

# **“CONSULTORÍA PARA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MOVILIDAD DEL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA”**

## **PRODUCTO 4 VERSIÓN FINAL**

**DEFINICIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE TRÁNSITO  
(CONDICIONES BASE PARA SEMAFORIZACIÓN,  
CONDICIONES BASE PARA CIRCULACIÓN PARA LA RED  
VIAL, MANEJO DE INTERSECCIONES CONFLICTIVAS,  
IDENTIFICACIÓN DE LAS 20 INTERSECCIONES MÁS  
CRÍTICAS EN EL CANTÓN, DEFINICIÓN DE LA  
INTERSECCIÓN TIPO, CONDICIONES TÉCNICAS PARA  
EL TRATAMIENTO DE INTERSECCIONES)**

**ATT. Dr. Edwin Yáñez Calvachi**

**12 DE AGOSTO DE 2013**

## ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES.....	7
2.	INTRODUCCIÓN.....	7
3.	OBJETO DE LA CONSULTORÍA .....	8
3.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
4.	ALCANCE .....	9
5.	MODELO DE GESTIÓN DE TRÁNSITO.....	9
5.1.	MODELO CONCEPTUAL.....	9
5.2.	INGENIERÍA DE TRÁNSITO .....	11
5.2.1.	Impactos de las intervenciones urbanas .....	11
5.2.2.	Criterios de planificación y regulación .....	12
5.3.	LA GESTIÓN DEL TRÁNSITO .....	14
5.3.1.	Planificación de la Red Vial.....	14
5.3.2.	Jerarquización Vial .....	15
5.3.3.	Estructura de la Red Vial.....	17
5.4.	ESTUDIOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO .....	18
5.4.1.	Definiciones .....	18
5.5.	USO DE LOS DATOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO .....	19
5.6.	MÉTODOS DE MUESTREO.....	19
5.7.	DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES INSTANTÁNEAS .....	21
5.7.1.	Aplicación de Estudios de Velocidades Instantáneas .....	22
5.7.2.	Selección del punto o puntos de ubicación de los estudios. 23	
5.7.3.	Análisis de datos y suma de estadísticas de velocidades instantáneas .....	25
5.8.	MÉTODO DEL VEHÍCULO DE PRUEBA .....	27
5.8.1.	Análisis de datos y sumario de estadísticas .....	28
5.8.2.	Estudios de demora en intersecciones .....	28
5.8.3.	Métodos para medir demoras en intersecciones .....	29
5.9.	ESTUDIOS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO .....	30
5.9.1.	Sistema de récord permanente.....	30
5.9.2.	Procesamiento de datos.....	32

5.9.3.	Identificación de sitios de alto riesgo .....	32
5.9.4.	Análisis detallado de accidentes .....	33
5.9.5.	Preparación de los diagramas de colisión .....	34
5.9.6.	Cálculo de los índices de accidentes .....	34
5.9.7.	Aplicaciones .....	35
5.9.8.	Análisis estadísticos .....	36
6.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRÁNSITO .....	36
6.1.	CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO .....	36
6.2.	DEFINICIONES IMPORTANTES .....	38
6.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRÁNSITO .....	41
6.3.1.	Condiciones de Velocidad - Volumen - Densidad .....	41
6.3.2.	Condiciones de congestión .....	43
6.3.3.	Relación entre demanda, capacidad y congestión.....	43
7.	METODOLOGÍA DE ESTUDIOS DE IMPACTO VIAL .....	44
7.1.	EXTENSIÓN DEL ESTUDIO .....	46
7.2.	ÁREA DE ESTUDIO .....	47
7.3.	DATOS BASE PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO VIAL.....	48
7.4.	PROYECCIONES DE TRÁNSITO NO RELACIONADAS CON EL DESARROLLO.....	49
7.5.	MÉTODO BASADO EN IMPACTOS DE DESARROLLOS ADICIONALES .....	50
7.6.	MÉTODO BASADO EN EL PLAN INTEGRAL DE TRANSPORTE .	50
7.7.	MÉTODO BASADO EN TASAS DE CRECIMIENTO .....	51
8.	GENERACIÓN DE VIAJES DEL DESARROLLO PROPUESTO .....	52
8.1.	DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN DE VIAJES .....	53
8.2.	ANÁLISIS OPERACIONAL.....	53
8.3.	MEDIDAS MITIGANTES DEL IMPACTO VIAL.....	54
8.4.	PREPARACIÓN DEL INFORME .....	56
9.	INTERSECCIÓN VIAL .....	57
9.1.	TIPOS DE INTERSECCIONES VIALES.....	58
9.2.	CRITERIOS BÁSICOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES A NIVEL .....	61

9.3.	ENLACES O INTERSECCIONES A DESNIVEL .....	64
9.4.	INTERSECCIONES TROMPETA Y DIAMANTE .....	65
9.5.	CONFLICTOS EN UNA INTERSECCIÓN .....	69
9.5.1.	Conflictos de convergencia y divergencia: .....	70
9.6.	DISEÑO DE LAS INTERSECCIONES A NIVEL.....	70
9.7.	COMPONENTE SOCIOAMBIENTAL: .....	72
10.	SEÑALIZACIÓN VIAL .....	73
11.	SEMAFORIZACIÓN VIAL.....	74
11.1.	REQUISITOS PARA INSTALACION.....	80
11.2.	CALCULO DEL CICLO Y PROGRAMACION .....	85
12.	EJEMPLOS DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO.....	87
12.1.	PROBLEMÁTICA Y METODOLOGÍA.....	87
12.2.	PROPUESTA DE MEJORAS.....	96
12.3.	ANALISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS .....	100
12.3.1.	Metodología y estudios .....	101
12.3.2.	Intersección 13.....	101
12.3.3.	Intersección 14.....	102
12.3.4.	Intersección 15.....	104
12.3.5.	Intersección 16.....	105
12.3.6.	Intersección 17.....	107
12.3.7.	Intersección 21.....	108
12.4.	PROPUESTA DE MEJORAS.....	110
12.4.1.	Intersección 13.....	110
12.4.2.	Intersección 14.....	110
12.4.3.	Intersección 15.....	111
12.4.4.	Intersección 16.....	111
12.4.5.	Intersección 17.....	111
12.4.6.	Intersección 21.....	111
12.5.	OTROS HALLAZGOS.....	112
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
	ANEXOS .....	116

## **ANEXO 1: CATALOGO DFE FOTOGRAFÍAS DE INTERSECCIONES**

### **ANEXO 1: PLANOS DE UBICACIÓN DE INTERSECCIONES Y ESTACIONES DE SERVICIO**

## **ANEXO 2: REGLAMENTO DE SEMAFORIZACIÓN INEN RTE 004**

### **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Estructura de la red vial .....	17
Gráfico 2: Esquemas bases de intersecciones a nivel.....	59
Gráfico 3: Enlace tipo trompeta .....	65
Gráfico 4: Dibujo de una intersección típica de diamante .....	66
Gráfico 5: Tréboles .....	67
Gráfico 7: Ubicación de los semáforos .....	78
Gráfico 8: Altura de las caras .....	79
Gráfico 9: Diagrama de movimientos .....	85
Gráfico 10: Movimientos.....	86
Gráfico 12: Semáforo de 2 fases .....	87
Gráfico 13: Semáforo de 3 fases. ....	87
Gráfico 14: Leyenda de esquemas de semaforización .....	100
Gráfico 15: Esquema Intersección 13 .....	101
Gráfico 16: Fases intersección 13 .....	102
Gráfico 17: Tiempos intersección 13 .....	102
Gráfico 18: Esquema Intersección 14 .....	103
Gráfico 19: Fases intersección 14 .....	103
Gráfico 20: Tiempos intersección 14 .....	103
Gráfico 21: Esquema Intersección 15 .....	104
Gráfico 22: Fases intersección 15 .....	105
Gráfico 23: Tiempos intersección 15 .....	105

Gráfico 24: Esquema Intersección 16 .....	106
Gráfico 25: Fases intersección 16 .....	106
Gráfico 26: Tiempos intersección 16 .....	106
Gráfico 27: Esquema Intersección 17 .....	107
Gráfico 28: Fases intersección 17 .....	107
Gráfico 29: Tiempos intersección 17 .....	108
Gráfico 30: Conflicto de giro izquierda en intersección 17 .....	108
Gráfico 31: Esquema Intersección 21 .....	109
Gráfico 32: Fases intersección 21 .....	109
Gráfico 33: Tiempos intersección 21 .....	109
Gráfico 34: Conflicto de giro izquierda en intersección 21 .....	110

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Jerarquía de la Red Vial Según Función.....	15
Tabla 2: Tabla de Aplicaciones de Estudios de Volúmenes.....	19
Tabla 3: Volúmenes Observados y Tasa de Volumen .....	39
Tabla 4: Tipo de intersecciones .....	58
Tabla 5: Criterios de diseño para rotondas convencionales.....	63

### **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: Controlador electromecánico .....	75
Ilustración 2: PLC LOGO .....	75
Ilustración 3: Controlador de regulador .....	75
Ilustración 4: Las tres tecnologías juntas.....	76

## 1. ANTECEDENTES

El nuevo régimen de competencias vigente en el país, contempla que sean los Gobiernos Autónomos Descentralizados los que asuman las competencias en transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, lo cual se oficializó con la Resolución No.006-CNC-2012 del Consejo Nacional de Competencias, firmada el 26 de abril de 2012 y publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 712 del 29 de mayo de 2012; la misma que dispone la transferencia de competencias para planificar, regular y controlar el tránsito, el transporte terrestre y la seguridad vial por parte de los GADs metropolitanos y municipales.

Esta Resolución tiene su base legal en la Constitución de la República, en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización Competencias Exclusivas del Municipio y Plan Nacional del Buen Vivir.

Este documento corresponde al cuarto producto de la consultoría "PARA ELABORACIÓN DEL PLAN DE MOVILIDAD DEL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA" que nuestra empresa está desarrollando para el GADM, y se conforma como el CUARTO LIBRO de dicho trabajo.

## 2. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se detalla toda una metodología para el tratamiento del tránsito vehicular, desde el análisis de intersecciones y tramos, como el estudio de la siniestralidad o accidentología, la semaforización y en general todo lo que tiene que ver con el comportamiento vehicular a nivel principalmente urbano.

Se nos solicitó el análisis de intersecciones conflictivas o críticas del cantón a las que incorporamos el análisis de los accesos a las estaciones de combustible, realizando sobre las primeras una prelación en cuanto al grado de conflictividad. También se realizaron estudios sobre todas las intersecciones semaforizadas por un lado para presentar ejemplos de estudios de semaforización tipo y por otro para plantear mejoras en el tránsito vehicular actual.

Finalmente se encontraron durante el trabajo de campo algunos incidencias y puntos singulares que han sido descritos para generar el debate y propiciar un posible estudio particular sobre ellos.

Se han adjuntado fotografías de los hallazgos de campo y el Reglamento INEN de semaforización para consultas del equipo de la Dcc. de Movilidad.

### **3. OBJETO DE LA CONSULTORÍA**

El objetivo general sigue siendo contar con un Plan de Movilidad Sustentable que oriente a las autoridades municipales en la planificación y desarrollo de la movilidad en el cantón, considerando los aspectos técnicos y sociales que permitan conocer no sólo el cómo de la movilidad sino las motivaciones que les llevan a las personas a desplazarse y movilizar carga, así como las condiciones bajo las cuales lo hacen. Este objetivo se particulariza en este entregable por medio de la definición y recomendación del modelo de gestión de tránsito, la realización de estudios sobre esta materia y la presentación de ejemplos reales del cantón.

#### **3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Dentro de este producto tenemos los siguientes objetivos relacionados al mismo:

- ✓ Profundizar en el proceso de planeación del desarrollo, de manera que se institucionalice el mismo en el sector público. Este entregable especifica los elementos de planeación estratégica de proyectos de tránsito, tráfico y seguridad vial.
- ✓ Definir proyectos de movilidad segura para peatones, ciclistas, personas con capacidades diferentes y personas de la tercera edad. Es parte de la Política Pública ya definida que se concreta en ejemplos de mejora del tránsito en este entregable.
- ✓ Mejorar la vialidad actual del cantón tanto en lo que tiene que ver con el estado de la calzada como con los espacios destinados a peatones (aceras), asegurando eliminar o minimizar los puntos conflictivos vehículo peatón y vehículo-

vehículo; priorizando las medidas o reformas de bajo costo que consideren gestión de tráfico más que grandes obras. Se trata en este documento todo lo concerniente a la gestión del tránsito.

- ✓ Definir la política de ocupación y uso de la infraestructura de transporte en el cantón. Se detallan las herramientas para conseguir satisfacer este objetivo en materia de Ingeniería de Tránsito y otros mecanismos.
- ✓ Cumplir con los requisitos de la ANT para la entrega formal de las competencias que el GAD debe asumir por Ley. Lógicamente este producto será parte del gran entregable para la ANT.

#### 4. ALCANCE

El presente documento se lo estructura con una primera parte de conceptualización teórica de la problemática de tránsito y seguridad vial y la parte media y final del mismo con ejemplos prácticos del cantón sobre análisis de intersecciones, semaforización, consistencia vial y singularidades.

#### 5. MODELO DE GESTIÓN DE TRÁNSITO

##### 5.1. MODELO CONCEPTUAL

Para una mejor comprensión del contenido de este documento es necesario puntualizar algunos conceptos básicos sobre los cuales se desarrollarán las propuestas del Plan de Movilidad del cantón Mejía.

##### ✓ TRÁNSITO Y TRANSPORTE

En primer lugar se dejará establecido la diferencia entre estos dos conceptos, muy usados e interrelacionados en la movilidad: **TRANSPORTE**; es "la acción de trasladar a una persona o cosa de un lugar a otro". De ahí que para desarrollar esta acción existen medios de transporte. Mientras que **TRÁNSITO** es un concepto más amplio que implica movimiento o circulación. Es "la acción de desplazarse o trasladarse de un lugar a otro". Transitar

no siempre significa transportar "cosas", un peatón, un ciclista o un conductor pueden transitar, es decir movilizarse sin que necesariamente estén transportando algo.

Afinando el significado de tránsito, este se puede definir como la circulación de personas, animales y vehículos por las vías que son utilizadas por una colectividad indeterminada de usuarios, en base a las leyes correspondientes o por disposiciones de carácter general que las desarrollen.

De tránsito se deriva el siguiente concepto:

**Ordenamiento del tránsito.** Son todas aquellas medidas que tienden a organizar y distribuir las corrientes circulatorias de vehículos y peatones, de acuerdo con el espacio disponible en las vías públicas.

#### ✓ GESTIÓN DE TRÁNSITO

No es otra cosa que la administración de las vías y espacios públicos de circulación para optimizar su uso y permitir un desplazamiento más expedito y seguro para los usuarios de éstas.

La gestión de tránsito ha cobrado importancia en las últimas décadas como consecuencia no sólo de las limitaciones económicas sino también por consideraciones ambientales y urbanísticas. No es una política sostenible destruir el patrimonio arquitectónico y urbanístico, los campos o bosques de las ciudades, los espacios de recreación y esparcimiento para que; como consecuencia del aumento incontrolable de vehículos en las ciudades, se deba construir y planificar continuamente facilidades de tránsito como tréboles y otro tipo de intercambiadores o facilitadores de tránsito.

A través de la gestión de tránsito se pretende, haciendo uso de herramientas de la ingeniería, proponer mejoras en el tránsito, sin llegar a las grandes intervenciones mencionadas en el párrafo anterior.

El concepto moderno de gestión de tránsito o gestión ambiental de tránsito es la administración racional del tráfico en un área urbana

determinada, con el objeto de disminuir la mayor cantidad de impactos urbanos y ambientales negativos derivados del tráfico.

Este concepto, varía de aquel usado en la mitad del siglo pasado, tomando en cuenta consideraciones urbanas y ambientales a más de vehículos, vías y congestión.

Dentro de este concepto, el centro del análisis son las personas y sus necesidades de movilización, quienes parcial o totalmente pueden desplazarse en vehículos; pero también lo hacen como peatones.

Es muy importante también recalcar que el espacio público de la movilidad y el tránsito son todas las áreas por las que se movilizan personas y vehículos, esto incluye aceras, cruces, paradas, y otras áreas públicas de las ciudades. Por supuesto que las calzadas de circulación vehicular juegan un papel importantísimo en los espacios públicos.

## **5.2. INGENIERÍA DE TRÁNSITO**

### **5.2.1. Impactos de las intervenciones urbanas**

Toda intervención urbana, sea esta la aparición o generación de alguna nueva actividad, o la apertura de nuevas vías, genera un aumento de la circulación en sus inmediaciones.

Esto genera impactos sobre las actividades de las personas, el transporte y el medio ambiente urbano.

Desde una perspectiva urbana los impactos derivados de un aumento del tráfico son variados:

- ✓ Congestión
- ✓ Contaminación del aire
- ✓ Riesgo
- ✓ Ruido
- ✓ Segregación

- ✓ Intimidación
- ✓ Intrusión Visual e
- ✓ Inaccesibilidad del transporte público, entre otros.

De los impactos mencionados, la congestión ha sido tradicionalmente reconocida por todos como el principal impacto derivado del aumento del tráfico.

Pero, la preocupación, aún en estos días, se reduce a considerar el efecto únicamente sobre los usuarios de vehículos. La congestión peatonal o la sobre demanda de transporte público con el consecuente exceso de pasajeros en el transporte público no se trata como un problema para la ingeniería ni el urbanismo.

Se asume, además, que la disminución de la congestión traerá en consecuencia una disminución de los restantes impactos derivados del tráfico, lo cual no necesariamente es así.

Menor congestión, o tráfico fluido deriva en mayores velocidades y en menor contaminación, pero también en mayor intimidación y en mayor riesgo, por lo que los posibles accidentes son más graves.

Al buscar disminuir la congestión vehicular, se tiende a ensanchar las vías para priorizar a los vehículos motorizados y se relegan a peatones y bicicletas.

### **5.2.2. Criterios de planificación y regulación**

La gestión de tránsito se debe aplicar sobre zonas geográficas completas (barrio, comuna, ciudad) y no deben ser medidas aisladas espacialmente y temporalmente; es decir, la acción debe ser un conjunto de diseños en vez de medidas puntuales.

Desde esta perspectiva, la expansión de la ciudad debe ser acompañada de una planificación tendiente a:

- ✓ Evitar la innecesaria instalación de semáforos en una intersección aislada, donde no se justifique por el escaso o estacional volumen de tránsito.
- ✓ Desarrollar una gestión articulada de la movilidad con las diferentes localidades y municipios vecinos, en términos de regulación y control del tránsito.
- ✓ Efectuar un seguimiento de los desplazamientos de bienes, productos y personas, identificando los tipos de siniestralidad vial que se produjera.
- ✓ Generar propuestas específicas de intervención en aquellas áreas identificadas de concentración y/o de recurrencia de accidentes de tránsito.

El conjunto de medidas a aplicar en la materia debe combinarse en paquetes integrales para garantizar:

1. Que los problemas de tránsito no sean transferidos simplemente a nuevos puntos de conflicto,
2. Que exista una sinergia entre las diversas intervenciones, y
3. Que se presente a los usuarios un mismo "mensaje" en forma coherente y consistente, para mejorar la probabilidad de observancia de las diferentes normas de tránsito.

Asimismo, se debe mejorar y ampliar el transporte público colectivo, planificando de manera eficiente nuevos recorridos que conecten las diferentes parroquias del cantón y mejorando la infraestructura y el mobiliario urbano (estado de las calles, paradas de bus, pasos peatonales).

En consecuencia, desde el GAD Municipal de Mejía se debe planificar la seguridad vial antes que se presenten problemas, operando simultáneamente sobre:

1. Educación vial a la población,
2. Capacitación de los funcionarios y agentes multiplicadores,
3. La generación de ámbitos de gestión comunal en la material,
4. La conformación de grupos de prevención de siniestros con participación ciudadana, y

5. Mejorando la cobertura y servicio del sistema de transporte público de pasajeros.

Es normal que las mejoras viales o apertura de vías de descongestión para disminuir la congestión terminan atrayendo el uso del vehículo privado y el asentamiento de nuevas urbanizaciones, con lo cual en vez de disminuir la congestión, esta crece. Es por ello, que al realizar nuevas obras, paralelamente se debe proteger, mediante estrictas regulaciones, el uso del suelo, así como eliminar nuevos accesos vehiculares a la vía de descongestión planificada.

La planificación temprana y la reserva de espacio para la infraestructura de transporte es entonces un importante lineamiento a seguir.

Las ciudades pequeñas como las del cantón Mejía, tienen la gran ventaja de estar a tiempo para planificar y evitarse los grandes problemas que el tránsito ha generado a ciudades grandes que crecieron sin planificación y sin previsión para los retos que la movilidad presenta actualmente.

### **5.3. LA GESTIÓN DEL TRÁNSITO**

Para gestionar el tránsito se cuenta con cinco herramientas básicas: planificación y jerarquización vial, señalización horizontal y vertical, semaforización, diseños de intersecciones a nivel y diseño de intercambiadores o facilidades de tránsito. Estratégicamente la gestión inicia por una buena planificación de la red vial que regula el tránsito por jerarquía de la malla vial con la correspondiente señalización tanto horizontal como vertical. El paso a la semaforización y las otras herramientas, dependerá ya de los conflictos y niveles de congestión que se presenten, los mismos que no pueden ser asumidos subjetivamente sino en base a estudios de tráfico.

#### **5.3.1. Planificación de la Red Vial**

La red vial se planifica en función del tránsito, nivel de servicio, accesibilidad y el servicio del transporte público de acuerdo a lo establecido en las políticas del GAD Municipal de Mejía. Por ello la red

vial debe planificarse para que opere bajo un nivel de servicio congruente con un modelo de desarrollo sostenible del cantón, paralelamente, a una optimización y mejoras de condiciones de servicio del transporte público para promover el uso del mismo, para atraer usuarios de transporte particular en busca de conseguir disminuir la congestión vehicular.

El capítulo que se desarrollará a continuación incluye conceptos y terminología así como procedimientos para estudios de tránsito, comunes en la ingeniería de tránsito, por lo que se ha tomado los contenidos del Manual Normativo de Estudios de Ingeniería de Tránsito, elaborado por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de la Secretaría de Desarrollo Social de México y del Traffic Engineering Handbook sexta edición.

### 5.3.2. Jerarquización Vial

La jerarquía vial está descrita en la Tabla siguiente la misma permite diferenciar los segmentos de la red de la siguiente forma: autopistas, arterias primarias y secundarias, y vías colectoras y locales.

**Tabla 1: Jerarquía de la Red Vial Según Función**

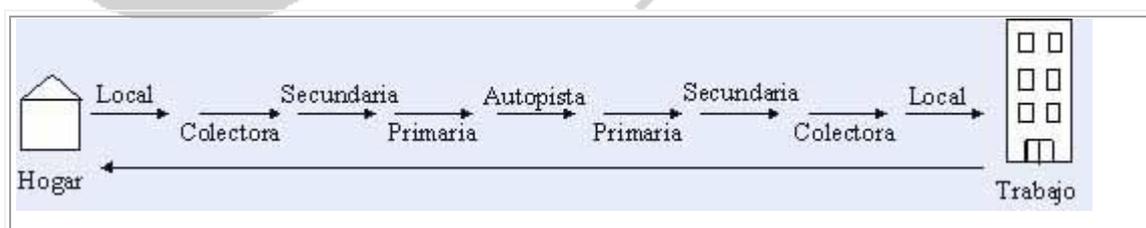
JERARQUÍA VIAL	FUNCIÓN
Autopista	Conecta, a nivel regional, el área metropolitana con la ciudad, formando una red nacional y urbana que moviliza un alto volumen de tránsito a velocidades altas. Son vías de acceso controlado, con poco énfasis en el acceso a los desarrollos localizados a lo largo de la vía.
Arteria Primaria	Traslada el volumen de tránsito de mediana y larga distancia hacia las áreas de las principales actividades de empleos.
Arteria Secundaria	Distribuye el tránsito desde las arterias primarias hacia las diferentes actividades de uso del suelo.
Calle Colectora	Une las arterias secundarias con las vías locales, y proporciona accesos directos a los desarrollos localizados a lo largo de las vías.
Calle Local	Diseñadas específicamente para permitir el acceso a los desarrollos particulares (viviendas, negocios,

JERARQUÍA VIAL	FUNCIÓN
	etc.) y conecta el tránsito que estos generan con las calles colectoras. El énfasis se hace en la integración con el uso del suelo.

La función de las vías está determinada por el volumen de tránsito, la distancia y la accesibilidad a los sitios de desarrollo. En ese sentido, las autopistas y vías primarias movilizan el tránsito de alta velocidad y con viajes largos, las cuales a su vez están apoyadas por arterias secundarias que distribuyen el tránsito hacia los puntos de desarrollo, uniéndose con las vías colectoras y locales.

La estructura y jerarquización es esencial para un sistema vial bien planificado. Al realizar un viaje en un esquema de este tipo, el conductor ingresa usualmente al sistema mediante una vía local, la cual lo conecta a una colectoras. La vía colectoras canaliza los conductores a una arteria secundaria, que los llevará a una arteria primaria y/o autopista. Luego vuelve a ingresar a una arteria secundaria y colectoras que distribuirá los vehículos a los usos de suelo adyacentes o hacia otras vías locales.

