		90,53			9,47			89,69			10,31		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	112,36		117,56		0,00		43,58		35,97		0,00	
	PARTICULARES	100,86		1,08		0,00		40,33		1,08		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	33,86		35,42		0,00		36,03		29,74		0,00	
	PARTICULARES	30,39		0,33		0,00		33,34		0,90		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		331						120					

TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	ACCESO 3 (A3)								
		SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	16,33	75,75	0,00	75,33	31,61	0,00	35,39	0,00	0,00
	PARTICULARES	14,14	0,50	0,00	70,75	0,47	0,00	32,28	0,42	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	15,30	70,98	0,00	42,28	17,74	0,00	51,98	0,00	0,00
	PARTICULARES	13,25	0,47	0,00	39,71	0,27	0,00	47,41	0,61	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		106,72			178,17			68,08		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		30,24			50,48			19,29		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	127,06			107,36			0,00		
	PARTICULARES	117,17			1,39			0,00		
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	36,10			30,50			0,00		
	PARTICULARES	33,29			0,39			0,00		
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		352								

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.67. Tiempos de semáforos intersección Domingo Paz – Campero

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	19,09	19,05	18,96	18,9	18,89	19,05	18,99	19	40
	AMARILLA	2,98	3,12	3,03	2,98	2,92	2,87	2,98	3	
	VERDE	17,97	18,08	18,11	17,89	17,92	17,98	17,99	18	
A2	ROJA	19,09	19,05	18,96	18,9	18,89	19,05	18,99	19	40
	AMARILLA	2,98	3,12	3,03	2,98	2,92	2,87	2,98	3	
	VERDE	17,97	18,08	18,11	17,89	17,92	17,98	17,99	18	
A3	ROJA	18,12	17,96	18,12	18,04	18,12	17,95	18,05	18	40
	AMARILLA	2,95	3,06	2,95	3,07	2,96	3,07	3,01	3	
	VERDE	18,92	19,06	18,92	18,8	18,92	19,14	18,96	19	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.68. Colas de espera intersección Domingo Paz – Campero

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	4	1	2,5
A3	10	2	6

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - CAMPERO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	9,47	0,00	50,48
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	10,31	19,29
% RECTO	90,53	89,69	30,24
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	35,75	30,63	30,89
% VEHÍCULOS LIVIANOS	64,25	69,37	69,38
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	69,28	65,76	66,60
% VEHÍCULOS PARTICULARES	30,72	34,24	33,68
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	331	120	352
ANCHO DE CARRIL (m)	6,00	6,00	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO	SI
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

Cuadro 4.69. Datos para cálculo capacidad intersección Domingo Paz – Campero

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
781	A1	1350	1215	1215,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1350	1215	1093,50	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A3	1270	1143	781,81	1,000	0,950	0,800	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	331	1215	0,272	C	**D**
A2	120	1093	0,110	C	
A3	352	781	0,451	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
371	1215	A1	18	40	546	44,94
	1093	A2	18	40	492	45,01
	781	A3	19	40	371	47,50

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	331	1215	0,272
A2	120	1093	0,110
A3	352	781	0,451

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	546	0,6062	40	18	0,450	6,323	1,395	7,718
A2	492	0,244	40	18	0,450	5,165	0,054	5,219
A3	371	0,949	40	19	0,475	7,627	24,521	32,147

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**D**
A2	B	
A3	D	

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - CAMPERO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1215	0,338	331	0,092	40	19
A2	1093	0,304	120	0,033	40	19
A3	781	0,217	352	0,098	40	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,272	21	7,863	0,722	0,722	2
A2	0,110	21	2,590	0,590	0,590	1
A3	0,451	22	18,051	1,001	1,001	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,965	0,697	21	27,865	7,577
A2	0,350	0,206	21	8,256	6,192
A3	1,076	1,077	22	43,077	11,014

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1215	0,338	331	0,092	0,198	1
A2	1093	0,304	120	0,033	0,098	1
A3	781	0,217	352	0,098	0,248	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

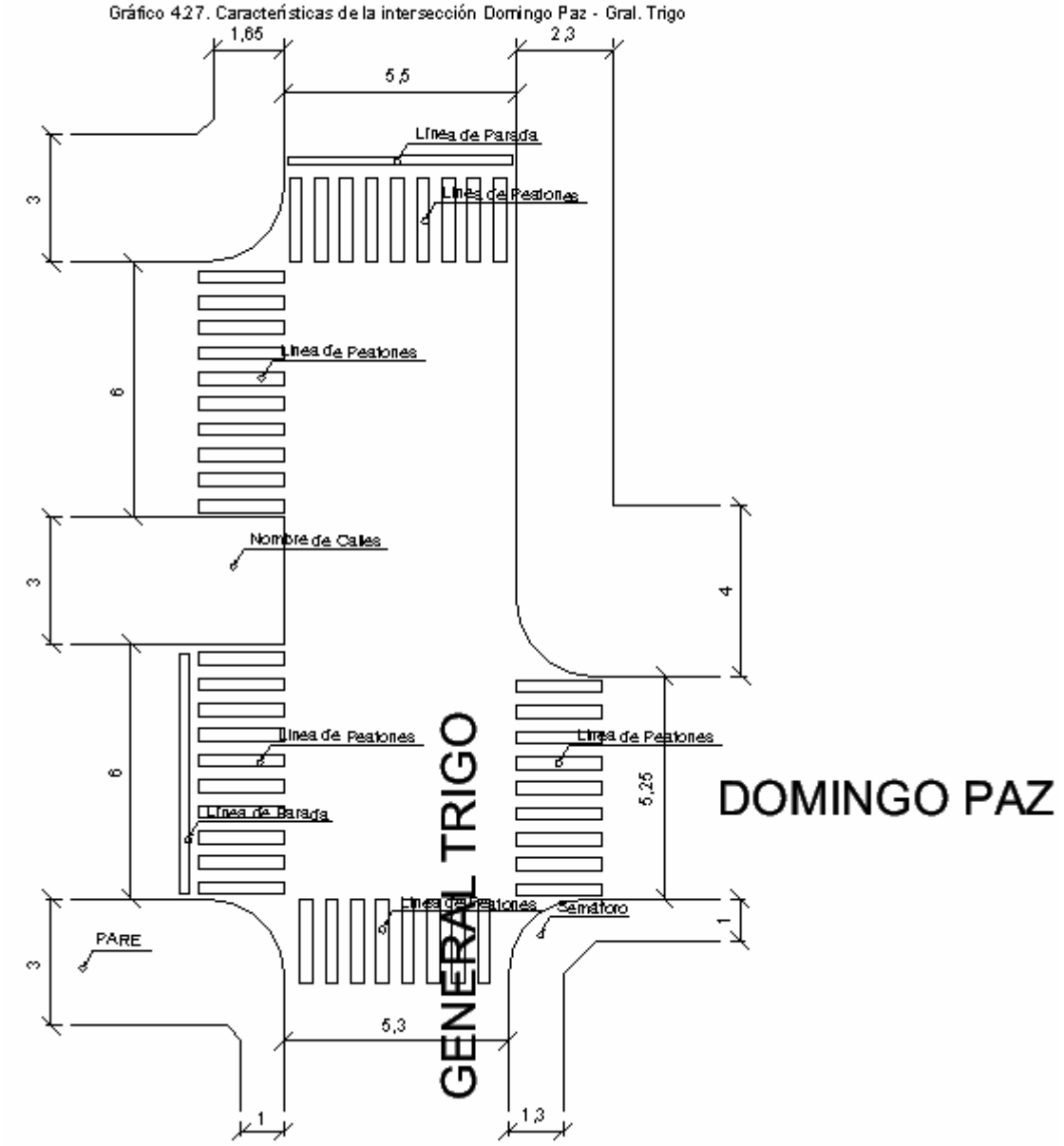
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,102	4,072	1,109	27,243
A2	0,014	3,700	0,406	10,979
A3	0,370	8,392	3,782	45,070

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	72,757	0,090	0,632	0,793
A2	89,021	0,099	0,632	0,902
A3	54,930	0,044	0,632	0,713

INTERSECCION: DOMINGO PAZ - GENRAL TRIGO

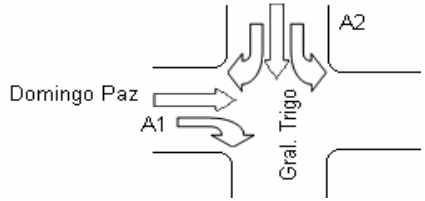
Gráfico 4.27. Caracteństicas de la intersección Domingo Paz - Gral. Trigo



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Domingo Paz	2	4	LLEGADA	6.00	1.50	3.00	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.25	4.00	1.00	BUENA	REGULAR
Gral. Trigo	1	2	LLEGADA	5.50	2.30	1.65	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.30	1.30	1.00		

Cuadro 4.70. Características de la intersección Domingo Paz - Gral. Trigo

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - GENERAL TRIGO



Cuadro 4.71. Volúmenes totales intersección Domingo Paz – Gral. Trigo

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)								
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	87,19	111,50	0,00	46,89	17,08	0,00	59,89	13,17	0,00	43,39	39,25	0,00	63,75	0,33	0,00
	PARTICULARES	65,28	2,56	0,00	36,58	1,47	0,00	55,67	2,06	0,00	35,42	1,94	0,00	41,08	1,92	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	32,71	41,83	0,00	45,96	16,74	0,00	45,79	10,07	0,00	36,16	32,71	0,00	59,53	0,31	0,00
	PARTICULARES	24,49	0,96	0,00	35,86	1,44	0,00	42,57	1,57	0,00	29,51	1,62	0,00	137,30	6,41	0,00
VOLUMEN TOTAL SENTIDO		266,53			102,03			130,78			120,00			107,08		
% VOLUMEN TOTAL SENTIDO		72,32			27,68			36,54			33,53			29,92		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS			MEDIANO			PESADOS		
	PÚBLICOS	134,08		128,58		0,00		167,03			52,75			0,00		
	PARTICULARES	101,86		4,03		0,00		132,17			5,92			0,00		
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	36,38		34,89		0,00		46,67			14,74			0,00		
	PARTICULARES	27,64		1,09		0,00		36,93			1,65			0,00		
VOLUMEN TOTAL ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		368						357								

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.72. Tiempos de semáforos intersección Domingo Paz – Gral. Trigo

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	17,82	17,96	17,95	17,82	17,95	18,15	17,94	18	40
	AMARILLA	3,03	2,96	2,85	3,1	2,95	3,06	2,99	3	
	VERDE	19,03	19,1	19,15	19,07	19,06	18,82	19,04	19	
A2	ROJA	19,05	19,02	18,92	19,02	19,14	18,87	19,00	19	40
	AMARILLA	3,01	3,09	3,09	3,13	3,12	2,9	3,06	3	
	VERDE	17,89	17,92	18,09	18,02	17,96	18,15	18,01	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.73. Colas de espera intersección Domingo Paz – Gral. Trigo

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	2	5,5
A2	10	2	6

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	33,53
% GIRO DERECHA (GD)	27,68	29,92
% RECTO	72,32	36,54
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	35,98	16,39
% VEHÍCULOS LIVIANOS	64,02	83,61
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	71,27	61,41
% VEHÍCULOS PARTICULARES	28,73	38,59
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	368	357
ANCHO DE CARRIL (m)	6,00	5,50
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.74. Datos para cálculo capacidad intersección Domingo Paz – Gral. Trigo

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
837	A1	1350	1215	1107,57	1,000	1,000	1,000	0,912	1,000
	A2	1292	1163	837,22	1,000	1,000	0,800	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	0,0
B	Flujo Estable	? 0,10
C	Flujo Estable	? 0,30
D	Próximo al Flujo Inestable	? 0,70
E	Flujo Inestable	? 1,0
F	Flujo Forzado	-b

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	368	1107	0,332	D	**D**
A2	357	837	0,427	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
376	1107	A1	19	40	526	47,52
	837	A2	18	40	376	44,92

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	368	1107	0,332
A2	357	837	0,427

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	526	0,6996	40	19	0,475	6,275	2,841	9,116
A2	376	0,949	40	18	0,450	8,028	24,443	32,471

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**D**
A2	D	

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - GENERAL TRIGO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1107	0,308	368	0,102	40	18
A2	837	0,233	357	0,099	40	19

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,332	22	10,955	0,824	0,824	3
A2	0,427	21	15,619	0,915	0,915	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,124	0,926	22	37,056	9,063
A2	1,041	0,953	21	38,129	9,612

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1107	0,308	368	0,102	0,222	1
A2	837	0,233	357	0,099	0,245	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

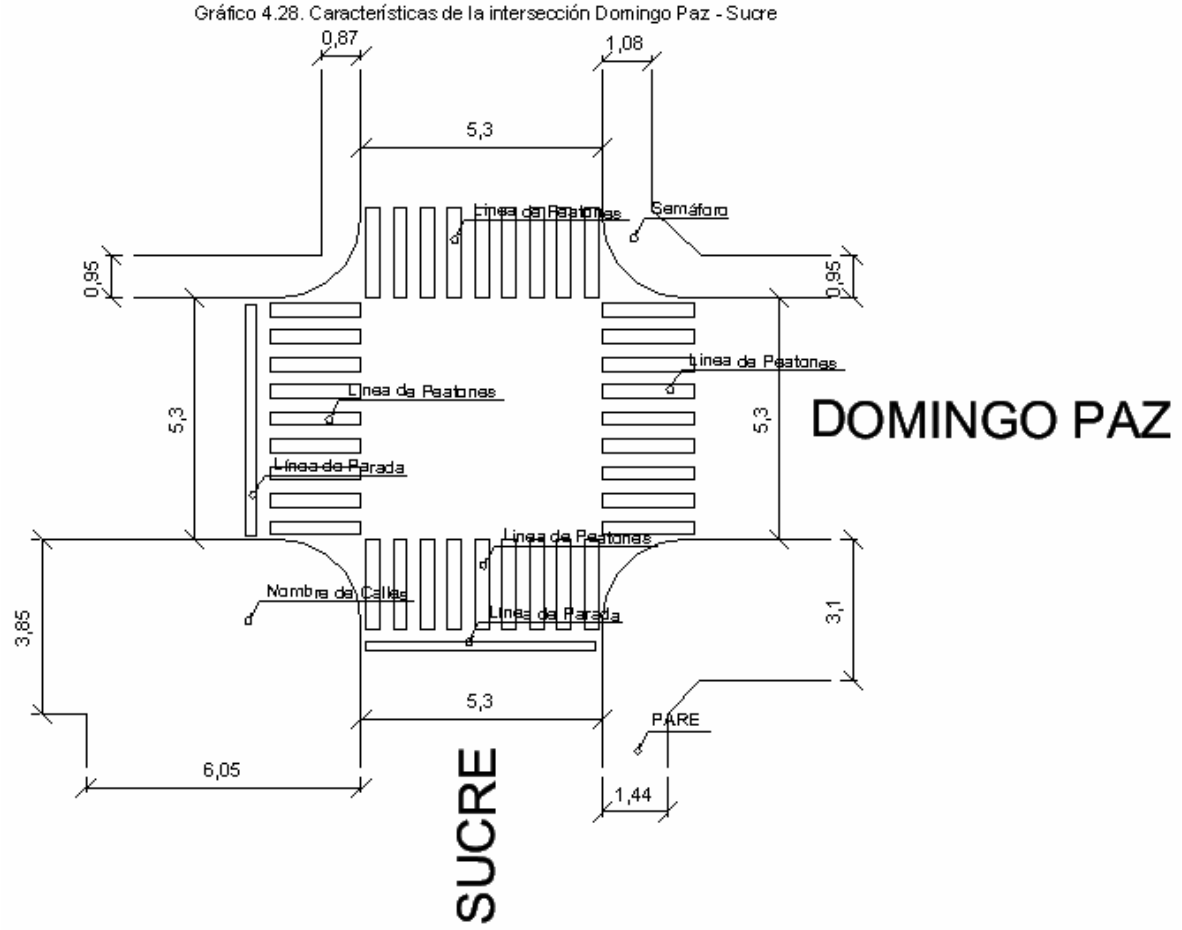
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,166	4,871	1,619	33,243
A2	0,317	7,500	3,199	42,652

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	66,757	0,076	0,632	0,762
A2	57,348	0,049	0,632	0,722

INTERSECCION: DOMINGO PAZ - SUCRE

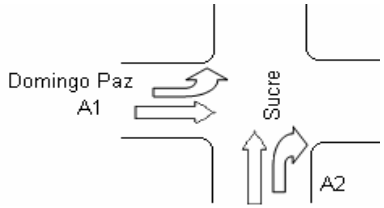
Gráfico 4.28. Características de la intersección Domingo Paz - Sucre



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Domingo Paz	1	2	LLEGADA	5.30	0.95	3.85	BUENA	BUENA
			SALIDA	5.30	0.95	3.10		
Sucre	1	2	LLEGADA	5.30	6.05	1.44	BUENA	BUENA
			SALIDA	5.30	0.87	1.08		

Cuadro 4.75. Características de la intersección Domingo Paz - Sucre

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - SUCRE



Cuadro 4.76. Volúmenes totales intersección Domingo Paz – Sucre

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	108,42	97,33	0,00	37,28	0,00	0,00	119,67	0,00	0,00	71,00	0,00	0,00
	PARTICULARES	95,61	0,67	0,00	33,25	0,78	0,00	114,25	0,72	0,00	63,58	0,72	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	35,90	32,23	0,00	52,28	0,00	0,00	51,00	0,00	0,00	52,47	0,00	0,00
	PARTICULARES	31,66	0,22	0,00	46,63	1,09	0,00	48,69	0,31	0,00	46,99	0,53	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		302,03			71,31			234,64			135,31		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		80,90			19,10			63,43			36,57		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	145,69		97,33		0,00		190,67		0,00		0,00	
	PARTICULARES	128,86		1,44		0,00		177,83		1,44		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	39,03		26,07		0,00		51,54		0,00		0,00	
	PARTICULARES	34,52		0,39		0,00		48,07		0,39		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		373						369					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.77. Tiempos de semáforos intersección Domingo Paz – Sucre

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	12,91	13,11	12,94	13,06	12,97	13,13	13,02	13	40
	AMARILLA	3,14	2,99	3,08	2,85	3,06	2,97	3,02	3	
	VERDE	23,94	23,96	24,08	23,92	23,98	24,09	24,00	24	
A2	ROJA	23,84	23,96	23,84	23,84	23,84	24,03	23,89	24	40
	AMARILLA	3,17	3,07	3,06	3,12	2,95	2,95	3,05	3	
	VERDE	12,95	13,01	13,12	13,01	13,12	13,15	13,06	13	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.78. Colas de espera intersección Domingo Paz – Sucre

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	2	5,5
A2	9	2	5,5

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - SUCRE

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	19,10	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	36,57
% RECTO	80,90	63,43
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	26,46	0,39
% VEHÍCULOS LIVIANOS	73,54	99,61
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	65,10	51,54
% VEHÍCULOS PARTICULARES	34,90	48,46
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	373	369
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	SI	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.79. Datos para cálculo capacidad intersección Domingo Paz – Sucre

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	1500	1350	1165,41	1,000	0,950	0,909	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	373	1165	0,320	D	**D**
A2	369	1028	0,359	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
334	1165	A1	24	40	699	60,00
	1028	A2	13	40	334	32,49

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	373	1165	0,320
A2	369	1028	0,359

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	699	0,5336	40	24	0,600	3,577	0,636	4,214
A2	334	1,105	40	13	0,325	10,805	75,507	86,312

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	A	**F**
A2	F	

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - SUCRE

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1165	0,324	373	0,104	40	24
A2	1028	0,286	369	0,103	40	13

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,320	16	7,535	0,588	0,588	2
A2	0,359	27	15,118	1,053	1,053	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,829	0,488	16	19,508	4,707
A2	1,384	1,457	27	58,281	14,215

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1165	0,324	373	0,104	0,218	1
A2	1028	0,286	369	0,103	0,230	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

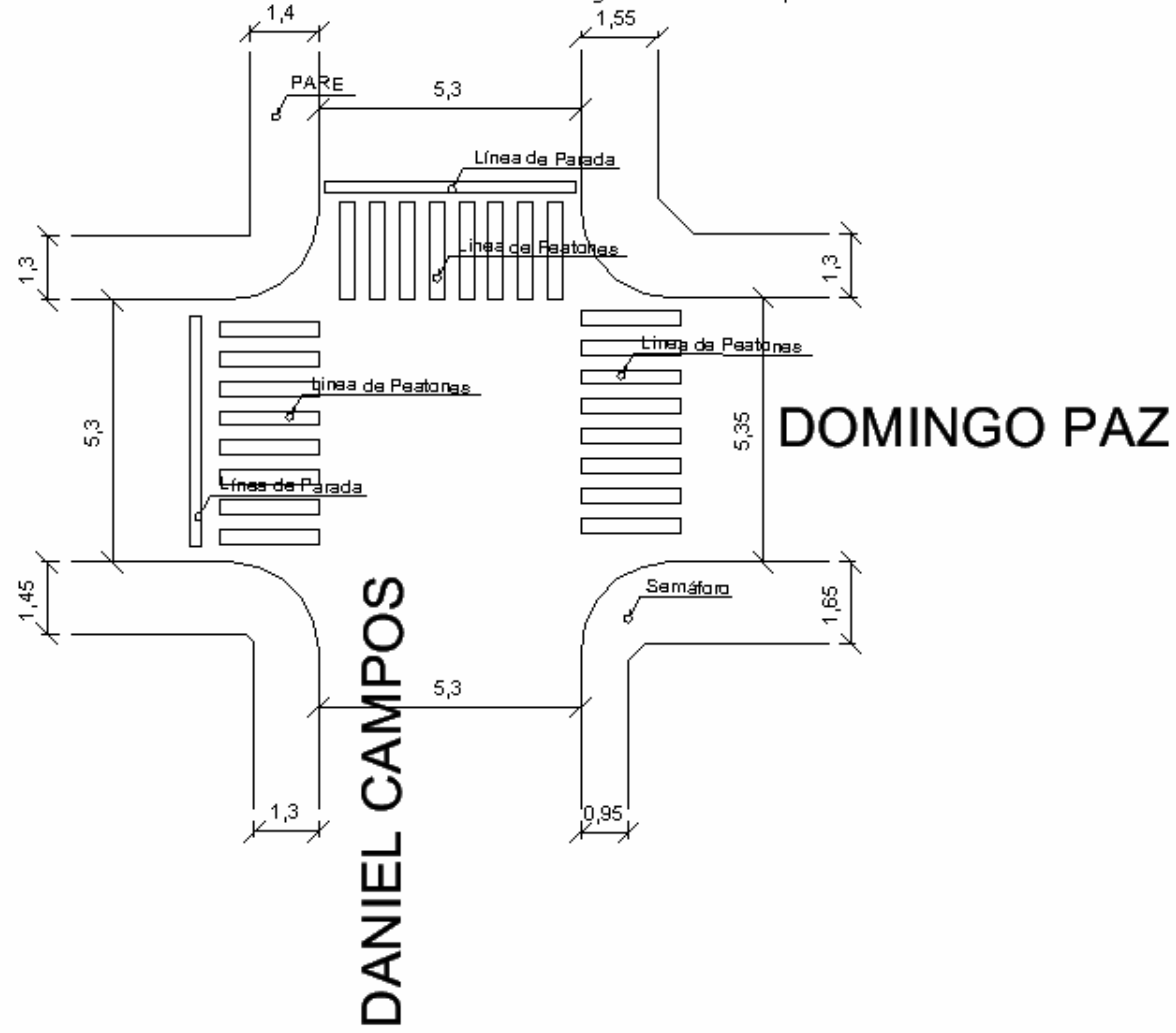
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,151	4,545	1,455	32,017
A2	0,201	5,463	1,961	35,895

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	67,983	0,081	0,632	0,768
A2	64,105	0,067	0,632	0,749

INTERSECCION: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS

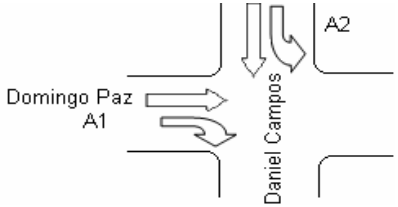
Gráfico 4.29. Características de la intersección Domingo Paz - Daniel Campos



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Domingo Paz	1	2	LLEGADA	5.30	1.30	1.45	REGULAR	BUENA
			SALIDA	5.35	1.30	1.65		
Daniel Campos	1	2	LLEGADA	5.30	1.55	1.40	REGULAR	REGULAR
			SALIDA	5.30	0.95	1.30		