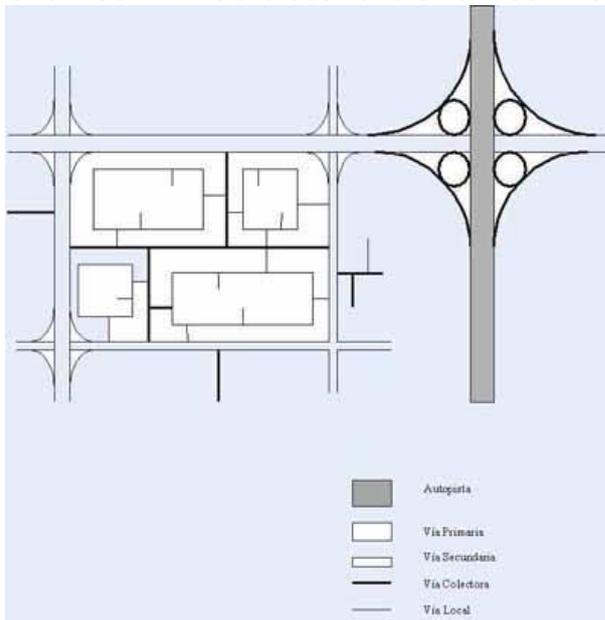
Bajo condiciones ideales, el viaje mantiene el flujo ilustrado en el siguiente esquema:



Cabe destacar, que el orden jerárquico no implica que el viaje debe estrictamente cumplir con seguir en orden ascendente o descendente la jerarquía. En otras palabras, se puede saltar de una vía local a una secundaria sin pasar por una colectoras, como se puede pasar de una colectoras a una primaria y viceversa.

### 5.3.3. Estructura de la Red Vial

**Gráfico 1: Estructura de la red vial**



**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

Sin embargo, no es recomendable que una calle local se una directamente a una vía primaria. Este caso, que es muy frecuente, produce mucho tránsito que ingresa a la vía primaria a velocidades bajas. De la misma manera se da el caso inverso, donde el flujo vehicular que sale de la vía primaria tiene que reducir sustancialmente la velocidad porque las condiciones del pavimento y de los radios de giro en la intersección de la calle local no permiten una maniobra de giro a mayor velocidad.

Esta condición de flujo vehicular produce fricción con el tránsito de paso, para el cual la vía primaria está diseñada para servir, y reduce la capacidad de la misma.

El proceso de planificación termina con la asignación de todos los viajes particulares en la red vial, a través de un modelo de simulación (software), previo los correspondientes estudios y conteos de volúmenes de tráfico realizados en puntos estratégicos. Se asignan los vehículos a la red vial propuesta en busca de la ruta que los llevará a su destino en el menor tiempo posible. El transporte público en cambio se asigna en busca del paso mínimo (distancia mínima).

## 5.4. ESTUDIOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO

### 5.4.1. Definiciones

- Volumen de Tránsito: Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un período específico de tiempo.
- Densidad de Tránsito: Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.
- Intensidad o Volumen Medio Diario (VMD): Es el volumen total que pasa por una sección transversal o por un segmento de una carretera, en ambos sentidos, durante un año, dividido entre el número de días en el año. Se puede obtener también para un solo sentido.
- Trigésimo Volumen Horario Más Alto: El volumen horario que es excedido sólo por 29 volúmenes horarios durante un año dado.
- Volumen Horario de Diseño (VHD): Es el volumen horario futuro utilizado para diseño. Por lo general se usa el trigésimo volumen horario más alto para el año futuro de diseño.
- Relación entre el Volumen Horario de Diseño (VHD) y el Volumen Medio Diario (VMD): El volumen horario de diseño se expresa a menudo como un porcentaje del volumen medio diario. El rango normal está entre un 12% y un 18 % para ambos sentidos, y un 16% a un 24% para un solo sentido.
- Distribución Direccional: Es el volumen durante una hora en particular en el sentido predominante expresado como un porcentaje del volumen en ambos sentidos durante la misma hora.
- Composición del Tránsito: Vehículos pesados o de transporte público expresados (excluyendo vehículos livianos, con una relación peso/potencia similar a vehículos privados) como un porcentaje del volumen horario de diseño.

## 5.5. USO DE LOS DATOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO

- La información sobre volúmenes de tránsito es de gran utilidad en la planeación del transporte, diseño vial, operación del tránsito e investigación. La siguiente tabla ilustra los estudios de volúmenes de tráfico más usuales.

**Tabla 2: Tabla de Aplicaciones de Estudios de Volúmenes**

TIPO DE VOLUMEN	APLICACIÓN
<b>Volumen Medio Diario:</b> (VMD) o volumen total de tránsito	Estudios de tendencias; Planeación de Carreteras; Programación de Carreteras; Selección de Rutas; Cálculo de Tasas de Accidentes; Estudios Fiscales; Evaluaciones Económicas
<b>Volúmenes Clasificados:</b> por tipo de vehículo, número de ejes, y/o peso.	Análisis de Capacidad; Diseño Geométrico; Diseño Estructural; Cómputos de Estimados de recolección de impuesto de los usuarios de vialidades
<b>Volúmenes durante periodos de tiempo específicos:</b> durante horas pico, horas valle, y por dirección.	Aplicación de Dispositivos de Control del Tránsito; Vigilancia Selectiva; Desarrollo de Reglamentos de tránsito, diseños geométricos

FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

## 5.6. MÉTODOS DE MUESTREO

A continuación se enumeran las modalidades más comúnmente usadas para aforos (conteos) de tránsito.

- ✓ Aforos Manuales:

Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.

La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.

El equipo usado es variado; Desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.

La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

✓ Aforos con Contadores Mecánicos:

Los contadores permanentes se usan para aforar el tránsito continuamente. Se usa para estudios de tendencias. Pueden ser activados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

✓ Contadores Portátiles:

Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil.

Entre sus ventajas se cuentan: una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el período del aforo. Entre sus desventajas se cuentan: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas. Sin embargo, los contadores de última generación han corregido la mayoría de estos problemas.

✓ Programación de los Aforos

El número de horas de aforo varía con el método usado y el propósito. Los contadores mecánicos pueden estar contando las 24 horas del día. Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Aforos por períodos de tiempo de 16 horas, proveen más información. Por lo general, para la mayoría de los propósitos, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves) a menos que el objetivo del estudio

requiera días de fin de semana. Por lo general aforos realizados con incrementos de tiempo de 15 minutos son suficientes. Sin embargo, algunas veces es necesario efectuar aforos en intervalos menores para el diseño de carriles de giro y para cálculo de tiempos de semáforos.

✓ Aforos de Cordón

Se entiende por este tipo de aforos a la contabilización de todos los vehículos y las personas que entran o salen de una zona (área acordonada) durante un día típico. Este tipo de estudio se usa para:

- Apoyar el desarrollo de estacionamientos adecuados
- Proveer las bases para la evaluación y la introducción de técnicas operacionales de tránsito (dispositivos de control, reglamentos, etc.).
- Como apoyo a las compañías de transporte público, para que estas ajusten sus servicios a las necesidades del área.
- Como apoyo a la policía de tránsito, en planificar actividades selectivas de vigilancia.
- Obtención de datos para estudios de tendencias, etc.

Una línea de cordón define el área. Sin embargo, el número de estaciones a aforar se puede minimizar usando barreras naturales (ríos, etc.). Todas las calles que crucen la línea de cordón son estaciones de aforos con la excepción de calles con volúmenes tan bajos que sean despreciables. Por lo general, los aforos se llevan a cabo en períodos de media hora entre la 7:00 AM y las 7:00 PM.

Para resumir los resultados de los aforos de cordón, se usan curvas de acumulación. Este tipo de curvas indican la acumulación de vehículos y/o pasajeros dentro de una área acordonada.

También indican los movimientos hacia adentro y hacia afuera del área y el modo de viaje en diversos periodos de tiempo.

## **5.7. DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES INSTANTÁNEAS**

Velocidad instantánea en la vía, es la tasa de movimiento del tránsito o de un número específico de vehículos, por lo general expresado en

kilómetros por hora. Existen dos tipos de medidas de velocidades medias para expresar la tasa de movimiento.

El primer tipo es la velocidad media instantánea, que es la media de las velocidades instantáneas de un grupo de vehículos en un lugar determinado de la vía. El segundo tipo es la velocidad de viaje, que está sujeta a los tiempos de viaje y demoras.

Los estudios de velocidades instantáneas son diseñados para medir las características de la velocidad en ubicaciones específicas bajo las condiciones prevalecientes de tráfico y ambientales durante el estudio. Es necesario también obtener una muestra lo suficientemente grande de manera que los resultados sean estadísticamente significantes.

### 5.7.1. Aplicación de Estudios de Velocidades Instantáneas

Las características de velocidades instantáneas son usadas en muchas actividades de la ingeniería de tránsito, entre las cuales se encuentran:

Determinación de las reglamentaciones y equipos adecuados para el control de tránsito:

- ✓ Límites de velocidad máximos y mínimos.
- ✓ Zonas de "no pase"
- ✓ Rutas, zonas y cruces escolares
- ✓ Ubicación de semáforos y/o detectores
- ✓ Ubicación de señalización de tránsito

Nótese que en la ubicación y requisitos para la instalación de semáforos se utiliza el 85% de las velocidades instantáneas de los vehículos. Esta es la velocidad que es excedida sólo el 15% de las veces.

- ✓ Estudio de zonas con alta accidentalidad para determinar el tratamiento correctivo apropiado.
- ✓ Análisis de áreas críticas donde los problemas sean evidentes o para los cuales se hayan recibido quejas.

- ✓ Evaluación de la efectividad de mejoras de tránsito mediante estudios de "antes y después".
- ✓ Determinación de zonas para ser vigiladas selectivamente e investigar la efectividad de actividades de vigilancia de tránsito.
- ✓ Selección de elementos en el diseño geométrico de carreteras:
  - Velocidad de diseño para establecer las relaciones velocidad-curvatura-peralte y velocidad-pendiente-longitud de pendiente.
  - Velocidad instantánea de manera que permita el diseño detallado de elementos críticos como intersecciones, cruces y carriles de cambios de velocidad.
- ✓ Establecimiento de tendencias de velocidad para diferentes tipos de vehículos mediante muestreos periódicos de flujo discontinuo de tránsito en áreas seleccionadas.
- ✓ Cálculo de costos operacionales en los análisis económicos de carreteras y mejoras al tránsito.
- ✓ Estudios de investigación que involucren flujos de tránsito.

### 5.7.2. Selección del punto o puntos de ubicación de los estudios

Los estudios de velocidades instantáneas se pueden hacer en ubicaciones generales o especiales.

- ✓ Ubicaciones Generales: Son aquellas seleccionadas para estudios de tendencias o datos de encuestas básicas de tránsito. Para carreteras rurales, los estudios de tendencias se llevan a cabo en secciones rectas y sin pendiente lejos de intersecciones o desarrollos a los lados de la vía.. En áreas urbanas se seleccionan ubicaciones a media cuadra, sin la influencia de estacionamientos y accesos.
- ✓ Ubicaciones Especiales: Son aquellas seleccionadas para establecer límites de velocidad para calles específicas y secciones de vía, para evaluar mejoras de tránsito y para estudiar zonas de accidentes. Además, los estudios de

velocidades instantáneas se llevan a cabo en determinadas áreas para investigación y otros estudios especiales, o para evaluar la relación entre la velocidad y factores que puedan afectarla.

Para estimar la velocidad instantánea en una zona de manera precisa y no sesgada, se debe proceder de la siguiente forma:

1. El equipo de medición debe ser escondido de manera que el conductor no sepa que está siendo medido.
2. Si el observador necesita ver los vehículos, también debe esconderse.
3. Evitar tener público observando el aforo.
4. Chequear un número adecuado de velocidades de vehículos.

### **Procedimiento**

En la recolección de datos, se deben tener en cuenta una serie de factores. Todas las medidas de velocidad en el campo deben ser aleatorias y representativas de las condiciones de flujo libre en el flujo de tránsito. Se recomiendan los siguientes procedimientos para el muestreo:

1. Observar siempre el primer vehículo en un pelotón o columna, ya que los vehículos que siguen pueden estar viajando a la velocidad del primer vehículo por no poder pasarlo.
2. Seleccionar vehículos pesados en la misma proporción de su presencia en el flujo de tránsito.
3. Evitar el muestreo de una proporción muy alta de vehículos que viajen a altas velocidades.

Si la persona encargada de la recopilación de datos de velocidad no puede aforar todos los vehículos en el flujo de tránsito por ser volúmenes muy altos, entonces puede usar varios métodos de muestreo. Se pueden seleccionar para medir la velocidad cada segundo, tercero o enésimo vehículo. Ciertas precauciones deben ser tomadas con este procedimiento, ya que la velocidad del enésimo

vehículo puede estar controlada por efectos externos, como las columnas de vehículos a través de un sistema coordinado de semáforos.

### **5.7.3. Análisis de datos y suma de estadísticas de velocidades instantáneas**

Las sumas de los datos de velocidades instantáneas se hacen de acuerdo al propósito del estudio. Por lo general se usa la velocidad promedio, y la 85 percentil. Los análisis de datos y otras sumas estadísticas se detallan en el capítulo de análisis estadístico.

#### **✓ Tiempos de viajes y demoras**

A menudo, la eficiencia de sistemas de tránsito se evalúa en términos de velocidad de los vehículos. Existen dos tipos de velocidades medias para medir la tasa de movimiento del tránsito. El primer tipo, velocidades instantáneas, ya fue descrito anteriormente. La segunda expresión de velocidad media en una vía es la velocidad media de viaje, que se calcula como la distancia de viaje dividida por el tiempo promedio de viaje de varios viajes sobre la vía en estudio.

Los propósitos de los estudios de tiempos de viaje y estudios de demora son para evaluar la calidad del movimiento de tránsito a lo largo de una ruta y para determinar la ubicación, tipo y alcance de las demoras de tránsito. La eficiencia del flujo de tránsito se mide en función de las velocidades de viaje y recorrido.

Las informaciones de demora son tomadas cuando el flujo de tránsito se encuentra parado o con retardo excesivo. La duración de la demora de tránsito es medida en unidades de tiempo, anotando la ubicación correspondiente, la causa y la frecuencia de demoras en el viaje.

#### **✓ Aplicaciones**

Los resultados de tiempos de viaje y demora son de utilidad en la evaluación general de movimientos de tránsito dentro de un área o a

lo largo de una ruta seleccionada. Datos de demora ayudan al ingeniero de tránsito a definir las localidades con problemas donde las mejoras de diseño y operacionales son esenciales para incrementar la movilidad y la seguridad.

A continuación se presenta una lista de aplicaciones para la información de tiempos de viaje y demoras:

1. Determinación de la eficiencia de una ruta para mover tránsito.
2. Identificación de puntos de congestión en los sistemas viales
3. Definición de la congestión acorde a la localidad, tipo de demora, la duración y la frecuencia de la fricción de tránsito.
4. Evaluación de las mejoras al tránsito mediante el uso de estudios de "antes y después".
5. Cálculo de costos del usuario en la evaluación económica de vías y mejoras al tránsito.
6. Establecimiento de las tendencias de las velocidades de viaje mediante el muestreo de rutas principales.
7. Cálculo de volúmenes de servicio y capacidades para tránsito discontinuo.
8. Establecimiento de velocidades o tiempos de viaje a lo largo de segmentos para la aplicación de modelos de distribución de viajes y/o asignación de viajes en planeación de transporte.

A continuación se definen algunos conceptos necesarios:

- ✓ *Tiempo de viaje:* Tiempo que dura un vehículo para transitar por un segmento de vía.
- ✓ *Tiempo de recorrido:* Tiempo durante el cual el vehículo esta en movimiento.
- ✓ *Velocidad:* Tasa de movimiento del vehículo en distancia por unidad de tiempo.
- ✓ *Velocidad de viaje:* La distancia dividida por el tiempo de viaje total, incluyendo el tiempo de recorrido y los tiempos de demora.
- ✓ *Velocidad de recorrido:* Distancia de viaje dividida por el tiempo de recorrido.
- ✓ *Velocidad media de viaje:* La distancia dividida por el valor medio de los tiempos de viaje de diversos viajes sobre un segmento determinado de vía.

- ✓ *Velocidad media de recorrido:* Distancia de viaje dividida por el valor medio de los tiempos de recorrido sobre un segmento determinado de la vía.
- ✓ *Demora:* Tiempo de viaje perdido debido a fricciones del tránsito y dispositivos para el control del tránsito.
- ✓ *Demoras Fijas:* Componente de demoras que es causado por los dispositivos del control de tránsito, independientemente de los volúmenes de tránsito e interferencias presentes.
- ✓ *Demoras Operacionales:* Componente de las demoras que es causado por la presencia e interferencia de otros vehículos.
- ✓ *Demoras de tiempo parado:* Componente de la demora durante el cual el vehículo no está en movimiento.
- ✓ *Demoras de tiempo de viaje:* Diferencia entre el tiempo de viaje total y el tiempo calculado basado en atravesar la ruta en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tránsito descongestionado sobre la ruta

## 5.8. MÉTODO DEL VEHÍCULO DE PRUEBA

Este método ofrece gran flexibilidad para evaluar la calidad del flujo del tránsito. En este método, un vehículo se maneja a lo largo de una ruta en estudio de acuerdo con una de las siguientes condiciones de operación:

1. Técnica del vehículo flotante: El vehículo de prueba "flota" en el flujo tránsito, pasando tantos vehículos como los que lo pasan.
2. Técnica del vehículo medio: En esta técnica el vehículo viaja de acuerdo a la apreciación que tenga el conductor de la velocidad predominante en el flujo de tránsito.
3. Técnica del vehículo máximo: En esta técnica el vehículo viaja al límite de la velocidad para la vía en particular, a menos que el tránsito no lo permita.

Antes de comenzar los recorridos, se deben identificar los puntos iniciales y finales de manera que el vehículo de prueba sea manejado por estos lugares de acuerdo con las condiciones operacionales seleccionadas. Intersecciones importantes y otros puntos de control son seleccionados a lo largo de la ruta en estudio como puntos de referencia. En estas estaciones se anota el tiempo, de manera que se pueda calcular la velocidad en estos segmentos a lo largo de la ruta.

La información durante el estudio se anota en una hoja de campo, como la ilustrada a continuación. Se recomienda que se usen dos cronómetros para anotar el tiempo, uno para los puntos de control y tiempo de viaje y otro para las paradas y demoras.

Ejemplo de hoja de campo para la técnica del vehículo prueba para tiempos de viaje y demoras.

### **5.8.1. Análisis de datos y sumario de estadísticas**

En el análisis de tiempos de viaje, las medidas de tiempo son convertidas en velocidades medias de viaje. Se pueden desarrollar diversos tipos de sumarios de estadísticas de acuerdo a las terminologías de tiempos de viajes y demoras presentadas al inicio. Los sumarios usados dependen del tipo de estudio y su finalidad. Como se mencionó anteriormente, el método del vehículo prueba ofrece alta flexibilidad en la determinación de las velocidades de viaje y demoras. Se pueden desarrollar sumarios de estadísticas para varias secciones de vías entre puntos de control seleccionados y para toda la ruta en estudio. Las velocidades de viaje y de recorrido se calculan a partir de los tiempos totales de viaje y de recorrido.

### **5.8.2. Estudios de demora en intersecciones**

A continuación se enumeran las aplicaciones de estudios de demoras en intersecciones:

- ✓ Evaluación de la eficiencia de diversos tipos de control del tránsito en intersecciones.
- ✓ Desarrollo de secuencias de tiempos de semáforos apropiadas.
- ✓ Determinación de la necesidad de un semáforo en una intersección determinada.
- ✓ Cálculos del costo de las demoras en la evaluación económica de mejoras a la vialidad.
- ✓ Evaluación de la geometría de la intersección.
- ✓ Análisis de la efectividad de mejoras al tránsito usando estudios de antes y después.

- ✓ Investigación relacionada con el flujo del tránsito en intersecciones

### 5.8.3. Métodos para medir demoras en intersecciones

**Métodos de Tiempos de Viaje:** Miden el tiempo de viaje desde un punto antes de la intersección hasta un punto después de ésta. Entre estos métodos figuran los discutidos en secciones anteriores, como el método del vehículo flotante, etc.

**Métodos de Tiempo durante el cual el vehículo permanece parado:** Estos métodos miden sólo las demoras durante las cuales el vehículo permanece parado. Reducciones de velocidad no son consideradas en este método. El procedimiento se describe a continuación:

- ✓ Contar el número de vehículos que se paran en un afluente de la intersección en intervalos sucesivos.
- ✓ Contar el volumen del afluente, incluyendo los vehículos que paran y los que no paran.

Los siguientes valores se calculan usando las siguientes fórmulas:

Demora total de tiempo parado (veh-seg.)

$DTP = (VTP) \times (IM)$  donde,

DTP = demora total de tiempo que los vehículos permanecen parados

VTP = volumen total de los vehículos que se paran en el afluente durante el muestreo

IM = Intervalo del muestreo

Demora media de los vehículos que se paran (seg.)

DMP

DTP

VTP= donde,

DMP = demora media de los vehículos que se paran

Demora media de parada para todos los vehículos en el afluente (seg)

DMPT

DTP

VT= donde, DMPT = demora media de parada para todos los vehículos en el afluente.

VT = volumen total aforado en el afluente durante el muestreo.

## 5.9. ESTUDIOS DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO

Aún y cuando la mayoría de los accidentes son causados por el comportamiento de conductores y peatones, la probabilidad de accidentes y su severidad puede ser reducida con el uso de equipos para el control de tránsito y un buen diseño geométrico.

El propósito de este capítulo es describir algunas de las técnicas para procesar los datos de accidentes de manera que tengan utilidad en la ingeniería de tránsito. Este capítulo se divide en tres secciones:

1. Sistema de Récord Permanentes
2. Análisis Detallado de Accidentes
3. Cálculo de Índice de Accidentes

### 5.9.1. Sistema de récord permanente

Resulta imprescindible llevar como Municipio de Mejía, o en su defecto obtener todos los reportes de accidentes para procesarlos de manera que sean útiles. La Dirección de Movilidad de Mejía, debe contar rutinariamente con los reportes de accidentes ocurridos dentro del cantón.

Entre los datos de interés que debe incluir un reporte de accidentes están los siguientes:

1. Ubicación y dirección de viaje antes del accidente, de todos los vehículos participantes en el accidente, incluyendo los que están parados o estacionados.
2. Hora, día de la semana y fecha.
3. Tipo de accidente y forma de la colisión

4. Acciones de los conductores o peatones inmediatamente antes del accidente (estacionar, giros a la izquierda o derecha, etc.)
5. Condiciones de iluminación, condiciones ambientales y de la vía en el momento del accidente.
6. El tipo de dispositivo para el control de tránsito afectando a una o todas las unidades de tránsito involucradas en el accidente.
7. Severidad del accidente (fatal, heridos, o solo daños a la propiedad).

Para los análisis de ingeniería, una de las partes más importantes del reporte son los diagramas del accidente que muestren las trayectorias del viaje de los vehículos inmediatamente antes del accidente.

Un reporte de accidentes no tiene utilidad alguna, a menos que pueda identificarse la ubicación del accidente en una intersección o en un punto a lo largo de un segmento de vía. A continuación se describen algunos de los sistemas de ubicación de accidentes mas comúnmente usados.

1. Intersección más cercana: Los accidentes se ubica identificando la intersección más cercana al punto donde ocurrió el percance. En este sistema no hay un archivo separado para los accidentes en segmentos de vía.
2. Regla del Medio Kilómetro: Este método es predominantemente usado en medios rurales. La ubicación de los accidentes se registra en determinada intersección si ocurren a menos de medio kilómetro de ella.
3. Abscisas: Es muy útil también en zonas rurales cuando se cuenta con balizas de abscisamiento. Se utiliza la abscisa más cercana al accidente para su ubicación.

Elementos Contribuyentes: Se toma en consideración la relación directa o potencial de los accidentes en cada intersección con elementos que pueden haber contribuido al accidente. Entre los elementos contribuyentes se pueden incluir los equipos de control de tránsito, movimientos de cruce de cada uno de los vehículos involucrados con respecto a las calles transversales, peatones en cruces peatonales (marcados o no) involucrados en el accidente o que hayan influido en las acciones que ocasionaron el accidente,

cambios abruptos de alineación de la vía o problemas de iluminación. Cuando los accidentes son a media cuadra, los elementos contribuyentes incluyen accesos a edificios, vehículos estacionados, objetos fijos y peatones que no cruzan en la intersección o por los pasos peatonales determinados, si los hay.

Facilita mucho la clasificación e identificación de los puntos de ubicación de los accidentes el contar con sistemas geográficos de información, cuando estén disponibles.

### **5.9.2. Procesamiento de datos**

Se debe contar con :

1. Listas periódicas de accidentes por ubicación
2. Listas periódicas de sitios con un alto número de accidentes
3. Datos tabulados detalladamente, relacionados con sitios con un alto número de accidentes para ser usados en la preparación de diagramas de colisión.
4. Resúmenes que relacionen la frecuencia, el índice de accidentes al tipo de vías, características geométricas, condiciones de pavimento y condiciones diurnas y nocturnas.

### **5.9.3. Identificación de sitios de alto riesgo**

Se emplean cuatro sistemas generales para la identificación de sitios o tramos de alto riesgo.

1. Método del Número de Accidentes: Se consideran áreas de riesgo si tienen más de un número determinado de accidentes por unidad de longitud de vía o localizados en una intersección.
2. Índice de Accidentes: Las áreas de riesgo son seleccionadas con base en accidentes por 100 MVK (miles de vehículos-kilómetro) para secciones de vía o a accidentes por MVE (miles de vehículos que entran) para intersecciones.
3. Control de Calidad del Índice: Este tipo utiliza cálculos estadísticos para determinar la probabilidad de que los índices por 100 MVK o MVE sean significativamente más altos que la media para sitios similares.