Cuadro 4.80. Características de la intersección Domingo Paz - Daniel Campos

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS



Cuadro 4.81. Volúmenes totales intersección Domingo Paz – Daniel Campos

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	113,17	86,72	0,00	56,83	14,22	0,00	99,33	11,31	0,00	60,03	6,94	0,00
	PARTICULARES	111,28	0,58	0,00	54,17	0,86	0,00	91,06	0,86	0,00	53,31	0,75	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	36,30	27,82	0,00	45,08	11,28	0,00	49,04	5,58	0,00	49,60	5,74	0,00
	PARTICULARES	35,69	0,19	0,00	42,96	0,68	0,00	44,95	0,43	0,00	44,04	0,62	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		311,75			126,08			202,56			121,03		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		71,20			28,80			62,60			37,40		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS			
	PÚBLICOS	170,00	100,94	0,00				159,36	18,25	0,00			
	PARTICULARES	165,44	1,44	0,00				144,36	1,61	0,00			
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	38,83	23,06	0,00				49,25	5,64	0,00			
	PARTICULARES	37,79	0,33	0,00				44,61	0,50	0,00			
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		437,83						323,58					
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		437						323					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.82. Tiempos de semáforos intersección Domingo Paz – Daniel Campos

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	13,04	12,98	13,13	12,85	13,10	12,92	13,00	13	40
	AMARILLA	3,14	2,93	3,04	3,12	3,04	2,89	3,03	3	
	VERDE	23,97	24,08	23,93	23,89	23,87	24,01	23,96	24	
A2	ROJA	23,87	24,12	23,95	24,06	23,95	24,06	24,00	24	40
	AMARILLA	2,95	2,95	3,10	2,96	2,98	3,06	3,00	3	
	VERDE	13,07	13,06	12,89	13,01	13,00	12,87	12,98	13	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.83. Colas de espera intersección Domingo Paz – Daniel Campos

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	2	5,5
A2	10	2	6

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	37,40
% GIRO DERECHA (GD)	28,80	0,00
% RECTO	71,20	62,60
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	23,39	6,14
% VEHÍCULOS LIVIANOS	76,61	93,86
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	61,88	54,89
% VEHÍCULOS PARTICULARES	38,12	45,11
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	437	323
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	SI	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	SI	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.84. Datos para cálculo capacidad intersección Domingo Paz – Daniel Campos

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
914	A1	1500	1350	1045,42	0,900	0,950	1,000	0,906	1,000
	A2	1270	1143	914,40	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	437	1045	0,418	D	**D**
A2	323	914	0,353	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
297	1045	A1	24	40	627	60,00
	914	A2	13	40	297	32,49

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	437	1045	0,418
A2	323	914	0,353

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	627	0,6970	40	24	0,600	4,180	2,357	6,537
A2	297	1,088	40	13	0,325	10,711	70,579	81,291

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**F**
A2	F	

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1045	0,290	437	0,121	40	24
A2	914	0,254	323	0,090	40	13

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,418	16	11,500	0,688	0,688	2
A2	0,353	27	14,756	1,044	1,044	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,971	0,668	16	26,706	5,500
A2	1,211	1,264	27	50,577	14,093

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1045	0,290	437	0,121	0,243	1
A2	914	0,254	323	0,090	0,229	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

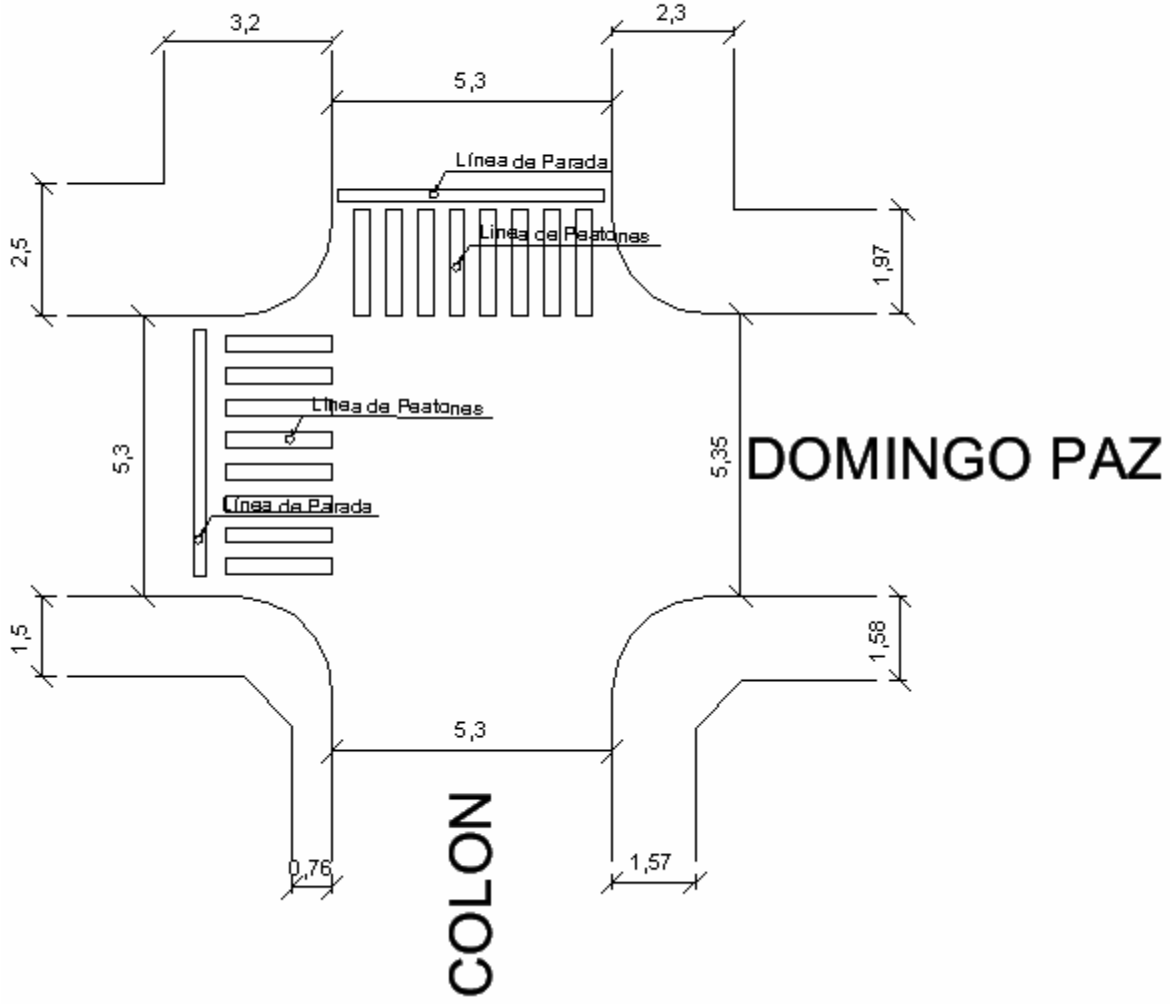
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,301	5,921	2,476	41,818
A2	0,193	6,091	2,153	35,339

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	58,182	0,062	0,632	0,725
A2	64,661	0,060	0,632	0,752

INTERSECCION: DOMINGO PAZ - COLON

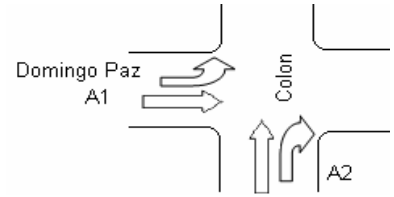
Gráfico 4.30. Características de la intersección Domingo Paz - Colon



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Domingo Paz	1	2	LLEGADA	5.30	2.50	1.50	REGULAR	REGULAR
			SALIDA	5.35	1.97	1.58		
Colon	1	2	LLEGADA	5.30	0.76	1.57	REGULAR	REGULAR
			SALIDA	5.30	3.20	2.30		

Cuadro 4.85. Características de la intersección Domingo Paz - Colon

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - COLON



Cuadro 4.86. Volúmenes totales intersección Domingo Paz – Colon

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	138,50	101,64	0,00	32,17	15,00	0,00	103,61	59,86	0,00	38,06	11,11	0,00
	PARTICULARES	114,17	0,72	0,00	29,25	0,67	0,00	90,33	0,67	0,00	33,56	0,67	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	39,01	28,63	0,00	41,73	19,46	0,00	40,72	23,52	0,00	45,64	13,32	0,00
	PARTICULARES	32,16	0,20	0,00	37,95	0,86	0,00	35,50	0,26	0,00	40,24	0,80	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		355,03			77,08			254,47			83,39		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		82,16			17,84			75,32			24,68		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	170,67		116,64		0,00		141,67		70,97		0,00	
	PARTICULARES	143,42		1,39		0,00		123,89		1,33		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	39,50		26,99		0,00		41,93		21,01		0,00	
	PARTICULARES	33,19		0,32		0,00		36,67		0,39		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		432						337					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.87. Tiempos de semáforos intersección Domingo Paz – Colon

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	13,09	13,13	12,93	13,03	12,99	12,89	13,01	13	40
	AMARILLA	3,06	3,03	2,86	3,11	3,1	3,03	3,03	3	
	VERDE	24,12	24,09	24,04	24,09	23,98	24,14	24,08	24	
A2	ROJA	23,78	23,98	23,98	23,91	23,87	24,02	23,92	24	40
	AMARILLA	2,84	2,95	3	3,06	2,95	3	2,97	3	
	VERDE	13,17	13,12	13,01	13,01	13,13	13,06	13,08	13	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.88. Colas de espera intersección Domingo Paz – Colon

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	2	5,5
A2	8	2	5

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - COLON

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	17,84	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	24,68
% RECTO	82,16	75,32
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	27,31	21,40
% VEHÍCULOS LIVIANOS	72,69	78,60
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	66,49	62,94
% VEHÍCULOS PARTICULARES	33,51	37,06
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	432	337
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	SI	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	SI
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.89. Datos para cálculo capacidad intersección Domingo Paz – Colon

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
977	A1	1500	1350	1119,39	0,900	1,000	0,922	1,000	1,000
	A2	1270	1143	977,27	1,000	0,950	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	432	1119	0,386	D	**D**
A2	337	977	0,345	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
317	1119	A1	24	40	671	59,96
	977	A2	13	40	317	32,45

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	432	1119	0,386
A2	337	977	0,345

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	671	0,6438	40	24	0,600	3,963	1,501	5,464
A2	317	1,063	40	13	0,325	10,581	59,275	69,857

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**F**
A2	F	

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - COLON

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1119	0,311	432	0,120	40	24
A2	977	0,271	337	0,094	40	13

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,386	16	10,061	0,652	0,652	2
A2	0,345	27	14,217	1,030	1,030	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,960	0,625	16	25,019	5,212
A2	1,264	1,302	27	52,088	13,911

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1119	0,311	432	0,120	0,237	1
A2	977	0,271	337	0,094	0,226	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

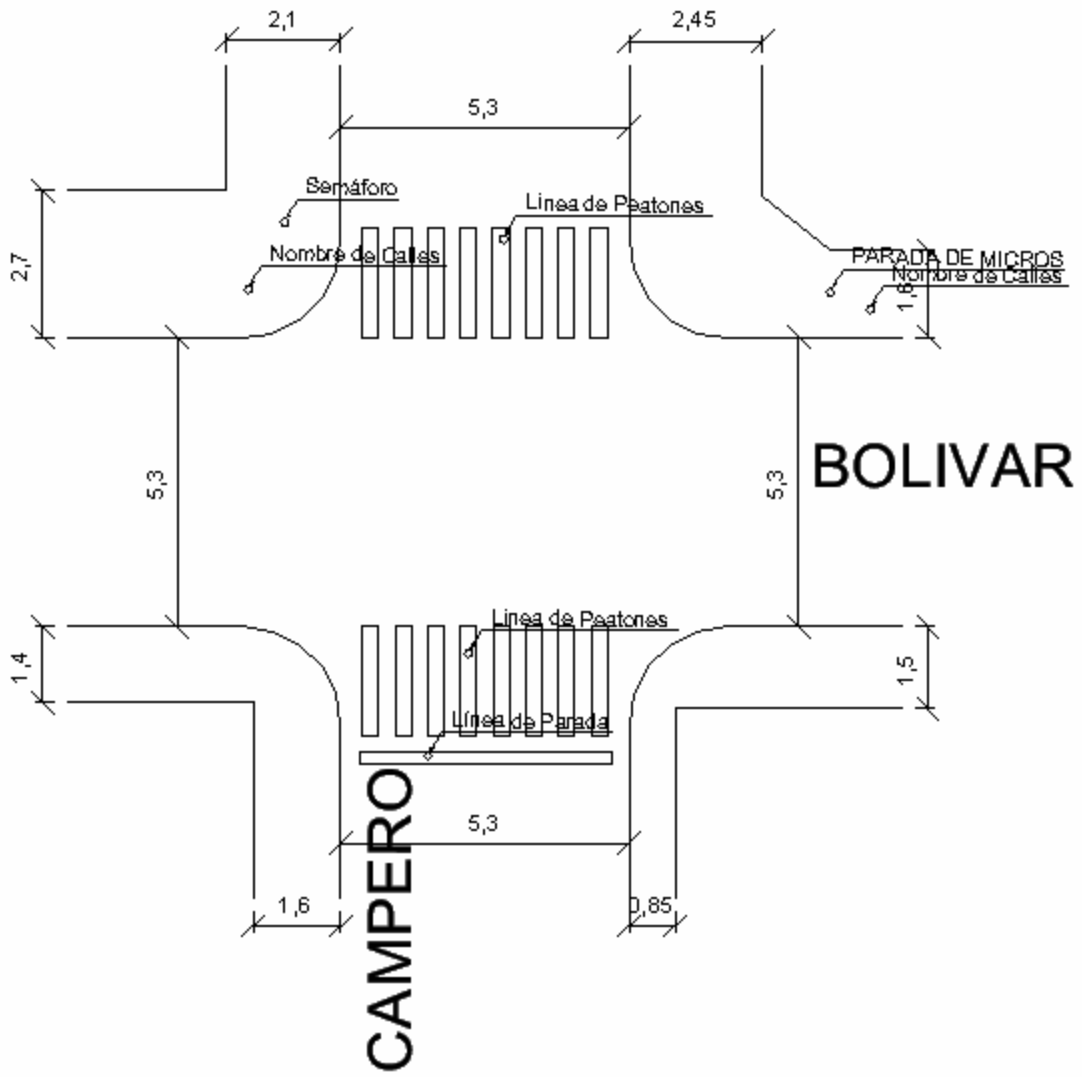
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,243	5,240	2,023	38,606
A2	0,182	5,625	1,940	34,493

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	61,394	0,070	0,632	0,738
A2	65,507	0,065	0,632	0,756

INTERSECCION: BOLIVAR - CAMPERO

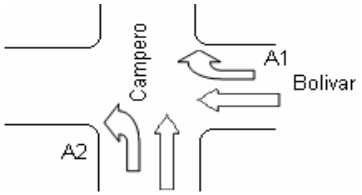
Gráfico 4.31. Características de la intersección Bolivar - Campero



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Bolivar	1	2	LLEGADA	5.30	1.50	1.60	MALA	REGULAR
			SALIDA	5.30	1.40	2.70		
Campero	1	2	LLEGADA	5.30	1.60	0.85	MALA	REGULAR
			SALIDA	5.30	2.10	2.45		

Cuadro 4.90. Características de la intersección Bolivar - Campero

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: BOLIVAR - CAMPERO



Cuadro 4.91. Volúmenes totales intersección Bolivar – Campero

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	89,03	57,31	0,00	35,61	71,06	0,00	73,92	37,19	0,00	31,75	0,39	0,00
	PARTICULARES	53,89	0,92	0,00	30,81	0,81	0,00	101,92	0,89	0,00	40,69	0,47	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	44,26	28,49	0,00	25,75	51,39	0,00	34,55	17,39	0,00	43,31	0,53	0,00
	PARTICULARES	26,79	0,46	0,00	22,28	0,58	0,00	47,64	0,42	0,00	55,51	0,64	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		201,14			138,28			213,92			73,31		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		59,26			40,74			74,48			25,52		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	124,64		128,36		0,00		105,67		37,58		0,00	
	PARTICULARES	84,69		1,72		0,00		142,61		1,36		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	36,72		37,82		0,00		36,79		13,09		0,00	
	PARTICULARES	24,95		0,51		0,00		49,65		0,47		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		339						287					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.92. Tiempos de semáforos intersección Bolivar – Campero

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,04	17,87	18,09	18,08	18,07	17,93	18,01	18	40
	AMARILLA	3	3,07	2,95	3,06	2,95	2,83	2,98	3	
	VERDE	18,93	19,14	18,92	18,86	19,07	18,88	18,97	19	
A2	ROJA	18,99	19,13	19,12	18,93	18,9	19,09	19,03	19	40
	AMARILLA	2,88	2,98	2,9	3,09	2,95	2,91	2,95	3	
	VERDE	18,13	17,88	17,89	17,99	18,02	18,12	18,01	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.93. Colas de espera intersección Bolivar – Campero

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	7	1	4

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - CAMPERO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	25,52
% GIRO DERECHA (GD)	40,74	0,00
% RECTO	59,26	74,48
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	38,33	13,56
% VEHÍCULOS LIVIANOS	61,67	86,44
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	74,54	49,87
% VEHÍCULOS PARTICULARES	25,46	50,13
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	339	287
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.94. Datos para cálculo capacidad intersección Bolivar – Campero

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
965	A1	1498	1348	1213,38	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A2	1270	1143	965,58	1,000	1,000	0,845	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	339	1213	0,279	C	**C**
A2	287	965	0,297	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
434	1213	A1	19	40	576	47,49
	965	A2	18	40	434	44,97

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	339	1213	0,279
A2	287	965	0,297

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	576	0,5885	40	19	0,475	5,815	1,163	6,978
A2	434	0,661	40	18	0,450	6,546	2,592	9,138

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - CAMPERO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1213	0,337	339	0,094	40	19
A2	965	0,268	287	0,080	40	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,279	21	8,145	0,729	0,729	2
A2	0,297	22	9,313	0,783	0,783	2

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,989	0,720	21	28,817	7,651
A2	0,877	0,686	22	27,459	8,611

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1213	0,337	339	0,094	0,201	1
A2	965	0,268	287	0,080	0,209	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,108	4,119	1,151	27,947
A2	0,126	5,310	1,579	29,741

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	72,053	0,089	0,632	0,789
A2	70,259	0,069	0,632	0,779

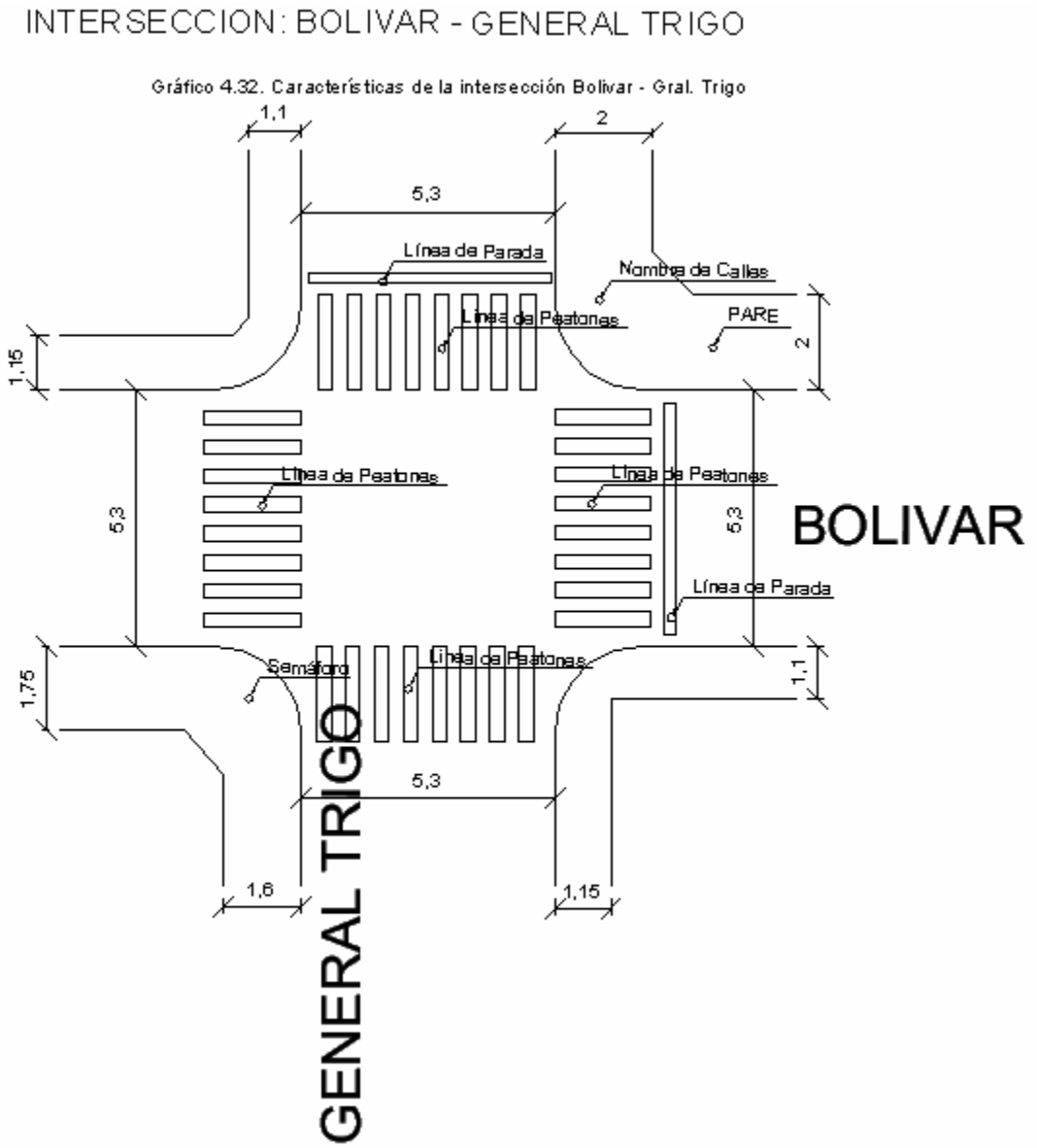
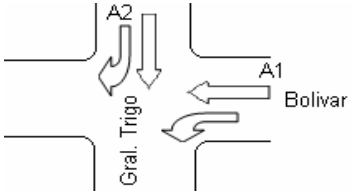


Gráfico 4.32. Características de la intersección Bolivar - Gral. Trigo

CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Bolivar	1	2	LLEGADA	5.30	1.10	2.00	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.30	1.75	1.15		
Gral. Trigo	1	2	LLEGADA	5.30	2.00	1.10	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.30	1.15	1.60		

Cuadro 4.95. Características de la intersección Bolivar - Gral. Trigo

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: BOLIVAR - GENERAL TRIGO



Cuadro 4.96. Volúmenes totales intersección Bolivar – Gral. Trigo

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	83,33	129,89	0,00	63,83	28,61	0,00	79,94	29,64	0,00	25,19	0,00	0,00
	PARTICULARES	76,08	0,69	0,00	55,33	0,69	0,00	72,83	0,67	0,00	23,08	0,81	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	28,74	44,79	0,00	42,99	19,27	0,00	43,67	16,19	0,00	51,33	0,00	0,00
	PARTICULARES	26,24	0,24	0,00	37,27	0,47	0,00	39,78	0,36	0,00	47,03	1,64	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		290,00			148,47			183,08			49,08		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		66,14			33,86			78,86			21,14		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	147,17		158,50		0,00		105,14		29,64		0,00	
	PARTICULARES	131,42		1,39		0,00		95,92		1,47		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	33,56		36,15		0,00		45,29		12,77		0,00	
	PARTICULARES	29,97		0,32		0,00		41,31		0,63		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		438						232					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.97. Tiempos de semáforos intersección Bolivar – Gral. Trigo

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	13,11	12,91	12,99	13,1	13	12,97	13,01	13	40
	AMARILLA	3,07	3,06	2,91	2,85	3,09	2,95	2,99	3	
	VERDE	23,96	24,07	24,1	24,04	23,99	23,96	24,02	24	
A2	ROJA	24,17	23,85	23,84	23,95	23,84	24,07	23,95	24	40
	AMARILLA	2,78	2,73	2,84	2,95	3,06	2,98	2,89	3	
	VERDE	13,24	13,24	13,34	13,14	13,01	13,01	13,16	13	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.98. Colas de espera intersección Bolivar – Gral. Trigo

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	7	2	4,5

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	33,86	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	21,14
% RECTO	66,14	78,86
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	36,46	13,40
% VEHÍCULOS LIVIANOS	63,54	86,60
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	69,71	58,05
$ VEHÍCULOS PARTICULARES	30,29	41,95
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	438	232
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.99. Datos para cálculo capacidad intersección Bolivar – Gral. Trigo

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	1500	1350	1080,00	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	0,0
B	Flujo Estable	? 0,10
C	Flujo Estable	? 0,30
D	Próximo al Flujo Inestable	? 0,70
E	Flujo Inestable	? 1,0
F	Flujo Forzado	-b

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	438	1080	0,406	D	**D**
A2	232	1028	0,226	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
334	1080	A1	24	40	648	60,00
	1028	A2	13	40	334	32,49

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	438	1080	0,406
A2	232	1028	0,226

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{[1-(g_i/C)]^2}{[1-1(g_i/C)X_i]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	648	0,6759	40	24	0,600	4,091	1,960	6,051
A2	334	0,695	40	13	0,325	8,945	4,201	13,146

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - GENERAL TRIGO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1080	0,300	438	0,122	40	24
A2	1028	0,286	232	0,064	40	13

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,406	16	10,916	0,673	0,673	2
A2	0,226	27	7,869	0,872	0,872	2

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,973	0,655	16	26,198	5,383
A2	0,870	0,758	27	30,336	11,768

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1080	0,300	438	0,122	0,241	1
A2	1028	0,286	232	0,064	0,175	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

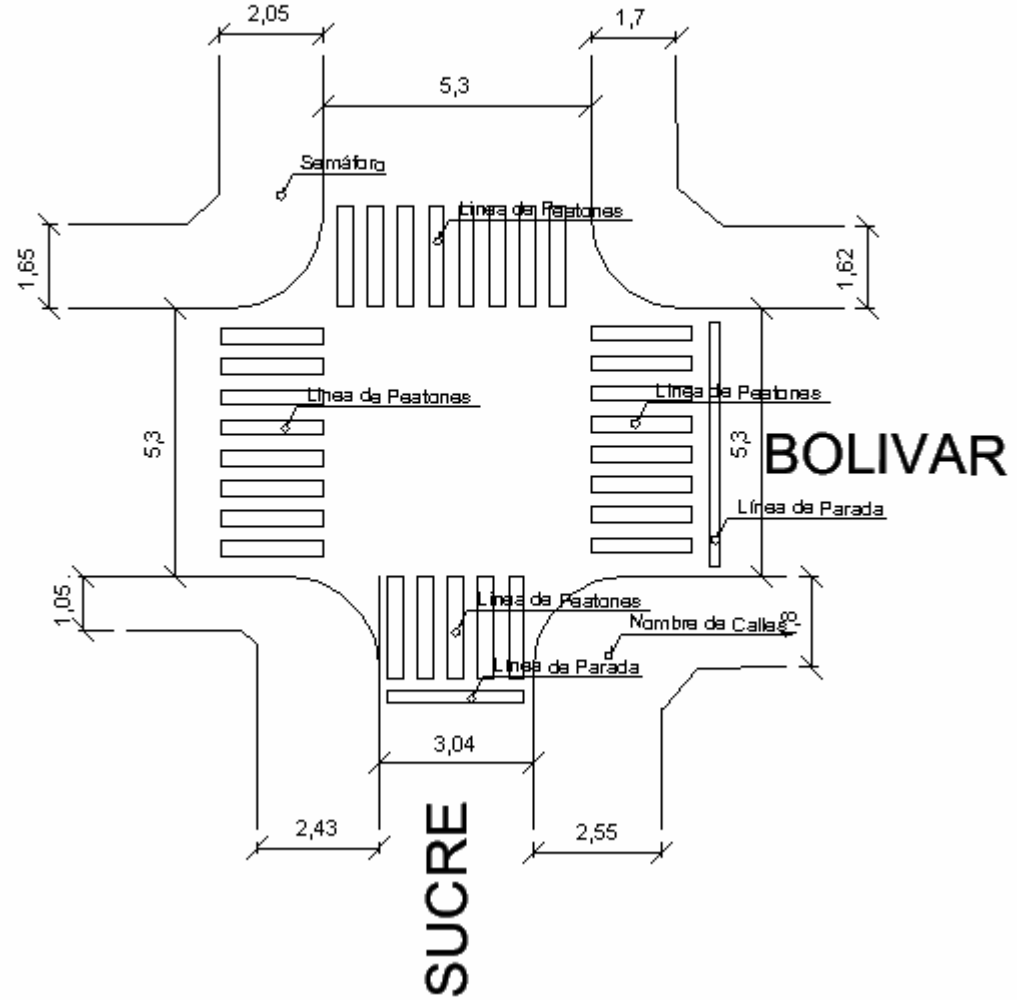
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,277	5,607	2,274	40,556
A2	0,066	4,523	1,021	22,568

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	59,444	0,066	0,632	0,730
A2	77,432	0,081	0,632	0,820

INTERSECCION: BOLIVAR - SUCRE

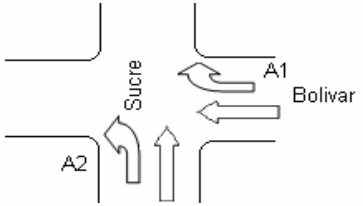
Gráfico 4.33. Características de la intersección Bolivar - Sucre



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Bolivar	1	2	LLEGADA	5.30	1.80	1.62	BUENA	BUENA
			SALIDA	5.30	1.05	1.65		
Sucre	1	2	LLEGADA	3.04	2.43	2.55	BUENA	BUENA
			SALIDA	5.30	2.05	1.70		

Cuadro 4.100. Características de la intersección Bolivar - Sucre

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: BOLIVAR - SUCRE



Cuadro 4.101. Volúmenes totales intersección Bolivar – Sucre

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	101,83	125,69	0,00	67,17	0,00	0,00	126,67	0,00	0,00	62,42	0,00	0,00
	PARTICULARES	91,67	0,64	0,00	60,17	0,78	0,00	113,92	0,83	0,00	56,00	0,83	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	31,84	39,30	0,00	52,43	0,00	0,00	52,47	0,00	0,00	52,34	0,00	0,00
	PARTICULARES	28,66	0,20	0,00	46,96	0,61	0,00	47,19	0,35	0,00	46,96	0,70	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		319,83			128,11			241,42			119,25		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		71,40			28,60			66,94			33,06		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	169,00		125,69		0,00		189,08		0,00		0,00	
	PARTICULARES	151,83		1,42		0,00		169,92		1,67		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	37,73		28,06		0,00		52,43		0,00		0,00	
	PARTICULARES	33,90		0,32		0,00		47,11		0,46		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		447						360					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.102. Tiempos de semáforos intersección Bolivar – Sucre

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,15	18,04	18,18	17,96	18,16	18,04	18,09	18	40
	AMARILLA	2,93	2,95	3,09	3,06	2,95	2,95	2,99	3	
	VERDE	18,92	19,04	18,87	18,92	18,96	19,02	18,96	19	
A2	ROJA	18,96	19,08	18,99	19,14	18,91	19,01	19,02	19	40
	AMARILLA	2,9	2,86	3,04	2,91	3,03	2,91	2,94	3	
	VERDE	18,05	18,04	18,02	17,91	17,98	18,07	18,01	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.103. Colas de espera intersección Bolivar – Sucre

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	7	2	4,5

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - SUCRE

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	33,06
% GIRO DERECHA (GD)	28,60	0,00
% RECTO	71,40	66,94
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	28,38	0,46
% VEHÍCULOS LIVIANOS	71,62	99,54
%VEHÍCULOS PÚBLICOS	65,79	52,43
% VEHÍCULOS PARTICULARES	34,21	47,57
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	447	360
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	3,05
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	NO
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	1

Cuadro 4.104. Datos para cálculo capacidad intersección Bolivar – Sucre

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
878	A1	1500	1350	1224,45	1,000	1,000	1,000	0,907	1,000
	A2	1221	1098	878,76	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	447	1224	0,365	D	**D**
A2	360	878	0,410	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
395	1224	A1	19	40	581	47,47
	878	A2	18	40	395	44,99

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	447	1224	0,365
A2	360	878	0,410

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	581	0,7694	40	19	0,475	6,602	4,310	10,913
A2	395	0,911	40	18	0,450	7,795	17,672	25,467

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**D**
A2	D	

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - SUCRE

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1224	0,340	447	0,124	40	19
A2	878	0,244	360	0,100	40	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,365	21	12,081	0,827	0,827	3
A2	0,410	22	15,290	0,932	0,932	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,304	1,078	21	43,129	8,684
A2	1,100	1,025	22	41,019	10,255

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1224	0,340	447	0,124	0,232	1
A2	878	0,244	360	0,100	0,242	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

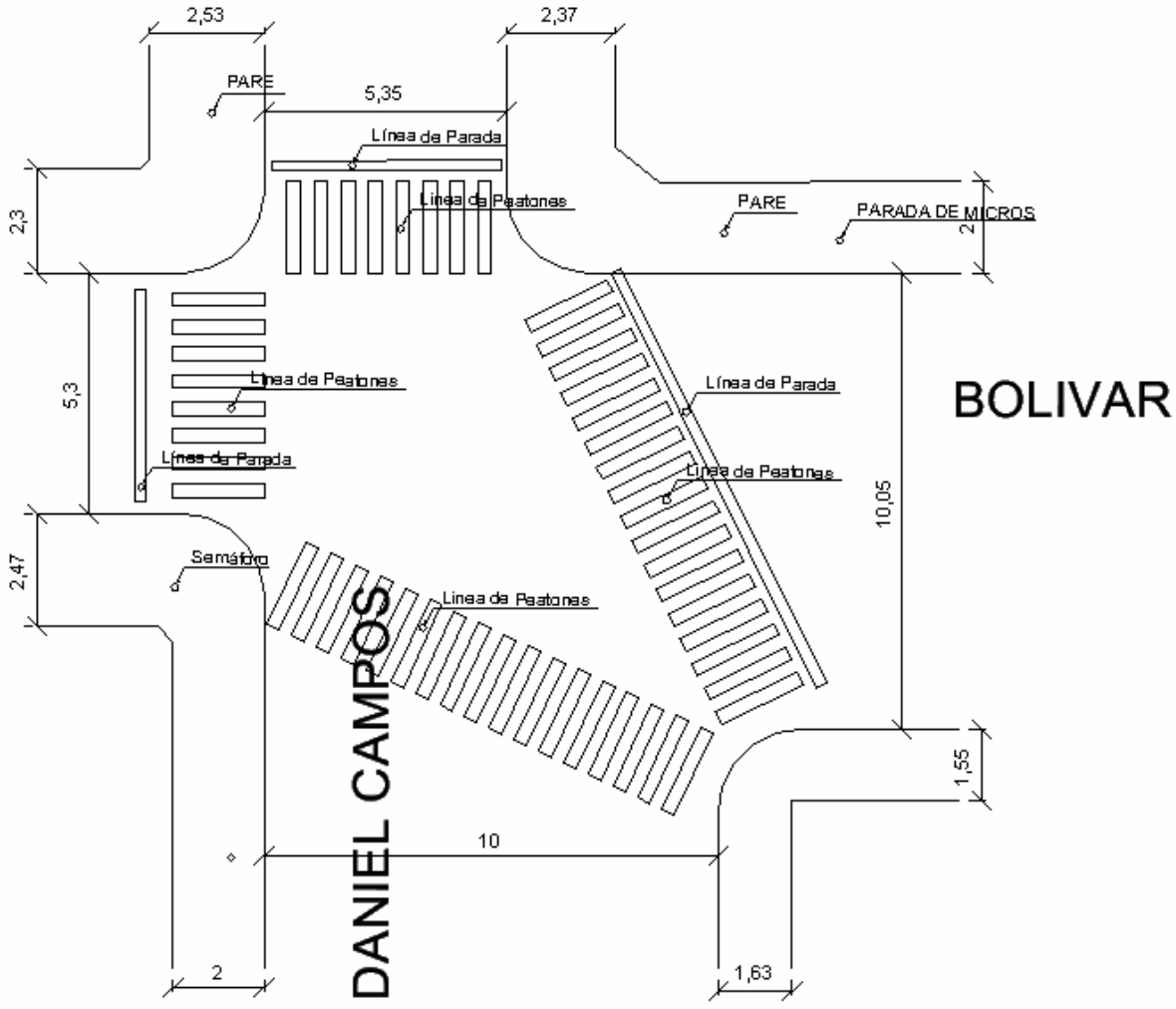
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,210	4,633	1,692	36,520
A2	0,285	6,950	2,850	41,002

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	63,480	0,079	0,632	0,747
A2	58,998	0,053	0,632	0,728

INTERSECCION: BOLIVAR - DANIEL CAMPOS

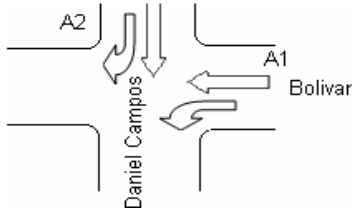
Gráfico 4.34. Características de la intersección Bolivar - Daniel Campos



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Bolivar	1	3	LLEGADA	10.05	1.55	2.00	BUENA	BUENA
			SALIDA	5.30	2.47	2.30		
Daniel Campos	1	2	LLEGADA	5.35	2.37	2.53	BUENA	BUENA
			SALIDA	10.00	1.63	2.00		

Cuadro 4.105. Características de la intersección Bolivar - Daniel Campos

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: BOLIVAR - DANIEL CAMPOS



Cuadro 4.106. Volúmenes totales intersección Bolivar – Daniel Campos

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	107,58	126,39	0,00	71,92	0,00	0,00	100,00	22,83	0,00	58,33	0,00	0,00
	PARTICULARES	101,25	0,86	0,00	65,22	0,75	0,00	93,61	0,67	0,00	52,25	0,78	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	32,01	37,61	0,00	52,16	0,00	0,00	46,06	10,52	0,00	52,38	0,00	0,00
	PARTICULARES	30,13	0,26	0,00	47,30	0,54	0,00	43,12	0,31	0,00	46,92	0,70	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		336,08			137,89			217,11			111,36		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		70,91			29,09			66,10			33,90		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	179,50		126,39		0,00		158,33		22,83		0,00	
	PARTICULARES	166,47		1,61		0,00		145,86		1,44		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	37,87		26,67		0,00		48,20		6,95		0,00	
	PARTICULARES	35,12		0,34		0,00		44,41		0,44		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		473						328					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.107. Tiempos de semáforos intersección Bolivar – Daniel Campos

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,15	17,93	17,98	18,04	18,12	17,89	18,02	18	40
	AMARILLA	2,95	2,84	3,07	2,95	3,06	2,96	2,97	3	
	VERDE	18,92	19,07	19,03	18,96	19,06	18,92	18,99	19	
A2	ROJA	18,92	18,9	18,95	19,11	18,92	19	18,97	19	40
	AMARILLA	3,1	2,96	3,04	2,86	2,98	3,01	2,99	3	
	VERDE	17,99	18,09	18,1	18,03	17,93	17,96	18,02	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.108. Colas de espera intersección Bolivar – Daniel Campos

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	6	1	3,5

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - DANIEL CAMPOS

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	29,09	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	33,90
% RECTO	70,91	66,10
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	27,01	7,39
% VEHÍCULOS LIVIANOS	72,99	92,61
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	64,54	55,15
% VEHÍCULOS PARTICULARES	35,46	44,85
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	473	328
ANCHO DE CARRIL (m)	10,05	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	SI	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.109. Datos para cálculo capacidad intersección Bolivar – Daniel Campos

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	2088	1879	1368,05	0,900	1,000	0,809	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	473	1368	0,346	D	**D**
A2	328	1028	0,319	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
462	1368	A1	19	40	649	47,44
	1028	A2	18	40	462	44,94

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	473	1368	0,346
A2	328	1028	0,319

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	649	0,7288	40	19	0,475	6,408	2,878	9,286
A2	462	0,710	40	18	0,450	6,757	3,459	10,216

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - DANIEL CAMPOS

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1368	0,380	473	0,131	40	19
A2	1028	0,286	328	0,091	40	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,346	21	11,098	0,802	0,802	3
A2	0,319	22	10,309	0,808	0,808	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,380	1,107	21	44,282	8,426
A2	1,002	0,810	22	32,380	8,885

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

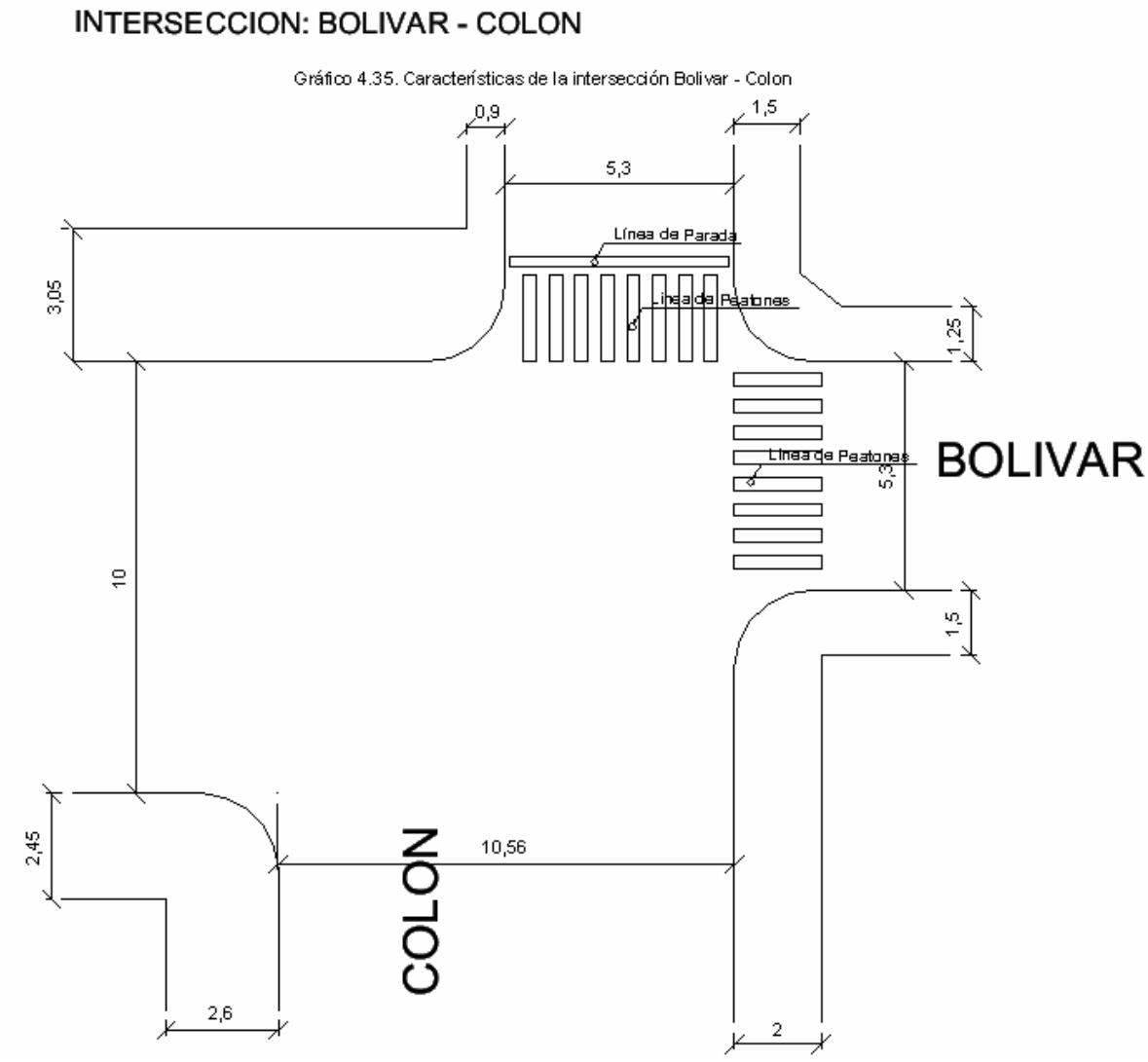
ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1368	0,380	473	0,131	0,226	1
A2	1028	0,286	328	0,091	0,217	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,183	4,022	1,391	34,576
A2	0,150	5,143	1,641	31,907

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

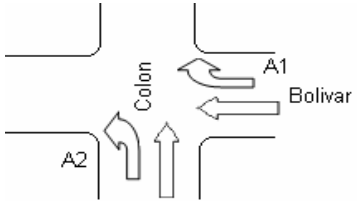
ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	65,424	0,091	0,632	0,755
A2	68,093	0,072	0,632	0,768



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Bolivar	1	2	LLEGADA	5.30	1.50	1.25	REGULAR	BUENA
			SALIDA	10.00	2.45	3.05		
Colon	1	3	LLEGADA	10.56	2.60	2.00	REGULAR	BUENA
			SALIDA	5.30	0.90	1.50		

Cuadro 4.110. Características de la intersección Bolivar - Colon

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: BOLIVAR - COLON



Cuadro 4.111. Volúmenes totales intersección Bolivar – Colon

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	121,83	86,89	0,00	28,89	0,00	0,00	107,69	68,72	0,00	76,72	35,83	0,00
	PARTICULARES	98,31	0,42	0,00	25,58	0,61	0,00	104,25	1,47	0,00	53,39	0,83	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	39,63	28,26	0,00	52,45	0,00	0,00	38,17	24,36	0,00	46,00	21,49	0,00
	PARTICULARES	31,98	0,14	0,00	46,44	1,11	0,00	36,95	0,52	0,00	32,01	0,50	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		307,44			55,08			282,14			166,78		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		84,81			15,19			62,85			37,15		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	150,72		86,89		0,00		184,42		104,56		0,00	
	PARTICULARES	123,89		1,03		0,00		157,64		2,31		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	41,58		23,97		0,00		41,08		23,29		0,00	
	PARTICULARES	34,17		0,28		0,00		35,12		0,51		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		362						448					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.112. Tiempos de semáforos intersección Bolivar – Colon

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	23,95	24,06	24,06	23,84	24,06	23,84	23,97	24	40
	AMARILLA	2,87	2,93	2,96	2,95	2,95	3,21	2,98	3	
	VERDE	12,96	12,78	13,01	13,15	12,9	13,21	13,00	13	
A2	ROJA	12,89	13,07	13,04	12,94	13,06	12,94	12,99	13	40
	AMARILLA	3,02	3,04	2,92	3,05	3,04	2,9	3,00	3	
	VERDE	23,91	24,01	23,94	24,04	24,11	23,99	24,00	24	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.113. Colas de espera intersección Bolivar – Colon

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	7	2	4,5
A2	8	2	5

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - COLON

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	37,15
% GIRO DERECHA (GD)	15,19	0,00
% RECTO	84,81	62,85
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	24,25	23,80
% VEHÍCULOS LIVIANOS	75,75	76,20
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	65,54	64,37
% VEHÍCULOS PARTICULARES	34,46	35,63
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	362	448
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	10,55
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	3

Cuadro 4.114. Datos para cálculo capacidad intersección Bolivar – Colon

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1113	A1	1270	1143	1113,31	1,000	1,000	1,000	0,974	1,000
	A2	1794	1614	1291,32	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	0,0
B	Flujo Estable	? 0,10
C	Flujo Estable	? 0,30
D	Próximo al Flujo Inestable	? 0,70
E	Flujo Inestable	? 1,0
F	Flujo Forzado	-b

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	362	1113	0,325	D	**D**
A2	448	1291	0,347	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
361	1113	A1	13	40	361	32,43
	1291	A2	24	40	774	59,95

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	362	1113	0,325
A2	448	1291	0,347

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	361	1,0028	40	13	0,325	10,274	37,159	47,433
A2	774	0,579	40	24	0,600	3,726	0,810	4,536

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	E	**E**
A2	A	

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - COLON

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1113	0,309	362	0,101	40	13
A2	1291	0,359	448	0,124	40	24

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \qquad r = C - g \qquad t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho} \qquad P_q = \frac{r + t_o}{C} \qquad P_s = \frac{t_o}{\rho * C} \qquad Q_m = \lambda * r$$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,325	27	13,015	1,000	1,000	3
A2	0,347	16	8,503	0,613	0,613	2

$$Q_q = \frac{\lambda * r}{2} \qquad Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q \qquad d_m = r \qquad D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)} \qquad d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,358	1,358	27	54,320	13,505
A2	0,996	0,610	16	24,394	4,901

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1113	0,309	362	0,101	0,219	1
A2	1291	0,359	448	0,124	0,227	1

$$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \qquad t_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \qquad t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)} \qquad P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$$