4. Índice/Número: Este sistema utiliza tanto el número de accidentes como el índice de accidentes. Por ejemplo, en una municipalidad en particular, una intersección es seleccionada para un estudio detallado cuando el número de accidentes excede cuatro por año y la tasa por MVE excede 150. Una sección de vía es seleccionada para un estudio cuando los accidentes por kilómetro por año exceden 1.5 por año y los accidentes por 100 MVK exceden 280 por año.

Los valores de los números y los índices a usarse en cada uno de estos métodos son particulares de cada localidad, desarrollados generalmente con experiencias locales.

#### 5.9.4. Análisis detallado de accidentes

Pasos generales:

1. Reportes de accidentes de los últimos 2 años.
2. Diagrama del accidente para mostrar gráficamente los detalles importantes.
3. Obtener datos adicionales de tránsito:
  - ✓ Conteos direccionales en horas pico
  - ✓ Chequeos de las velocidades en los vehículos si estas son un factor contribuyente a los accidentes
  - ✓ Observación o estudio de violaciones de tránsito
4. En una intersección no semaforizada con tendencia a colisiones de ángulo recto, hacer un análisis de velocidad en los vehículos.
5. Chequeo de campo del área de estudio. Notar problemas de visibilidad, control, etc.
6. Utilizar los datos para seleccionar la medida mitigante más apropiada para el área en cuestión.
7. Después de implementadas las mejoras, verificar los efectos con un seguimiento de los accidentes (estudio de antes y después) para evaluar la efectividad de las mejoras.

### 5.9.5. Preparación de los diagramas de colisión

Aún y cuando los diagramas de colisión puedan ser preparados para medias cuadras y segmentos de vialidad, su uso más común es para intersecciones. Los elementos más importantes del diagrama, desde el punto del análisis de accidentes de tránsito, incluyen lo siguiente:

1. Maniobras de los choferes inmediatamente antes del accidente (giros a la izquierda, etc.).
2. Sendero del vehículo inmediatamente antes del accidente.
3. La existencia de condiciones inusuales (construcción, etc.) y el estado de la vía (húmedo, etc.). Es importante también indicar si el accidente tuvo lugar durante la noche.

En el diagrama, para cada accidente individual, es conveniente mostrar el día de la semana, además de la fecha y la hora del accidente. Todos los accidentes relacionados con la intersección deben mostrarse en el diagrama, independientemente de su verdadera ubicación.

El diagrama no se dibuja a escala. Los alcances (colisiones por detrás) que ocurran al final de la cola en una intersección controlada, se incluyen esquemáticamente como si hubieran ocurrido en la intersección.

Es importante incluir en el diagrama, si es posible, los vehículos no involucrados en el accidente que hayan contribuido de alguna forma con la colisión.

### 5.9.6. Cálculo de los índices de accidentes

Existen tres tipos básicos de comparaciones:

1. Estudios paralelos (entre diferentes sitios o áreas durante el mismo período de tiempo)
2. Estudios de seguimiento (estudios de antes y después, entre diferentes períodos de tiempo en el mismo sitio o área)
3. Estudios condicionales (entre características físicas de la vialidad, indiferentemente de la ubicación y período de tiempo, ocurrencia)

En las comparaciones hechas se deben incorporar medidas de cambios en exposición (índices de accidentes que tomen en cuenta la exposición de vehículos a la ocurrencia de accidentes).

El cálculo de los índices de accidentes de manera que se tome en cuenta la exposición de los vehículos a los accidentes, tienen como base lo siguiente:

1. Por miles de vehículos que entran (MVE)
2. Por 100 millones de vehículos-kilómetros de viaje (100 MVK)
3. Por 10000 vehículos registrados
4. Por 100000 habitantes, quizá el más usado debido a que no siempre se cuenta con los datos de los numerales 1, 2 y 3.

### 5.9.7. Aplicaciones

Análisis de la Efectividad de Mejoras en la Seguridad Vial (Estudios de Antes y Después).

Este tipo de estudios es usado en la ingeniería de tránsito no sólo para evaluar mejoras en la seguridad vial, sino también para evaluar medidas operacionales.

El uso de este tipo de estudios es apropiado cuando se puede asumir que, de no haber hecho la mejora, las condiciones de la vialidad permanecerían iguales (alta accidentalidad, altas demoras, etc.).

Para los efectos de accidentes, este tipo de estudios se basa en los cambios en el número de accidentes ocurridos, el cambio de índices, o el porcentaje de cambio. Para accidentes, el porcentaje de cambio se calcula de la siguiente forma:

Cuando se comparan los resultados de un estudio de "antes y después" es imperativo que se investigue la significancia estadística de los resultados. La significancia estadística de los resultados se puede investigar usando diversos métodos estadísticos.

### 5.9.8. Análisis estadísticos

En estudios de tránsito, después que los datos han sido recolectados en el campo, la información debe ser procesada para ser analizada. La evaluación de los resultados de los estudios debe ser evaluada utilizando el método estadístico apropiado. Tanto los estudios de campo como los análisis estadísticos deben ser realizados de manera correcta, a fin de que el resultado sea la verdadera condición del tráfico existente.

De allí se deriva la importancia de las pruebas de significancia.

Si se toman dos muestreos de la misma población, es muy probable que sus medias aritméticas sean diferentes. Si son de la misma población, las diferencias entre las medias de los muestreos se debe sólo al azar y está sujeta a las leyes de probabilidades. Dependiendo del número de observaciones de los muestreos, las diferencias de las medias de muestreos de la misma población varía. En la medida en que el tamaño de los muestreos sea mayor, las diferencias entre las medias será menor.

Debido a que las diferencias entre medias de una población dada ocurren debido al error aleatorio, estas diferencias están sujetas a las leyes de probabilidades y siguen una curva normal. Cualquier diferencia de una magnitud tal que caiga en un punto extremo de la curva normal, no se debe sólo al error aleatorio y, representa una diferencia de magnitud significativa.

## 6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRÁNSITO

### 6.1. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Estos conceptos se aplican a los sistemas de transporte para análisis, tanto de diseño como de operación. Para los especialistas en transporte urbano, los sistemas en cuestión son: autopistas urbanas, vías urbanas (arterias y calles), intersecciones semaforizadas o no, infraestructura para autobuses y transporte público, infraestructuras peatonales y para ciclistas.

La capacidad depende de las unidades en cuestión (peatones, vehículos particulares, transporte público, etc.), el período de tiempo, y el área de la infraestructura en cuestión (carriles, ancho de la calzada, etc.).

El nivel de servicio trata de describir las condiciones operacionales del volumen del tránsito tal y como las percibe el usuario. Originalmente, el concepto de nivel de servicio era definido como una manera cualitativa de medir las condiciones operacionales de una vialidad. Esta medida cubriría idealmente factores como velocidad, tiempos de viaje, demoras, libertad de maniobras, interrupciones del tránsito, comodidad y conveniencia y, seguridad.

Para cada tipo de infraestructura se definen seis categorías de niveles de servicio, del "A" al "F". El nivel de servicio "A" se refiere a condiciones de volumen libre. El nivel de servicio "E" se refiere a condiciones de volumen a capacidad y el nivel de servicio "F" a condiciones de congestión crítica.

En ingeniería de tránsito existen dos tipos definidos de infraestructura: vías de flujo continuo y de flujo discontinuo. Las definiciones de cada una se dan a continuación.

#### ✓ **Flujo Continuo**

Las vías de flujo continuos no tienen elementos fijos que sean obstáculo al volumen de tránsito y que provoquen interrupciones, tales como semáforos, Pare, etc.

#### ✓ **Vías de Flujo Continuo**

Los siguientes son ejemplos de vías de volumen continuo:

- ✓ Autopistas
- ✓ Tramos Básicos de Autopistas
- ✓ Áreas de Entrecruzamiento
- ✓ Enlaces
- ✓ Sistemas de Autopistas
- ✓ Carreteras de Carriles Múltiples

- ✓ Carreteras de Dos Carriles
- ✓ **Vías de Flujo Discontinuo**

Las vías de flujo discontinuo tienen elementos fijos que provocan la interrupción del tráfico de manera periódica. Estos elementos son: semáforos, señales de Pare, y otros tipos de control.

Estos mecanismos producen paradas del tránsito, indiferentemente de la cantidad de vehículos que existe.

Las siguientes son ejemplos de infraestructura de flujo discontinuo:

- ✓ Intersecciones Semaforizadas
- ✓ Intersecciones no semaforizadas (controladas por señales de Pare y Ceda El Paso)

## 6.2. DEFINICIONES IMPORTANTES

Es importante conocer las siguientes definiciones para comprender los conceptos que se explican más adelante.

**Volumen:** Cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante un período de tiempo.

**VDPA:** Volumen diario promedio anual

$VDPA = (\text{Volumen Anual Total}) / 365$

**VDP:** Volumen diario promedio

$VDP = \text{Volumen Total en "N" días} / N$

**Volumen en Hora de Máxima Demanda:** Es la cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante 60 minutos consecutivos.

**VHDD:** Volumen Horario Direccional de Diseño

$VHDD = VDPA \times K \times D$  donde,  $K = \%$  de VDPA en la hora de máxima demanda

$D = \%$  de volumen en la hora de máxima demanda en la dirección mas marcada.

**Tasa de Flujo:** Expresión horaria de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de vía por un periodo menor a una hora.

**Tabla 3: Volúmenes Observados y Tasa de Volumen**

Tiempo (vph)	Conteo	Tasa de Volumen
5:00 – 5:15	250	1000
5:15 – 5:30	300	1200
5:30 – 5:45	275	1100
5:45 – 6:00	250	1000
Volumen horario		1075 vph

Factor de la Hora de Máxima Demanda: relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máxima dentro de la hora pico.

FHMD = (Volumen en la Hora de Máxima Demanda) / (4 x Vol. Max. 15 min.)

Rango:  $0.25 \leq \text{FHMD} \leq 1.0$

Velocidad: Tasa de movimiento del tránsito;

Velocidad de Punto: Velocidad a la cual un vehículo pasa un punto en la vía.

Velocidad de Marcha: Distancia total recorrida dividida por el tiempo requerido en recorrerla.

Velocidad de Marcha Promedio: Distancia total recorrida por todos los vehículos en el volumen de tránsito, dividida por el tiempo de viaje total para todos los vehículos.

Velocidad de Proyecto: Es la velocidad máxima (segura) que se puede mantener sobre un tramo específico de vía cuando las condiciones son lo suficientemente favorables para que las

características de diseño de la vía gobiernen la operación del vehículo.

Densidad: Cantidad de vehículos ocupando un tramo de vía en un instante dado (VPK)

Capacidad de Vías Rápidas: Máxima tasa de volumen sostenida por 15 minutos en la cual el tránsito circula por una sección determinada en una dirección, con condiciones prevalecientes.

Condiciones Prevalecientes: Son las condiciones en las cuales se encuentra la arteria, afectando el volumen de vehículos.

### **Condiciones de la Vía** - Geometría que afecta la capacidad

- ✓ Cantidad y ancho de los carriles de circulación
- ✓ Obstrucciones laterales
- ✓ Velocidades de proyecto
- ✓ Pendientes
- ✓ Configuración de carriles de circulación

### **Condiciones de Tránsito** - Características de tránsito que afectan la capacidad.

- ✓ Composición de tránsito
- ✓ Distribución de carriles de circulación
- ✓ Características de los conductores

### **Condiciones Ideales** -Son las condiciones ideales (con las cuales la capacidad de la vía es máxima) para el volumen de vehículos:

- ✓ Carriles de circulación de ancho de 3.65 m.
- ✓ Con acotamientos adecuados y sin obstáculos laterales en 2.00 m a partir del borde de la calzada.
- ✓ Vehículos ligeros únicamente en la corriente del tránsito
- ✓ Usuarios regulares
- ✓ Pendientes 0%

## **VÍAS DE FLUJO CONTINUO**

La definición de este tipo de vías se dio anteriormente. En esta sección se discuten las condiciones matemáticas que describen el volumen de tránsito en este tipo de infraestructura vial.

La relación entre volumen, velocidad y densidad: A medida que el volumen crece, la velocidad tiende a decrecer y la densidad se incrementa. En el punto donde se alcanza la capacidad, la tasa de volumen es máxima. Si las condiciones de operación comienzan a deteriorarse (congestión) con frecuentes paradas (volumen forzado), tanto la velocidad como el volumen comienzan a reducirse, mientras la densidad continua aumentando. Los puntos donde ocurre la congestión, se denominan velocidad crítica, densidad crítica o punto de capacidad.

### **6.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TRÁNSITO**

#### **6.3.1. Condiciones de Velocidad - Volumen - Densidad**

Tal y como se definió anteriormente, la densidad es la cantidad de vehículos que ocupan una longitud de vía específica en un espacio de tiempo determinado. Se expresa en términos de vehículos por kilometro (veh/km) e influye en la habilidad que tiene el conductor para maniobrar y cambiar de carriles de circulación. La relación matemática esta dada por:

$$q = u \times k$$

donde,

q = tasa de volumen en vehículos por hora, vph

u = velocidad promedio, en kph

k = densidad en veh/km

Velocidad - Densidad (Modelo Lineal)

La relación entre la velocidad y la densidad esta dada por la siguiente ecuación:

$$u = u_f ( 1 - k / k_j )$$

donde,

$u$  = velocidad promedio, en kph

$u_f$  = velocidad de volumen libre, en kph

$k$  = densidad, en veh/km

$k_j$  = densidad máxima, completamente congestión, en veh/km.

Nótese en la ecuación de la recta que a medida que aumenta la densidad, la velocidad decrece.

#### Volumen - Densidad

La relación entre volumen de tránsito y densidad esta dada por la siguiente ecuación:

$$q = u_f ( k - k^2 / k_j )$$

donde,

$q$  = tasa de volumen, en vph.

Nótese que la relación corresponde a la ecuación de una parábola, que alcanza un máximo cuando  $k = k_m$ , que es la densidad crítica, y luego, a medida que la densidad aumenta, el volumen disminuye.

La densidad crítica,  $k_m$ , esta dada por la siguiente ecuación:

$$dq/dk = u_f ( 1 - 2k / k_j ) = 0$$

$$k_m = k_j / 2$$

#### Volumen - Velocidad

La relación entre volumen y velocidad está dada por:

$$q = k_j ( u - u^2 / u_f )$$

Al igual que la ecuación que relaciona a la densidad con el volumen, esta también corresponde a una parábola que alcanza el volumen

máximo ( $q_m$ , capacidad) cuando la velocidad es igual a  $u_m$  (velocidad crítica).

La velocidad crítica,  $u_m$ , esta dada por la siguiente ecuación:

$$dq/du = k_j (1 - 2u/u_f) = 0$$
$$u_m = u_f / 2$$

La capacidad o volumen máximo,  $q_m$ , esta dada por la siguiente relación:

$$q_m = u_m \times k_m$$

$$q_m = (u_f \times k_j) / 4$$

### 6.3.2. Condiciones de congestión

La congestión se produce como el resultado de la demanda de tránsito excediendo la capacidad de la vía. La congestión puede deberse a excesiva demanda o a reducción de la capacidad de la vía.

Mientras la demanda de tránsito sea menor o igual a la capacidad hay poca congestión. Sin embargo, cuando la tasa de llegadas comienza a exceder a la capacidad se forma un "congestionamiento" y los vehículos comienzan a acumularse formando una cola a partir del punto en que se produce la restricción hasta el instante  $t_2$  que es cuando la demanda se convierte en mayor a la capacidad. Las condiciones de congestión continúan hasta el instante  $t_4$ , que es cuando el tránsito acumulado en el congestionamiento se disipa. El área entre las curvas de capacidad y demanda de tránsito durante condiciones de congestión es la demora total que resulta del congestionamiento.

### 6.3.3. Relación entre demanda, capacidad y congestión.

Análisis de Entradas y Salidas al Sistema

Demoras Totales,  $D$  (veh-h): Área entre las curvas de demanda y capacidad

Demoras Promedio, D (horas):

$$D = D / \text{Total de Vehículos}$$

Longitud Promedio de la Cola, Q (vehículos):

$$Q = D / \text{Período de Congestión}$$

El comportamiento del tránsito en una autopista con un segmento donde se produzca congestionamiento, el fenómeno se conoce como olas de choque.

Inmediatamente antes del congestionamiento la velocidad disminuye, la densidad aumenta y el volumen disminuye. Inmediatamente después del congestionamiento se produce el fenómeno de ola de expansión: la velocidad es más alta de lo normal, la densidad más baja, mientras la tasa de Volumen es la misma del congestionamiento. Después de un lapso de tiempo, las condiciones de velocidad, densidad y volumen vuelven a la normalidad.

## 7. METODOLOGÍA DE ESTUDIOS DE IMPACTO VIAL

No es la intención de este capítulo el exponer todos los elementos que se requieren para preparar y revisar un estudio de impacto vial. Sin embargo, se presentan ejemplos de metodologías para estudios de impactos viales que son comúnmente usadas indiferentemente de las condiciones particulares de cada caso. No es necesario que se adopte la metodología aquí presentada tal cual, sino que sirva de guía para la elaboración de impactos viales.

Requisitos para los estudios

La necesidad de efectuar un estudio de impacto vial se basa en diversos criterios.

La Dirección de Movilidad del Municipio de Mejía solicitará estudios de impacto vial cuando se den los siguientes factores:

- ✓ Cuando se haya solicitado a la Municipalidad autorización para la construcción un nuevo desarrollo urbanístico (nueva urbanización, centro comercial, centro de estudios, etc.), o que un desarrollo urbanístico existente genere un número de viajes determinado durante la hora de máxima demanda o durante el día.
- ✓ Cuando el desarrollo en cuestión tiene una área o un número de viviendas determinadas.
- ✓ Cuando el desarrollo es construido en una zona sensible (con problemas de congestión).
- ✓ Cuando se cambia la zonificación del área.
- ✓ A juicio de la Dirección de Movilidad o de las máximas autoridades de la Municipalidad de Mejía.

No hay una regla predeterminada para fijar las cantidades (de viajes generados, área de desarrollo, número de viviendas) que hacen necesario un estudio de impacto vial. Estas cantidades deben ser determinadas por la Dirección de Movilidad del GAD Municipal de Mejía, dependiendo de las necesidades, problemas y políticas locales. Según algunas municipalidades y como una práctica recomendada, se sugiere que se haga un estudio de impacto vial cuando el desarrollo propuesto genere más de 100 viajes durante la hora de máxima demanda del desarrollo o la hora de máxima demanda de la red vial alrededor del desarrollo. Según el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE) de México, lo expuesto anteriormente es válido por las siguientes razones:

- ✓ 100 vehículos por hora son suficientes para cambiar el nivel de servicio de un flujo en una intersección.
- ✓ Es posible que se necesiten carriles exclusivos de giro a la izquierda o derecha para satisfacer las necesidades del tránsito adicional generado de manera que no afecte el tránsito no generado por el desarrollo.

Es importante resaltar que, como se mencionó anteriormente, un estudio de impacto vial puede ser requerido por un organismo de acuerdo a las políticas de este o basado en las necesidades particulares del área donde se propone el desarrollo.

### **7.1. EXTENSIÓN DEL ESTUDIO**

La extensión del estudio debe ser una decisión conjunta entre el organismo que lo requiere y las personas que lo preparan. Se deben determinar las necesidades particulares del caso. A continuación se señalan los factores mínimos que deben ser tomados en cuenta para determinar la extensión de los objetivos del estudio de impacto vial, sin embargo, hay otros que serán específicos de cada estudio.

- ✓ Detalle de los análisis para determinar la generación de tránsito futuro. Decidir si usar tasas de generación existentes o hacer un estudio especial para determinarlas.
- ✓ Consideración de los modos de viaje.
- ✓ Consideración de los viajes generados por el desarrollo por pasantes. Estos son viajes que no tienen como motivo fundamental el ir al desarrollo en cuestión (por ejemplo, el ir de compras al supermercado que está en la trayectoria del trabajo a la casa, antes de llegar al hogar).

Nótese que en este caso, la red vial principal no se ve afectada, pero los accesos al desarrollo sí son afectados.

- ✓ Determinación del área de influencia del desarrollo
- ✓ Necesidad de conteos de tránsito. Horas y días en los cuales el tránsito debe ser contado.
- ✓ Consideración de desarrollos adyacentes al proyecto en cuestión. Hipótesis de crecimiento del tránsito en el área y la asignación de los viajes.
- ✓ Como tomar en cuenta mejoras y obras a la vialidad que estén planificadas o estén por construirse.
- ✓ En caso de que el desarrollo sea en fases, decidir si se deben tomar en cuenta por etapas o en total. Determinar los años futuros a ser considerados.

- ✓ Método y grado de detalle de la distribución y asignación de los viajes.
- ✓ Determinar las intersecciones y segmentos de vía a ser considerados.
- ✓ Determinar la técnica de análisis de capacidad vial a ser utilizado.
- ✓ Determinar cambios necesarios en el control de tránsito.
- ✓ Determinar la necesidad de análisis adicionales, tales como accidentes, visibilidad, impactos ambientales, etc.
- ✓ Detalle de las recomendaciones.
- ✓ Determinar el financiamiento de las recomendaciones.

## 7.2. ÁREA DE ESTUDIO

Depende de la ubicación y tamaño del desarrollo a construirse. Por ejemplo, un desarrollo grande en una área de difícil acceso requiere un análisis más extenso. Como mínimo se deben tomar en cuenta todos los accesos al desarrollo y las intersecciones más cercanas de importancia. Áreas muy extensas aumentan el costo del estudio y muchas veces es innecesario.

En áreas muy restringidas no se evalúan los impactos adecuadamente. La decisión del tamaño del área de estudio de impacto vial debe ser tomada en mutuo acuerdo del organismo que los requiere y las personas que lo realizan.

Es necesario que los que preparan el estudio conversen con los técnicos de la agencia para llegar a acuerdos y obtener información existente que se refiera a:

- ✓ Conteos de tránsito disponibles.
- ✓ Mejoras a la vialidad planificada y programa de construcción.
- ✓ Desarrollos adicionales aprobados y tránsito base proyectado (estimaciones de tránsito futuro sin añadir los viajes generados por el desarrollo).
- ✓ Zonas congestionadas dentro del área de influencia.
- ✓ Datos de accidentes en zonas de altos índices de accidentes.
- ✓ Sistemas de semáforos en el área de estudio.
- ✓ Problemas no usuales que causen un comportamiento particular atípico en el tránsito.

### 7.3. DATOS BASE PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO VIAL

Se debe recopilar y revisar toda la información relacionada con transporte y desarrollos del área. A continuación una sugerencia de datos que son necesarios recopilar para un estudio de impacto vial. Se deben considerar todos los cambios en usos del suelo y sistema de transporte que hayan ocurrido o que estén proyectados dentro del área de estudio y durante el período determinado. Además de los datos indicados, es indispensable una observación en situ de las condiciones de operación del tránsito.

- ✓ Datos base para revisión
- ✓ Categoría Datos
- ✓ Volúmenes de Tránsito
- ✓ Conteos diarios y horarios actuales e históricos (si son necesarios para el análisis)
- ✓ Conteos de giro recientes en las intersecciones
- ✓ Variaciones por temporadas
- ✓ Proyecciones de volúmenes de tránsito de otros estudios o planes regionales
- ✓ Usos del Suelo
- ✓ Usos del suelo y densidades en el área circundante al desarrollo
- ✓ Características (usos, densidades, fecha de inauguración, etc.) de desarrollos adicionales que hayan sido aprobados por la Municipalidad.
- ✓ Desarrollos anticipados para terrenos baldíos en el área de estudio
- ✓ Plan maestro de usos del suelo
- ✓ Zonificación
- ✓ Demografía
- ✓ Datos recientes de población y empleo dentro del área de estudio por áreas del censo o áreas de tránsito (usado en la distribución del tránsito generado por el desarrollo).
- ✓ Sistema de transporte
- ✓ Características de la red vial circundante (geometría, sentidos de circulación, control de tránsito) y jerarquía vial.
- ✓ Ubicación de semáforos, coordinación y fases
- ✓ Características del transporte público
- ✓ Características de estacionamiento

- ✓ Financiamiento de mejoras a la vialidad
- ✓ Datos Adicionales de Transporte
- ✓ Datos de origen y destino y distribución de viajes
- ✓ Datos de accidentes
- ✓ Volúmenes de Tránsito Existentes durante la Hora de Máxima Demanda en una Red Vial Bajo Estudio.

#### **7.4. PROYECCIONES DE TRÁNSITO NO RELACIONADAS CON EL DESARROLLO**

Este tipo de proyecciones de tránsito son las que suministran la condición base para el análisis. Consisten de dos componentes fundamentales:

- ✓ Tránsito generado por otros desarrollos dentro del área de estudio que tengan orígenes y destino dentro del área de estudio.
- ✓ Tránsito de paso por el área de estudio, cuyos orígenes y destinos no están dentro del área en cuestión.

Existen diversas metodologías para estimar las proyecciones de tránsito. Aquí se mencionan tres, incluyendo algunas de sus ventajas:

1. Método basado en la consideración de otros desarrollos aprobados en el área de estudio. Por lo general es apropiado para áreas de crecimiento moderado y cuando el proyecto a desarrollarse bajo estudio tiene horizontes futuros de diez años o menos. Es un buen método cuando hay información confiable acerca de proyectos aprobados.

2. Método basado en el plan integral de transporte: estos planes, por lo general, tienen proyecciones de tránsito bajo diferentes alternativas. Usar los datos disponibles a través de este tipo de estudios es apropiado para desarrollos regionales grandes que se construirán a lo largo de un periodo de tiempo considerable, en áreas de crecimiento rápido. La confiabilidad de estimaciones obtenidas con este método, depende de la confiabilidad del estudio.