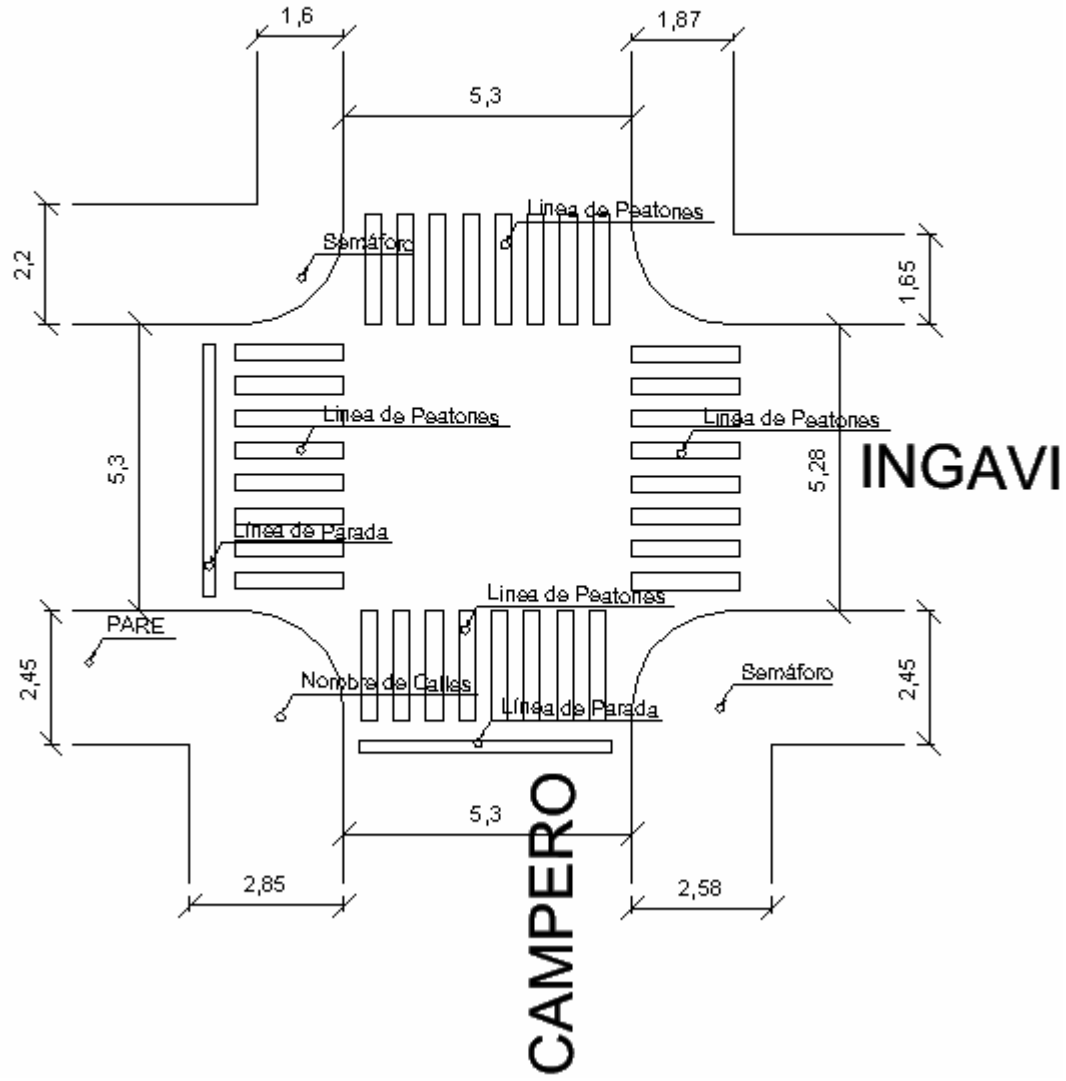
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,157	4,794	1,559	32,525
A2	0,184	4,270	1,482	34,702

$$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t} \qquad P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t} \qquad P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	67,475	0,077	0,632	0,765
A2	65,298	0,086	0,632	0,755

INTERSECCION: INGAVI - CAMPERO

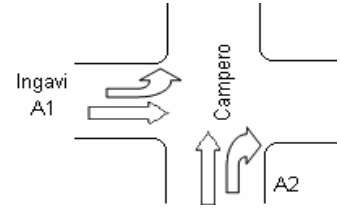
Gráfico 4.36. Características de la intersección Ingavi - Campero



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Ingavi	1	2	LLEGADA	5.30	2.20	2.45	BUENA	REGULAR
			SALIDA	5.28	1.65	2.45		
Campero	1	2	LLEGADA	5.30	2.85	2.58	BUENA	BUENA
			SALIDA	5.30	1.60	1.87		

Cuadro 4.115. Características de la intersección Ingavi - Campero

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: INGAVI - CAMPERO



Cuadro 4.116. Volúmenes totales intersección Ingavi – Campero

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	105,50	20,64	0,00	26,56	0,00	0,00	115,11	20,28	0,00	26,00	24,94	0,00
	PARTICULARES	89,11	0,81	0,00	21,42	0,83	0,00	103,86	0,78	0,00	22,58	0,56	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	48,83	9,55	0,00	54,41	0,00	0,00	47,96	8,45	0,00	35,10	33,67	0,00
	PARTICULARES	41,24	0,37	0,00	43,88	1,71	0,00	43,27	0,32	0,00	30,48	0,75	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		216,06			48,81			240,03			74,08		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		81,57			18,43			76,41			23,59		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS			
	PÚBLICOS	132,06	20,64	0,00				141,11	45,22	0,00			
	PARTICULARES	110,53	1,64	0,00				126,44	1,33	0,00			
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	49,86	7,79	0,00				44,92	14,40	0,00			
	PARTICULARES	41,73	0,62	0,00				40,25	0,42	0,00			
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		264						314					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.117. Tiempos de semáforos intersección Ingavi – Campero

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	23,87	23,96	23,87	24,03	23,87	24,1	23,95	24	40
	AMARILLA	2,93	2,97	2,83	3,07	3,13	2,89	2,97	3	
	VERDE	13,05	12,86	13,12	13,02	13,01	12,96	13,00	13	
A2	ROJA	13,08	13,05	12,86	12,9	13,04	13,1	13,01	13	40
	AMARILLA	3,03	3,08	2,93	3,1	2,95	2,99	3,01	3	
	VERDE	23,91	24,12	23,94	24,09	23,91	24,03	24,00	24	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.118. Colas de espera intersección Ingavi – Campero

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	7	1	4
A2	7	1	4

INTERSECCIÓN: INGAVI - CAMPERO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	18,43	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	23,59
% RECTO	81,57	76,41
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	8,41	14,82
% VEHÍCULOS LIVIANOS (VL)	91,59	85,18
% VEHICULOS PÚBLICOS	57,65	59,32
%VEHÍCULOS PARTICULARES	42,35	40,68
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	264	314
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.119. Datos para cálculo capacidad intersección Ingavi – Campero

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	1270	1143	1046,68	1,000	1,000	0,916	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	264	1046	0,252	C	**D**
A2	314	1028	0,305	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
340	1046	A1	13	40	340	32,50
	1028	A2	24	40	617	60,02

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	264	1046	0,252
A2	314	1028	0,305

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	340	0,7765	40	13	0,325	9,263	7,363	16,626
A2	617	0,509	40	24	0,600	3,501	0,594	4,095

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	C	**C**
A2	A	

INTERSECCIÓN: INGAVI - CAMPERO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1046	0,291	264	0,073	40	13
A2	1028	0,286	314	0,087	40	24

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,252	27	9,115	0,903	0,903	2
A2	0,305	16	7,036	0,576	0,576	2

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,990	0,894	27	35,754	12,189
A2	0,698	0,402	16	16,074	4,607

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1046	0,291	264	0,073	0,189	1
A2	1028	0,286	314	0,087	0,212	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

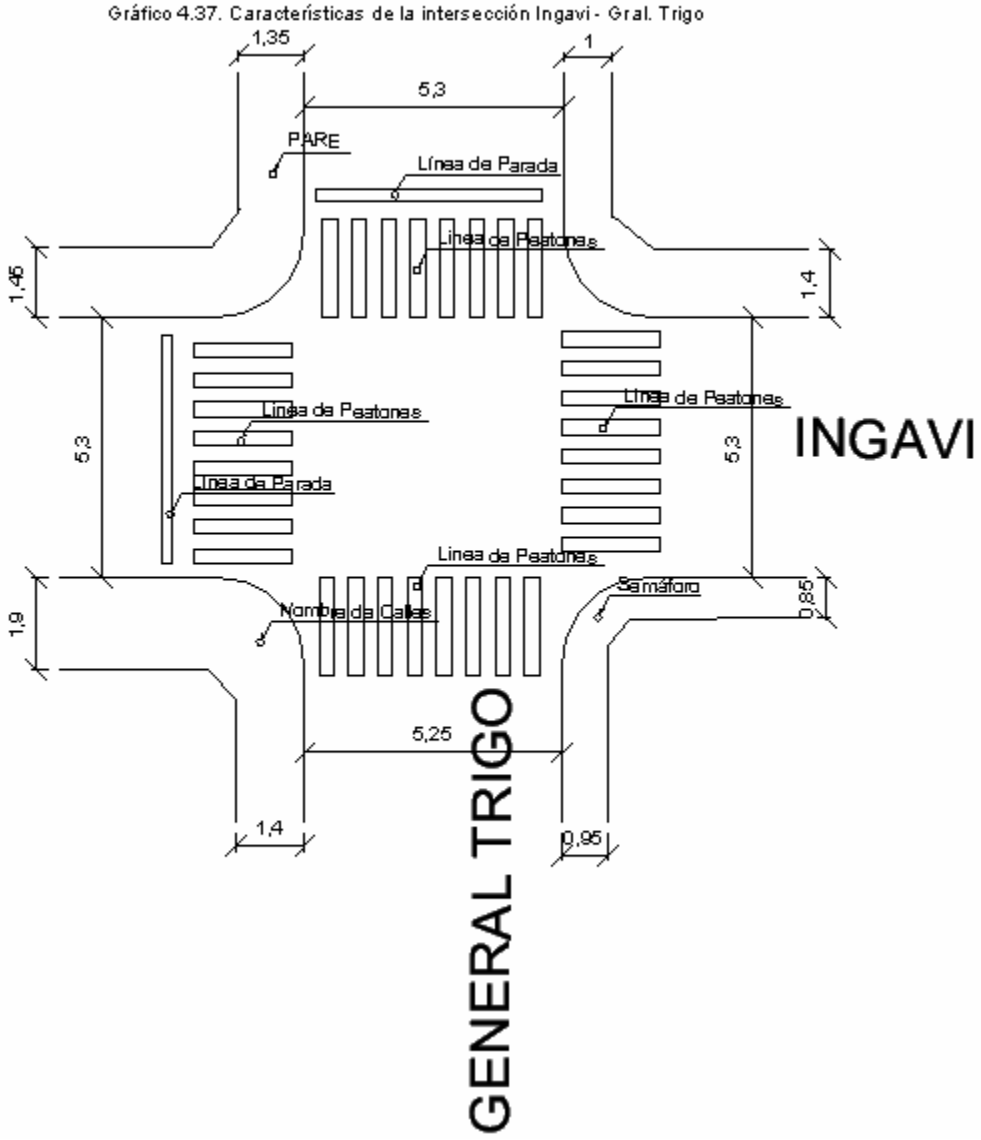
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,085	4,604	1,162	25,239
A2	0,134	5,042	1,540	30,545

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	74,761	0,080	0,632	0,804
A2	69,455	0,073	0,632	0,775

INTERSECCION: INGAVI - GENERAL TRIGO

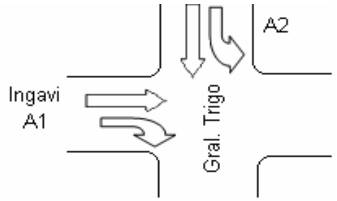
Gráfico 4.37. Características de la intersección Ingavi - Gral. Trigo



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Ingavi	1	2	LLEGADA	5.30	1.45	1.90	REGULAR	BUENA
			SALIDA	5.30	1.40	0.85		
Gral. Trigo	1	2	LLEGADA	5.30	1.00	1.35	REGULAR	BUENA
			SALIDA	5.25	0.95	1.40		

Cuadro 4.120. Características de la intersección Ingavi - Gral. Trigo

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: INGAVI - GENERAL TRIGO



Cuadro 4.121. Volúmenes totales intersección Ingavi – Gral. Trigo

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	109,06	27,19	0,00	34,75	0,00	0,00	101,19	0,00	0,00	45,47	40,53	0,00
	PARTICULARES	89,92	0,83	0,00	27,50	0,83	0,00	87,92	0,94	0,00	35,08	0,67	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	48,04	11,98	0,00	55,09	0,00	0,00	53,24	0,00	0,00	37,35	33,29	0,00
	PARTICULARES	39,61	0,37	0,00	43,59	1,32	0,00	46,26	0,50	0,00	28,82	0,55	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		227,00			63,08			190,06			121,75		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		78,25			21,75			60,95			39,05		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	143,81		27,19		0,00		146,67		40,53		0,00	
	PARTICULARES	117,42		1,67		0,00		123,00		1,61		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	49,57		9,37		0,00		47,04		13,00		0,00	
	PARTICULARES	40,48		0,57		0,00		39,45		0,52		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		290						311					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.122. Tiempos de semáforos intersección Ingavi – Gral. Trigo

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	17,95	18,26	17,98	17,93	18,15	18,08	18,06	18	40
	AMARILLA	2,84	2,84	2,95	3,09	2,95	3,07	2,96	3	
	VERDE	19,13	19,04	18,92	19,04	18,82	19,06	19,00	19	
A2	ROJA	19,10	19,05	18,88	19,06	18,95	19,12	19,03	19	40
	AMARILLA	2,90	2,98	3,06	2,94	3,05	3,03	2,99	3	
	VERDE	17,93	18,07	18,01	18,01	17,89	17,99	17,98	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.123. Colas de espera intersección Ingavi – Gral. Trigo

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	8	2	5
A2	8	1	4,5

INTERSECCIÓN: INGAVI - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	39,05
% GIRO DERECHA (GD)	21,75	0,00
% RECTO	78,25	60,95
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	9,95	13,51
% VEHÍCULOS LIVIANOS	90,05	86,49
%VEHÍCULOS PÚBLICOS	58,95	60,04
%VEHÍCULOS PARTICULARES	41,05	39,96
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	290	311
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.124. Datos para cálculo capacidad intersección Ingavi – Gral. Trigo

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
914	A1	1270	1143	1075,87	1,000	1,000	1,000	0,941	1,000
	A2	1270	1143	914,40	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	290	1075	0,270	C	**D**
A2	311	914	0,340	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
411	1075	A1	19	40	511	47,53
	914	A2	18	40	411	44,97

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	290	1075	0,270
A2	311	914	0,340

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	511	0,5675	40	19	0,475	5,736	1,119	6,854
A2	411	0,757	40	18	0,450	6,972	5,393	12,365

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: INGAVI - GENERAL TRIGO

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1075	0,299	290	0,081	40	19
A2	914	0,254	311	0,086	40	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,270	21	7,758	0,719	0,719	2
A2	0,340	22	11,347	0,834	0,834	2

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,846	0,608	21	24,324	7,549
A2	0,950	0,792	22	31,689	9,170

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1075	0,299	290	0,081	0,197	1
A2	914	0,254	311	0,086	0,224	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

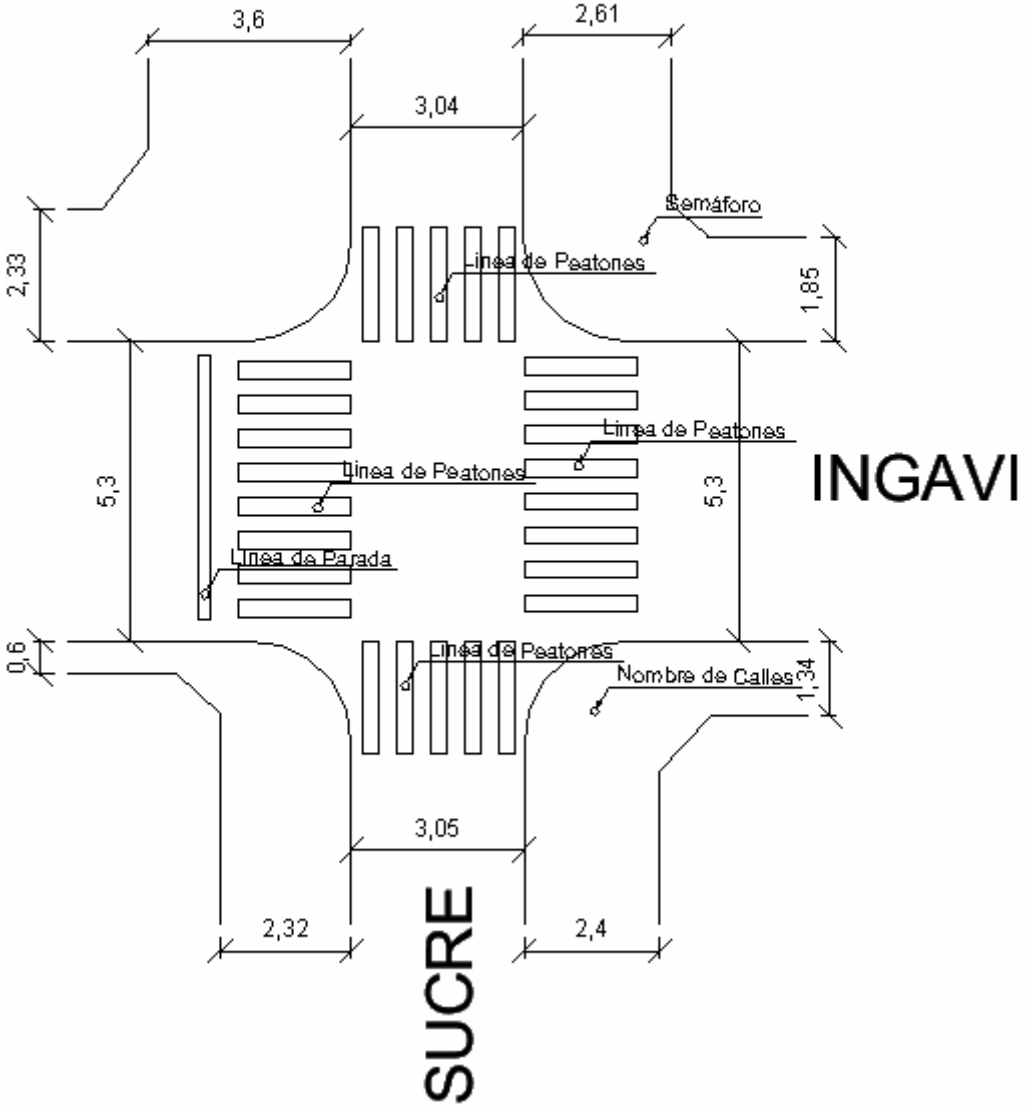
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,100	4,586	1,237	26,977
A2	0,175	5,970	2,031	34,026

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	73,023	0,080	0,632	0,794
A2	65,974	0,062	0,632	0,758

INTERSECCION: INGAVI - SUCRE

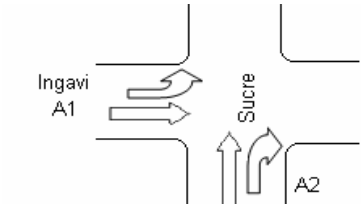
Gráfico 4.38. Características de la intersección Ingavi - Sucre



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Ingavi	1	2	LLEGADA	5.30	2.33	0.6	REGULA	BUENA
			SALIDA	5.30	1.85	1.34		
Sucre	1	2	LLEGADA	3.05	2.32	2.40	REGULAR	BUENA
			SALIDA	3.04	3.60	2.61		

Cuadro 4.125. Características de la intersección Ingavi - Sucre

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: INGAVI - SUCRE



Cuadro 4.126. Volúmenes totales intersección Ingavi – Sucre

TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
		SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	110,36	52,75	0,00	43,08	0,00	0,00	143,78	0,00	0,00	32,36	0,00	0,00
	PARTICULARES	103,28	0,75	0,00	37,92	0,83	0,00	134,89	0,81	0,00	27,44	0,67	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	41,31	19,75	0,00	52,65	0,00	0,00	51,45	0,00	0,00	53,51	0,00	0,00
	PARTICULARES	38,66	0,28	0,00	46,33	1,02	0,00	48,27	0,29	0,00	45,38	1,10	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		267,14			81,83			279,47			60,47		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		76,55			23,45			82,21			17,79		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	153,44		52,75		0,00		176,14		0,00		0,00	
	PARTICULARES	141,19		1,58		0,00		162,33		1,47		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	43,97		15,12		0,00		51,81		0,00		0,00	
	PARTICULARES	40,46		0,45		0,00		47,75		0,43		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		348						339					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.127. Tiempos de semáforos intersección Ingavi – Sucre

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	23,76	23,84	23,71	24,06	23,92	24,01	23,88	24	40
	AMARILLA	2,73	2,84	3,28	2,95	2,89	2,95	2,94	3	
	VERDE	13,25	13,25	13,12	13,23	13,29	13,14	13,21	13	
A2	ROJA	13,15	13,01	12,86	12,98	13,09	13,07	13,03	13	40
	AMARILLA	2,85	2,91	2,88	3,05	3,01	2,9	2,93	3	
	VERDE	24,14	23,91	24,02	23,92	23,97	23,94	23,98	24	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.128. Colas de espera intersección Ingavi – Sucre

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	3	6
A2	9	2	5,5

INTERSECCIÓN: INGAVI - SUCRE

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	23,45	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	17,79
% RECTO	76,55	82,21
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	15,57	0,43
% VEHÍCULOS LIVIANOS	84,43	99,57
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	59,09	51,81
% VEHÍCULOS PARTICULAR	40,91	48,19
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	348	339
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	3,05
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	NO
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	1

Cuadro 4.129. Datos para cálculo capacidad intersección Ingavi – Sucre

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
988	A1	1350	1215	1051,58	1,000	1,000	0,866	1,000	1,000
	A2	1221	1098	988,61	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	348	1051	0,331	D	**D**
A2	339	988	0,343	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
341	1051	A1	13	40	341	32,45
	988	A2	24	40	593	60,02

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	348	1051	0,331
A2	339	988	0,343

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	341	1,0205	40	13	0,325	10,362	43,298	53,661
A2	593	0,572	40	24	0,600	3,702	0,997	4,699

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	E	**E**
A2	A	

INTERSECCIÓN: INGAVI - SUCRE

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1051	0,292	348	0,097	40	13
A2	988	0,274	339	0,094	40	24

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,331	27	13,366	1,009	1,009	3
A2	0,343	16	8,357	0,609	0,609	2

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,305	1,317	27	52,677	13,623
A2	0,753	0,459	16	18,349	4,871

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1051	0,292	348	0,097	0,221	1
A2	988	0,274	339	0,094	0,225	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

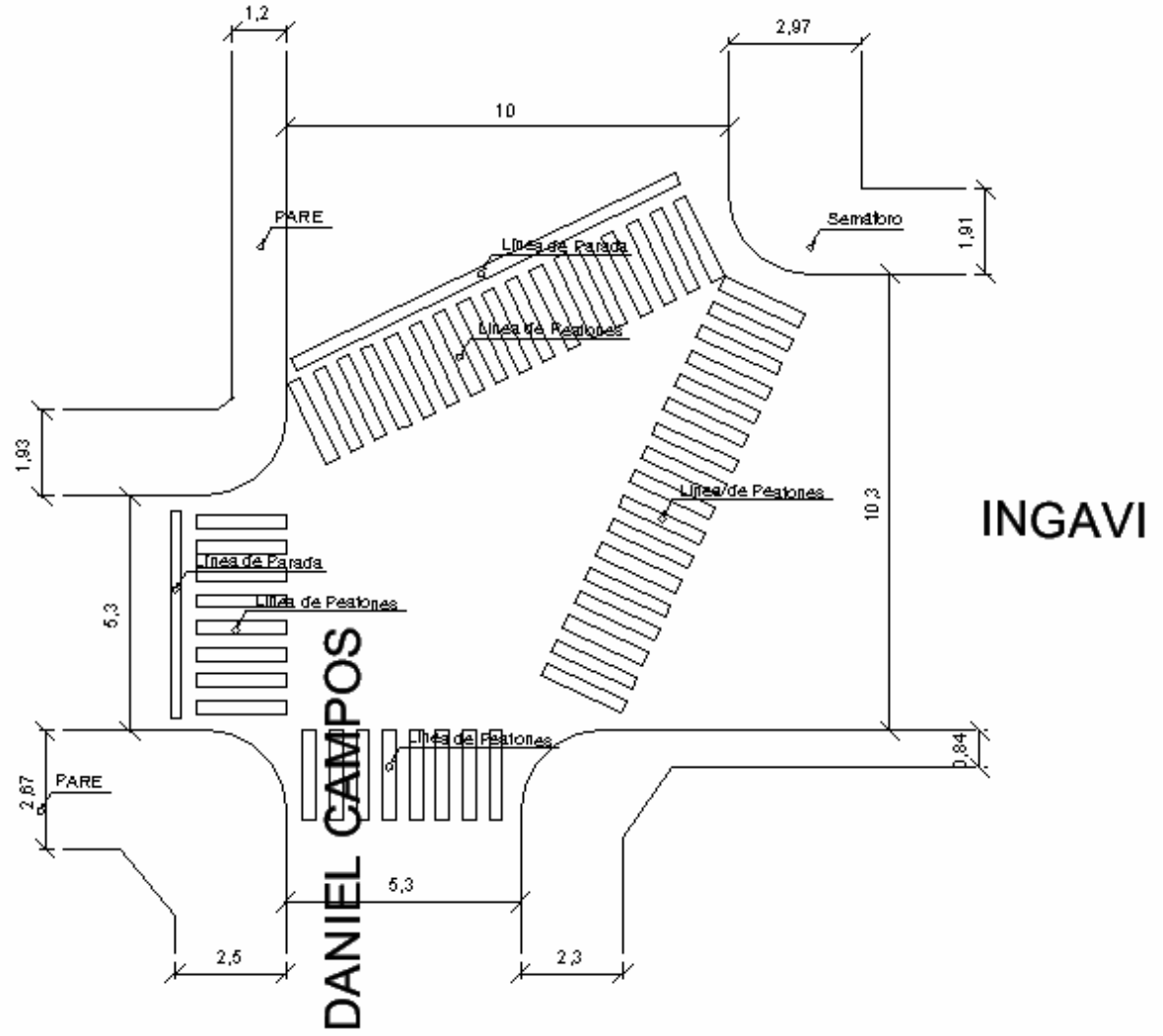
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,164	5,121	1,696	33,111
A2	0,179	5,547	1,903	34,312

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	66,889	0,072	0,632	0,762
A2	65,688	0,066	0,632	0,757

INTERSECCION: INGAVI - DANIEL CAMPOS

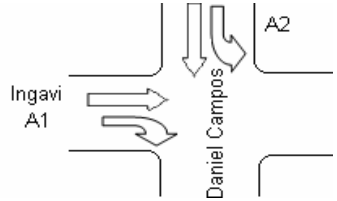
Gráfico 4.39. Características de la intersección Ingavi - Daniel Campos



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Ingavi	1	3	LLEGADA	10.00	1.93	2.67	MALA	BUENA
			SALIDA	5.30	1.91	0.84		
Daniel Campos	1	2	LLEGADA	5.30	2.97	1.20	MALA	BUENA
			SALIDA	10.30	2.30	2.50		

Cuadro 4.130. Características de la intersección Ingavi - Daniel Campos

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: INGAVI - DANIEL CAMPOS



Cuadro 4.131. Volúmenes totales intersección Ingavi – Daniel Campos

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	104,19	65,47	0,00	28,03	15,47	0,00	107,89	24,17	0,00	71,58	0,00	0,00
	PARTICULARES	90,28	0,69	0,00	22,72	0,81	0,00	91,83	0,81	0,00	57,39	1,14	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	39,98	25,12	0,00	41,82	23,08	0,00	48,02	10,76	0,00	55,02	0,00	0,00
	PARTICULARES	34,64	0,27	0,00	33,90	1,20	0,00	40,87	0,36	0,00	44,11	0,88	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		260,64			67,03			224,69			130,11		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		79,54			20,46			63,33			36,67		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	132,22		80,94		0,00		179,47		24,17		0,00	
	PARTICULARES	113,00		1,50		0,00		149,22		1,94		0,00	
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	40,35		24,70		0,00		50,58		6,81		0,00	
	PARTICULARES	34,49		0,46		0,00		42,06		0,55		0,00	
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		327						354					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.132. Tiempos de semáforos intersección Ingavi – Daniel Campos

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	18,02	17,84	17,85	18,26	17,92	17,94	17,97	18	40
	AMARILLA	2,95	3,06	3,06	3,18	3,06	2,85	3,03	3	
	VERDE	19,14	19,07	18,93	18,95	19,06	19,18	19,06	19	
A2	ROJA	19,02	19,11	18,99	19,02	19,07	18,96	19,03	19	40
	AMARILLA	2,96	2,97	3,05	3,02	3,1	2,95	3,01	3	
	VERDE	17,88	17,95	18,06	18,09	17,99	18,08	18,01	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.133. Colas de espera intersección Ingavi – Daniel Campos

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	2	5,5
A2	10	2	6

INTERSECCIÓN: INGAVI - DANIEL CAMPOS

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	36,67
% GIRO DERECHA (GD)	20,46	0,00
% RECTO	79,54	63,33
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	25,16	7,36
% VEHÍCULOS LIVIANOS	74,84	92,64
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	65,06	57,39
% VEHÍCULOS PARTICULARES	34,94	42,61
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	327	354
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	10,00
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	SI	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	3

Cuadro 4.134. Datos para cálculo capacidad intersección Ingavi – Daniel Campos

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1029	A1	1270	1143	1029,08	1,000	0,950	1,000	0,948	1,000
	A2	1699	1529	1223,28	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	327	1029	0,318	D	**D**
A2	354	1223	0,289	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
488	1029	A1	19	40	488	47,42
	1223	A2	18	40	550	44,97

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	327	1029	0,318
A2	354	1223	0,289

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{[1-(g_i/C)]^2}{[1-1(g_i/C)X_i]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + (16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	488	0,6701	40	19	0,475	6,146	2,468	8,613
A2	550	0,644	40	18	0,450	6,473	1,818	8,291

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: INGAVI - DANIEL CAMPOS

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1029	0,286	327	0,091	40	19
A2	1223	0,340	354	0,098	40	18

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \qquad r = C - g \qquad t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho} \qquad P_q = \frac{r + t_o}{C} \qquad P_s = \frac{t_o}{\rho * C} \qquad Q_m = \lambda * r$$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,318	21	9,782	0,770	0,770	2
A2	0,289	22	8,962	0,774	0,774	3

$$Q_q = \frac{\lambda * r}{2} \qquad Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q \qquad d_m = r \qquad D = \frac{\lambda * r^2}{2*(1-\rho)} \qquad d = \frac{r^2}{2*C*(1-\rho)}$$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	0,954	0,734	21	29,358	8,080
A2	1,082	0,837	22	33,491	8,515

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \qquad n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1029	0,286	327	0,091	0,217	1
A2	1223	0,340	354	0,098	0,206	1

$$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \qquad t_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \qquad t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)} \qquad P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$$

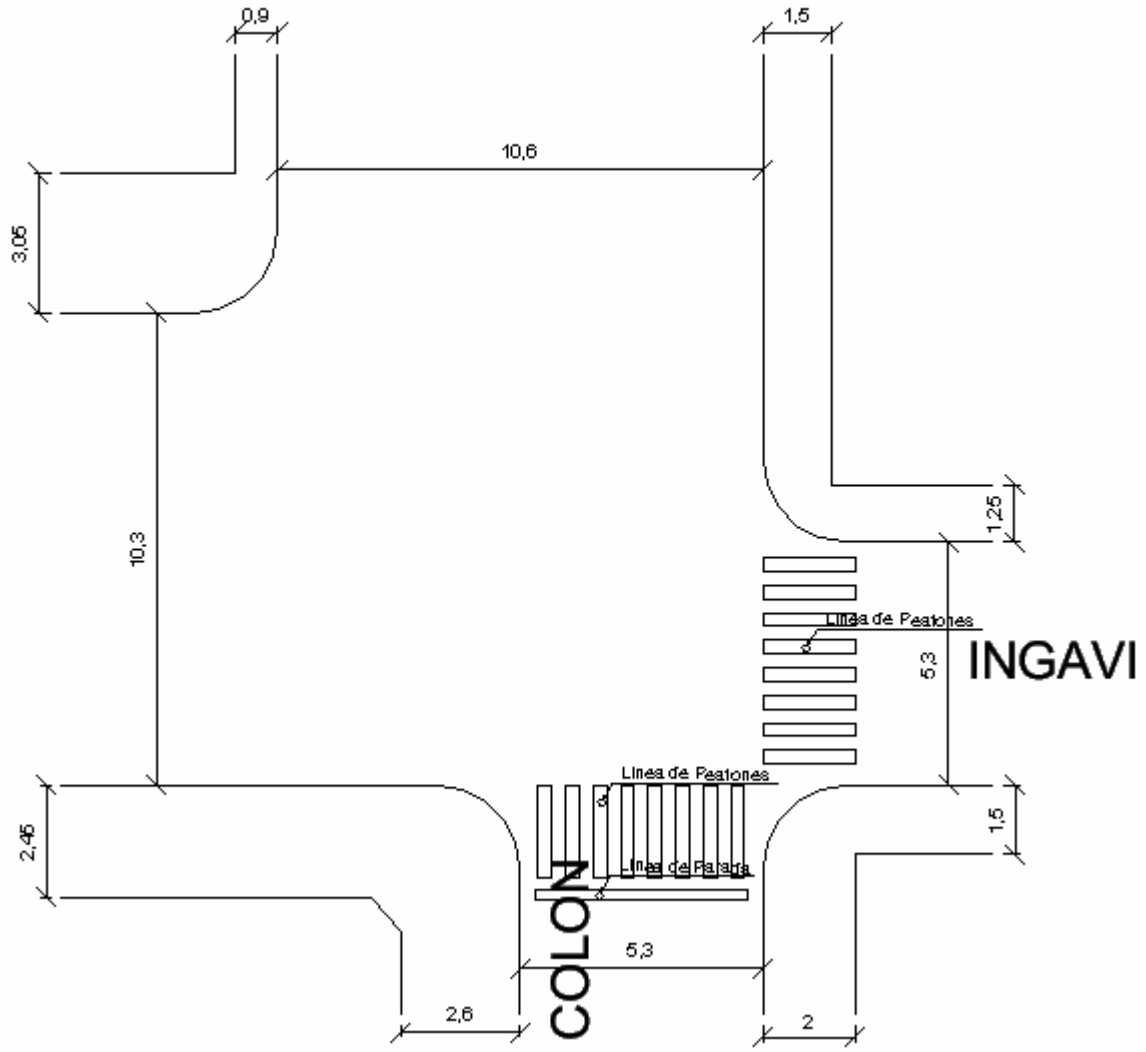
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,148	5,128	1,630	31,778
A2	0,118	4,143	1,199	28,945

$$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)100 \qquad p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t} \qquad P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t} \qquad P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	68,222	0,072	0,632	0,769
A2	71,055	0,089	0,632	0,783

INTERSECCION: INGAVI - COLON

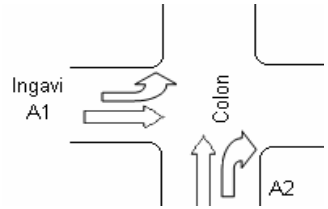
Gráfico 4.40. Características de la intersección Ingavi - Colon



CALLE	SENTIDO	CARRILES		ANCHO CALZADA (M)	ANCHO ACERA (M)		VISIBILIDAD	CALIDAD DE LA SEÑALIZACION
Ingavi	1	3	LLEGADA	10.30	3.05	2.45	REGULAR	BUENA
			SALIDA	5.30	1.25	1.50		
Colon	1	2	LLEGADA	5.30	2.60	2.00	BUENA	BUENA
			SALIDA	10.60	0.90	1.50		

Cuadro 4.135. Características de la intersección Ingavi - Colon

TOTALES POR EN LA INTERSECCIÓN: INGAVI - COLON



Cuadro 4.136. Volúmenes totales intersección Ingavi – Colon

		ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
TOTAL	SENTIDO DE CIRCULACIÓN => VEHICULAR	SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO IZQUIERDO			SENTIDO: RECTO			SENTIDO: GIRO DERECHO		
	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	98,33	58,28	0,00	71,22	7,42	0,00	125,92	57,72	0,00	25,00	0,00	0,00
	PARTICULARES	88,08	0,67	0,00	66,17	0,61	0,00	118,92	0,69	0,00	22,92	0,72	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	40,08	23,75	0,00	48,98	5,10	0,00	41,52	19,03	0,00	51,40	0,00	0,00
	PARTICULARES	35,90	0,27	0,00	45,50	0,42	0,00	39,21	0,23	0,00	47,12	1,48	0,00
VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		245,36			145,42			303,25			48,64		
% VOLUMEN TOTAL POR SENTIDO		62,79			37,21			86,18			13,82		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHÍCULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS			
	PÚBLICOS	169,56	65,69	0,00				150,92	57,72	0,00			
	PARTICULARES	154,25	1,28	0,00				141,83	1,42	0,00			
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	43,39	16,81	0,00				42,89	16,40	0,00			
	PARTICULARES	39,47	0,33	0,00				40,31	0,40	0,00			
VOLUMEN TOTAL POR ACCESO EN LA INTERSECCIÓN		390						351					

TIEMPOS DEL SEMÁFORO

Cuadro 4.137. Tiempos de semáforos intersección Ingavi – Colon

ACCESO	FASE DEL SEMÁFORO	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Tiempo 6 (Seg)	MEDIA (Seg)	TIEMPO ADOPTADO (Seg)	TIEMPO DE CICLO (Seg)
A1	ROJA	17,93	17,93	18,12	18,1	18,16	18,18	18,07	18	40
	AMARILLA	3,11	3,17	2,84	3,06	2,93	2,95	3,01	3	
	VERDE	18,84	19,28	18,73	19,12	18,81	18,82	18,93	19	
A2	ROJA	19,06	19,1	18,87	19,04	19,06	18,99	19,02	19	40
	AMARILLA	3,06	2,93	3,06	2,94	3,04	2,88	2,99	3	
	VERDE	17,94	18,13	18,14	17,93	17,89	17,98	18,00	18	

COLA DE ESPERA

Cuadro 4.138. Colas de espera intersección Ingavi – Colon

ACCESO	Nº MÁXIMO DE VEH.	Nº MÍNIMO DE VEH.	MEDIA
A1	9	2	5,5
A2	8	2	5

INTERSECCIÓN: INGAVI - COLON

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	37,21	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	13,82
% RECTO	62,79	86,18
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	17,14	16,81
% VEHÍCULOS LIVIANOS	82,86	83,19
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	60,20	59,29
%VEHÍCULOS PARTICULARES	39,80	40,71
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	390	351
ANCHO DE CARRIL (m)	10,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	SI	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Cuadro 4.139. Datos para cálculo capacidad intersección Ingavi – Colon

FÓRMULAS PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD

CAPACIDAD REAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	FACTOR DE VP	FACTOR DE GI	FACTOR DE GD
$C_{Real} = C_{Pract} \cdot f_{Red}$	$C_{Pract} = C_{Teo} \cdot 0.9 \cdot f_P \cdot f_{VP} \cdot f_{GI} \cdot f_{GD}$	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$	$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} \cdot 0.5$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1053	A1	1762	1586	1141,78	0,900	1,000	0,800	1,000	1,000
	A2	1300	1170	1053,00	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

$$NS = \frac{V}{C_{REAL}}$$

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	390	1141	0,342	D	**D**
A2	351	1053	0,333	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

$$C_{REAL_{FaseVerde}} = C_{REAL}\left(\frac{g}{C}\right)$$

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
473	1141	A1	19	40	542	47,50
	1053	A2	18	40	473	44,92

CÁLCULO DE LA RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD

$$X_i = \frac{V}{C_i}$$

ACCESO	VOLUMEN V (Veh/h)	CAPACIDAD CON SEMÁFORO Ci (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD Xi
A1	390	1141	0,342
A2	351	1053	0,333

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^{\,2}\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	542	0,7196	40	19	0,475	6,365	3,190	9,555
A2	473	0,742	40	18	0,450	6,903	4,265	11,169

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

INTERSECCIÓN: INGAVI - COLON

ANALISIS DETERMINISTICO DEL CONGESTIONAMIENTO

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	LONGITUD DE CICLO C (Seg)	VERDE EFECTIVO g (Seg)
A1	1141	0,317	390	0,108	40	19
A2	1053	0,293	351	0,098	40	18

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ $r = C - g$ $t_o = \frac{\rho * r}{1-\rho}$ $P_q = \frac{r + t_o}{C}$ $P_s = \frac{t_o}{\rho * C}$ $Q_m = \lambda * r$

ACCESO	INTENSIDAD DEL TRANSITO ρ	ROJO EFECTIVO r (Seg)	TIEMPO DE DISIPACION to (Seg)	PROPORCION CICLO CON COLA Pq (Seg)	PROPORCION DE VEHÍCULOS DETENIDOS Ps	LONGITUD MAXIMA DE COLA Qm (Veh)
A1	0,342	21	10,905	0,798	0,798	3
A2	0,333	22	11,000	0,825	0,825	3

$Q_q = \frac{\lambda * r}{2}$ $Q = \frac{r + t_o}{C} * Q_q$ $d_m = r$ $D = \frac{\lambda * r^2}{2 * (1-\rho)}$ $d = \frac{r^2}{2 * C * (1-\rho)}$

ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE COLA Qq (Veh)	LONGITUD PROMEDIO DE COLA POR CICLO Q (Veh)	DEMORA MAXIMA DEL VEHÍCULO dm (Seg)	DEMORA TOTAL POR TODO EL CICLO D (Seg/veh)	DEMORA PROMEDIO DEL TRANSITO POR CICLO d (Seg/veh)
A1	1,138	0,907	21	36,292	8,375
A2	1,073	0,885	22	35,393	9,075

ANALISIS PROBABILISTICO DE LINEAS DE ESPERA (CONGESTIONAMIENTO)

SISTEMA DE LÍNEAS DE ESPERA CON UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

$p(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)$ $n = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$

ACCESO	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/h)	FLUJO DE SATURACIÓN S ó μ (Veh/seg)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/h)	TASA MEDIA DE LLEGADAS λ (Veh/seg)	PROBAB. VEH. EN SISTEMA p(n)	NRO. PROMEDIO VEH. n (Veh)
A1	1141	0,317	390	0,108	0,225	1
A2	1053	0,293	351	0,098	0,222	1

$Q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$ $t_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$ $t_q = \frac{\lambda}{\mu * (\mu - \lambda)}$ $P = \frac{\lambda}{\mu} * 100$

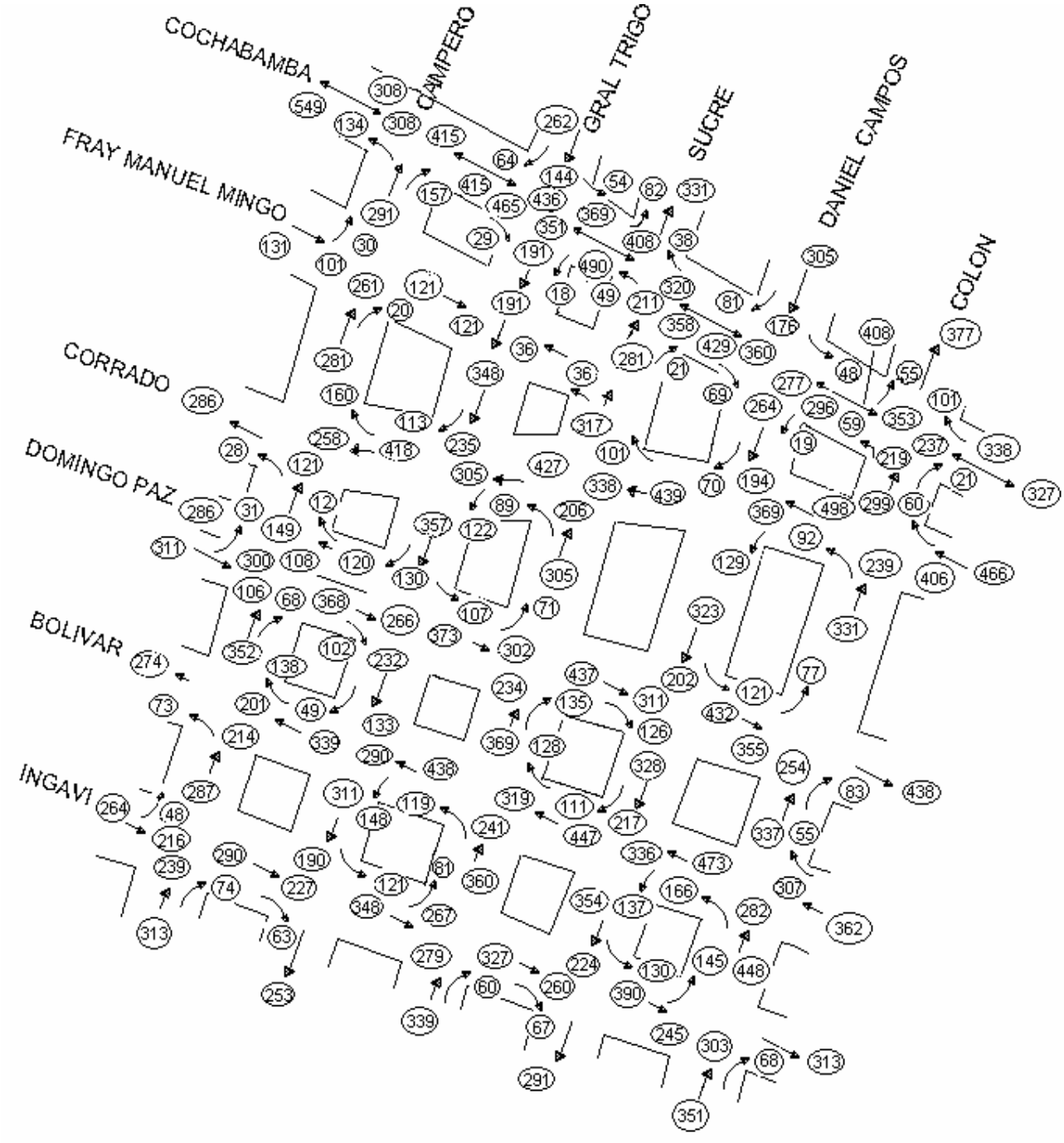
ACCESO	LONGITUD PROMEDIO DE LA LÍNEA DE ESPERA Q (Veh)	TIEMPO PROMEDIO GASTADO EN SISTEMA ts (Seg/veh)	TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN LA LÍNEA DE ESPERA tq (Seg/veh)	PORCENTAJE UTILIZACIÓN DE SERVICIO P
A1	0,178	4,794	1,638	34,181
A2	0,167	5,128	1,709	33,333

$I = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) 100$ $p(t) = (\mu - \lambda) * e^{(\lambda - \mu) * t}$ $P(ts \le t) = 1 - e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$ $P(tq \le t) = 1 - \frac{\lambda}{\mu} * e^{-\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) * \mu * t}$

ACCESO	PORCENTAJE SISTEMA INACTIVO I	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t EN EL SISTEMA p(t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN EL SISTEMA P(ts ? t)	PROBABILIDAD DE GASTAR UN TIEMPO t O MENOS EN LÍNEA DE ESPERA P(tq ? t)
A1	65,819	0,077	0,632	0,757
A2	66,667	0,072	0,632	0,761

4.11. VOLUMENES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Gráfico 4.41. Volúmenes en la zona de estudio



4.12. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA

Tabla resumen de los promedios de velocidades de circulación de cada una de las calles de la zona de estudio

Esta velocidad es igual al tiempo que tarda un vehículo en recorrecor una distancia de 25 metros.