3. Método basado en tasas de crecimiento basadas en datos históricos del crecimiento del tránsito. Se deben obtener por lo

mínimo 5 años de datos mostrando un crecimiento estable. Es usado para proyectos no muy grandes que serán construidos en uno o dos años. Es una metodología simple pero no es apropiada para desarrollos con horizontes a largo plazo y existe la posibilidad de sobrestimar o subestimar la demanda futura de tránsito no relacionada con el desarrollo en cuestión.

A continuación se hacen comentarios de cada una de las metodologías.

### **7.5. MÉTODO BASADO EN IMPACTOS DE DESARROLLOS ADICIONALES**

Es un método adecuado cuando se necesita un alto nivel de detalle en una área que se esté desarrollando rápidamente. Es un método que por lo general requiere de bastante trabajo. Se pueden hacer simplificaciones en mutuo acuerdo con quien requiere el estudio. Se basa en el procedimiento siguiente:

- ✓ Estimar los impactos de mejoras al sistema de transporte que se lleven a cabo durante el periodo de proyección.
- ✓ Identificar el desarrollo del área de estudio dentro del periodo de proyección, basado solo en desarrollos aprobados. No se deben hacer hipótesis de uso de suelo de terrenos baldíos sin desarrollo inminente.
- ✓ Estimar la generación de viajes de los desarrollos inminentes.
- ✓ Estimar la distribución direccional.
- ✓ Asignar el tránsito generado a la red vial.
- ✓ Estimar el crecimiento del tránsito de paso. Por lo general utilizando datos históricos.
- ✓ Sumar el tránsito generado por los desarrollos inminentes y asignados a la red vial y las proyecciones de tránsito de paso.
- ✓ Revisar para comprobar que los resultados sean lógicos y ajustar si es necesario.

### **7.6. MÉTODO BASADO EN EL PLAN INTEGRAL DE TRANSPORTE**

Este tipo de estudios por lo general tienen (o deberían tener) proyecciones de tránsito a un horizonte de 20 años en el futuro. Estas

proyecciones pueden ser usadas para estudios de impacto vial de desarrollos grandes que tengan un impacto a nivel regional y donde las proyecciones tengan credibilidad. También pueden ser usadas en proyectos grandes que impacten corredores bastante congestionados.

Deben tomarse precauciones en estos estimados de proyecciones de tránsito, ya que son destinados para vialidades principales con el objetivo de reservar derechos de vía de carreteras futuras.

Ninguno de los métodos de proyecciones de tránsito usados en estudios integrales producen el nivel de detalle necesario para un análisis de intersecciones confiable. Si las proyecciones de la red vial de estudios integrales va a ser usada, se debe tener confianza que las proyecciones son representativas o que pueden ser ajustadas manualmente con facilidad. Se debe tener en cuenta que, aún cuando una red muy detallada sea usada en el modelo, y algún tipo de técnica de senderos múltiples para la asignación de viajes sea usada, los volúmenes de giro que se obtienen de modelos de transporte no pueden ser usados para análisis detallados.

### **7.7. MÉTODO BASADO EN TASAS DE CRECIMIENTO**

Se basa en la hipótesis que el crecimiento de los volúmenes de tránsito seguirá la misma tendencia que ha tenido en los últimos años. Estas tasas de crecimiento no deben ser usados para horizontes de más de 10 años. Para la estimación de estas tasas, se debe usar el crecimiento histórico de los volúmenes promedios diarios anuales. Este método no debería ser usado en áreas donde haya desarrollos adicionales extensos o donde se proyecten cambios al sistema de transporte que sean significativos y que puedan cambiar los patrones de viaje del área.

Es importante notar que los impactos de cambios al sistema de transporte del área bajo estudio, deben ser cuantificados en la determinación de la situación base del estudio de impacto vial.

El análisis operacional de la situación base dará la noción de como operará el tránsito en el futuro sin la adición del tránsito generado por el desarrollo bajo estudio. Este sería el punto de referencia y de comparación para determinar los impactos viales del desarrollo y las

medidas mitigantes necesarias para proveer acceso y capacidad adecuados.

## **8. GENERACIÓN DE VIAJES DEL DESARROLLO PROPUESTO**

Este es uno de los factores más críticos en la determinación de impactos viales. Es difícil disponer de una base de datos que permita obtener tasas de generación de viajes confiables, por lo que resulta necesario crear dicha base de datos. Para estimar tasas de generación apropiadas se podrían seguir los siguientes pasos:

- ✓ Ver si existe disponibilidad de tasas de generación de viajes locales.
- ✓ En caso de no haber datos, si el presupuesto lo permite, hacer un estudio de generación de viajes en desarrollos con características similares a las del proyecto en cuestión.
- ✓ Determinar el período (hora, fecha) de interés para el proyecto propuesto.
- ✓ Tomar en cuenta factores como el uso de transporte público, viajes con propósitos múltiples en desarrollos grandes, etc.
- ✓ Justificar los resultados e hipótesis utilizadas en la determinación de las tasas de generación.

Existen metodologías para los estudios de tasas de generación, todas basadas en conteos de los viajes que entran y salen del desarrollo en cuestión. El número de viajes debe ser relacionado con una variable independiente (por lo general se utilizan métodos de regresión estadística) que puede ser número de empleados, área de los diferentes usos de suelo del desarrollo, número de viviendas, etc.

Es importante notar que no todos los viajes a un desarrollo determinado (dependiendo de sus características) son exclusivos. Por ejemplo, el caso de la persona que pasa por el supermercado en su camino a casa regresando de trabajar. Este tipo de viajes no es una carga adicional para la red vial circundante, sin embargo, es una carga importante en los accesos y volúmenes de giro hacia y desde el desarrollo. La determinación del porcentaje de viajes de este tipo entre los viajes generados por el desarrollo es difícil de cuantificar.

## **8.1. DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN DE VIAJES**

Después de estimar el número de vehículos que entran y salen del desarrollo durante el período de estudio, el tránsito generado debe ser distribuido y asignado a la red vial circundante.

Para determinar la distribución de los viajes, es necesario considerar el área donde la mayoría de los orígenes y destinos de los viajes generados estén contenidos. La distribución de viajes puede ser estimada utilizando diversos métodos: por analogía (observando el comportamiento de los viajes de un desarrollo similar cercano), utilizando un modelo de distribución de viajes (ej. un modelo de gravedad) o utilizando datos de censo y empleo en el área. Las distribuciones de viajes resultantes deben ser aprobadas por la Dirección de Movilidad de la Municipalidad del Cantón Mejía de continuar el proceso de análisis de impacto vial.

En la asignación de viajes se deben tomar en cuenta las posibilidades de rutas específicas, las capacidades de la red vial circundante y los patrones de tránsito existentes. Una metodología popular, aunque no necesariamente la más adecuada, utiliza los porcentajes de giro existentes en las intersecciones de la red. Existen programas que facilitan esta tarea. La metodología usada para la asignación del tránsito sobre la red vial también debe ser aprobada.

Para cada período de análisis se estima el tránsito total proyectado, que es la suma del tránsito proyectado base y el tránsito generado por el desarrollo. El tránsito total proyectado es el utilizado para determinar la operación de la vialidad con el impacto del desarrollo.

## **8.2. ANÁLISIS OPERACIONAL**

La demanda de tránsito sobre la red vial a ser analizada en esta etapa del estudio está determinada por las proyecciones de tránsito no relacionadas al desarrollo sumadas al tránsito generado por el desarrollo.

Se deben efectuar análisis de capacidad de las intersecciones (semaforizadas o no) dentro del área de estudio. Dependiendo de las características del estudio, es posible que se requiera el análisis de

intersecciones más lejanas, cuando estas sean puntos de acceso críticos al área de estudio o sean afectadas significativamente por el tránsito generado por el proyecto propuesto. Otros factores que, además de la capacidad vial, pueden ser incluidos en el análisis operacional son:

- ✓ Seguridad vial.
- ✓ Necesidades de control de tránsito del sistema (colocación de semáforos o cualquier otro dispositivo de control de tránsito).
- ✓ Impactos al sistema de transporte público o demanda adicional.
- ✓ Patrones de circulación del tránsito.
- ✓ Impactos a vecindarios colindantes con el desarrollo.
- ✓ Demanda por estacionamiento generada por el desarrollo.

El objetivo de estos análisis es obtener una visión de las implicaciones en el sistema de transporte del desarrollo en cuestión y la determinación de las mejoras viales necesarias para asegurar condiciones de operación del tránsito que sean aceptables.

### **8.3. MEDIDAS MITIGANTES DEL IMPACTO VIAL**

Las recomendaciones y conclusiones del estudio tienen por finalidad proveer el movimiento seguro, rápido y eficiente hacia y desde el desarrollo bajo estudio; minimizando los impactos operacionales al tránsito de paso (sin orígenes y destinos en el desarrollo).

Una operación del tránsito eficiente es aquella que opera a niveles de servicio aceptables para la comunidad. Nótese que los niveles de servicio aceptables varían acorde a la localidad. Comunidades densas toleran niveles de servicio menores que los tolerados en comunidades poco densas. Como objetivo de las medidas mitigantes en zonas urbanas se sugieren las siguientes:

- ✓ Todas las intersecciones deben operar, como mínimo, a nivel de servicio "D" durante la Hora de Máxima Demanda del sistema vial.

- ✓ En zonas donde los niveles de servicio sean “D” o peor antes de la construcción del desarrollo, este nivel de servicio debe ser mantenido o mejorado.

Para facilitar la comparación de escenarios y evaluar los impactos de la construcción del desarrollo, se deben obtener los niveles de servicio de la red vial en los siguientes casos:

- ✓ Niveles de servicio de las condiciones existentes
- ✓ Niveles de servicios de horizontes futuros sin incluir los volúmenes generados por el proyecto en cuestión.
- ✓ Niveles de servicio de horizontes futuros que incluyan el tránsito generado por el desarrollo, con y sin las mejoras propuestas para mitigar los impactos al tránsito.
- ✓ Niveles de servicio que incluyan los volúmenes de tránsito generados por otros desarrollos en el área de estudio.

Las mejoras propuestas deben ser a varios niveles: a nivel de la red vial que provee acceso al desarrollo, a nivel de la red vial inmediatamente adyacente al desarrollo y a nivel de los accesos al desarrollo.

Entre las mejoras propuestas se incluyen: Aumentar la longitud de carriles exclusivos para giros, cambios en los dispositivos de control de tránsito, cambio de los sentidos de circulación, etc.

En la evaluación de las mejoras propuestas, se debe incluir en los análisis de intersecciones lo siguiente:

- ✓ Evaluación de la intersección bajo diferentes alternativas: construcción de carriles adicionales; cambio de fases y ciclos; instalación de dispositivos de control; modificación del uso de los carriles.
- ✓ Evaluación de la distancia entre semáforos y la progresión del sistema en los corredores.
- ✓ Evaluación de la longitud de las colas para determinar la longitud adecuada de los carriles de giro.
- ✓ Disponibilidad de derechos de vía para las mejoras geométricas.
- ✓ Impactos aguas abajo de mejoras propuestas.

- ✓ Factibilidad práctica de las mejoras propuestas.

Además de lo indicado anteriormente, es necesario un análisis detallado de las necesidades de estacionamiento del desarrollo según su uso de suelo.

#### **8.4. PREPARACIÓN DEL INFORME**

El propósito del informe es el de documentar el propósito, procedimientos, hipótesis, impactos encontrados, conclusiones y recomendaciones del estudio. Esto debe ser en forma concisa y clara, utilizando en lo posible cuadros, diagramas y figuras para presentar la información. El informe debe contener como mínimo lo siguiente:

- ✓ Propósito del estudio y objetivos.
- ✓ Descripción del desarrollo y del área de estudio.
- ✓ Condiciones existentes en el área que circunda el desarrollo.
- ✓ Desarrollos inminentes adicionales y mejoras a la vialidad inminentes.
- ✓ Generación de viajes del desarrollo y distribución modal.
- ✓ Distribución y asignación de viajes causados por el desarrollo.
- ✓ Proyecciones de tránsito.
- ✓ Análisis operacional de la red vial para estimar los impactos del tránsito generado por el desarrollo.
- ✓ Recomendaciones de mejoras a la red vial para mantener una operación de tránsito razonable y minimizar los impactos generados por el desarrollo.

## 9. INTERSECCIÓN VIAL

Por concepto es el área compartida por dos o más caminos, cuya función principal es posibilitar el cambio de dirección en la trayectoria.

Las trayectorias de los vehículos pueden ser:

- ✓ Movimiento de paso: Con una trayectoria más o menos recta, y que cruza a otras.
- ✓ Un giro a la derecha: normalmente sin problemas pues en nuestra circulación no debería tener interferencias.
- ✓ Un giro a la izquierda, cuya trayectoria cruza a la de paso correspondiente al sentido opuesto.

A pesar de que las intersecciones son parte de la red vial, se las presenta como un tema aparte, por la importancia que tienen en la gestión del tránsito de las ciudades, a veces sin hacer mayores inversiones o estudios, las intersecciones bien trabajadas resuelven los problemas de tránsito tanto para las personas como para los vehículos.

El diseño de una intersección consiste, en esencia, en combinar los elementos más adecuados a sus circunstancias específicas para que estos movimientos se puedan llevar a cabo con comodidad y seguridad.

El diseño debe cumplir dos objetivos importantes según (Roess, Prassas, & McShane, 2004):

- ✓ Garantizar la seguridad de los usuarios de la intersección.
- ✓ Garantizar un flujo eficiente de los usuarios.
- ✓

Los usuarios son en orden de prioridad: personas con alguna discapacidad, peatones, conductores de vehículos no motorizados (ciclistas) y conductores de vehículos motorizados.

De acuerdo al RACC 2004, los requerimientos de diseño de una intersección deben tomar en cuenta:

- ✓ El número de vehículos que circulan.
- ✓ El número de peatones y discapacitados que circulan.
- ✓ La frecuencia de uso de la intersección por parte de las personas.
- ✓ El contexto en el que se encuentra la intersección (Rango jerárquico de las
- ✓ vías que se aproximarán a la intersección y el tipo de edificios e instituciones
- ✓ que se encuentren cerca).

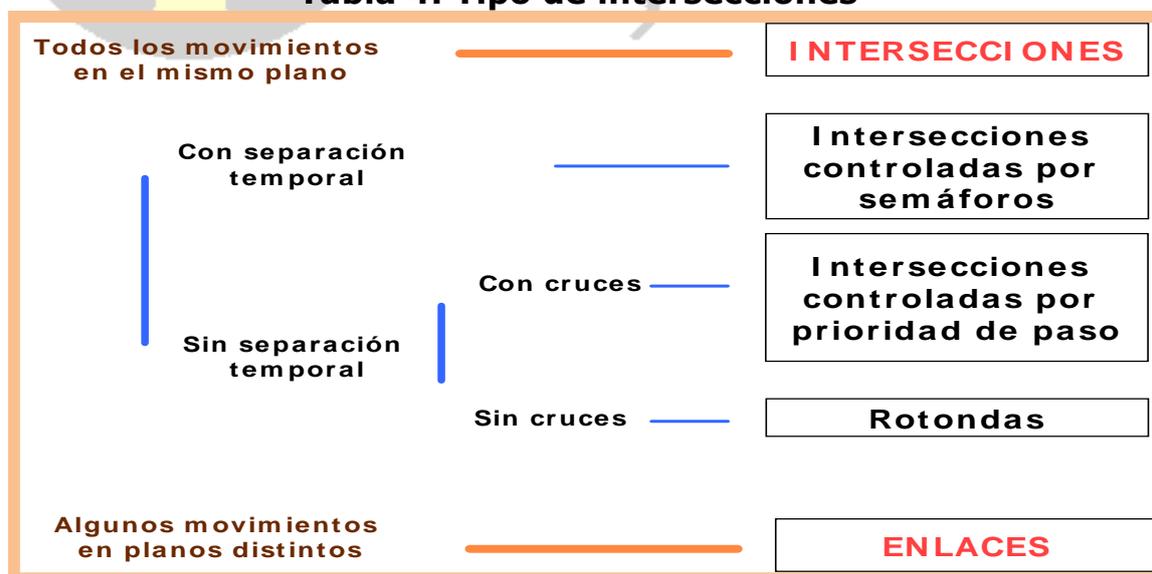
La AASTHO indica que hay factores a tomar en cuenta para diseñar una intersección los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Factor humano
- ✓ Tipo de tráfico en la zona
- ✓ Elementos alrededor.
- ✓ Factores económicos
- ✓ La funcionalidad y la zona

### 9.1. TIPOS DE INTERSECCIONES VIALES

El siguiente cuadro resume el tipo de intersecciones viales que se puede encontrar o se pueden planificar y construir.

**Tabla 4: Tipo de intersecciones**



FUENTE: INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE TERRESTRE DISEÑO GEOMÉTRICO, INTERSECCIONES. ING. ROBERTO D. AGOSTA

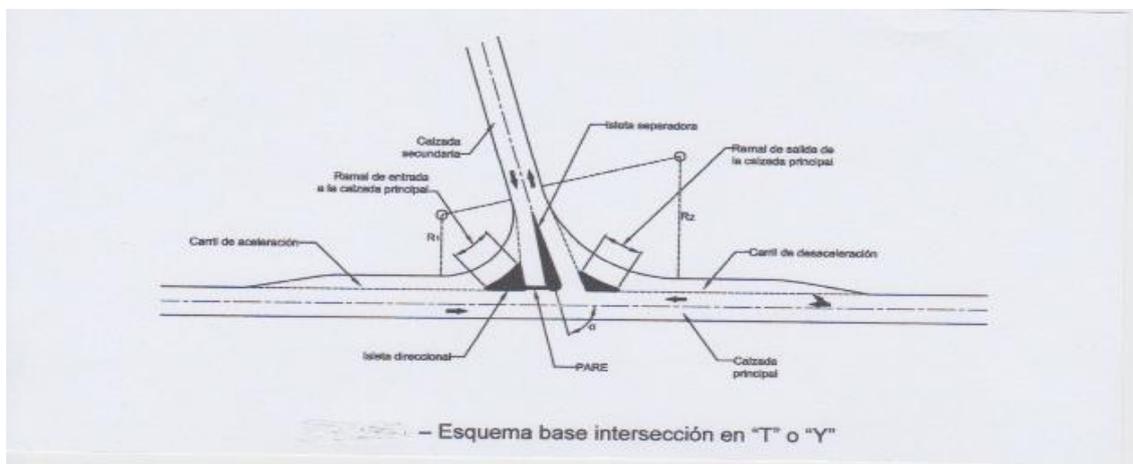
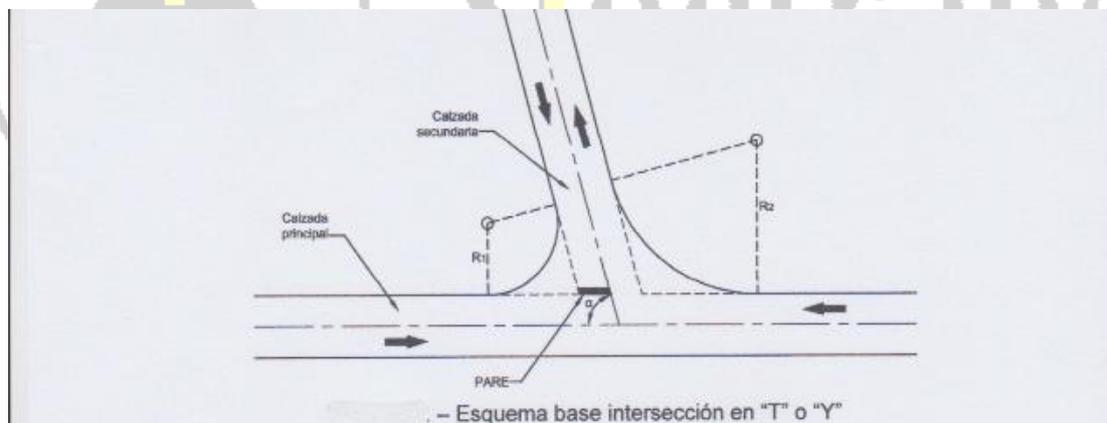
Las intersecciones a nivel simples sin semáforos; (por prioridad de paso) Deben operar bajo los tres niveles de control (reglas básicas en intersecciones, señales de Pare y Ceda el Paso), volúmenes de tráfico bajo, y el número de carriles que llegan a la intersección debe ser el mismo número que se aproxima, es decir al llegar a la intersección no se puede abrir un nuevo carril ni disminuir uno, pues esto da lugar a confusiones y caos.

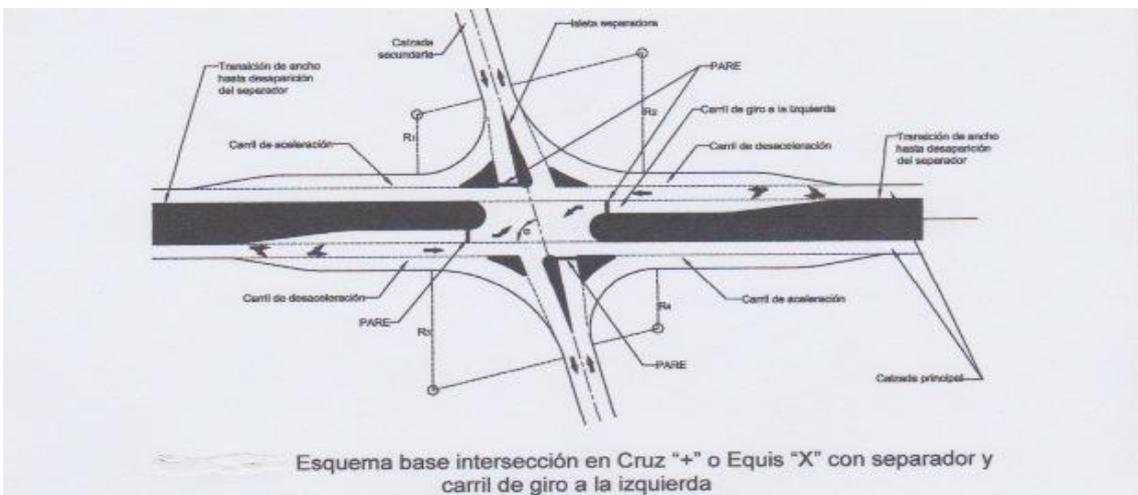
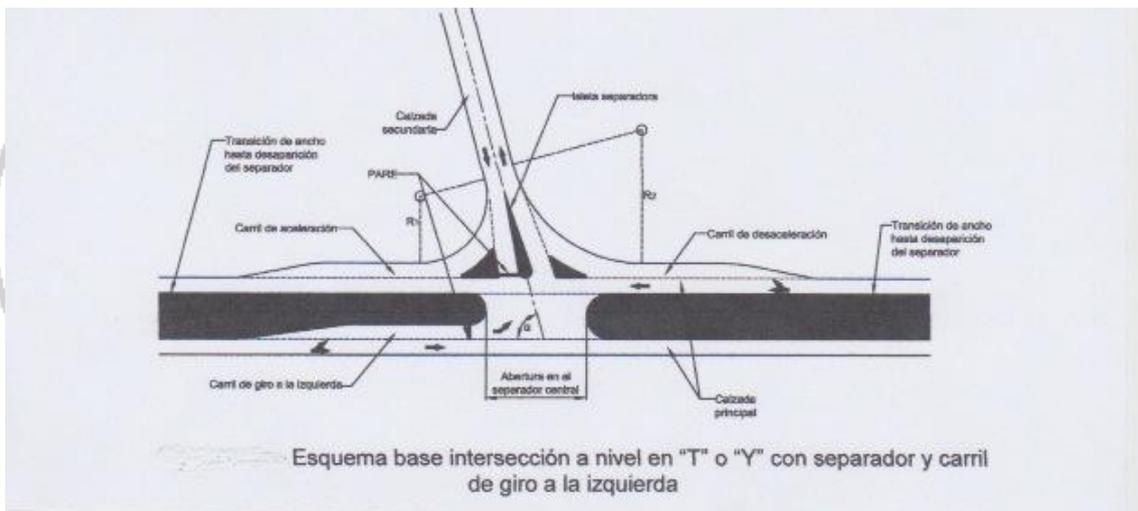
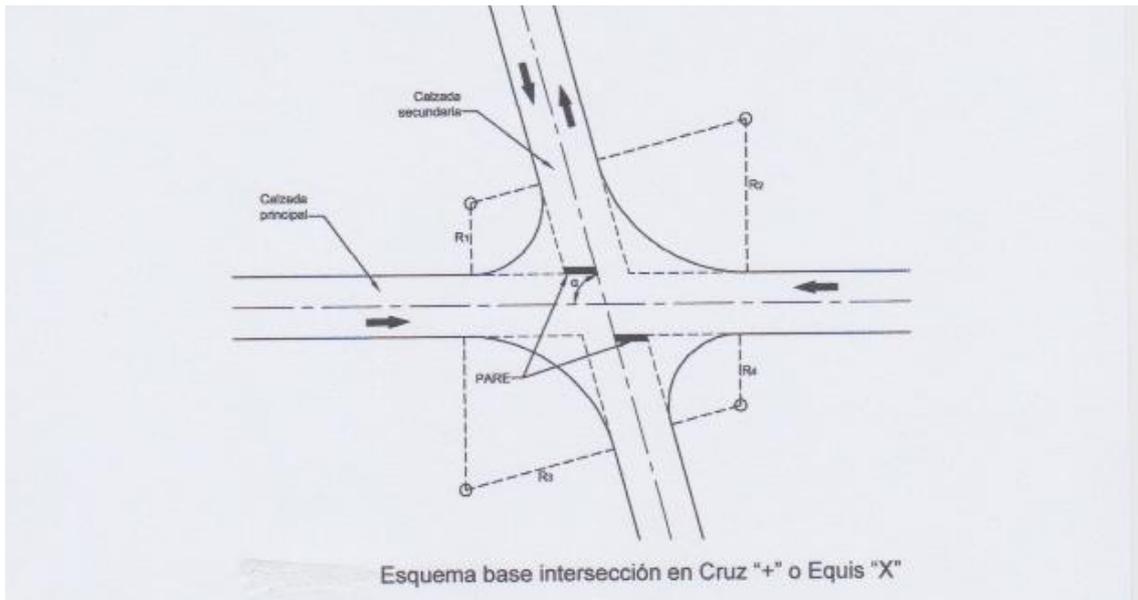
En las intersecciones a nivel se consideran algunos elementos que facilitan al tránsito y contribuyen a la seguridad vial.