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA (Km/hr)	CALLE	UBICACIÓN ENTRE	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA (Km/hr)	CALLE	UBICACIÓN ENTRE	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA (Km/hr)
Cochabamba	Campero	19,017	Bolivar	Gral. Trigo	12,749	Gral. Trigo	Domingo Paz	13,623
	Gral. Trigo			Sucre			Bolivar	
Cochabamba	Gral. Trigo	19,494	Bolivar	Sucre	11,947	Gral. Trigo	Bolivar	12,956
	Sucre			Daniel Campos			Ingavi	
Cochabamba	Sucre	20,098	Bolivar	Daniel Campos	12,561	Sucre	Cochabamba	14,766
	Daniel Campos			Colon			Fray M. Mingo	
Cochabamba	Daniel Campos	20,511	Ingavi	Campero	11,74	Sucre	Fray M. Mingo	14,611
	Colon			Gral. Trigo			Corrado	
Fray M. Mingo	Campero	23,481	Ingavi	Gral. Trigo	11,833	Sucre	Corrado	17,629
	Gral. Trigo			Sucre			Domingo Paz	
Fray M. Mingo	Gral. Trigo	21,427	Ingavi	Sucre	11,239	Sucre	Domingo Paz	12,623
	Sucre			Daniel Campos			Bolivar	
Corrado	Campero	19,543	Ingavi	Daniel Campos	11,731	Sucre	Bolivar	13,012
	Gral. Trigo			Colon			Ingavi	
Corrado	Gral. Trigo	15,209	Campero	Cochabamba	17,194	Daniel Campos	Cochabamba	18,054
	Sucre			Fray M. Mingo			Corrado	
Corrado	Sucre	16,654	Campero	Fray M. Mingo	18,303	Daniel Campos	Corrado	16,835
	Daniel Campos			Corrado			Domingo Paz	
Corrado	Daniel Campos	17,412	Campero	Corrado	13,929	Daniel Campos	Domingo Paz	12,744
	Colon			Domingo Paz			Bolivar	
Domingo Paz	Campero	16,686	Campero	Domingo Paz	11,569	Daniel Campos	Bolivar	13,866
	Gral. Trigo	12,753		Bolivar			Ingavi	
Domingo Paz	Gral. Trigo	11,987	Campero	Bolivar	12,911	Colon	Cochabamba	18,486
	Sucre			Ingavi			Corrado	
Domingo Paz	Sucre	12,174	Gral. Trigo	Cochabamba	16,523	Colon	Corrado	16,588
	Daniel Campos			Fray M. Mingo			Domingo Paz	
Domingo Paz	Daniel Campos	12,129	Gral. Trigo	Fray M. Mingo	11,091	Colon	Domingo Paz	11,938
	Colon			Corrado			Bolivar	
Bolivar	Campero	12,165	Gral. Trigo	Corrado	11,891	Colon	Bolivar	13,278
	Gral. Trigo			Domingo Paz			Ingavi	
Velocidad de Circulación Media Promedio Total (Km/hr):				14,977				

Cuadro 4.140. Velocidades de circulación media

La velocidad de circulación media de la zona de estudio es el promedio de todas las velocidades de circulación media de cada una de las calles.

La Velocidad de Circulación Media en la zona de estudio es: **14,977 Km/hr**

4.13. ANÁLISIS DEL ESTACIONAMIENTO

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Cochabamba	Campero Gral. Trigo	Prohibido	99,1	6	0	0	0,000
Cochabamba	Gral. Trigo Sucre	Prohibido	70,2	6	0	0	0,000
Cochabamba	Sucre Daniel Campos	Permitido	93,1	6	13	15	1,154
Cochabamba	Daniel Campos Colon	Prohibido	95,8	6	0	0	0,000
TOTAL					13	15	1,154

Cuadro 4.141. Estacionamiento calle Cochabamba

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Fray Manuel Mingo	Campero Gral. Trigo	Permitido	88,9	6	12	18	1,500
Fray Manuel Mingo	Gral. Trigo Sucre	Permitido	69,3	6	9	11	1,222
TOTAL					21	29	1,361

Cuadro 4.142. Estacionamiento calle Fray Manuel Mingo

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Corrado	Campero Gral. Trigo	Permitido	88	6	12	18	1,500
Corrado	Gral. Trigo Sucre	Permitido	84,1	6	12	19	1,583
Corrado	Sucre Daniel Campos	Permitido	89,3	6	12	24	2,000
Corrado	Daniel Campos Colon	Permitido	88,4	6	12	20	1,667
TOTAL					48	81	1,688

Cuadro 4.143. Estacionamiento calle Corrado

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Domingo Paz	Campero	Permitido La Loma Centro	85,4	6	12	16	1,333
	Gral. Trigo		85,4	6	12	19	1,583
Domingo Paz	Gral. Trigo Sucre	Prohibido	84,3	6	0	0	0,000
Domingo Paz	Sucre Daniel Campos	Prohibido	88,6	6	0	0	0,000
Domingo Paz	Daniel Campos Colon	Prohibido	88,1	6	0	0	0,000
TOTAL					24	35	1,458

Cuadro 4.144. Estacionamiento calle Domingo Paz

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Bolivar	Campero Gral. Trigo	Prohibido	88,5	6	0	0	0,000
Bolivar	Gral. Trigo Sucre	Prohibido	86,1	6	0	0	0,000
Bolivar	Sucre Daniel Campos	Prohibido	88,3	6	0	0	0,000
Bolivar	Daniel Campos	Permitido Izquierda	84	6	12	13	1,083
	Colon	Derecha	84	6	12	10	0,833
TOTAL					24	23	0,958

Cuadro 4.145. Estacionamiento calle Bolivar

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Ingavi	Campero Gral. Trigo	Permitido	86	6	12	14	1,167
Ingavi	Gral. Trigo Sucre	Permitido	87	6	12	17	1,417
Ingavi	Sucre Daniel Campos	Permitido	87,1	6	12	15	1,250
Ingavi	Daniel Campos	Permitido Izquierda	85,9	6	12	16	1,333
	Colon	Derecha	85,9	6	12	11	0,917
TOTAL					60	73	1,217

Cuadro 4.146. Estacionamiento calle Ingavi

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Campero	Cochabamba Fray M. Mingo	Permitido	75,5	6	10	13	1,300
Campero	Fray M. Mingo Corrado	Permitido	120,2	6	18	19	1,056
Campero	Corrado Domingo Paz	Permitido	58,1	6	7	7	1,000
Campero	Domingo Paz Bolivar	Permitido	84,1	6	12	15	1,250
Campero	Bolivar Ingavi	Permitido	87,9	6	12	19	1,583
TOTAL					59	73	1,238

Cuadro 4.147. Estacionamiento calle Campero

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Gral. Trigo	Cochabamba Fray M. Mingo	Permitido	76,1	6	10	12	1,200
Gral. Trigo	Fray M. Mingo Corrado	Permitido	80,4	6	11	17	1,545
Gral. Trigo	Corrado Domingo Paz	Permitido	89,9	6	12	21	1,750
Gral. Trigo	Domingo Paz Bolivar	Permitido	84,7	6	12	21	1,750
Gral. Trigo	Bolivar Ingavi	Permitido	88,4	6	12	18	1,500
TOTAL					57	89	1,549

Cuadro 4.148. Estacionamiento calle General Trigo

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Sucre	Cochabamba Fray M. Mingo	Permitido	55,6	6	7	11	1,571
Sucre	Fray M. Mingo Corrado	Permitido	53,8	6	6	10	1,667
Sucre	Corrado Domingo Paz	Permitido	118,1	6	17	24	1,412
Sucre	Domingo Paz Bolivar	Permitido	84,7	6	12	15	1,250
Sucre	Bolivar Ingavi	Prohibido	89	6	0	0	0,000
TOTAL					42	60	1,180

Cuadro 4.149. Estacionamiento calle Sucre

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Daniel Campos	Cochabamba Corrado	Permitido	82,3	6	11	18	1,636
Daniel Campos	Corrado Domingo Paz	Permitido	131,5	6	19	32	1,684
Daniel Campos	Domingo Paz Bolivar	Permitido	86	6	12	21	1,750
Daniel Campos	Bolivar	Permitido Izquierda	87,4	6	12	19	1,583
	Ingavi	Derecha	87,4	6	12	17	1,417
TOTAL					66	107	1,614

Cuadro 4.150. Estacionamiento calle Daniel Campos

CALLE	UBICACIÓN ENTRE	TIPO DE ESTACIONA-MIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nº DE CASILLAS DISPONIBLES	Nº DE CASILLAS OCUPADAS	INDICE OCUPACION Io
Colon	Cochabamba Corrado	Permitido	64	6	8	10	1,250
Colon	Corrado Domingo Paz	Permitido	133,2	6	20	29	1,450
Colon	Domingo Paz Bolivar	Permitido	88,2	6	12	17	1,417
Colon	Bolivar	Permitido Izquierda	84,2	6	12	20	1,667
	Ingavi	Derecha	84,2	6	12	21	1,750
TOTAL					64	97	1,507

Cuadro 4.151. Estacionamiento calle Colon

$$N^{o}\,Casillas_{Disponibles} = \frac{Longitud_{Cuadra}}{Longitud_{Casilla}}$$

$$I_o = \frac{N^{o}\,vehículos_{que\,estacionan}}{N^{o}\,espacios_{para\,estacionar}}$$

CASILLAS DISPONIBLES EN LA ZONA DE ESTUDIO	INDICE DE OCUPACIÓN (Io) PROMEDIO DE TODA LA ZONA DE ESTUDIO	OFERTA DE ESTACIONAMIENTO (Veh/hr)
478	1,357	216

En la zona de estudio de acuerdo a las casillas disponibles y al Indice de Ocupación de las mismas, se tiene que en las 3 horas de control de estacionamientos se satisface la demanda de 216 vehículos que circulan por la zona.

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS

Nº	INTERSECCIÓN	ACCESO	VELUMEN (Veh/hr)	CAPACIDAD (Veh/hr)	NIVEL DE SERVICIO	CON SEMAFORO	
						CAPACIDAD (Veh/hr)	NIVEL DE SERVICIO
1	Cochabamba - Campero	1	308	1662	C	0	-
		2	415	1652	C	0	-
		3	291	822	D	0	-
2	Cochabamba - General Trigo	1	465	1652	C	865	B
		2	369	1662	C	870	A
		3	262	896	C	384	B
3	Cochabamba - Sucre	1	490	1681	C	880	B
		2	358	1393	C	729	B
		3	281	943	C	404	B
4	Cochabamba - Daniel Campos	1	429	1427	D	747	B
		2	296	1784	C	934	A
		3	305	1030	C	441	B
5	Cochabamba - Colon	1	408	1769	C	927	A
		2	338	1325	C	694	B
		3	299	929	D	398	B
6	Fray M. Mingo - Campero	1	131	990	C	0	-
		2	281	1028	C	0	-
7	Fray M. Mingo - General Trigo	1	121	1033	C	0	-
		2	36	918	B	0	-
		3	191	1143	C	0	-
8	Fray M. Mingo - Sucre	1	317	1120	C	0	-
9	Corrado - Campero	1	418	1134	D	594	B
		2	149	1041	C	446	B
10	Corrado - General Trigo	1	427	933	D	488	C
		2	348	1103	D	472	B
11	Corrado - Sucre	1	439	1140	D	597	B
		2	305	923	D	395	B
12	Corrado - Daniel Campos	1	498	1021	D	0	-
		2	264	1028	C	0	-
13	Corrado - Colon	1	466	1126	D	0	-
		2	331	939	D	0	-
14	Domingo Paz - Campero	1	331	1215	C	546	B
		2	120	1093	C	492	B
		3	352	781	D	371	D
15	Domingo Paz - General Trigo	1	368	1107	D	525	B
		2	357	837	D	376	D
16	Domingo Paz - Sucre	1	373	1165	D	699	A
		2	357	837	D	376	D
17	Domingo Paz - Daniel Campos	1	437	1045	D	627	B
		2	323	914	D	297	F
18	Domingo Paz - Colon	1	432	1119	D	671	B
		2	337	977	D	317	F
19	Bolivar - Campero	1	339	1213	C	576	B
		2	287	965	C	434	B
20	Bolivar - General Trigo	1	438	1080	D	648	B
		2	232	1028	C	334	B
21	Bolivar - Sucre	1	447	1224	D	581	B
		2	360	878	D	395	D
22	Bolivar - Daniel Campos	1	473	1368	D	649	B
		2	328	1028	D	462	B
23	Bolivar - Colon	1	362	1113	D	361	E
		2	448	1291	D	774	A
24	Ingavi - Campero	1	264	1046	C	340	C
		2	314	1028	D	617	A
25	Ingavi - General Trigo	1	290	1075	C	511	B
		2	311	914	D	411	B
26	Ingavi - Sucre	1	348	1051	D	341	E
		2	339	988	D	593	A
27	Ingavi - Daniel Campos	1	327	1029	D	448	B
		2	354	1223	C	550	B
28	Ingavi - Colon	1	390	1141	D	542	B
		2	351	1053	D	473	B

Cuadro 4.152. Resumen de resultados de capacidades y nivel de servicio

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS

Nº	INTERSECCIÓN	ACCESO	LONGITUD DE COLA (Veh)	DEMORA (Seg)				
				NIVEL DE SERVICIO (Seg)	MET. DETERMINISTICO		MET. PROBABILIST.	
					TOTAL CICLO	TOTAL PROMEDIO	EN SISTEMA	EN LINEA ESPERA
1	Cochabamba - Campero	1	0	0	0	0	2,659	0,493
		2	0	0	0	0	2,910	0,731
		3	0	0	0	0	6,780	2,400
2	Cochabamba - General Trigo	1	4	5,569	51,773	9,543	3,033	0,854
		2	3	4,862	37,945	8,814	2,784	0,618
		3	2	10,745	20,571	6,730	5,678	1,660
3	Cochabamba - Sucre	1	4	5,714	55,328	9,678	3,023	0,881
		2	3	5,310	38,546	9,229	3,478	0,894
		3	2	10,965	22,238	6,783	5,438	1,620
4	Cochabamba - Daniel Campos	1	3	5,987	49,073	9,805	3,607	1,084
		2	2	4,408	28,391	8,221	2,419	0,401
		3	2	10,577	24,073	6,765	4,966	1,470
5	Cochabamba - Colon	1	3	4,929	42,425	8,913	2,645	0,610
		2	3	5,303	36,300	9,205	3,647	0,930
		3	2	13,026	24,495	7,022	5,714	1,839
6	Fray M. Mingo - Campero	1	0	0	0	0	4,191	0,555
		2	0	0	0	0	4,819	1,317
7	Fray M. Mingo - General Trigo	1	0	0	0	0	3,947	0,462
		2	0	0	0	0	4,082	0,160
		3	0	0	0	0	3,782	0,632
8	Fray M. Mingo - Sucre	1	0	0	0	0	4,483	1,269
9	Corrado - Campero	1	3	8,338	36,779	7,542	5,028	1,853
		2	1	6,255	13,911	8,003	4,036	0,578
10	Corrado - General Trigo	1	3	18,007	43,741	8,780	7,115	3,256
		2	3	11,747	40,672	10,018	4,768	1,504
11	Corrado - Sucre	1	3	9,154	39,662	7,744	5,136	1,978
		2	3	14,038	36,442	10,241	5,825	1,925
12	Corrado - Daniel Campos	1	0	0	0	0	6,883	3,357
		2	0	0	0	0	4,712	1,210
13	Corrado - Colon	1	0	0	0	0	5,455	2,257
		2	0	0	0	0	5,921	2,087
14	Domingo Paz - Campero	1	2	7,718	27,865	7,577	4,072	1,109
		2	1	5,219	8,256	6,192	3,700	0,406
		3	3	32,147	43,077	11,014	8,392	3,782
15	Domingo Paz - General Trigo	1	3	9,116	37,056	9,063	4,871	1,619
		2	3	32,471	38,129	9,612	7,500	3,199
16	Domingo Paz - Sucre	1	2	4,214	19,508	4,707	4,545	1,455
		2	3	86,312	58,281	14,215	5,463	1,961
17	Domingo Paz - Daniel Campos	1	2	6,537	26,706	5,500	5,921	2,476
		2	3	81,291	50,577	14,093	6,091	2,153
18	Domingo Paz - Colon	1	2	5,464	25,019	5,212	5,240	2,023
		2	3	69,857	52,088	13,911	5,625	1,940
19	Bolivar - Campero	1	2	6,978	28,817	7,651	4,119	1,151
		2	2	9,138	27,459	8,611	5,310	1,579
20	Bolivar - General Trigo	1	2	6,051	26,198	5,383	5,607	2,274
		2	2	13,146	30,336	11,768	4,523	1,021
21	Bolivar - Sucre	1	3	10,913	43,129	8,684	4,633	1,692
		2	3	25,467	41,019	10,255	6,950	2,850
22	Bolivar - Daniel Campos	1	3	9,286	44,282	8,426	4,022	1,391
		2	3	10,216	32,380	8,885	5,143	1,641
23	Bolivar - Colon	1	3	47,433	54,320	13,505	4,794	1,559
		2	2	4,536	24,394	4,901	4,270	1,482
24	Ingavi - Campero	1	2	16,626	35,754	12,189	4,604	1,162
		2	2	4,095	16,074	4,607	5,042	1,540
25	Ingavi - General Trigo	1	2	6,854	24,324	7,549	4,586	1,237
		2	2	12,365	31,689	9,170	5,970	2,031
26	Ingavi - Sucre	1	3	53,661	52,677	13,623	5,121	1,696
		2	2	4,699	18,349	4,871	5,547	1,903
27	Ingavi - Daniel Campos	1	2	8,613	29,358	8,080	5,128	1,630
		2	3	8,291	33,491	8,515	4,143	1,199
28	Ingavi - Colon	1	3	9,555	36,292	8,375	4,794	1,638
		2	3	11,169	35,393	9,075	5,128	1,709

Cuadro 4.153. Resumen de resultados de colas de espera y demoras

RESUMEN DE RESULTADOS

Valores del acceso más crítico de cada una de las intersecciones de la zona de estudio

Nº	ACCESO	VELUMEN (Veh/hr)	CAPACIDAD (Veh/hr)	NIVEL DE SERVICIO	CON SEMÁFORO		LONGITUD DE COLA (Veh)	DEMORA (Seg)				
					CAPACIDAD (Veh/hr)	NIVEL DE SERVICIO		NIVEL DE SERVICIO (Seg)	MET. DETERMINISTICO		MET. PROBABILIST.	
									TOTAL CICLO	TOTAL PROMEDIO	EN SISTEMA	EN LÍNEA ESPERA
1	3	291	822	D	0	-	0	0	0	0	6,780	2,400
2	3	262	896	C	384	B	2	10,745	20,571	6,730	5,678	1,660
3	3	281	943	C	404	B	2	10,965	22,238	6,783	5,438	1,620
4	3	305	1030	C	441	B	2	10,577	24,073	6,765	4,966	1,470
5	3	299	929	D	398	B	2	13,026	24,495	7,022	5,714	1,839
6	1	131	990	C	0	-	0	0	0	0	4,191	0,555
7	2	36	918	B	0	-	0	0	0	0	4,082	0,160
8	1	317	910	D	0	-	0	0	0	0	6,071	2,115
9	2	149	1041	C	446	B	1	6,255	13,911	8,003	4,036	0,578
10	1	427	933	D	488	C	3	18,007	43,741	8,780	7,115	3,256
11	2	305	923	D	395	B	3	14,038	36,442	10,241	5,825	1,925
12	1	498	1021	D	0	-	0	0	0	0	6,883	3,357
13	2	331	939	D	0	-	0	0	0	0	5,921	2,087
14	3	352	781	D	371	D	3	32,147	43,077	11,014	8,392	3,782
15	2	357	837	D	376	D	3	32,471	38,129	9,612	7,500	3,199
16	2	357	837	D	376	D	3	86,312	58,281	14,215	5,463	1,961
17	2	323	914	D	297	F	3	81,291	50,577	14,093	6,091	2,153
18	2	337	977	D	317	F	3	69,857	52,088	13,911	5,625	1,940
19	2	287	965	C	434	B	2	9,138	27,459	8,611	5,310	1,579
20	2	232	1028	C	334	B	2	13,146	30,336	11,768	4,523	1,021
21	2	360	878	D	395	D	3	25,467	41,019	10,255	6,950	2,850
22	2	328	1028	D	462	B	3	10,216	32,380	8,885	5,143	1,641
23	1	362	1113	D	361	E	3	47,433	54,320	13,505	4,794	1,559
24	2	314	1028	D	617	A	2	4,095	16,074	4,607	5,042	1,540
25	2	311	914	D	411	B	2	12,365	31,689	9,170	5,970	2,031
26	2	339	988	D	593	A	2	4,699	18,349	4,871	5,547	1,903
27	1	327	1029	D	448	B	2	8,613	29,358	8,080	5,128	1,630
28	2	351	1053	D	473	B	3	11,169	35,393	9,075	5,128	1,709

Cuadro 4.154. Resumen de resultados accesos más críticos

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN BASE A GRÁFICAS DE COMPARACIÓN

El análisis se hizo con los datos del acceso mas crítico de cada una de las intersecciones.

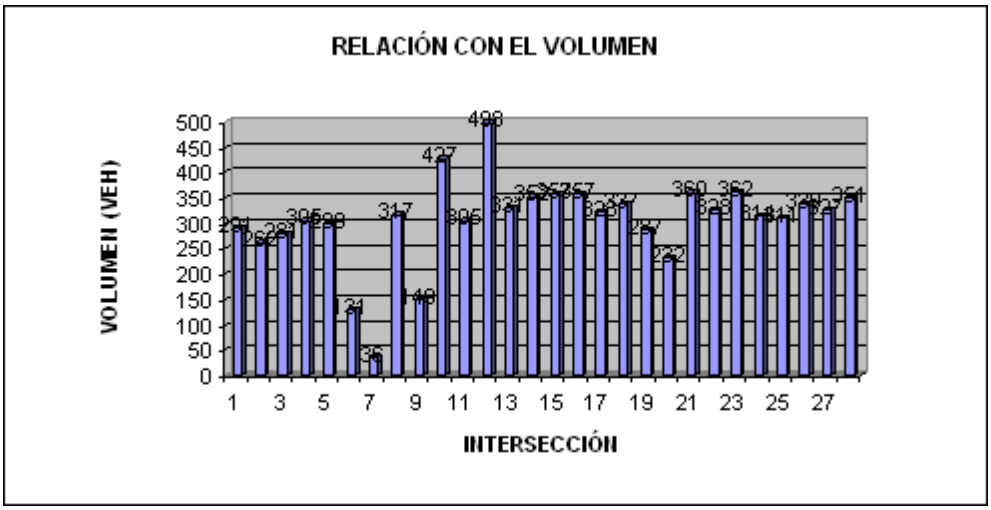


Gráfico 4.43. Relación de las intersecciones con el volumen

La Sumatoria de Volúmenes de llegada a una Intersección, provenientes de sus accesos, es igual al volumen de llegada de un acceso de la siguiente intersección. A pesar de las características de aforo, la variación de este volumen es mínima.

Las Calles con mayor circulación vehicular son las calles Cochabamba, Corrado y Domingo Paz.

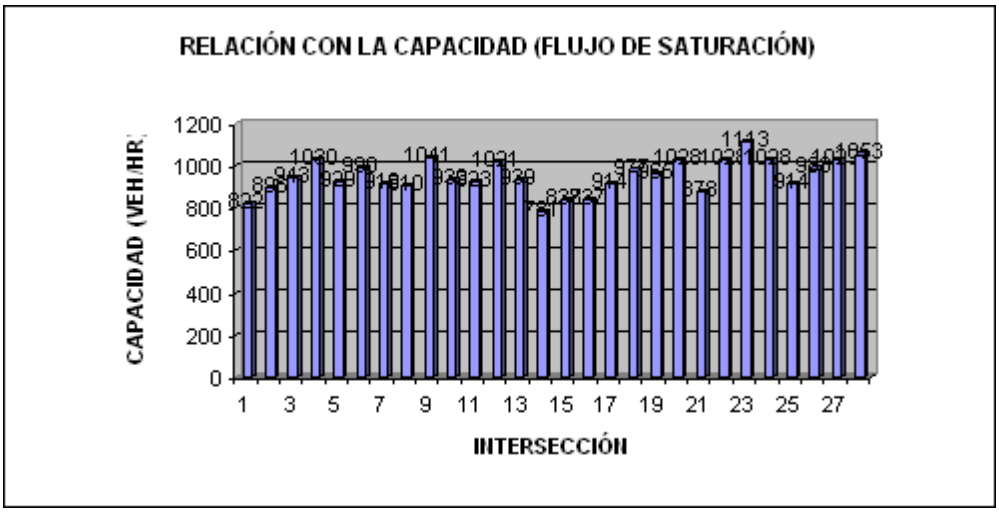


Gráfico 4.44. Relación de las intersecciones con la capacidad

Haciendo la comparación de la Capacidad en cada una de las intersecciones se observa la marcada influencia que tiene el estacionamiento, este reduce el ancho de calzada útil del acceso, disminuyendo de manera significativa la capacidad de la vía.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN BASE A GRÁFICAS DE COMPARACIÓN



Gráfico 4.45. Relación de las intersecciones con el nivel de servicio

Referencia: Para la gráfica los Niveles de Servicio que varían de A hasta F, se representan mediante números, siendo: A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, E = 5, F = 6.

El Nivel de Servicio de la mayoría de las intersecciones fluctúa entre C y D, haciendo la interpretación de los mismos se tiene un flujo que tiene tendencia a ser inestable, este fenónemo se observó a simple vista cuando se hizó el recorrido de la zona en estudio.

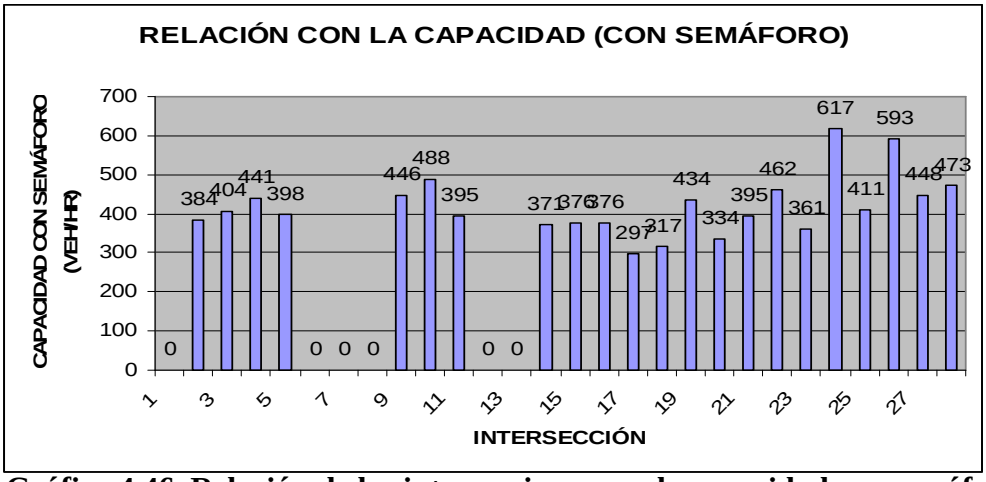


Gráfico 4.46. Relación de las intersecciones con la capacidad con semáforo

La incidencia del semáforo en todas las intersecciones de la zona de estudio es muy considerable, reduciendo la capacidad entre un 40% y 50%, es necesario realizar una mejor coordinación de los tiempos de ciclo del semáforo, variando de forma individual los tiempos de fase verde y roja de cada semáforo en cada uno de los accesos, para ésto sería de gran ayuda la utilización de tecnologías mas modernas (programas computacionales).

Las intersecciones que no cuentan con semáforo mantienen su capacidad, pero el tráfico desordenado hace que de igual manera el flujo de tránsito sea inestable.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN BASE A GRÁFICAS DE COMPARACIÓN

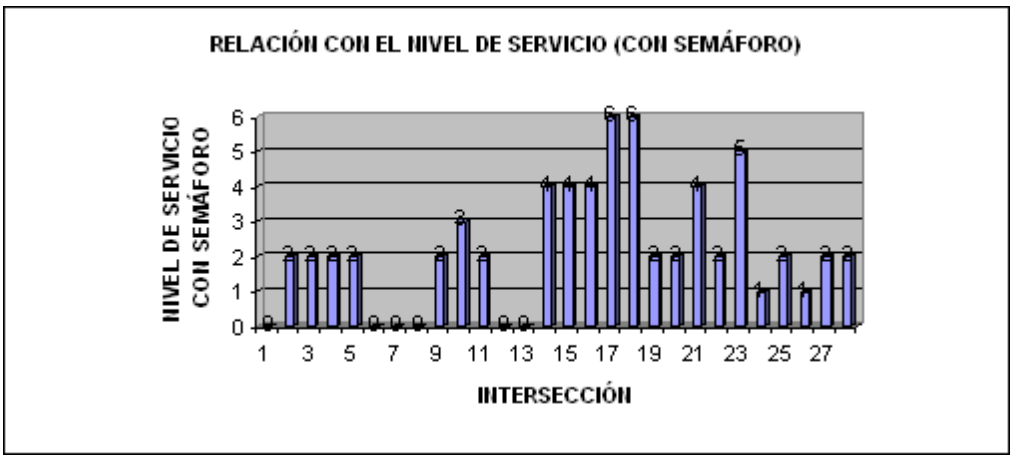


Gráfico 4.47. Relación intersecciones con el nivel de servicio con semáforo

Referencia: Para la gráfica los Niveles de Servicio que varían de A hasta F, se representan mediante números, siendo: A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, E = 5, F = 6.

En algunos de los valores observados para obtener el nivel de servicio se observa que existe una demora muy elevada, esto se debe a que las relaciones y ecuaciones utilizadas no se adecuan a algunas de las características de las intersecciones estudiadas, ya sea por el ancho de calzada o la mala coordinación de los semáforos.

Los niveles de servicio con influencia del semáforo calculados por el tiempo de demora del vehículo,son mas bajos que los calculados por la capacidad y volumen vehicular.

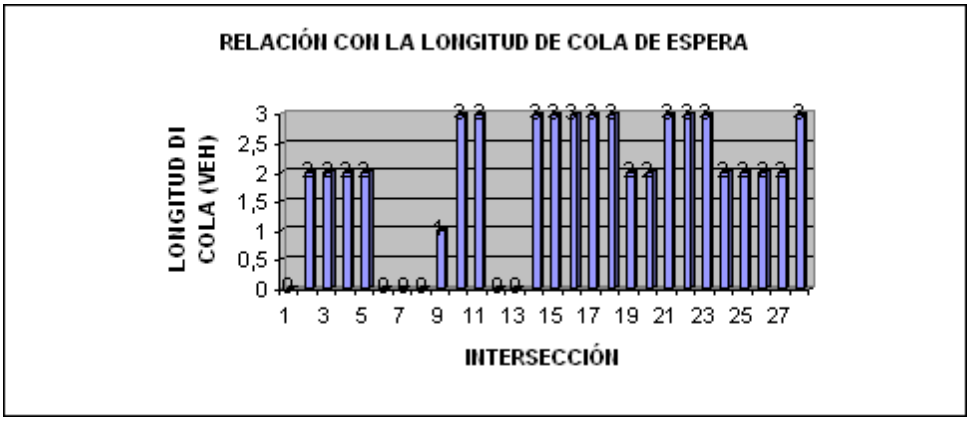


Gráfico 4.48. Relación de intersecciones con la longitud de cola de espera

Los valores de la longitud de Cola de espera, que se forman antes de una intersección semaforizada. son menores a los observados en campo esto puede deberse a que este método realiza el cálculo de forma distribuida para todos los tiempos de ciclo durante todo el periodo estudiado. En la práctica se tiene la variabilidad de la formación de colas, llegando a estar mínimamente 1 ó 2 vehículos en un ciclo y al siguiente 7 ó 9 vehículos.

Las colas de espera en intersecciones no semaforizadas son mas variables aún, porque en estas no existe una priorización de vía que le de preferencia al acceso con mayor llegada de volumen.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN BASE A GRÁFICAS DE COMPARACIÓN

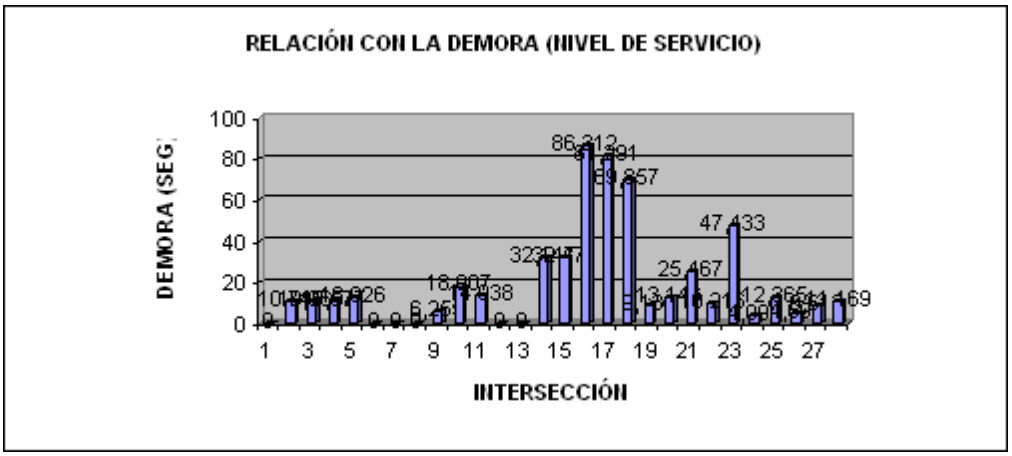


Gráfico 4.49. Relación de intersecciones con la demora (nivel de servicio)

Se observan demoras promedio normales, exceptuando en la calle Domingo Paz, en las intersecciones de esta calle, el volumen de llegada tiene valores aproximados en cada uno de los accesos, y la diferencia entre los tiempos de fase verde y fase roja para cada acceso, hace que se genere esta demora elevada.

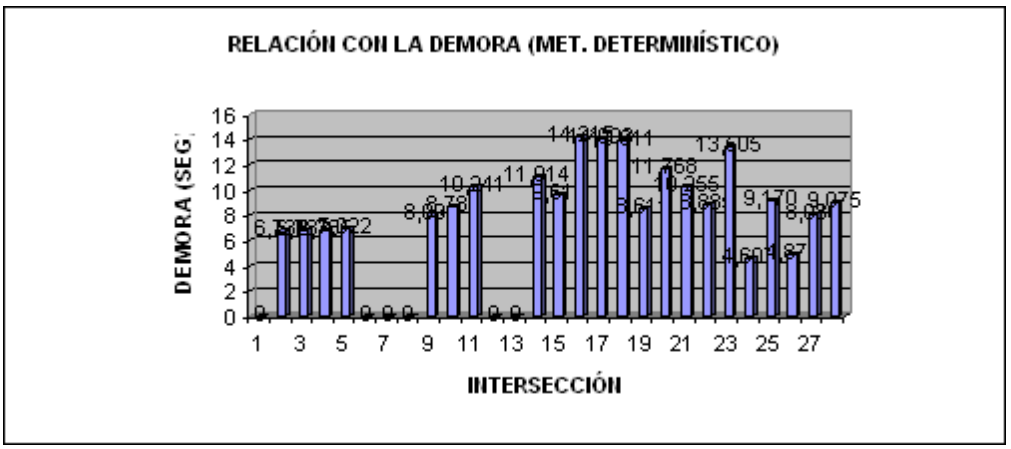


Gráfico 4.50. Relación intersecciones con la demora (método determinístico)

Las Demoras obtenidas en los puntos de aforo, en los diferentes accesos, tal como se muestran en el cuadro anterior, son demoras aceptables en la mayoría de las intersecciones. Los factores que impiden que se puedan alcanzar demoras menores son varios, entre los que se cita al congestionamiento, ocasionado por los micros y taxis (transporte público) q realizan su recorrido a velocidades bajas, con el fin de estar constantemente en busca de pasajeros, además se estacionarse momentáneamente en medio de la vía.

Con éste método se obtuvieron los valores de demora más similares a los observados en campo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN BASE A GRÁFICAS DE COMPARACIÓN

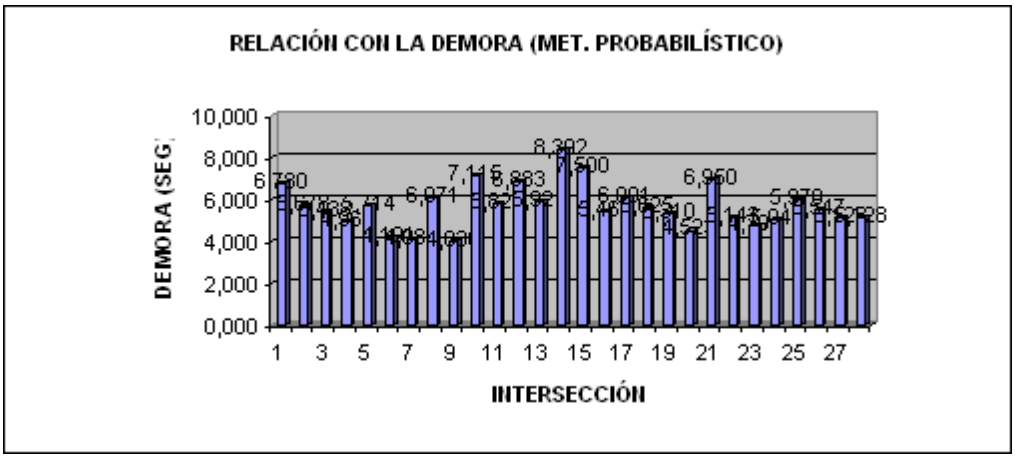


Gráfico 4.51. Relación intersecciones con la demora (método probabilístico)

Los valores obtenidos de las demoras totales por ciclo, son muy reducidas y no reflejan los ocurrido en la práctica, esto se debe a que éste método no toma en cuenta la incidencia de los tiempos del semáforo.

Los valores obtenidos de este análisis muestran el ingreso a flujo libre de un vehículo, es decir que no se presenta ningún tipo de obstáculo (señal, semáforo, cuello de botella) en su llegada y posterior salida de la intersección, por eso es que los tiempos de demora son bajos.

Haciendo un análisis con el valor de la capacidad para intersecciones con semáforo se tienen resultados más cercanos a lo que sucede en la realidad.

PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR

COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - GENERAL TRIGO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
896	A1	1836	1653	1652,63	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1848	1663	1662,75	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A3	1237	1113	896,29	1,000	1,000	0,895	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
405	1652	A1	21	42	826	50,00
	1662	A2	21	42	831	50,00
	896	A3	19	42	405	45,20

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	826	0,5630	42	21	0,500	5,553	0,674	6,228
A2	831	0,444	42	21	0,500	5,129	0,260	5,389
A3	405	0,647	42	19	0,452	6,766	2,498	9,265

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	
A3	B	

Aumentando un segundo el tiempo de fase verde en el acceso A3 y reduciendo un segundo el tiempo de fase verde en los Accesos A1 y A2, se observa una reducción en la demora, pasando de 10,745 segundos en el acceso A3 a 9,265 segundos, en los accesos A1 y A2 aumenta pasando de 5,569 segundos en el A1 a 6,228 segundos y de 4,862 segundos en el A2 a 5,389 segundos. Este aumento se compensa con la mejora de los tiempos en el acceso A3.

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - SUCRE

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
943	A1	2005	1805	1681,29	1,000	1,000	0,932	1,000	1,000
	A2	1720	1548	1393,20	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A3	1259	1133	943,05	1,000	1,000	0,925	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
426	1681	A1	21	42	840	49,97
	1393	A2	21	42	696	49,96
	943	A3	19	42	426	45,17

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	840	0,5833	42	21	0,500	5,633	0,773	6,406
A2	696	0,514	42	21	0,500	5,371	0,550	5,922
A3	426	0,660	42	19	0,452	6,822	2,607	9,429

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	
A3	B	

Aumentando un segundo el tiempo de fase verde en el acceso A3 y reduciendo un segundo el tiempo de fase verde en los Accesos A1 y A2, se observa una reducción en la demora pasando de 10,965 segundos en el acceso A3 a 9,429 segundos, en los accesos A1 y A2 aumenta pasando de 5,714 segundos en el A1 a 6,406 segundos y de 5,310 segundos en el A2 a 5,922 segundos. Este aumento se compensa con la mejora en los tiempos del acceso A3.

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1030	A1	1636	1472	1427,42	1,000	1,000	1,000	0,969	1,000
	A2	1983	1784	1784,25	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A3	1350	1215	1030,81	1,000	1,000	0,943	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
466	1427	A1	21	42	713	49,96
	1784	A2	21	42	892	50,00
	1030	A3	19	42	466	45,24

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	713	0,6017	42	21	0,500	5,707	1,040	6,747
A2	892	0,332	42	21	0,500	4,784	0,085	4,868
A3	466	0,655	42	19	0,452	6,799	2,306	9,106

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	A	
A3	B	

Aumentando un segundo el tiempo de fase verde en el acceso A3 y reduciendo un segundo el tiempo de fase verde en los Accesos A1 y A2, se observa una reducción en la demora, pasando de 10,577 segundos en el acceso A3 a 9,106 segundos, en los accesos A1 y A2 aumenta pasando de 5,987 segundos en el A1 a 6,747 segundos y de 4,408 segundos en el A2 a 4,868 segundos. Este aumento se compensa con la mejora de tiempos en el acceso A3.

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - COLON

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
929	A1	2039	1835	1769,86	1,000	1,000	0,965	1,000	1,000
	A2	1636	1472	1325,16	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A3	1270	1143	929,03	1,000	1,000	0,903	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
420	1769	A1	21	42	884	49,97
	1325	A2	21	42	662	49,96
	929	A3	19	42	420	45,21

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	884	0,4615	42	21	0,500	5,187	0,284	5,471
A2	662	0,511	42	21	0,500	5,358	0,561	5,919
A3	420	0,712	42	19	0,452	7,060	3,836	10,895

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	
A3	B	

Aumentando un segundo el tiempo de fase verde en el acceso A3 y reduciendo un segundo el tiempo de fase verde en los Accesos A1 y A2, se observa una reducción en la demora, pasando de 13,026 segundos en el acceso A3 a 10,895 segundos, en los accesos A1 y A2 aumenta pasando de 4,929 segundos en el A1 a 5,471 segundos y de 5,303 segundos en el A2 a 5,919 segundos. este aumento se compensa con la mejora de tiempos en el Acceso A3.

INTERSECCIÓN: CORRADO - CAMPERO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1041	A1	1400	1260	1134,00	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A2	1270	1143	1041,21	1,000	1,000	0,911	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
421	1134	A1	23	42	621	54,76
	1041	A2	17	42	421	40,44

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	621	0,6731	42	23	0,548	5,173	2,001	7,174
A2	421	0,354	42	17	0,405	6,600	0,224	6,824

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando un segundo los tiempos de fase verde en el acceso A1 y reduciendo un segundo el tiempo de fase verde en el acceso A2, se observa una reducción en la demora, pasando de 8,338 segundos en el acceso A1 a 7,174 segundos y aumentando de 6,255 segundos en el A2 a 6,824 segundos, éste aumente se compensa con la mejora de los tiempos en el acceso A1.

INTERSECCIÓN: CORRADO - GENERAL TRIGO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
933	A1	1276	1148	933,13	1,000	1,000	0,813	1,000	1,000
	A2	1363	1226	1103,63	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
446	933	A1	23	42	510	54,66
	1103	A2	17	42	446	40,44

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	510	0,8373	42	23	0,548	6,032	8,117	14,149
A2	446	0,780	42	17	0,405	8,265	5,945	14,210

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando un segundo los tiempos de fase verde en el acceso A1 y reduciendo un segundo el tiempo de fase verde en el acceso A2, se observa una reducción en la demora pasando de 18,007 segundos en el acceso A1 a 14,149 segundos y aumentando de 11,747 segundos en el A2 a 14,210 segundos. Este aumento se compensa con la mejora en los tiempos del acceso A1.

INTERSECCIÓN: CORRADO - SUCRE

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
923	A1	1356	1221	1140,71	1,000	1,000	1,000	0,935	1,000
	A2	1270	1143	923,94	1,000	1,000	0,808	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
395	1140	A1	22	42	597	52,37
	923	A2	18	42	395	42,80

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	597	0,7353	42	22	0,524	5,886	3,267	9,154
A2	395	0,772	42	18	0,429	7,789	6,249	14,038

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Los tiempos de fase verde actuales en ambos accesos, son los más óptimos teniendo demoras aceptables.

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - CAMPERO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
781	A1	1350	1215	1215,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1350	1215	1093,50	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A3	1270	1143	781,81	1,000	0,950	0,800	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
390	1215	A1	18	40	546	44,94
	1093	A2	18	40	492	45,01
	781	A3	20	40	390	49,94

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	546	0,6062	40	18	0,450	6,323	1,395	7,718
A2	492	0,244	40	18	0,450	5,165	0,054	5,219
A3	390	0,903	40	20	0,500	6,925	16,665	23,591

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**C**
A2	B	
A3	C	

Aumentando un segundo el tiempo de fase verde en el acceso A3 y reduciendo un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 32,147 segundos en el acceso A3 a 23,591 segundos, los otros accesos se mantienen constantes.

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - GENERAL TRIGO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
837	A1	1350	1215	1107,57	1,000	1,000	1,000	0,912	1,000
	A2	1292	1163	837,22	1,000	1,000	0,800	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
408	1107	A1	19	41	513	46,34
	837	A2	20	41	408	48,75

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	513	0,7173	41	19	0,463	6,720	3,306	10,026
A2	408	0,875	41	20	0,488	7,131	13,043	20,174

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**C**
A2	C	

Aumentando 2 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A2 y reduciendo un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa un aumento en la demora pasando de 9,116 segundos en el acceso A1 a 10,026 segundos y reducción de la demora de 32,471 segundos en el A2 a 20,174 segundos. Esta reducción compensa el aumento de tiempos en el acceso A2.

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - SUCRE

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	1500	1350	1165,41	1,000	0,950	0,909	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
448	1165	A1	20	39	597	51,24
	1028	A2	17	39	448	43,58

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	597	0,6248	39	20	0,513	5,176	1,465	6,640
A2	448	0,824	39	17	0,436	7,357	8,175	15,532

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**C**
A2	C	

Aumentando 4 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A2, y reduciendo un segundo a la fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 86,312 segundos en el acceso A2 a 15,532 segundos. Y también se observa una incidencia en el aumento de la demora del acceso A1 de 4,214 segundos a 6,640 segundos. Este aumento se compensa con la mejora de los tiempos en el acceso A2.

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
914	A1	1500	1350	1045,42	0,900	0,950	1,000	0,906	1,000
	A2	1270	1143	914,40	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
398	1045	A1	20	39	536	51,29
	914	A2	17	39	398	43,54

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	536	0,8153	39	20	0,513	6,045	6,562	12,607
A2	398	0,812	39	17	0,436	7,297	8,271	15,568

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**C**
A2	C	

Aumentando 4 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A2, y reduciendo un segundo a la fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 81,291 segundos en el acceso A2 a 15,568 segundos. Y también se observa una incidencia en el aumento de la demora del acceso A1 de 6,537 segundos a 12,607 segundos. Este aumento se compensa con la gran mejora en los tiempos del acceso A2.

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - COLON

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
977	A1	1500	1350	1119,39	0,900	1,000	0,922	1,000	1,000
	A2	1270	1143	977,27	1,000	0,950	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
425	1119	A1	20	39	574	51,30
	977	A2	17	39	425	43,50

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	574	0,7526	39	20	0,513	5,728	3,849	9,578
A2	425	0,793	39	17	0,436	7,207	6,811	14,018

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando 4 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A2, y reduciendo un segundo a la fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 69,857 segundos en el acceso A2 a 14,018 segundos. Y también se observa una incidencia en el aumento de la demora del acceso A1 de 5,464 segundos a 9,578 segundos. Este aumento se compensa con la gran mejora de los tiempos en el acceso A2.

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - CAMPERO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
965	A1	1498	1348	1213,38	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A2	1270	1143	965,58	1,000	1,000	0,845	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
447	1213	A1	**20**	41	591	48,72
	965	A2	**19**	41	447	46,32

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	591	0,5736	41	20	0,488	5,675	1,015	6,691
A2	447	0,642	41	19	0,463	6,386	2,195	8,581

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando un segundo los tiempos de fase verde en cada acceso y reduciendo un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 6,978 segundos en el acceso A1 a 6,691 segundos y de 9,138 segundos en el A2 a 8,581 segundos.

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - GENERAL TRIGO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	1500	1350	1080,00	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
448	1080	A1	20	39	553	51,20
	1028	A2	17	39	448	43,58

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	553	0,7920	39	20	0,513	5,923	5,347	11,270
A2	448	0,518	39	17	0,436	6,091	0,873	6,964

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando 4 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A2, y reduciendo un segundo a la fase amarilla, se observa una reducción en la demora pasando de 13,146 segundos en el acceso A1 a 11,270 segundos. Y también se observa una incidencia en el aumento de la demora del acceso A2 de 6,051 segundos a 6,964 segundos, que se compensa con la grna mejora en el acceso A1.

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - SUCRE

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
878	A1	1500	1350	1224,45	1,000	1,000	1,000	0,907	1,000
	A2	1221	1098	878,76	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
407	1224	A1	20	41	597	48,77
	878	A2	19	41	407	46,36

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	597	0,7487	41	20	0,488	6,439	3,606	10,045
A2	407	0,885	41	19	0,463	7,602	14,057	21,659

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**C**
A2	C	

Aumentando en un segundo los tiempos de fase verde en cada acceso y descontando un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa una reducción en la demora pasando de 10,913 segundos en el acceso A1 a 10,045 segundos y de 25,467 segundos en el A2 a 21,659 segundos.

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - DANIEL CAMPOS

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	2088	1879	1368,05	0,900	1,000	0,809	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
476	1368	A1	20	41	667	48,76
	1028	A2	19	41	476	46,30

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	667	0,7091	41	20	0,488	6,249	2,428	8,677
A2	476	0,689	41	19	0,463	6,590	2,896	9,486

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando un segundo los tiempos de fase verde en cada acceso y reduciendo un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa una reducción en la demora pasando de 9,286 segundos en el acceso A1 a 8,677 segundos y de 10,216 segundos en el A2 a 9,486 segundos.