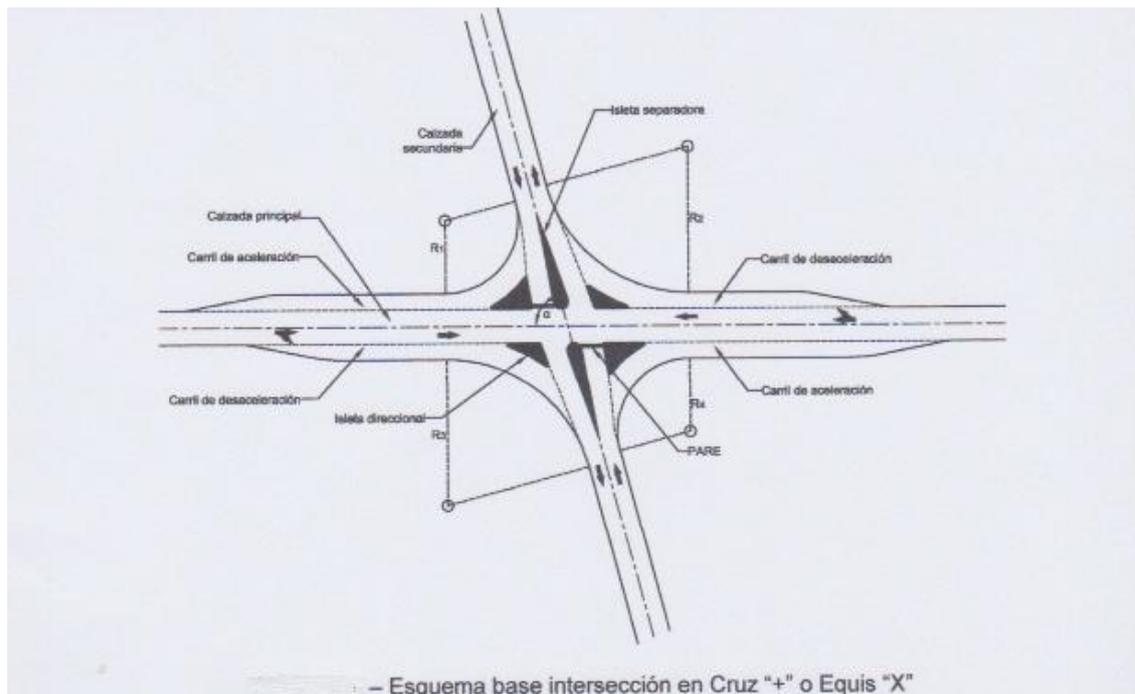
Se puede mencionar entre los más importantes:

- ✓ Vías de giro y ramales
- ✓ Isletas
- ✓ Carriles para cambio de velocidad
- ✓ Vías colectoras-distribuidoras

**Gráfico 2: Esquemas bases de intersecciones a nivel**







**FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS DE COLOMBIA, MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS**

## **9.2. CRITERIOS BÁSICOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES A NIVEL**

Criterios de diseño del Instituto Nacional de Vías de Colombia:

El ángulo de entrada ( $\alpha$ ) debe estar comprendido entre sesenta y noventa grados ( $60^\circ - 90^\circ$ ).

El Radio mínimo de las curvas R1, R2, R3 Y R4 debe corresponder al Radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado.

La pendiente longitudinal de las calzadas que confluyan debe ser, en lo posible, menor de cuatro por ciento (4.0 %) para facilitar el arranque de los vehículos que acceden a la calzada principal.

Salvo que la intersección se encuentre en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida

con el borde de la calzada principal y de longitud superior a treinta metros (30 m).

### **ROTONDAS (REDONDELES)**

Es una intersección en la que a un círculo confluye el tráfico de las intersecciones, pudiendo ser estas tres, cuatro o muchas más.

- ✓ La circulación se distribuye a las intersecciones girando siempre alrededor del círculo.
- ✓ En este tipo de intersecciones, el derecho de vía tienen los vehículos que ya están circulando dentro del redondel y los que buscan entrar deben esperar un espacio en el tráfico interno del redondel para ingresar.
- ✓ Para que un redondel o rotonda trabaje normalmente, el diámetro del círculo central debe ser igual o mayor a 25 metros.

Ventajas de las Rotondas:

- ✓ Desaparece la posibilidad que vehículos del un sentido obstruyan el paso a los vehículos en la otra dirección.
- ✓ El movimiento continuo y ordenado del tránsito de todos los vehículos simultáneamente y a baja velocidad.
- ✓ Los conflictos por cruce directo quedan por lo tanto eliminados, ya que el tránsito en todos los carriles converge o diverge, formando ángulos pequeños.
- ✓ Todos los giros pueden hacerse con facilidad, si bien se produce una longitud adicional de recorrido para todos los movimientos, exceptuando los giros a la derecha.
- ✓ Los gastos de mantenimiento y explotación son menores que los de una intersección semaforizada.

Desventajas de las rotondas:

- ✓ La rotonda supone la pérdida de prioridad de todas las vías que a ella acceden y, por consiguiente, la pérdida de la jerarquía vial.
- ✓ La capacidad de una rotonda es inferior a la de una intersección correctamente canalizada.

- ✓ Las rotondas no operan adecuadamente cuando los volúmenes de tránsito, de dos o más de los accesos de la intersección, se aproximan simultáneamente a su capacidad (es decir cuando la velocidad en dos o más de los accesos tiende a cero), en particular, si son vías de cuatro o mas carriles.
- ✓ Las rotondas necesitan mayor derecho de vía y mayor superficie de rodamiento.
- ✓ Algunas veces resultan más costosas que otras intersecciones a nivel.
- ✓ Debido a que el área requerida debe ser relativamente plana, el uso de rotondas no es recomendable cuando el terreno no es plano.
- ✓ No son adecuadas en aquellos lugares donde existe un movimiento grande de peatones a través de la intersección, ya que su paso interrumpe el tránsito de vehículos y no se pueden establecer zonas de seguridad para peatones.
- ✓ Las rotondas requieren grandes dimensiones cuando las vías que forman la intersección son para alta velocidad, y ello es debido a que necesitan una longitud de entrecruzamiento muy larga, o bien, cuando la intersección esta formada por mas de cuatro accesos.
- ✓ Para obtener una operación segura y eficiente, en una rotonda son necesarias numerosas señales, las cuales deberán prestar servicio tanto durante el día como en la noche. Resulta difícil obtener una señalización adecuada que no confunda a los conductores no familiarizados con la zona.

**Tabla 5: Criterios de diseño para rotondas convencionales**

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	MAGNITUD
Diámetro mínimo de la isla central		m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito		m	50
Relación W/L			Entre 0,25 y 0,40
Ancho sección de entrecruzamiento		m	15, máximo
Radio mínimo	De entrada	m	30
	De salida	m	40
	En esquinas isla central	m	10
Sobreeancho en las curvas	<b>Radio (m)</b>		
	15	m	600
	22	m	300
	30	m	150
Ángulo ideal de entrada			60
Ángulo ideal de salida			30

**FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS, INVIAS COLOMBIA, 1998.**

### **9.3. ENLACES O INTERSECCIONES A DESNIVEL**

Las intersecciones a desnivel se convierten en soluciones de alto costo cuando todas las demás no satisfagan la demanda.

Mejor conocidas como pasos a desnivel: Conjunto de ramales viales que se cruzan en diferentes niveles.

La zona en la que dos o más vías se cruzan a distintos niveles para permitir los movimientos de tráfico entre las carreteras sin entrecruzamientos, con el mínimo de conflictos y sin interrupciones.

Los pasos a desnivel aumentan la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, que tengan altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes.

En general, la construcción de un paso a desnivel requiere inversiones importantes, por lo que su construcción debe estar totalmente justificada tanto técnica como económicamente cuando se hayan estudiado o puesto en operación otras alternativas de gestión de tránsito y no hayan funcionado.

A continuación se enumera algunas de las razones que justifican la construcción de un paso a desnivel:

- ✓ **Funcionalidad.** En ciertas carreteras como autopistas y vías de primer orden, porque tienen limitación de accesos las primeras, o por la categoría y características que les atribuyen los planes viales nacionales, regionales o locales.
- ✓ **Capacidad.** Si la capacidad es insuficiente en una intersección, una alternativa por considerar, en el estudio de factibilidad, es separar niveles siempre y cuando se hayan descartado otras opciones de gestión de tránsito, como eliminar estacionamiento en la vía del conflicto, redireccionar el tráfico por otras vías menos importantes, limitar el paso de vehículos pesados, etc., es decir aumentar la capacidad de la vía mediante la regulación y control del uso y ocupación de las vías.

- ✓ **Seguridad.** Este es un factor importante para considerar la construcción de intersecciones a desnivel. En intersecciones en las que se advierte potenciales accidentes entre vehículos o vehículos-peatón; o en vías en operación con histórico de accidentes y que otras medidas de gestión de tráfico no hayan dado resultados.

Por las elevadas inversiones que implica, en general, la construcción de una intersección a desnivel, es necesario el estudio de factibilidad. Podría considerarse una construcción por etapas, en la que cada etapa pueda entrar en funcionamiento independientemente de las demás.

Generalmente en los pasos a desnivel, los giros, sean izquierdos o derechos se resuelven a través de ramales directos, semidirectos y vías de enlace, sin interrumpir el tráfico de la vía y en condiciones de seguridad.

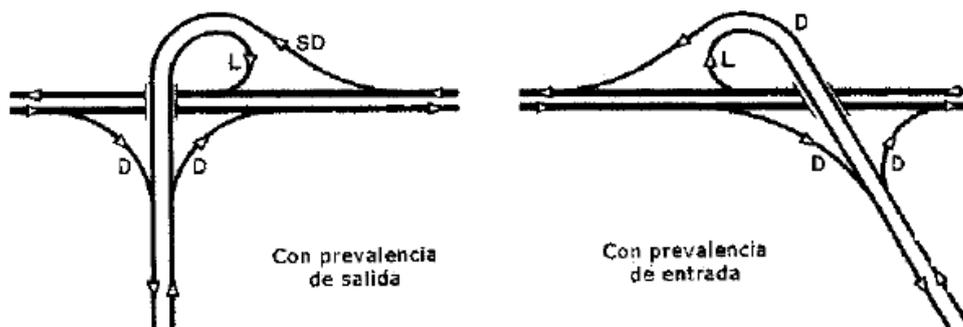
Existen varios tipos de intersecciones a desnivel, dependiendo de las necesidades a resolver, del espacio de terreno disponible y del presupuesto de la entidad que la financia. Entre los tipos más usuales tenemos:

#### 9.4. INTERSECCIONES TROMPETA Y DIAMANTE

- ✓ ENLACE TIPO TROMPETA

En estos enlaces existe una carretera principal que predomina sobre la secundaria. Como se observa en la Figura siguiente, se produce un giro derecho resuelto mediante enlaces directos. El giro izquierdo, en cambio, puede variar según las intensidades de tráfico de entrada y salida de la carretera secundaria: desde la vía principal se puede realizar mediante un ramal semidirecto o un lazo, mientras que el de la vía secundaria se realiza también mediante lazo o con un ramal directo.

**Gráfico 3: Enlace tipo trompeta**



La funcionalidad de los enlaces trompeta es bastante limitada, puesto que se tienen coartados muchos movimientos, principalmente, el cambio de sentido que resulta muy útil en cualquier carretera.

Por otra parte, en los lazos cabe destacar que se tiene que reducir considerablemente la velocidad debido a que la visibilidad es muy reducida y el giro a realizar muy cerrado.

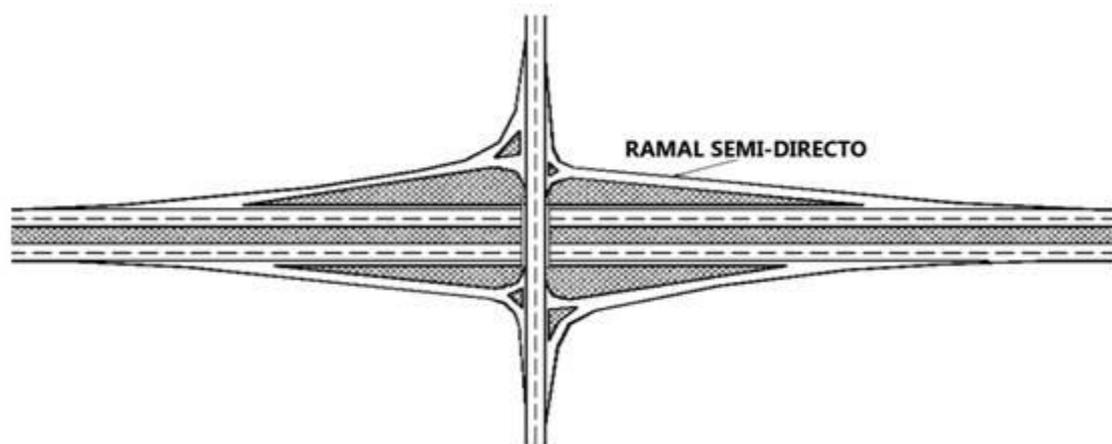
A pesar de ello, son bastante utilizados en los enlaces de tres ramas debido a su sencillez.

En cuanto al tema económico, hay un número reducido de obras de paso lo que minimiza los costes. Sin embargo, puesto que los lazos ocupan una superficie de terreno bastante extensa, aumentan los costes generados por las expropiaciones.

✓ ENLACE TIPO DIAMANTE

El **enlace tipo diamante** es un enlace mixto de cuatro ramales donde las entradas y salidas a la carretera principal se resuelven con ramales unidireccionales; los movimientos se resuelven con intersecciones en la carretera secundaria, y permite un total de ocho movimientos de giro posibles. Está formado por cuatro ramales del tipo semidirecto, cada uno de los cuales permite un giro a la izquierda y un giro a la derecha. Los giros a la izquierda se desarrollan a nivel a través de los flujos de paso por la vía secundaria.

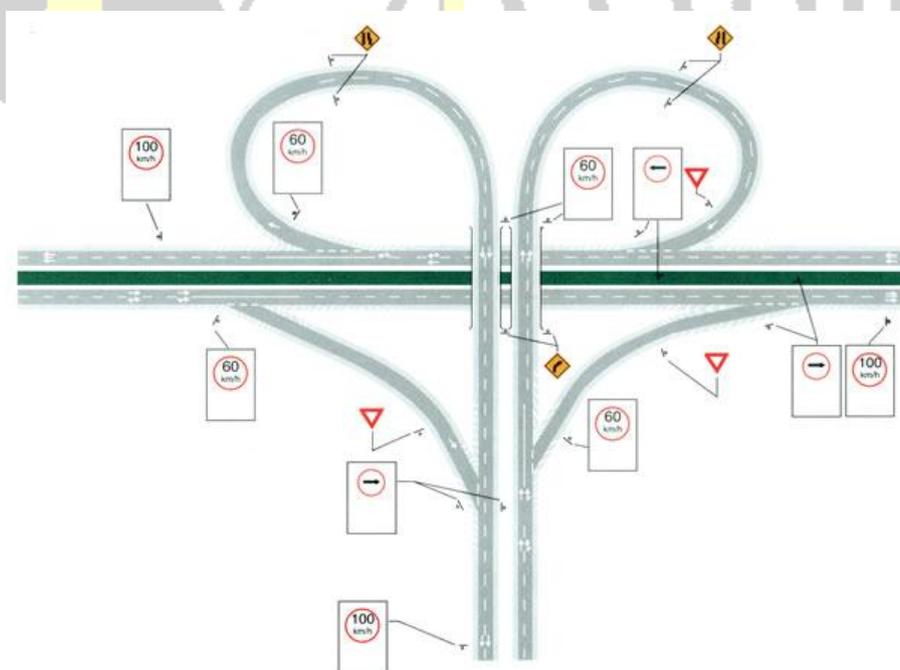
**Gráfico 4: Dibujo de una intersección típica de diamante**



✓ TRÉBOLES

Se trata de un enlace de cuatro ramales con todos los cruces a distinto nivel que permite el cruce de dos vías. Realiza giros a la derecha de forma directa, utilizando lazos para los giros a izquierda, proporcionando una forma similar a la hoja de un trébol de cuatro hojas. Se utiliza cuando las dos vías que se cruzan forman un ángulo de aproximadamente  $90^\circ$  en dicha zona, requiriendo la construcción de una obra de paso (ya sea superior o inferior).

**Gráfico 5: Tréboles**



FUENTE: [HTTP://WWW.MTC.GOB.PE/PORTAL/TRANSPORTES/CAMINOS\\_FERRO/MANUAL/TRANSITO/SEPARATA/SEPARATA](http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_FERRO/MANUAL/TRANSITO/SEPARATA/SEPARATA)

Esta tipología de nudo se caracteriza por:

Aspectos positivos:

Simplicidad, ya que sólo necesita una única estructura auxiliar (paso superior ó paso inferior), utilizada tanto para el cruce a distinto nivel de las carreteras principales, como para realizar todos los movimientos necesarios en el enlace.

- ✓ Fácilmente interpretable por los conductores.
- ✓ Todos los movimientos se producen sin intersecciones a nivel.
- ✓ El enlace tiene una forma aproximadamente simétrica que proporciona tanto seguridad vial como facilidad en el diseño del mismo (al no tener que realizar diseños distintos en cada uno de los cuadrantes del nudo).
- ✓ Se suprime el poco evidente giro a la derecha mediante un ramal semidirecto propio de los tréboles parciales, lo que redundaría en una mayor capacidad y una gran eficiencia en autopistas y carreteras convencionales.

Aspectos negativos:

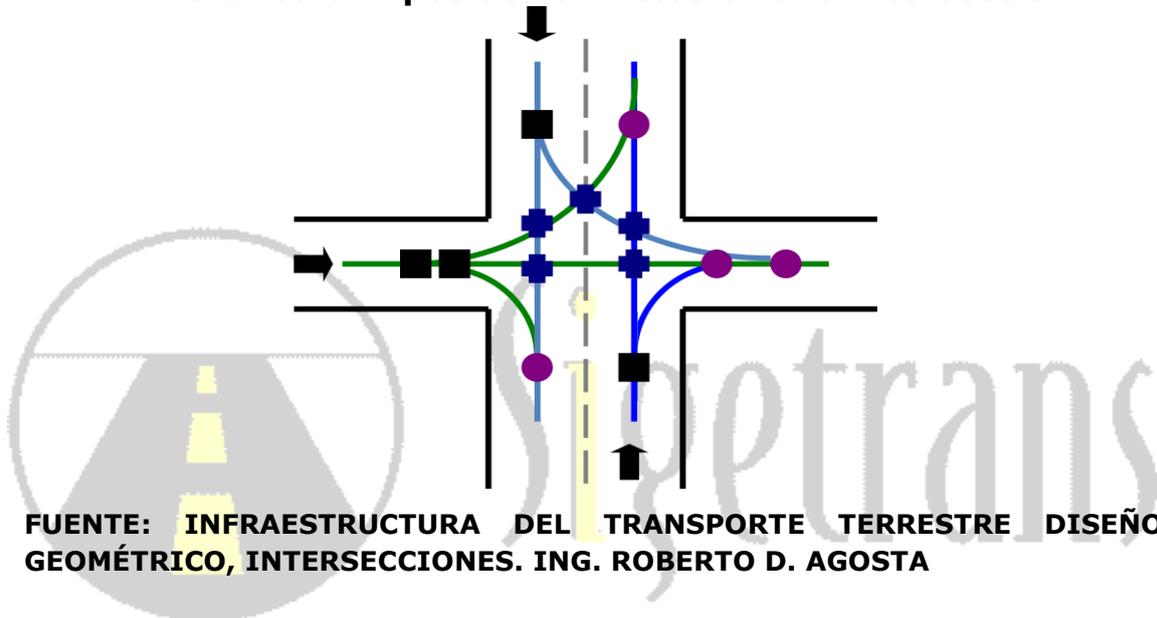
- ✓ La disposición geométrica de sus elementos crea ciertos problemas de congestión en la zona de la estructura auxiliar, además de requerir grandes longitudes de trenzado. Se entiende el trenzado como la maniobra por la que dos flujos de tráfico a distintas velocidades en el mismo sentido se entrecruzan. Supone la merma de la capacidad y aumenta la peligrosidad del enlace.
- ✓ Su construcción propicia un gran movimiento de tierras.
- ✓ Ocupa bastante superficie, siendo posible su reducción mediante la disminución del radio de los lazos (no siempre aconsejable, debido al subsecuente decremento de la capacidad) o ciñendo a estos los ramales directos existentes. Por este requisito de consumo de terreno, aparecen mayoritariamente en Estados Unidos, Canadá, Alemania y Países Bajos.
- ✓ La resolución de los giros a la izquierda mediante lazos genera una limitación de la capacidad.

## 9.5. CONFLICTOS EN UNA INTERSECCIÓN

Los puntos de conflicto son cruces de trayectorias que representan una posibilidad de accidente en las intersecciones.

Para resolver el problema de tránsito de una intersección se debe conocer el tipo de conflictos que se presentan. A continuación un esquema de los tipos posibles que pueden presentarse:

**Gráfico 6: Tipos de conflictos en una intersección**



**FUENTE: INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE TERRESTRE DISEÑO GEOMÉTRICO, INTERSECCIONES. ING. ROBERTO D. AGOSTA**

Tipos de Conflictos:

- ✓ Maniobras de Convergencia: dos trayectorias se unen en una común (círculos morados) ●
- ✓ Maniobras de Divergencia: dos trayectorias se separan de una común (cuadrados negros) ■
- ✓ Maniobras de Cruce: dos trayectorias ocupan el mismo lugar en instantes diferentes ☒

Los tipos de conflictos dependen de:

- ✓ Número de accesos
- ✓ Movimientos de giro permitidos
- ✓ Tipo de control de tránsito

### 9.5.1. Conflictos de convergencia y divergencia:

#### SOLUCIÓN

Hacer que tengan lugar bajo un ángulo pequeño  
Igualar velocidades (carril adicional)  
Conflictos de cruce

#### Conflictos de cruce

#### SOLUCIÓN

Disminuir tiempo de la maniobra:  
Trayectorias perpendiculares  
Anchos reducidos

Adoptar una ordenación de la circulación:

- Establecer una prioridad fija
- Prioridad de la derecha
- Señal de Ceda el Paso
- Semáforo: asignación sucesiva de prioridad - separación temporal (urbana)
- Rotonda (glorieta)
- Separación espacial: cruce a distinto nivel

### 9.6. DISEÑO DE LAS INTERSECCIONES A NIVEL

Con la finalidad de obtener el diseño más conveniente, se presentan los siguientes criterios generales, destacando que se debe optar por la solución más sencilla y comprensible para los usuarios.

Priorización de los movimientos.

- ✓ Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción de ancho de vía e introducción de curvas de Radio pequeño. Eventualmente, convendría eliminarlos totalmente.

Consistencia con los volúmenes de tránsito.

- ✓ Buscar la congruencia entre el tamaño de la alternativa propuesta y la magnitud de los volúmenes de tránsito que circularán por cada una de las vías de la intersección.

#### Sencillez

- ✓ Las intersecciones deben dar un mensaje de actuación claro al conductor; la canalización no debe ser complicada ni a través de movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

#### Separación de los movimientos.

- ✓ Según los resultados de los estudios, puede ser necesario dotar algunos movimientos con vías de sentido único, completándola con carriles de aceleración. Las isletas contribuyen mucho a canalizar estos movimientos. Las amplias áreas sin señalización permiten que los conductores actúen desordenadamente, así como los peatones, generándose riesgos de accidentes y disminuyendo la capacidad de la intersección.

#### Visibilidad.

- ✓ La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad.

#### Perpendicularidad de las trayectorias.

- ✓ Se recomiendan las intersecciones en ángulo recto, pues tienen menos áreas de conflicto.

Previsión. En general, las intersecciones exigen superficies amplias para realizar adecuadamente todas las maniobras propias de la circulación; factor a tener en cuenta como Municipalidad de Mejía al autorizar construcciones u otra instalación próxima a una intersección.

Al diseñar o rediseñar las intersecciones, es primordial tomar en cuenta que las áreas peatonales no se vean afectadas, disminuídas o eliminadas por favorecer los movimientos vehiculares. Deberán proporcionarse andenes de refugio, cuando los peatones tengan que

cruzar calles amplias, que de lo contrario tendrían hacerlo en un solo trayecto.

### **9.7. COMPONENTE SOCIOAMBIENTAL:**

La interacción de la ciudad con las infraestructuras del transporte y sus respectivas operaciones, aunque buscan; eficiencia, productividad y competitividad de la ciudad, es indudable que propician diversos efectos nocivos dentro del escenario urbano y fuera de él; Con el exceso de contaminación en las ciudades, los impactos ambientales de las acciones de transporte revisten cada vez mayor importancia. Los impactos ambientales del tránsito de vehículos se relacionan con cuatro áreas principales: la contaminación del aire, contaminación por ruido, deterioro del paisaje urbano, la creación de barreras artificiales al movimiento de las personas.