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - COLON

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1113	A1	1270	1143	1113,31	1,000	1,000	1,000	0,974	1,000
	A2	1794	1614	1291,32	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
485	1113	A1	17	39	485	43,58
	1291	A2	20	39	662	51,28

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	485	0,7464	39	17	0,436	6,990	4,300	11,291
A2	662	0,677	39	20	0,513	5,387	1,932	7,319

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando 4 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A1, y reduciendo un segundo a la fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 47,433 segundos en el acceso A1 a 11,291 segundos. Y también se observa una incidencia en el aumento de la demora del acceso A2 de 4,536 segundos a 7,319 segundos, que se compensa con la gran mejora en el acceso A1.

INTERSECCIÓN: INGAVI - CAMPERO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	1270	1143	1046,68	1,000	1,000	0,916	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
456	1046	A1	17	39	456	43,59
	1028	A2	20	39	527	51,26

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	456	0,5789	39	17	0,436	6,308	1,361	7,669
A2	527	0,596	39	20	0,513	5,065	1,338	6,403

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando 4 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A1, y reduciendo un segundo a la fase amarilla, se observa una reducción en la demora pasando de 16,626 segundos en el acceso A1 a 7,669 segundos. Y también se observa una incidencia en el aumento de la demora del acceso A2 de 4,095 segundos a 6,403 segundos. Este aumento se compensa con la mejora en los tiempos del acceso A1.

INTERSECCIÓN: INGAVI - GENERAL TRIGO

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
914	A1	1270	1143	1075,87	1,000	1,000	1,000	0,941	1,000
	A2	1270	1143	914,40	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
423	1075	A1	20	41	524	48,74
	914	A2	19	41	423	46,28

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	524	0,5534	41	20	0,488	5,599	0,982	6,581
A2	423	0,735	41	19	0,463	6,804	4,502	11,306

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando un segundo los tiempos de fase verde en cada acceso y reduciendo un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 6,854 segundos en el acceso A1 a 6,581 segundos y de 12,365 segundos en el A2 a 11,306 segundos.

INTERSECCIÓN: INGAVI - SUCRE

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
988	A1	1350	1215	1051,58	1,000	1,000	0,866	1,000	1,000
	A2	1221	1098	988,61	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
473	1051	A1	18	40	473	45,00
	988	A2	20	40	494	50,00

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	473	0,7357	40	18	0,450	6,874	4,074	10,948
A2	494	0,686	40	20	0,500	5,785	2,739	8,524

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando 5 segundos el tiempo de fase verde en el acceso A1, reduciendo 4 segundos a la fase verde el acceso A2 y reduciendo un segundo a la fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 53,661 segundos en el acceso A1 a 10,948 segundos. Y también se observa una incidencia en el aumento de la demora del acceso A2 de 4,699 segundos a 8,524 segundos. Este aumento se compensa con la gran mejora de los tiempos en el acceso A1.

INTERSECCIÓN: INGAVI - DANIEL CAMPOS

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1029	A1	1270	1143	1029,08	1,000	0,950	1,000	0,948	1,000
	A2	1699	1529	1223,28	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
501	1029	A1	20	41	501	48,69
	1223	A2	19	41	566	46,28

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	501	0,6527	41	20	0,488	5,997	2,124	8,120
A2	566	0,625	41	19	0,463	6,317	1,550	7,866

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando un segundo los tiempos de fase verde en cada acceso y reduciendo un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa una reducción en la demora, pasando de 8,613 segundos en el acceso A1 a 8,120 segundos y de 8,291 segundos en el A2 a 7,866 segundos.

INTERSECCIÓN: INGAVI - COLON

Realizando la Coordinación de Semáforos mediante tanteos, para optimizar los tiempos de fase verde en cada uno de los accesos de la intersección se tiene:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1053	A1	1762	1586	1141,78	0,900	1,000	0,800	1,000	1,000
	A2	1300	1170	1053,00	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
487	1141	A1	20	41	556	48,73
	1053	A2	19	41	487	46,25

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	556	0,7014	41	20	0,488	6,213	2,731	8,944
A2	487	0,721	41	19	0,463	6,736	3,558	10,293

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Aumentando un segundo los tiempos de fase verde en cada acceso y reduciendo un segundo el tiempo de fase amarilla, se observa una reducción en la demora pasando de 9,555 segundos en el acceso A1 a 8,944 segundos y de 11,169 segundos en el A2 a 10,293 segundos.

APLICACIÓN DE LA RESTRICCIÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE GENERAL TRIGO

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	33,86	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	21,14
% RECTO	66,14	78,86
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	36,50	13,41
% VEHÍCULOS LIVIANOS	63,60	86,66
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	69,79	58,09
$ VEHÍCULOS PARTICULARES	30,32	41,98
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	438	232
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	NO
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1080	A1	1500	1350	1080,00	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000
	A2	1500	1350	1214,60	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	438	1080	0,406	D	**D**
A2	232	1214	0,191	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
394	1080	A1	24	40	648	60,00
	1214	A2	13	40	394	32,45

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	648	0,6759	40	24	0,600	4,091	1,960	6,051
A2	394	0,589	40	13	0,325	8,564	1,687	10,251

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Se observa una mejora en todos los parámetros, aumentando la capacidad con y sin semáforo, mejorando el nivel de servicio con y sin semáforo y reducciendo las demoras.

APLICACIÓN DE LA RESTRICCIÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE GENERAL TRIGO

Esta restricción se la propone desde la intersección Corrado - Gral. Trigo hasta la intersección Ingavi - Gral. Trigo

INTERSECCION: DOMINGO PAZ - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	33,53
% GIRO DERECHA (GD)	27,68	29,92
% RECTO	72,32	36,54
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	36,04	16,43
% VEHÍCULOS LIVIANOS	64,12	83,81
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	71,38	61,56
% VEHÍCULOS PARTICULARES	28,77	38,68
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	368	357
ANCHO DE CARRIL (m)	6,00	5,50
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	**NO**
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
993	A1	1350	1215	1107,57	1,000	1,000	1,000	0,912	1,000
	A2	1533	1379	993,06	1,000	1,000	0,800	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	368	1107	0,332	D	**D**
A2	357	993	0,360	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
446	1107	A1	19	40	526	47,52
	993	A2	18	40	446	44,91

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	526	0,6996	40	19	0,475	6,275	2,841	9,116
A2	446	0,800	40	18	0,450	7,187	6,899	14,086

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Se observa una mejora en todos los parámetros, aumenta la capacidad con y sin semáforo, mejora el nivel de servicio con y sin semáforo y se reducen los tiempos de demora.

APLICACIÓN DE LA RESTRICCIÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE GENERAL TRIGO

INTERSECCIÓN: INGAVI - GENERAL TRIGO

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	39,05
% GIRO DERECHA (GD)	21,75	0,00
% RECTO	78,25	60,95
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	9,95	13,55
% VEHÍCULOS LIVIANOS	90,08	86,71
%VEHÍCULOS PÚBLICOS	58,97	60,19
%VEHÍCULOS PARTICULARES	41,06	40,07
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	290	311
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	NO
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1075	A1	1270	1143	1075,87	1,000	1,000	1,000	0,941	1,000
	A2	1270	1500	1199,60	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	290	1075	0,270	C	**C**
A2	311	1199	0,259	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
511	1075	A1	19	40	511	47,53
	1199	A2	18	40	539	44,95

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	511	0,5675	40	19	0,475	5,736	1,119	6,854
A2	539	0,577	40	18	0,450	6,211	1,139	7,350

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Se observa una mejora en todos los parámetros, aumentando la capacidad con y sin semáforo, mejorando el nivel de servicio con y sin semáforo y reduciendo los tiempos de demora.

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - CAMPERO

PROHIBIR EL INGRESO DE VEHíCULOS PARTICULARES A LA CALLE BOLIVAR ENTRE LAS CALLES DANIEL CAMPOS Y CAMPERO

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	25,52
% GIRO DERECHA (GD)	42,16	0,00
% RECTO	57,84	74,48
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	50,74	13,57
% VEHÍCULOS LIVIANOS	49,26	86,51
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	100,00	49,91
% VEHÍCULOS PARTICULARES	0,00	50,16
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	253	287
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
965	A1	1498	1348	1213,38	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000
	A2	1270	1143	965,58	1,000	1,000	0,845	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	253	1213	0,209	C	**C**
A2	287	965	0,297	C	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
434	1213	A1	19	40	576	47,49
	965	A2	18	40	434	44,97

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38\frac{[1-(g_i/C)]^2}{[1-1(g_i/C)X_i]}$$

$$d_{2i} = 173X_i^2\left[(X_i-1)+\sqrt{(X_i-1)^2+(16X_i/C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	576	0,4392	40	19	0,475	5,294	0,360	5,654
A2	434	0,661	40	18	0,450	6,546	2,592	9,138

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Se observa una ligera mejora en transitabilidad, reduciendose el tiempo de demora en ambos accesos.

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - DANIEL CAMPOS

PROHIBIR EL INGRESO DE VEHíCULOS PARTICULARES A LA CALLE BOLIVAR ENTRE LAS CALLES DANIEL CAMPOS Y CAMPERO

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	37,08	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	21,18
% RECTO	62,92	78,82
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	34,27	8,55
% VEHÍCULOS LIVIANOS	65,96	91,62
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	82,45	65,88
% VEHÍCULOS PARTICULARES	17,78	34,28
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	473	328
ANCHO DE CARRIL (m)	10,05	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	SI	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	SI	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	2088	1879	1352,70	0,900	1,000	0,800	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	473	1352	0,350	D	**D**
A2	328	1028	0,319	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
462	1352	A1	19	40	642	47,49
	1028	A2	18	40	462	44,94

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

$$d_i = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38 \frac{\left[1-(g_i/C)\right]^2}{\left[1-1(g_i/C)X_i\right]}$$

$$d_{2i} = 173 X_i^{\,2}\left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + (16 X_i / C_i)}\right]$$

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	642	0,7368	40	19	0,475	6,445	3,083	9,528
A2	462	0,710	40	18	0,450	6,757	3,459	10,216

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

No se producen cambios significativos en los tiempos de demora y nivel de servicio.

PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS

PROHIBIR EL INGRESO DE VEHíCULOS PARTICULARES A LA CALLE BOLIVAR ENTRE LAS CALLES DANIEL CAMPOS Y CAMPERO

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - GENERAL TRIGO

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	30,24	0,00
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	12,10
% RECTO	69,76	87,90
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	51,97	14,57
% VEHÍCULOS LIVIANOS	48,25	85,56
% VEHÍCULOS PÚBLICOS	100	64,80
$ VEHÍCULOS PARTICULARES	0,00	35,34
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	305	232
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1028	A1	1500	1350	1080,00	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000
	A2	1270	1143	1028,70	1,000	1,000	1,000	0,900	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	305	1080	0,282	C	**C**
A2	232	1028	0,226	C	

El nivel de servicio mejora pasando de "D" a "C"

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
334	1080	A1	24	40	648	60,00
	1028	A2	13	40	334	32,49

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	648	0,4707	40	24	0,600	3,389	0,416	3,806
A2	334	0,695	40	13	0,325	8,945	4,201	13,146

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	A	**B**
A2	B	

Se observa una mejor transitabilidad, reduciendose el tiempo de demora en ambos accesos, el Acceso A1 pasa de un nivel de servicio "B" a un nivel de servicio "A".

INTERSECCIÓN: BOLIVAR - SUCRE

PROHIBIR EL INGRESO DE VEHíCULOS PARTICULARES A LA CALLE BOLIVAR ENTRE LAS CALLES DANIEL CAMPOS Y CAMPERO

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	20,54
% GIRO DERECHA (GD)	22,79	0,00
% RECTO	77,21	79,46
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
% VEHÍCULOS MEDIANOS (VM)	42,75	0,28
% VEHÍCULOS LIVIANOS	57,48	100,00
%VEHÍCULOS PÚBLICOS	100,24	62,40
% VEHÍCULOS PARTICULARES	0,00	37,87
VOLUMEN V EN EL ACCESO (Veh/h)	294	360
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	3,05
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	NO	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	NO	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	NO
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	1

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
982	A1	1500	1350	1263,65	1,000	1,000	1,000	0,936	1,000
	A2	1221	1098	982,64	1,000	1,000	0,895	1,000	1,000

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	294	1263	0,233	C	**D**
A2	360	982	0,367	D	

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
442	1263	A1	19	40	600	47,51
	982	A2	18	40	442	45,01

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	600	0,4900	40	19	0,475	5,460	0,526	5,986
A2	442	0,814	40	18	0,450	7,258	7,720	14,978

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	B	

Se observa una mejor transitabilidad, reduciendose el tiempo de demora en ambos accesos, además de que ambos pasan a un nivel de servicio "B".

APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA PLANTEAR MEDIDAS

Se procede a realizar el planteamiento de varias soluciones en esta intersección tipo.

INTERSECCION: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD

Intersección Analisada: Domingo Paz - Daniel Campos

Evitando el ingreso de Micros de transporte Público, que para esta intersección representan un 19,55 % del total del volumen de llegada de la calle Domingo Paz (A1) y 5,66 % del total del volumen de llegada de la Calle Daniel Campos (A2), los nuevos volumenes serían:

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
NUEVO VOLUMEN V (Veh/h)	**336**	**305**
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	36,03
% GIRO DERECHA (GD)	26,41	0,00
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	SI	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	SI	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	SI
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Haciendo el nuevo cálculo de la Capacidad y el Nivel de Servicio tenemos:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
972	A1	1490	1341	1052,48	0,900	0,950	1,000	0,918	1,000
	A2	1350	1215	972,00	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

La capacidad en el Acceso 2 no varía porque el porcentaje de giros sobrepasa todavia el 30%

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	336	1052	0,319	D	**D**
A2	305	972	0,314	D	

El Nivel de servicio sigue manteniendose en flujo inestable, se debería acompañar con otra medida para tener mejores resultados.

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
342	1052	A1	13	40	342	32,51
	972	A2	24	40	583	59,98

Se observa un ligero aumento en la capacidad del acceso A1

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	342	0,3194	40	13	0,325	7,728	0,192	7,920
A2	583	0,314	40	24	0,600	2,996	0,106	3,102

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	A	

Se obtiene un menor tiempo de demora en el acceso A1 favoreciendo en cierta medida a mejorar la transitabilidad en esta intersección.

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS

Aplicación de los resultados obtenidos para buscar soluciones

Se realiza el análisis de la intersección, con la prohibición de estacionamiento en la calle Daniel Campos (A2), esta prohibición evitará la reducción del ancho útil de calzada de ingreso a la intersección.

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
NUEVO VOLUMEN V (Veh/h)	**336**	**305**
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	36,03
% GIRO DERECHA (GD)	26,41	0,00
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	SI	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	SI	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	**NO**
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Haciendo el nuevo cálculo de la Capacidad y el Nivel de Servicio tenemos:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1052	A1	1490	1341	1052,48	0,900	0,950	1,000	0,918	1,000
	A2	1490	1341	1072,80	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

La capacidad en el Acceso 2 aumenta un 8,23% esto posibilita una mejor transibilidad en la calle Daniel Campos que puede servir como una vía de evacuación si se realiza algun tipo de restricción en alguna calle adyacente.

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	336	1052	0,319	D	**D**
A2	305	1072	0,285	C	

El Nivel de servicio mejora en la Calle Daniel Campos pasando de "D" a "C".

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
342	1052	A1	13	40	342	32,51
	1072	A2	24	40	643	59,98

Se observa un ligero aumento en la capacidad del A1

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	342	0,3194	40	13	0,325	7,728	0,192	7,920
A2	643	0,285	40	24	0,600	2,933	0,069	3,002

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	A	

Se obtiene un menor tiempo de demora en el acceso A2 favoreciendo a una mejor transitabilidad en dicho acceso.

INTERSECCIÓN: DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS

Aplicación de los resultados obtenidos para buscar soluciones

Intersección Analisada: Domingo Paz - Daniel Campos

Se realiza el análisis de la intersección, con la prohibición de paradas en la calle Domingo Paz (A1), esta prohibición evitará la reducción de la capacidad en este Acceso.

DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2
NUEVO VOLUMEN V (Veh/h)	**336**	**305**
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	36,03
% GIRO DERECHA (GD)	26,41	0,00
% VEHÍCULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00
ANCHO DE CARRIL (m)	5,30	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	**NO**	NO
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	**NO**	NO
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	**NO**
ZONA	CENTRAL	CENTRAL
NUMERO DE SENTIDOS	1	1
NUMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2

Haciendo el nuevo cálculo de la Capacidad y el Nivel de Servicio tenemos:

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTOR GIRO IZQUIERDA	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
1072	A1	1490	1341	1230,97	1,000	1,000	1,000	0,918	1,000
	A2	1490	1341	1072,80	1,000	1,000	0,800	1,000	1,000

La capacidad en el Acceso 1 aumenta un 10,29% respecto de la Capacidad original y en un 1,90% mas con respecto a la aplicación de prohibición de estacionamiento esto mejora aún más la transibilidad en la calle Domingo Paz podiendo usarse ambos carriles para la circulación vehicular.

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO

NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	Flujo Libre	**0,0**
B	Flujo Estable	**? 0,10**
C	Flujo Estable	**? 0,30**
D	Próximo al Flujo Inestable	**? 0,70**
E	Flujo Inestable	**? 1,0**
F	Flujo Forzado	**-b**

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	336	1230	0,273	C	**C**
A2	305	1072	0,285	C	

El Nivel de servicio mejora en ambos accesos pasando de "D" a "C".

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO

CORRECCIÓN POR HORA VERDE

CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACID. REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE	INCIDENCIA DEL SEMAFORO EN LA CAPACIDAD
400	1230	A1	13	40	400	32,52
	1072	A2	24	40	643	59,98

Se observa un aumento en la capacidad de ambos Accesos

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO

ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (Seg.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg/veh)	DEMORA d2i (Seg/veh)	DEMORA TOTAL di (Seg/veh)
A1	400	0,2732	40	13	0,325	7,600	0,097	7,697
A2	643	0,285	40	24	0,600	2,933	0,069	3,002

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO	TIEMPO DE DEMORA (Seg/veh)
A	La mayoria de los vehiculos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	**d < 5**
B	Algunos vehiculos comienzan a detenerse	**5,1 < d < 15**
C	La progresion del transito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	**15,1 < d < 25**
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresion del transito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relacion v/c altas	**25,1 < d < 40**
E	Limite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	**40,1 < d < 60**
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la interseccion, lo que ocaciona congestionamiento y operación saturada	**d > 60**

ACCESO	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	B	**B**
A2	A	

El tiempo de demora se reduce en comparación al estado original de la intersección.

Se puede observar que la aplicación conjunta de una serie de medidas ayuda notablemente a mejorar la circulación por la vía e intersección a las cuales se aplica éstas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La formación de colas de espera se debe en gran parte a la mala coordinación de semáforos, estos no cuentan con un cerebro que les permita ser accionados individualmente, ya que la mayoría de los semáforos de una calle se accionan en una misma fase. La utilización de algún software o programa computacional más los valores obtenidos de este estudio servirían de gran manera, para mejorar la repartición de tiempos de ciclo de semáforo de una intersección a otra, haciendo que esto se puede conseguir de manera sencilla sin la necesidad de hacer pruebas en campo. Esta variación de los tiempos de los semáforos puede lograr que se readecue y mejore la circulación del tráfico vehicular.

En las horas pico el problemas del congestionamiento es evidente a simple vista, se observa las colas de espera y demoras que la generan la gran cantidad de vehículos que circulan dentro del área central. Una buena señal es la no circulación del transporte pesado. Además de que, en más de la mitad de las vías la velocidad de circulación media disminuye considerablemente con respecto al flujo libre.

Las intersecciones que no cuentan con semáforo, tampoco tienen señales ó dispositivos de control que prioricen la maniobra de los vehículos cuyo acceso tiene mayor volumen de llegada, este es el caso de las intersecciones Gral. Trigo - Fray M. Mingo y Corrado - Colón.

Podría tenerse en cuenta, la posibilidad de la reversibilidad de la calle Cochabamba en las horas punta de mayor circulación, el sentido podría ser de Este a Oeste, de lunes a viernes, tomando en cuenta calles de evacuación fuera de la zona de estudio. La aplicación de algún programa podría ser de gran ayuda para evaluar la eficacia de esta alternativa.

El Transporte Público (taxis, micros, taxi trufis) tiene gran incidencia dentro de la zona de estudio, representan casi el 60% de la circulación vehicular. La mayoría de los conductores de micros no respetan las paradas establecidas ya sea por su propia imprudencia o la de algún pasajero, no existe un control estricto con respecto a esta situación. Los taxis también generan congestionamiento debido a que circulan por las vías a velocidades bajas en busca de pasajeros.

Aproximadamente en un 80% de las calles e intersecciones del centro de la ciudad, los conductores no cuentan con una buena visibilidad, esto repercute en la reducción de su velocidad al ingreso de un intersección como de salida, de igual manera los peatones al no contar con el espacio suficiente en la acera hace uso de la calzada perjudicando el tránsito y contribuyendo al aumento del congestionamiento.

El estacionamiento deberá ser prohibido en un campo de acción mayor (no solamente en la Domingo Paz y Bolivar), de igual forma deberá extenderse el cobro de estacionamiento a todas las calles perimetrales y adyacentes a la zona de estudio teniendo el mismo el valor de 1 bs. y de 5 bs. dentro de la zona de estudio, para de esta manera inducir en el usuario para que tome otro tipo de mecanismo para poder llegar a su objetivo.

Es evidente que el incumplimiento de la señalización y las normas de tránsito, ya sea por conductores o peatones, ocasiona congestionamiento vehicular y posibles accidentes a los usuarios que transiten por la zona.

Haciendo una comparación de métodos para la determinación del congestionamiento, se tiene que los valores más cercanos a los obtenidos en campo son los que se calculan mediante el método determinístico.

Se puede optar por la medida de volver semipeatonales a algunas de las calles del centro de la ciudad, se obtendrían mejores resultados si a éste planteamiento se lo acompaña con medidas de carácter restrictivo, además que mejora la transitabilidad evitando las demoras que causarían los estacionamientos en dichas calles.

5.2. Recomendaciones

Debería incrementarse el control de tránsito y los elementos de ayuda a mejorar la circulación (cebras), esto puede solventarse del aumento de peaje por estacionamiento.

Podría plantearse como medida la restricción vial, es decir, restringir la circulación de una cierta cantidad de vehículos en la zona de estudio. Las restricciones más comunes son las que llevan el control de la placa del vehículo, como también una roseta de permiso de circulación. Esta medida debería aplicarse tanto a vehículos particulares como públicos aunque se puede hacer algún tipo de consideración a aquellos que transporten mayor cantidad de pasajeros.

Las instituciones podrían descentralizarse ubicando oficinas sucursales en varios puestos de la ciudad para evitar la obligación de trasladarse hacia el centro de la cuidad, como también abrir sus puertas en horas no pico como ser una o dos noches a la semana; además de que se podría hacer un mejor uso de la tecnología para realizar la mayor parte de las actividades por Internet. Esto debería ser inculcado a la población mediante spots televisivos y otros.

Se debe hacer mayor énfasis en la educación vial que tienen los conductores y peatones, hacer que los mismos cumplan las normas establecidas. Llevarla a cabo una formación permanente desde la niñez, enseñando a combatir la falta de respeto por parte de los usuarios hacia las normas de tránsito, evitan la conducción indisciplinada, etc.

Escalonar los horarios de inicio de actividades traería algún alivio al congestionamiento. Los colegios y escuelas podrían iniciar sus actividades a primera hora de la mañana, las oficinas públicas una hora después y los negocios particulares dos horas más tarde; todo esto alargaría el período punta de la mañana.

Es de gran importancia un mejor manejo de la institución de tráfico y transporte para realizar controles, mediciones, aforos sistemáticos y estadísticos de los factores de tráfico como ser: volúmenes de tráfico, velocidad, tiempos de fase de los semáforos, etc.

Se podría destinar el carril derecho para la circulación de vehículos del transporte público (micros) con paradas fuera del área estudiada. Sería más beneficioso reducir la cantidad de taxis que de micros ya que estos tienden a llevar menos pasajeros.

Se deberá ser más rígidos con la ordenanza del trazo urbano del centro de la ciudad, corrigiendo el ancho de las aceras y ochaves, además de los puestos comerciales mal ubicados.

Se recomienda un mantenimiento más continuo para con la señalización horizontal. Los pintados de las mismas deberán hacerse por lo menos una vez al año o cuando no se pueda distinguir a éstas con claridad.