La calidad del combustible y el estado del vehículo y sus emisiones están directamente relacionados con la contaminación del aire. Respecto al primer elemento, es el Estado directamente el responsable de la calidad del combustible que se expende en el país. Para minimizar el segundo elemento de contaminación atmosférica, se contempla dentro de la transferencia de competencias a los Municipios la implementación de los Centros de Revisión Vehicular.

El desplazamiento de un vehículo, las explosiones de carburante, las vibraciones de los motores y su mecánica interna constituyen una importante fuente de ruido en las ciudades. Existen métodos o elementos que ayudan a minimizar el impacto del ruido; pueden ser pantallas de árboles o de materiales sintéticos a lo largo de un tramo de vía para proteger del ruido a los edificios que se encuentran justo a la vía en análisis. Cuando se trata, por ejemplo de centros educativos o de salud, actualmente, se puede minimizar el impacto del ruido cambiando la capa de rodadura frente a la edificación por una de menor rugosidad y mayor amortiguamiento, sumado a la restricción de velocidad en esa zona por ejemplo.

La eficiente gestión de tránsito, empezando por una verdadera planificación de la ciudad y estrictos controles para asegurar el cumplimiento de las normas establecidas al respecto, permitirán minimizar los impactos urbanísticos como aquellos relacionados directamente con la movilidad de los peatones.

## 10. SEÑALIZACIÓN VIAL

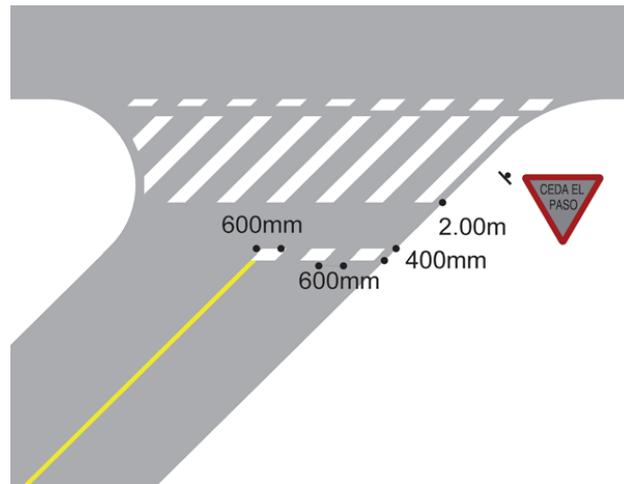
Dispositivos para el Control del Tránsito:

Dentro del concepto de dispositivos para el control de tránsito se ubica la señalización vertical como horizontal, los semáforos y cualquier otro dispositivo, que la autoridad, en este caso el GAD Municipal de Mejía utilice para prevenir, regular y guiar a los usuarios de las vías, sobre la manera correcta y segura de circulación. Los dispositivos de control indican a los usuarios las precauciones o prevenciones que deben tener en cuenta, las limitaciones o restricciones que gobiernan la circulación y las informaciones o guías estrictamente necesarias, dadas las condiciones específicas de la calle o carretera. Existe el Manual Ecuatoriano de Señalización, al cual debe sujetarse toda la la señalización de vías en el Ecuador.

Para conseguir una mejor atención por parte de los usuarios, se debe utilizar solamente las señales precisas. El exceso de señalización provoca confusión y generalmente desalienta su atención. En áreas urbanas, se recomienda cuidar que publicidad u otros rótulos interfieran con la señalización de tránsito. Verificar que la señalización no quede oculta por la vegetación, por vehículos estacionados o por falta de iluminación nocturna.

En las intersecciones no semaforizadas, se deberán contemplar pasos cebra y la señalización que advierta al conductor el cruce de peatones. Así como las señales de Pare o Ceda el paso para los vehículos, dependiendo de las condiciones.





**FUENTE: FUENTE: REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN**

El factor más importante a tomar en cuenta al usar las señales de Pare y Ceda el Paso, indispensables en diseños de intersecciones a nivel, es la visibilidad del cruce, por lo tanto sólo cuando la vía es despejada y se cuenta con suficiente distancia de visibilidad, se optará por la señal de Ceda el Paso, caso contrario rige la señal de Pare.

## 11. SEMAFORIZACIÓN VIAL

Los semáforos son dispositivos eléctricos que tienen como función ordenar y regular el tránsito de vehículos y peatones en calles y carreteras por medio de luces generalmente de color rojo, amarillo y verde, operados por una unidad de control.

Los semáforos se pueden clasificar de dos formas:

- ✓ Por su funcionamiento
- ✓ Por su mecanismo de operación

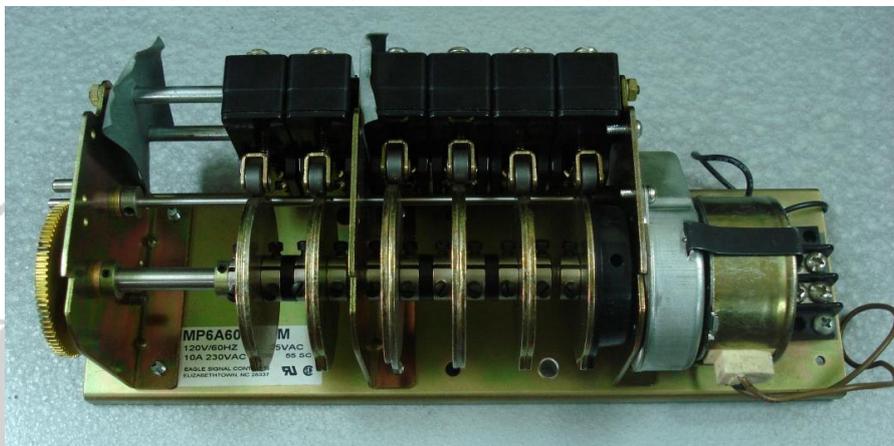
En la clasificación por su funcionamiento tenemos los siguientes:

- ✓ Semáforos para el control de vehículos: estos semáforos pueden ser accionados por el tránsito en su totalidad y parcialmente de igual forma no pueden accionarse por el tránsito.

- ✓ Semáforos para el control de peatones: estos semáforos son colocados en zonas de alto volumen peatonal y en zonas escolares.
- ✓ Semáforos especiales: estos pueden ser de destello y son empleados para regular el uso de carriles, para maniobras de vehículos de emergencias, puentes levadizos y algunos tienen barreras para identificar las aproximaciones a trenes.

De acuerdo con su mecanismo de operación tenemos la siguiente clasificación:

**Ilustración 1: Controlador electromecánico**



**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

**Ilustración 2: PLC LOGO**



**Ilustración 3: Controlador de regulador**



**Ilustración 4: Las tres tecnologías juntas**



## COLORES DE LOS SEMÁFOROS

Los colores de los semáforos deberán ser como sigue:

### ✓ **Rojo fijo**

Los conductores de los vehículos se detendrán antes de la raya de parada. Los peatones no cruzarán la vía, a menos que algún semáforo los dé la indicación de paso.



### ✓ **Amarillo Fijo**

Advierte a los conductores de los vehículos que esta punto de parecer la luz roja y que el flujo vehicular que regula la luz verde debe detenerse. De la misma manera avisa a los peatones que no disponen del tiempo suficiente para cruzar, excepto cuando exista algún semáforo indicándose que pueden realizar el cruce. Sirve para despejar el tránsito en una intersección y para evitar frenadas bruscas.



### ✓ **Verde fijo**

Los conductores de los vehículos podrán seguir de frente o dar vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos que una señal prohíba dichas vueltas. Los peatones que avancen hacia el semáforo podrán cruzar, a menos que algún otro semáforo les indique lo contrario.



✓ **Rojo intermitente**

Cuando se ilumine una lente roja con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán alto obligatorio y se detendrán antes de la raya de parada. Se empleará en el acceso a una vía principal.

✓ **Amarillo intermitente**

Cuando se ilumine una lente amarilla con destellos intermitente, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución. Se emplearán en la vía que tenga la preferencia.

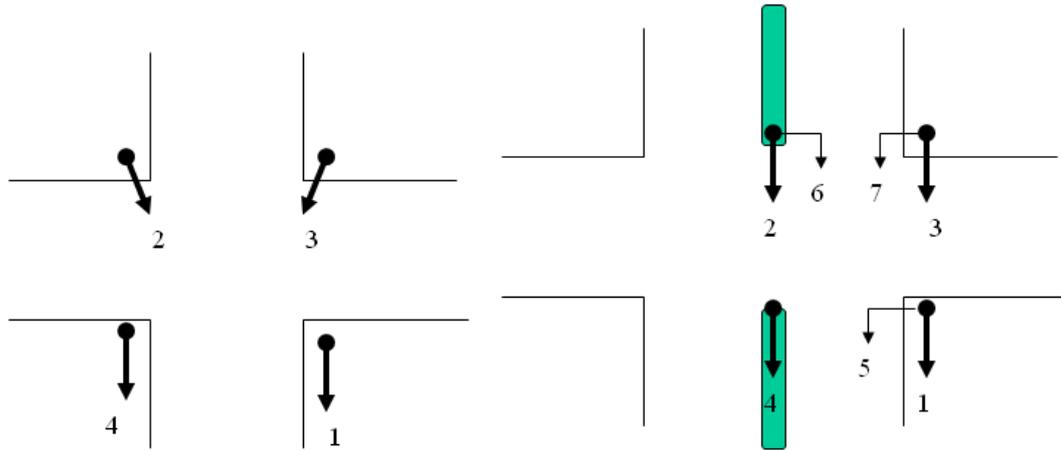
✓ **Verde intermitente**

Cuando una lente verde funcione con destellos intermitente, advierte a los conductores el final del tiempo de luz verde.

## UBICACIÓN DE LOS SEMÁFOROS

- ✓ Primarios
- ✓ secundarios
- ✓ terciarios
- ✓ primero doble
- ✓ primario aéreo
- ✓ secundario aéreo
- ✓ terciario aéreo

### Gráfico 7: Ubicación de los semáforos



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

### NÚMERO Y LOCALIZACION.

Consideración principal la visibilidad

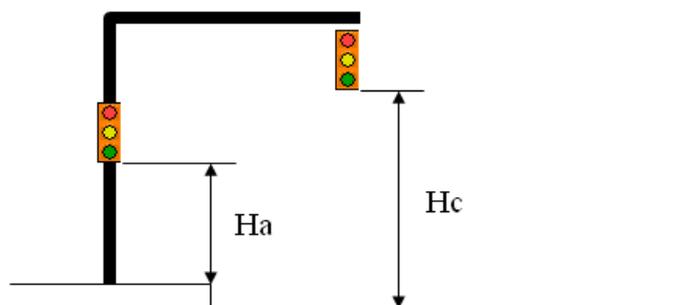
Elementos críticos:

- ✓ Ángulos verticales y laterales
- ✓ Geometría de las intersecciones
- ✓ Velocidad de circulación

### VISIBILIDAD Y RESGUARDO

- ✓ Viseras
- ✓ Rejillas (louvers)
- ✓ Pantallas o planchas traseras
- ✓ Flechas (mascarillas).

Gráfico 8: Altura de las caras



	MIN	MAX
HA	2.5	4.5
HC	5.3	5.75

NOTA:  
DIMENSIONES EN METROS

FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

### 11.1. REQUISITOS PARA INSTALACION

El Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004: 2012 Señalización Vial. Parte 5. Semaforización, señala los requisitos para semaforizar una intersección, por lo cual a continuación se transcribe lo pertinente:

“No se debe instalar semáforos a menos que se cumpla uno o más de los requisitos detallados en el Reglamento; la información se debe obtener mediante estudios de ingeniería de tránsito; si estos requisitos no se cumplen, no se debe poner en operación un semáforo, ni debe continuar en operación uno que ya haya sido instalado previamente.

Los factores que influyen para proveer a una intersección de semáforos son:

- ✓ Volúmenes de tránsito
- ✓ Acceso a vías principales
- ✓ Volúmenes peatonales
- ✓ Cruces peatonales escolares
- ✓ Conservación de progresión
- ✓ Frecuencias de accidentes
- ✓ Sistemas y
- ✓ Combinación de requisitos

En este Reglamento, se utiliza las palabras “mayor” y “menor” para indicar las vías que llevan el volumen de tránsito grande y pequeño respectivamente.

a) Volúmenes de tránsito. Este requisito se aplica cuando los volúmenes de tránsito son la razón principal para considerar la instalación de semáforos. Ver tabla 5.1.

El requisito se satisface si durante 4 horas para controladores actuados por los vehículos y, 8 horas para controladores de tiempo fijo de un día laborable, se obtienen los siguientes volúmenes de tránsito:

No. DE CARRILES EN CADA ACCESO		VEHÍCULOS POR HORA EN LA VÍA MAYOR VOLUMEN (TOTAL EN AMBAS DIRECCIONES)	VEHÍCULOS POR HORA ACCESO DE MAYOR VOLUMEN DE LA VÍA MENOR (UNA SOLA DIRECCIÓN)
VÍA MAYOR	VÍA MENOR		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

Los volúmenes de la vía mayor y menor son para las mismas 4 u 8 horas del estudio. Durante esas 4 u 8 horas, la dirección del volumen más grande en la vía menor puede ser en un acceso por varias horas y en el acceso opuesto durante otras horas.

Cuando la velocidad de circulación segura de la vía mayor exceda de 55 km/h, o cuando la intersección objeto del estudio esté dentro del límite urbano de una población aislada con una cantidad menor de 10.000 de habitantes, el requisito de volumen vehicular mínimo es el 75% de los requisitos detallados anteriormente.

b) Acceso a vías principales. Este requisito se aplica cuando el volumen de tránsito en la vía mayor es tal, que el tránsito de la vía menor sufre demoras innecesarias o riesgos al entrar o cruzar la vía mayor. El requisito se cumple cuando durante 4 u 8 horas de un día laborable, los volúmenes de tránsito exceden a los indicados en la siguiente tabla y la instalación de semáforos no interrumpe seriamente al tránsito; y, si no existen otras intersecciones semaforizadas cercanas las cuales pueden ser utilizadas por el tránsito de la vía menor. Ver tabla 5.2.

TABLA 5.2 Volúmenes vehiculares mínimos

No. DE CARRILES EN CADA ACCESO		VEHICULOS POR HORA EN LA VIA MAYOR VOLUMEN (TOTAL EN AMBAS DIRECCIONES)	VEHICULOS POR HORA ACCESO DE MAYOR VOLUMEN DE LA VIA MENOR (UNA SOLA DIRECCION)
VIA MAYOR	VIA MENOR		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	750	100
1	2 o más	750	100

Los volúmenes de la vía mayor y menor son para las mismas 4 u 8 horas del estudio: Durante esas 4 u 8 horas, la dirección del volumen más grande en la vía menor puede ser en un acceso por varias horas y en el acceso opuesto durante otras horas.

Cuando la velocidad de circulación segura de la vía mayor exceda de 55 km/h, o cuando la intersección objeto del estudio se encuentre dentro del límite urbano de una población aislada con un número menor a 10.000 habitantes, el requisito de acceso a vías principales, será el 75% de los volúmenes indicados.

c) Volúmenes peatonales. Se satisface este requisito cuando existen los siguientes volúmenes mínimos de vehículos y peatones durante 4 horas de cualquier día laborable:

En la vía mayor 600 o más vehículos/h entran a la intersección (total de ambos accesos); o, si existe un parterre de 1,20 m o más de ancho, 1.000 o más vehículos/h entran a la intersección (total de ambos accesos); y,

Durante las mismas 4 horas del numeral anterior, 150 o más peatones cruzan por hora a través de la vía mayor.

Cuando la velocidad de circulación segura de la vía mayor exceda de 55 km/h, o cuando la intersección este ubicada dentro del área urbana de una población aislada con menos de 10.000 habitantes, el requisito del volumen peatonal mínimo será el 70% de los volúmenes mencionados.

Un semáforo que se instale bajo estos requisitos en una intersección aislada, debe ser del tipo actuado por los peatones por medio de botones detectores, para que cuando estos los presionen cambien las luces y les permita cruzar con seguridad la vía mayor.

Se permite instalar semáforos a mitad de las cuadras (semáforos intermedios), siempre y cuando se cumplan los requisitos aquí establecidos; y, que el cruce de peatones esté por lo menos a más de 50,00 m de otro cruce cercano.

Se debe prohibir los estacionamientos de vehículos 12,00 m antes y 6,00 m después del cruce de peatones.

d) Cruces peatonales escolares. Este requisito se satisface cuando en cruces utilizados predominantemente por escolares, por cada 2 horas de un día típico de asistencia a clases existen los siguientes volúmenes de tránsito:

El volumen vehicular en la vía mayor excede de 600 vehículos/h (total en ambas direcciones); y,

El volumen peatonal excede de 50 personas por hora que cruzan a través de la vía mayor.

e) Conservación de progresión. Para mantener a los vehículos agrupados y regulares la velocidad de circulación, a veces puede ser requerido la instalación de semáforos en sitios donde normalmente no son necesarios.

Esta necesidad se crea cuando:

En una vía de tránsito unidireccional o, en donde predomine el tránsito en una sola dirección y las intersecciones semaforizadas estén muy distantes entre si, que no provean el grado necesario de agrupación y control de velocidad; o,

En una vía con tránsito en las dos direcciones, los semáforos adyacentes no provean el grado necesario de agrupación y control de velocidad y, la intersección semaforizada adyacente con la intersección propuesta a semaforizarse pueden crear un sistema progresivo de circulación.

La instalación de semáforos de acuerdo con este requisito, estará basada en la velocidad segura de circulación normal, a menos que un estudio de tránsito indique otra velocidad que sea más deseable.

f) Frecuencia de accidentes. Este requisito se satisface si se cumplen los siguientes parámetros:

Si pruebas adecuadas con señales de control más simples con la debida vigilancia por parte de los Agentes de Tránsito, hayan fracasado en la reducción de la frecuencia de accidentes, Hayan ocurrido 5 o más accidentes notificados en un periodo consecutivo de 12 meses, los cuales son susceptibles a corrección con la instalación de semáforos,

Si han ocurrido 3 o más accidentes cada año durante el tiempo de 3 años consecutivos y, estos pueden ser eliminados o reducidos utilizando semáforos,

Existe un volumen de tránsito vehicular y peatonal no menor del 80% de las condiciones especificadas bajo los requisitos de: volumen vehicular mínimo, de interrupción al tránsito continuo; o, de volumen mínimo de peatones; y,

La instalación de semáforos no interrumpe a los flujos de tránsito progresivos.

Cualquier semáforo instalado únicamente basado en el requisito de frecuencia de accidentes, debe ser obligatoriamente actuado por el tránsito, con dispositivos de control que provean una coordinación si se instalan en una intersección dentro de un sistema coordinado.

g) Sistemas. En algunas intersecciones se puede requerir la instalación de semáforos para alentar la concentración y organización de las redes de flujos de tránsito. El requisito de sistemas, se aplica cuando la intersección común de dos o más rutas principales tenga un volumen actual o proyectado de por lo menos 800 vehículos durante la hora de máxima demanda de un día laborable (preferentemente de martes a jueves); o, en cualquier periodo de 5 horas de un sábado y/o domingo

La vía mayor de acuerdo con este requisito debe tener una o más de las siguientes características:

Formar parte del sistema vial que sirve como red principal para los flujos de tránsito continuos,  
Enlazar áreas de gran generación de tránsito,

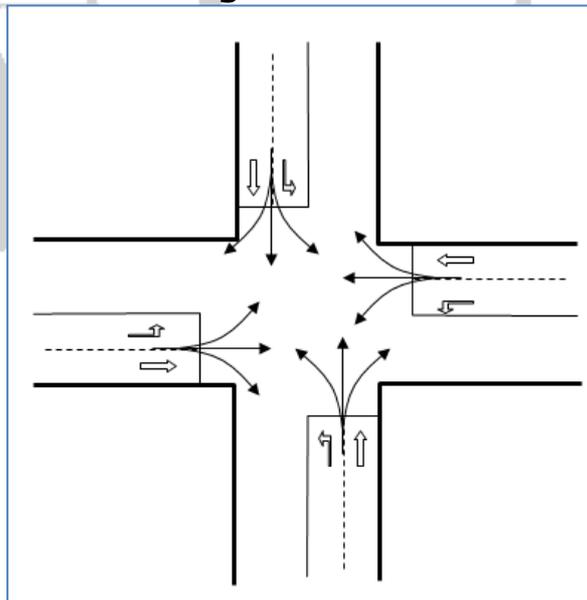
Inclusive, carreteras rurales fuera de, entrando a, o atravesando una ciudad; y,  
Aparezca como ruta principal en un mapa oficial preparado mediante un estudio que abarque al tránsito y transporte.

h) Combinación de requisitos. En casos excepcionales se puede justificar la instalación de semáforos aunque no se satisfaga ninguno de los requisitos mencionados, siempre y cuando 2 o más de los requisitos a, b y c se cumplan en un mínimo equivalente al 80% de lo establecido.

Siempre se debe tratar primeramente otras medidas que causen menos inconvenientes al tránsito antes de instalar semáforos bajo este requisito.”

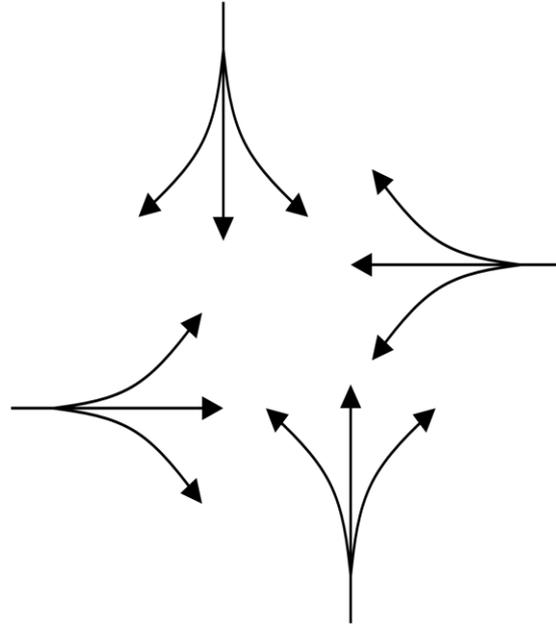
## 11.2. CALCULO DEL CICLO Y PROGRAMACION

Gráfico 9: Diagrama de movimientos



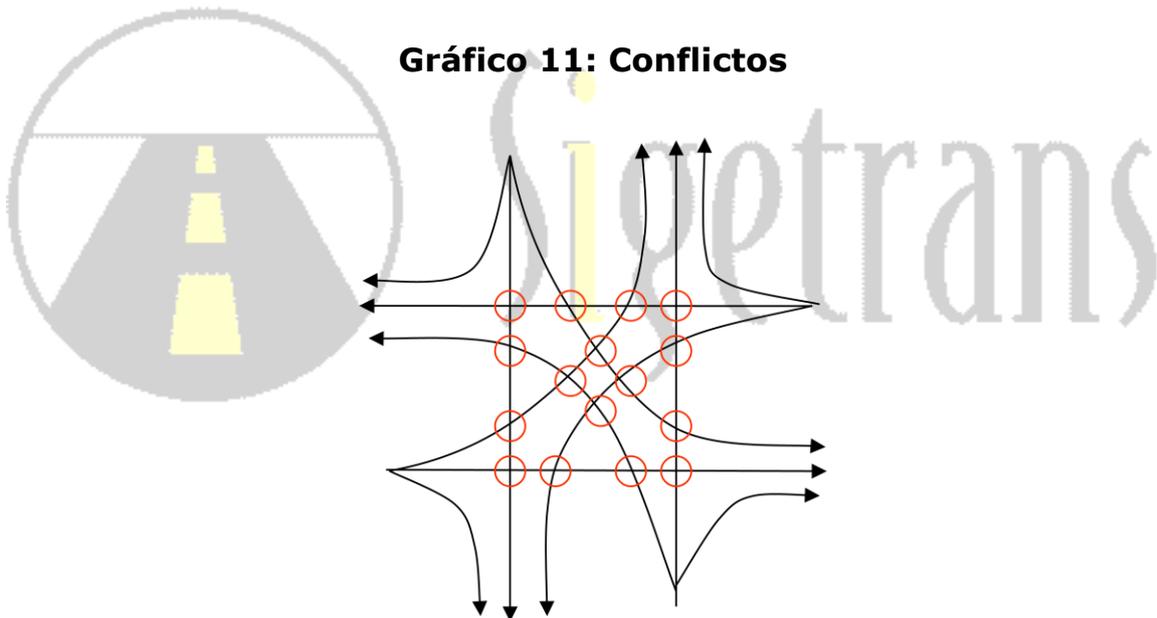
FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 10: Movimientos**



**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

**Gráfico 11: Conflictos**



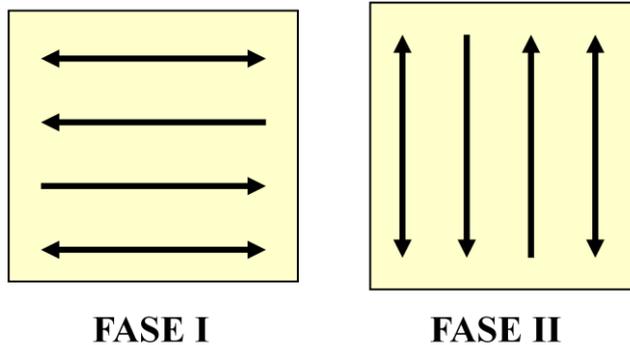
**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

### **FASE**

Es el conjunto de etapas que está presente simultáneamente. La etapa es una luz o conjunto de luces de un semáforo que regulan movimientos determinados de una intersección.

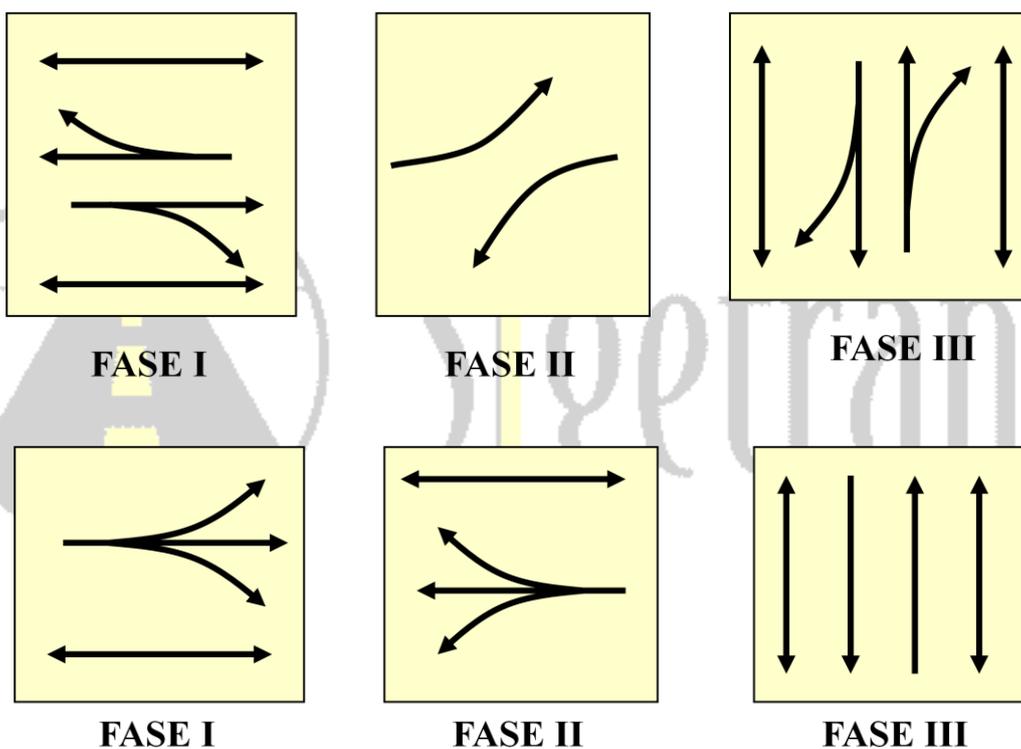
### **ESQUEMAS**

**Gráfico 12: Semáforo de 2 fases**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 13: Semáforo de 3 fases.**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

## 12. EJEMPLOS DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO

### 12.1. PROBLEMÁTICA Y METODOLOGÍA

Para la realización de este acápite se utilizó información primara obtenida de la visita de campo realizada a cada intersección que se

presuponía que podía ser conflictiva encontrada en vía, incluyendo las estaciones de combustible que suelen tener accesos muy cerrados sin carriles de deceleración y aceleración adecuados para permitir las incorporaciones a la vía.

Se determinó una colección de parámetros a ser relevado en campo para punto considerado de interés, para cada intersección o estación de combustible, lo que permitió la elaboración de fichas, las mismas que fueron ingresadas en un sistema informático con la información encontrada en vía.

Las fichas contenían lo siguiente, para el caso de estaciones de gasolina e intersecciones:

- ✓ Ubicación: calle principal y secundaria del semáforo y la intersección.

Parámetros:

- ✓ Generador de viaje: si existe alguna escuela, mercado, banco u otra institución que permita la conglomeración de personas.
- ✓ Peatones. Si existe peatones en la intersección
- ✓ Giro a la izquierda conflictivo: si el observador considera que existe algún tipo de problema en la intersección para realizar el giro.
- ✓ SemafORIZADA: si la intersección cuenta con semáforos que gestionan el flujo de vehículos
- ✓ Observaciones: recomendaciones y descripciones de cómo se encuentra la intersección, al igual que los problemas observados en el lugar.

**Tabla 6: Ficha de Intersecciones**

#	UBICACIÓN		CRITERIOS				OBSERVACIONES
	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	GENERADOR DE VIAJE?	PEATONES?	GIRO A LA IZQUIERDA CONFLICTIVO?	SEMAFORIZADA?	
1							
2							
3							
4							

5								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

**Tabla 7: Ficha de Estaciones de Gasolina**

#	UBICACIÓN		BOMBAS					OBSERVACIONES
	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	GENERADOR DE VIAJE?	PEATONES?	GIRO A LA IZQUIERDA CONFLICTIVO?	REFACCIONES?	SEMAFORIZADA?	
1								
2								
3								
4								
5								

**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR****ELABORADO POR: EQUIPO CONSULTOR**

Se visitaron las parroquias de Tambillo, donde no se encontró ninguna intersección conflictiva ya que el flujo vehicular sobre la vía E-35 desde Tambillo es muy bajo. La intersección sobre la E-28A es administrada por el MTOP por lo que no fue considerada, aunque se entiende que es muy conflictiva por la intensidad de tráfico, el paso del ferrocarril. la densidad peatonal, porque los autobuses la utilizan como estación de transferencia de pasajeros y otras consideraciones. En la parroquia de Cutuglagua se encontró una intersección semaforizada que es administrada por un tercero, por lo que no se la estudió.

En Uyumbicho se determinó una intersección del ingreso de la parroquia sobre la E-35 que sí fue analizada.

En Aloag se revisó el intercambiador pero por ser administrado por el MTOP no fue estudiado y en el pueblo de Aloag no se encontró ninguna intersección relevante o por flujo vehicular o peatonal. De igual forma pasó en Tandapi y en el Chaupi.

Sólo se encontraron intersecciones importantes en Machachi y en Aloasí. La intersección 20 se la incluyó porque el GAD en su tramo puede realizar mejorar importantes.

Como resultado de estas visitas de campo a las intersecciones mencionadas se obtuvo la siguiente información relevada:

**Tabla 8: Registro de Intersecciones encontradas**

#	UBICACIÓN		CRITERIOS				OBSERVACIONES	
	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	GENERADOR DE VIAJE ?	PEATONES ?	GIRO A LA IZQUIERDA CONFLICTIVO ?	SEMAFORIZADA ?		
1	Víctor Velasco	Marquesa de Solanda	Centro Artesanal Juan Ignacio Albuja- Iglesia	X	X		Salida estudiantes al medio día	
2	José Albuja	Marquesa de Solanda	Iglesia, Escuela 25 Julio Escuela Aloasí	X	X			
3	Andrés Orcés	Marquesa de Solanda	Coliseo Carlos Alfredo Mosquera Albuja	X				
4	Simón Bolívar	José Albuja	Esc. Luz de América	X				
5	Víctor Velasco	Simón Bolívar	Biblioteca					
6	José Albuja	Loopa Machachi					Entrada a lavadora de autos en contravía	
7	José Albuja	Panamericana					Ingreso directo a vía de alta velocidad	
8	Pana Sur Salida de Machachi a la Pana por calle Barriga						Entrecruzamiento con tráfico que ingresa a intercambiador vía a Aloasí	
9	Amazonas	Panamericana Sur	Escuela				Conflicto de sentidos	
10	Amazonas	Kennedy	Supervisión de Educación Cantón Mejía Steak House			X	Recomendar canalizar giro izquierda de la Amazonas Mejorar ángulo de acera Parterre no tiene rampa	
11	Amazonas	Antonio Benítez	Bco. Pichincha, Tía y otros comercios		X		Estacionamientos a ambos lados Recomendar quitar estacionamientos desde Tía a la intersección	
12	Amazonas	11 de Noviembre	Paradero de Buses Chaupi Mercado		X	X	Giros en U no semaforizadas	
13	Colón	Amazonas	Iglesia Escuela Luis Felipe Borja		X		X	Taxis estacionados en parque ocupan un carril ( izquierdo)

Plan de Movilidad del Cantón Mejía – Modelo de Gestión de Tránsito

#	UBICACIÓN		CRITERIOS				OBSERVACIONES	
	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	GENERADOR DE VIAJE ?	PEATONES ?	GIRO A LA IZQUIERDA CONFLICTIVO ?	SEMAFORIZADA ?		
14	García Moreno	Simón Bolívar	Escuela L. F. Borja		X		X	
15	José Mejía	Simón Bolívar	Municipio. Comercios	X			X	
16	José Mejía	Colón	Municipio Banco Nacional de Fomento Comercios		X		X	Conflicto de sentidos en la Mejía Recomendación que Mejía (estrecha) cambie de sentido Alrededor del parque cruces peatonales no tienen colores correspondientes
17	Simón Bolívar	Pérez Pareja	Produbanco. Comercios	X		X	X	Vehículos estacionados destruyen y disminuyen vía y no permiten el sentido doble vía
18	Barriga	11 de Noviembre	Mercado Parada Bus Comercios	X	X	X		Buses se estacionan en cualquier lugar
19	Amazonas	Néstor Cueva				X		Vía que va al TT
20	Pana Sur	Av. Pablo Guarderas				X	X	Acceso principal a Machachi Recomendación podría haber giro protegido desde Guarderas a pana sentido S-N mientras hay giro izq. De pana a Guarderas en sentido N-S hay corte de parterre para paso peatonal mientras que a 50 m hay peatonal elevado
21	Colón	Pérez Pareja	Comercios	X			X	Hay estación en Pérez pareja y es doble vía estrecha Sincronizar esta intersección con la Simón Bolívar y Pérez Pareja Alóag : para evitar los cruces directos o en U en la E20, recomendar extender parterre ( intercambiador) Todo Tandapi: Riesgo Tratar como una intersección
22	Ingreso a Uyumbicho	E-35	Parroquia Uyumbicho			X		Km 280

FUENTE:

EQUIPO

CONSULTOR

Página 91



**Tabla 9: Registro de estaciones de gasolina encontradas**

#	UBICACIÓN		BOMBAS				OBSERVACIONES
	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	GENERADOR DE VIAJE ?	PEATONES ?	GIRO A LA IZQUIERDA CONFLICTIVO ?	SEMAFORIZADA ?	
1	Panamericana Sur (Petrocomercial)	Pasando Aloasí al Sur					Directo a la vía
2	Panamericana Sur Primax	Más al sur de la Petrocomercial anterior					Directo a la vía Km 298
3	Panamericana sur sentido S-N	Primax cerca de peaje					
4	(Clyan) Panamericana Sur	Sentidos S-N en Machachi					
5	Primax Panamericana sur	Sentido S-N en Machachi junto a paso peatonal elevado					A 50m de sem. Principal de Machachi
6	PS	Machachi al Norte					
7	Petrocomercial Panamericana Sur	Sentido S-N (llegando a intercambiador de Alóag)					
8	Clyan Panamericana Sur	Sentido S-N en Alóag junto a paso peatonal elevado (intercambiador)					
9	PS ( Intercambiador Alóag)	Inicio tramo Alóag - Santo Domingo					
10	Petrocomercial Panamericana	Pasando Alóag al norte sentido S-N					
11	Movil ( pasando Alóag al Norte)	Sentido N-S					
12	Terpel Panamericana	en Tambillo					
13	PS	Vía Tambillo Colibrí Sentido a Tambillo					
14	Petro Jardín	Vía Tambillo Colibrí Sentido a Quito					
15	PS	Inicio tramo Alóag - Santo Domingo					

**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

Respecto a las intersecciones consideramos que aportaba un valor el prelacionarlas de acuerdo a parámetros clásicos de análisis de LoS a los que les asignamos un peso, los mismos que fueron:

1. Si eran generadores o atractores de viajes, se asignó de 0 a 3 puntos si cumplían con esta condición y a en qué grado.
2. Si había presencia de peatones, se asignó de 0 a 3 puntos si cumplían con esta condición y a en qué nivel.
3. Si había en la intersección la presencia de giros conflictivos, especialmente giros izquierdos a este particular se asignó de 0 a 3 puntos si cumplían con esta condición y a en qué nivel.
4. Si la intersección estaba semaforizada, lo que nos daba una indicación de que existía una alta intensidad vehicular, se asignó de 0 si estaba semaforizada y 3 puntos si lo estaba.
5. Por tramo de concentración de accidentes de tránsito, en función al número de ellos reportados, dando el valor máximo de 3 puntos para 7 eventos y de ahí de forma proporcional al número.

Respecto a la ubicación de accidentes 2012 se trabajó a partir de los datos entregados la siguiente matriz de ubicaciones:

**Tabla 10: Registro de siniestros de tránsito**

LUGAR DEL ACCIDENTE	TOTAL	%
AUTOPISTA AMAGUAÑA TROPICO	5	2%
AUTOPISTA TAMBILLO AMAGUAÑA TROPICO	1	0%
AMAZONAS Y RAFAEL ARROBA	2	1%
AV PABLO GUARDERAS	4	2%
PARROQUIA UYUMBICO	1	0%
BARRIO EL CHAUPI	5	2%
BARRIO GUITIG	1	0%
BARRIO SAN ANTONIO DE URIBE DE MACHACHI	2	1%
ENTRADA A LA PARROQUIA DE ALOASI	7	3%
MACHACHI COLON Y CARAS	1	0%
PANAMERICANA SUR TAMBILLO	14	5%
PANAMERICANA SUR CURVAS SANTA ROSA	7	3%
PANAMERICANA SUR CURVAS STA. ROSA	2	1%

PANAMERICANA SUR SECTOR CUTUGLAGUA	13	5%
PANAMERICANA SUR Y AV. SIMON BOLIVAR KM.5	1	0%
PANAMERICANA EL PEAJE PANAVIAL	4	2%
PANAMERICANA SUR ANTIGUA ADUANA	3	1%
PANAMERICANA SUR EL OBELISCO	5	2%
PANAMERICANA SUR EL ROSAL	2	1%
PANAMERICANA SUR FUERTE MILITAR	5	2%
PANAMERICANA SUR GAS. PETROCOMERCIAL	5	2%
PANAMERICANA SUR GASOLINERA MAS GAS	1	0%
PANAMERICANA SUR HCDA. SAN VICENTE	1	0%
PANAMERICANA SUR INTER. TAMBILLO	7	3%
PANAMERICANA SUR KM 13.	3	1%
PANAMERICANA SUR KM. 1	33	13%
PANAMERICANA SUR KM. 21+200	2	1%
PANAMERICANA SUR KM. 6 +300	1	0%
PANAMERICANA SUR KM. 7 1/2 BARRIO SAN JOSE	3	1%
PANAMERICANA SUR LAS PESAS	2	1%
PANAMERICANA SUR PUENTE DE JAMBELI	5	2%
PANAMERICANA SUR SAN ALFONSO	4	2%
PANAMERICANA SUR Y BARRIGA	2	1%
PANAMERICANA SUR, CALLE CARLOS BRITO	1	0%
PANAMERICANA SUR, SECTOR EL TIMBO	3	1%
PANAMERICANA SUR-LA JOYA	7	3%
PANAMERICANA SUR-SAN CARLOS	7	3%
PANAMERICANA SUR KM. 3 + 100	2	1%
VIA ALOAG SANTO DOMINGO	84	33%

**FUENTE: DNCTSV, GAD MEJIA Y EQUIPO CONSULTOR**

Con estos pesos se podía obtener un valor máximo de 15 puntos, que no fue alcanzado por ninguna intersección, en la tabla siguiente se muestra la ponderación y el resultado de este algoritmo de prelación. las intersecciones más conflictivas son la 20 (Panamericana y Pablo Guarderas) y la 6 ambas sobre la Panamericana, y de ahí las del centro de Machachi, cercanas al parque y a la Avda. Amazonas.

Una vez asignados estos pesos el orden de intersecciones resultante de más conflictiva a la menos, fue:

**Tabla 11: Prelación de intersecciones**

ORDEN CONFLICTIVIDAD	# INTERSECCIÓN	Atractor / generador	Existen peatones?	Hay giros peligrosos?	Está semaforizada?	Presencia de accidentes?	PUNTAJE TOTAL	ACCIDENTES REPORTADOS
1	20	3	3	3	3	2	14	4 accidentes
2	7	3	3	3		3	12	7 accidentes
2	16	3	3	3	3		12	
3	13	3	3	1	3		10	
3	17	2	2	3	3		10	
3	21	2	2	3	3		10	
4	12	3	3	3			9	
4	18	3	3	3			9	
5	8	2	2	3		1	8	2 accidentes
5	11	3	3	2			8	
5	14	2	2	1	3		8	
5	15	2	2	1	3		8	
5	22	2	2	3		1	8	
6	9	2	1	3		1,5	7,5	3 accidentes
7	10	2	2	3			7	
8	19	2	2	2			6	
9	1	2	2				4	
9	2	2	2				4	
9	6	3	0	1			4	
10	4	2	0				2	
11	3	1	0				1	
11	5	1					1	

**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

El nivel de conflictividad promedio de la intersecciones analizadas fue del 50%, es decir de 7,5 puntos sobre 15.

No quisimos incluir las bombas de combustible ya que obedecen a otras dinámicas y tienen características especiales como ausencia de peatones, ordenamiento de los flujos tipo FIFO (Primero que entre primero de sale) colas al interior, etc. Además son propiedad privada donde el GAD tiene grados muy limitados de actuación.

## 12.2. PROPUESTA DE MEJORAS

INTERSECCIÓN	RECOMENDACIÓN	REQUERIMIENTO	OBSERVACIONES
20	Habilitar giro derecho protegido (Pablo Guarderas hacia Panamericana Norte)	Segregación de carriles: Una para cruce de la Panamericana hacia el sur y otro para el giro derecho	
	Instalación de vallas para evitar el cruce peatonal a nivel (existe infraestructura de paso peatonal elevado)	Instalación de pórtico de señalización en la Pablo Guarderas 200 m antes de la intersección	
		Incrementar un semáforo de giro	
21	Prohibir el estacionamiento sobre la calle Pérez Pareja	Instalación de rótulos de No estacionar	
	Sincronización de semáforos	Señalización horizontal de no estacionar (Manual de Señalización INEN)	
9	Análisis completo de ingeniería de tránsito	Contratar estudio de tránsito	
18	Parada de buses en la bahía del Mercado Mayorista	Eliminar estacionamiento en bahía de Mercado Mayorista	

INTERSECCIÓN	RECOMENDACIÓN	REQUERIMIENTO	OBSERVACIONES
<p><b>Entre calle Barriga y Amazonas</b></p>	<p>En días de feria, la bahía sea utilizada como carril de ingreso al Mercado Mayorista</p>		
	<p>Par vial de Calle 11 de noviembre y Antonio Benítez</p>	<p>Estudio completo de circulación y simulación con software especializado</p>	<p>La calle 11 de noviembre, en ese tramo se convertiría en un solo sentido: Se resuelve el conflicto de la calle Barriga y la 11 de Noviembre, Permite generar una batería de estacionamiento sobre la 11 de noviembre (zona comercial)</p>
<p><b>11</b></p>	<p>En el tramo de la calle Amazonas, entre A. Benítez y 11 de Noviembre: Analizar el estacionamiento por la ocupación excesiva de la vía que limita la capacidad y dificulta la visibilidad para realizar los giros derechos.</p>	<p>Estudio completo</p>	
	<p>Actual estacionamiento en batería cambiar a paralelo a la calzada.</p>	<p>Señalización horizontal y vertical/Difusión del cambio</p>	
	<p>Prohibir Parada de buses Cooperativa El Chaupi, que los buses utilicen el Terminal Terrestre</p>	<p>Señalización e informar a la Coop. El Chaupi/ Difusión del cambio</p>	
	<p>Carril central de alojamiento para giro izquierdo desde la calle Amazonas hacia la calle Benítez</p>	<p>Señalización horizontal y vertical/Difusión de la</p>	<p>Recomendable hacer un estudio para semaforizar la</p>

INTERSECCIÓN	RECOMENDACIÓN	REQUERIMIENTO	OBSERVACIONES
		medida	intersección. Esto permitiría priorizar el giro los días de Feria en el Mercado Mayorista.
	Cambio de sentido de la calle A Benítez, entre la Amazonas y la Pérez Pareja.	Señalización y difusión del cambio	Se logra continuidad en la vía
<b>ZONA PARQUE CENTRAL MACHACHI</b>	Reubicación estacionamiento de taxis en la calle García Moreno, a partir de la calle Bolívar (fuera del área del parque)	Señalización	Estacionamiento de taxis obstruye el carril de giro izquierdo
<b>Calle Colón entre García Moreno y Mejía</b>	Prohibir el estacionamiento en ambos lados para establecer carriles definidos: carril derecho para giro a la calle Amazonas; carril izquierdo para flujo que continua recto o hace giro izquierdo en la García Moreno	Señalización/Difusión de la medida	
<b>Amazonas y Colón</b>	Aumentar una fase semafórica para generar giro derecho protegido de la Colón hacia la Amazonas	Reprogramación semáforos/Señalización vertical y horizontal de Carril derecho sólo para giro	Descongestiona la cola que se produce en la Colón.
<b>Colón y Mejía</b>	Cambio de sentido de calle Mejía desde Colón hacia el oeste	Señalización/Difusión de la medida/Reprogramación semáforos/Reforma en acera para giro derecho	Se da continuidad a la calle Mejía y se evita conflicto en la Mejía y Colón/ Se genera un circuit hacia el Mercado Mayorista.

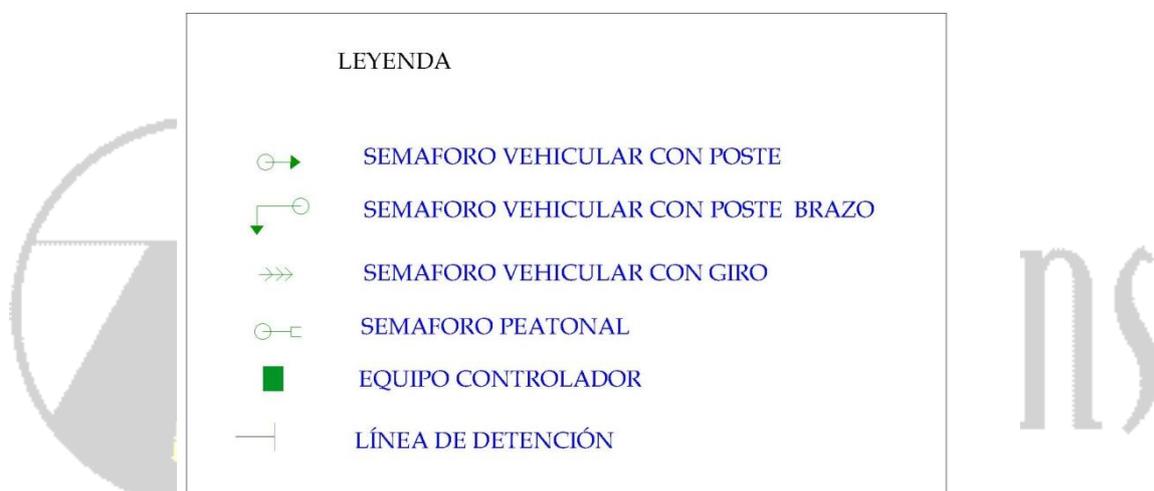
INTERSECCIÓN	RECOMENDACIÓN	REQUERIMIENTO	OBSERVACIONES
		de calle Colón a Mejía(oeste)	
7	Construir carril de aceleración en la Pana Sur	Obra de construcción de carril, señalización horizontal y vertical	
8	Señalización horizontal y vertical para evitar conflicto de entrecruzamiento	Señalización horizontal y vertical	
22	Señalización advirtiendo salida de vehículos	Señalización	



### 12.3. ANALISIS DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

De las siete intersecciones listadas en el documento de inventario (ver Doc.2), más los dos intersecciones sobre vías estatales, sólo hemos considerado las seis interiores de la ciudad de Machachi que serían las únicas de competencia y administración directa del GAD. Estas fueron analizadas y para ellas se presentan un informe por intersección que contiene: el diagrama de la intersección que contiene la ubicación y número y tipo de dispositivos semafóricos, que se explica por medio de la siguiente leyenda:

**Gráfico 14: Leyenda de esquemas de semaforización**



**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

También se presenta el diagrama de fases que indica los posibles giros y movimientos permitidos para cada fase el ciclo, las líneas de parada y finalmente para cada fase su diagrama de tiempos por colores del semáforo.

Con estas indicaciones se pueden calcular los volúmenes de tráfico permitidos para cada fase por si se quiere modificar el ciclado de cada intersección.

También describimos la tecnología de cada intersección, el tipo de regulados de tiempo estimado (ya que no tuvimos acceso a verlos) y la problemática encontrada en cada intersección.

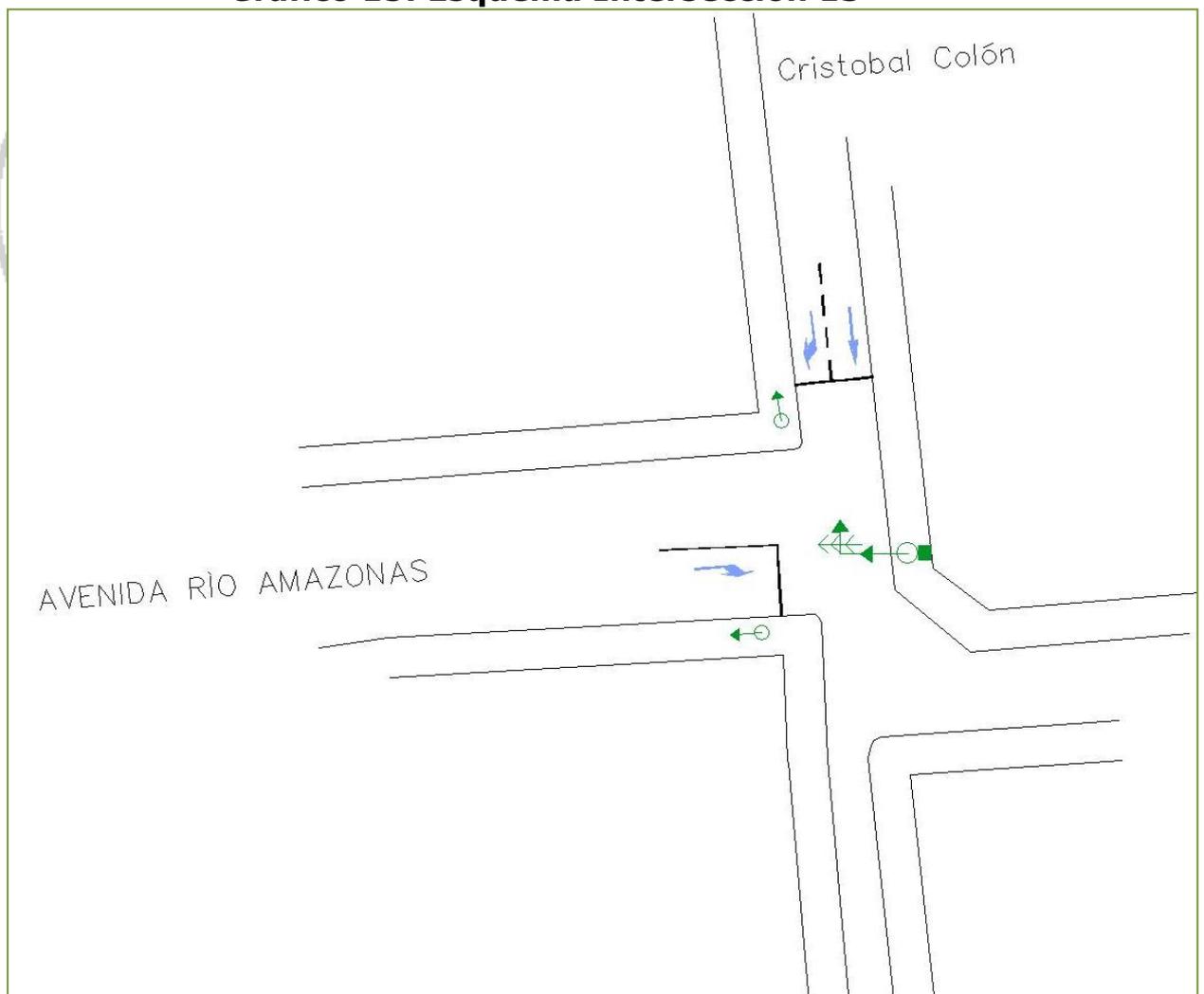
### 12.3.1. Metodología y estudios

Se observaron y midieron los tiempos de cada fase y el ciclo completo de cada intersección, relevando el número de dispositivos tipo aparente y problemática asociada. A continuación se presenta este trabajo para cada una, según la ubicación de intersecciones conflictivas.

### 12.3.2. Intersección 13

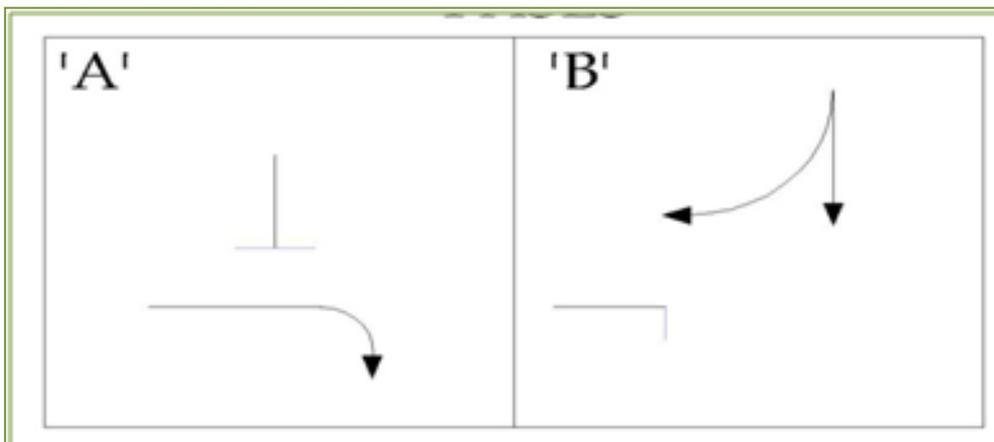
- **Dirección:** Amazonas y Colón
- **Tipo de tecnología de control:** logo (PLC)
- **Equipos:** de tipo mixtos (algunos tipo Led y otros incandescencia)

**Gráfico 15: Esquema Intersección 13**



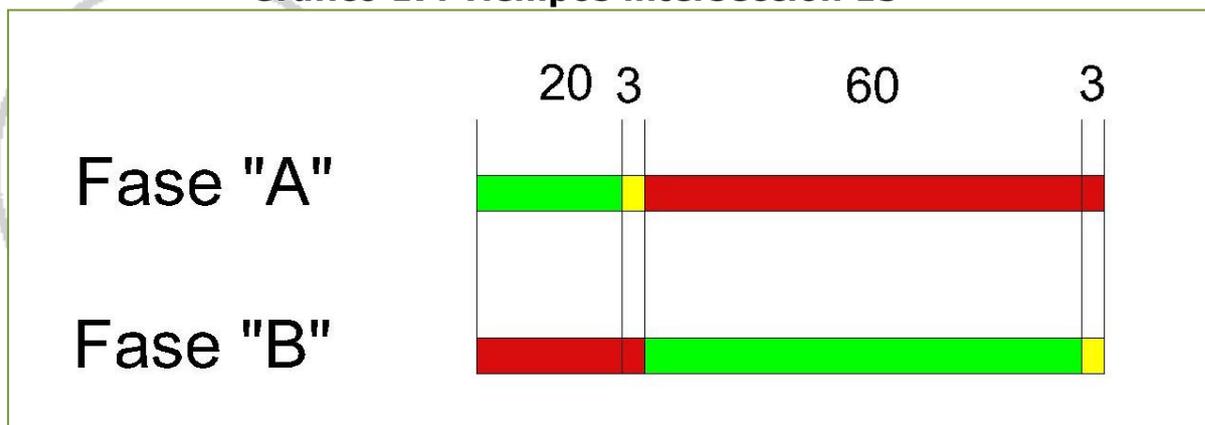
FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 16: Fases intersección 13**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 17: Tiempos intersección 13**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

• **Problemas encontrados:**

- ✓ No hay sendas peatonales ni semáforos peatonales
- ✓ Varios semáforos de incandescencia

**12.3.3. Intersección 14**

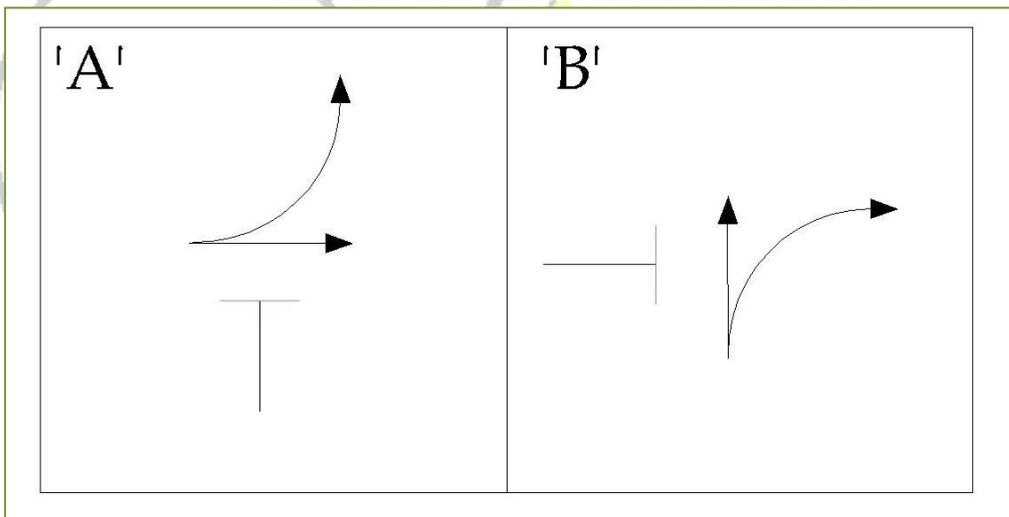
- **Dirección:** García Moreno y Bolívar
- **Tipo de tecnología de control:** logo (PLC)
- **Equipos:** de tipo mixtos (algunos tipo Led y otros incandescencia)

**Gráfico 18: Esquema Intersección 14**



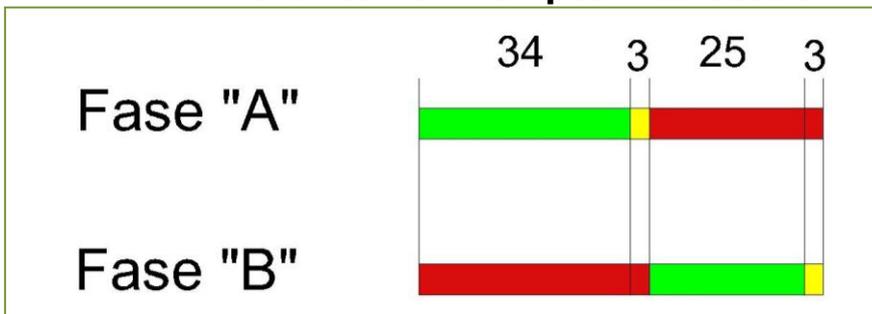
FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 19: Fases intersección 14**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 20: Tiempos intersección 14**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

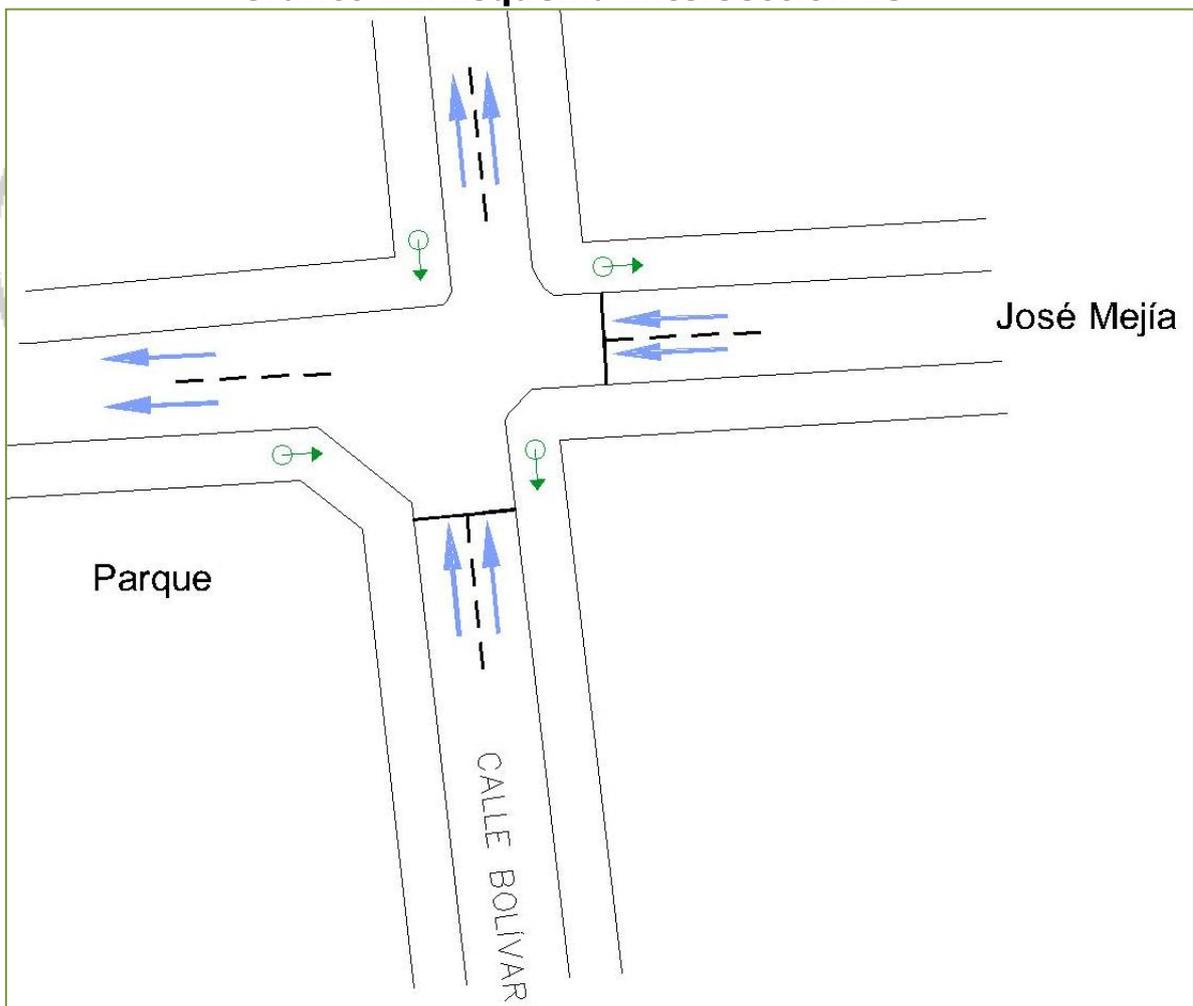
- **Problemas encontrados:**

- ✓ Hay senda peatonal pero no hay semáforos peatonales
- ✓ Varios semáforos de incandescencia

#### 12.3.4. Intersección 15

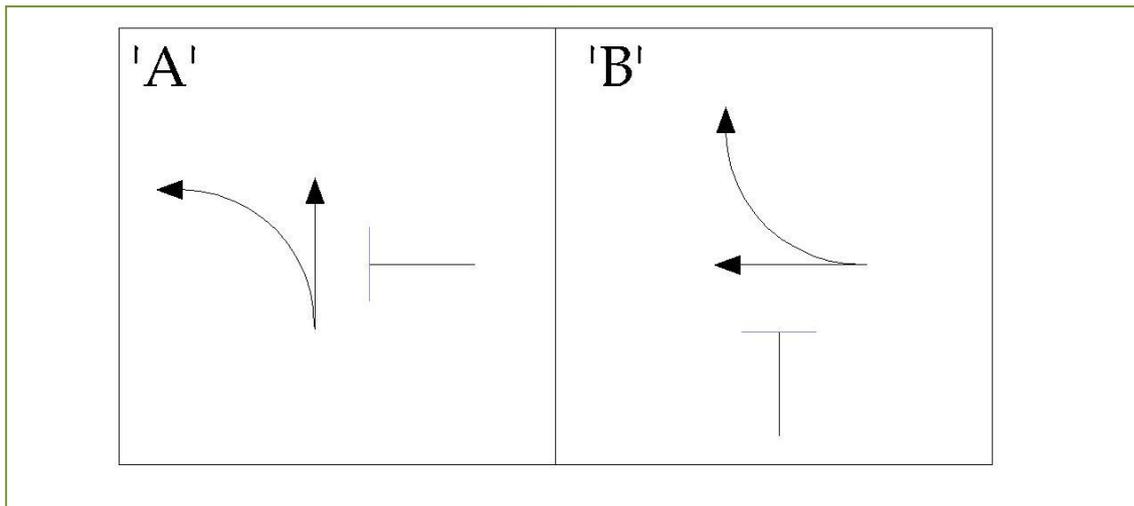
- **Dirección:** Bolívar y José Mejía
- **Tipo de tecnología de control:** logo (PLC)
- **Equipos:** de tipo mixtos (algunos tipo Led y otros incandescencia)

**Gráfico 21: Esquema Intersección 15**



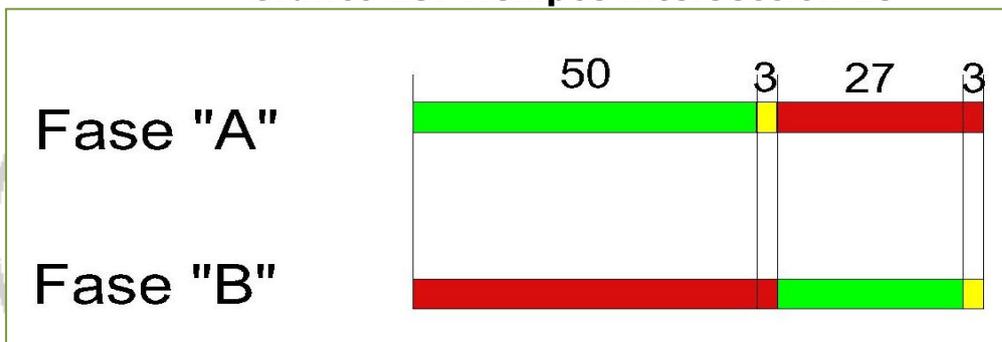
FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 22: Fases intersección 15**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 23: Tiempos intersección 15**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

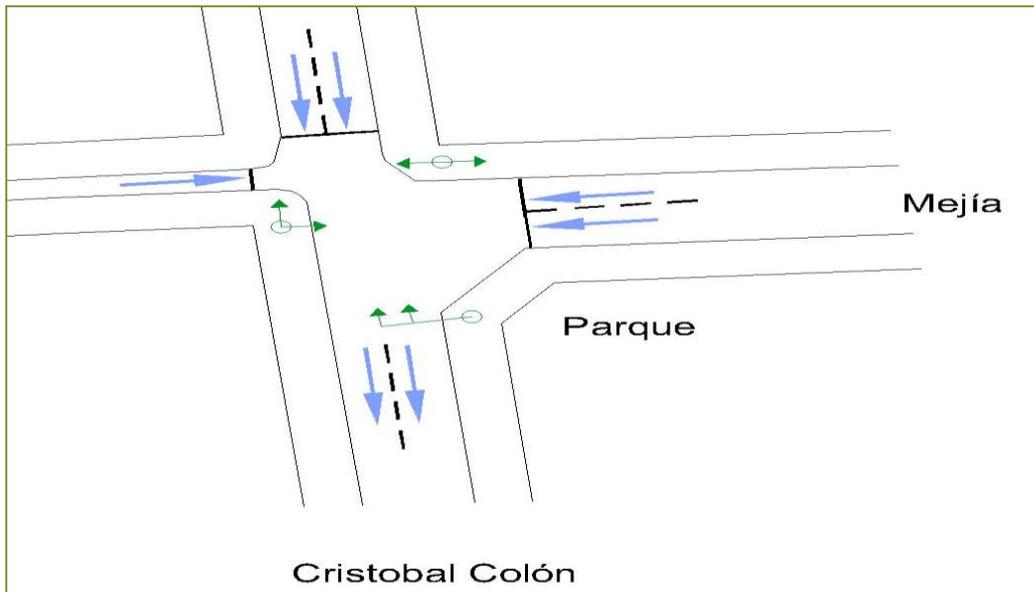
• **Problemas encontrados:**

- ✓ Hay senda peatonal pero no hay semáforos peatonales
- ✓ Varios semáforos de incandescencia

**12.3.5. Intersección 16**

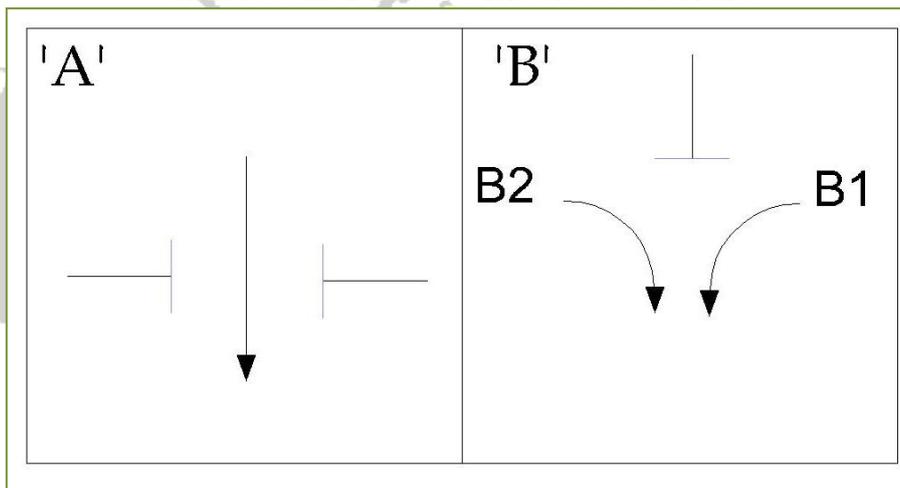
- **Dirección:** Colón y José Mejía
- **Tipo de tecnología de control:** logo (PLC) es el mismo controlador que el de la intersección 13.
- La fase "A" de esta intersección está sincronizada con la fase "B" de la intersección 13.
- **Equipos:** de tipo mixtos (algunos tipo Led y otros incandescencia)

**Gráfico 24: Esquema Intersección 16**



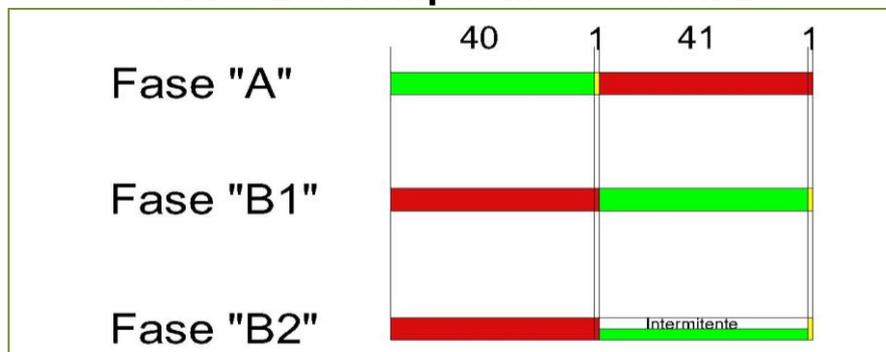
FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 25: Fases intersección 16**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 26: Tiempos intersección 16**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

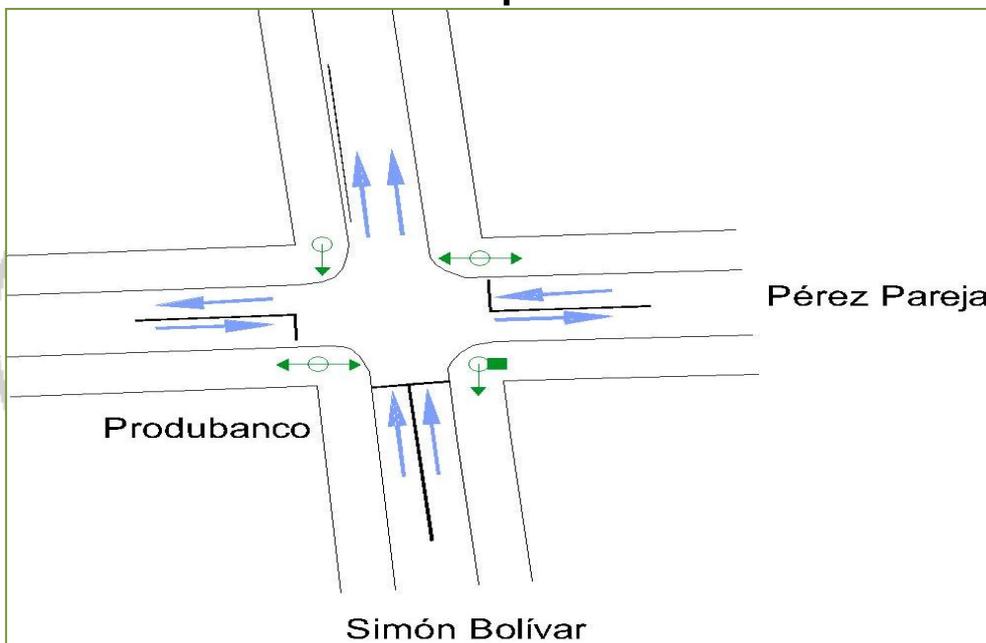
- **Problemas encontrados:**

- ✓ No hay sendas peatonales ni semáforos peatonales
- ✓ Varios semáforos de incandescencia

### 12.3.6. Intersección 17

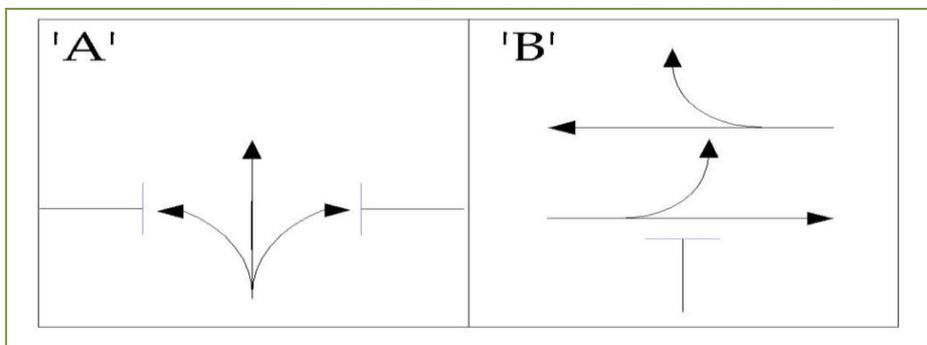
- **Dirección:** Bolívar y Pérez Pareja
- **Tipo de tecnología de control:** logo (PLC)
- **Equipos:** de tipo mixtos (algunos tipo Led y otros incandescencia)

**Gráfico 27: Esquema Intersección 17**



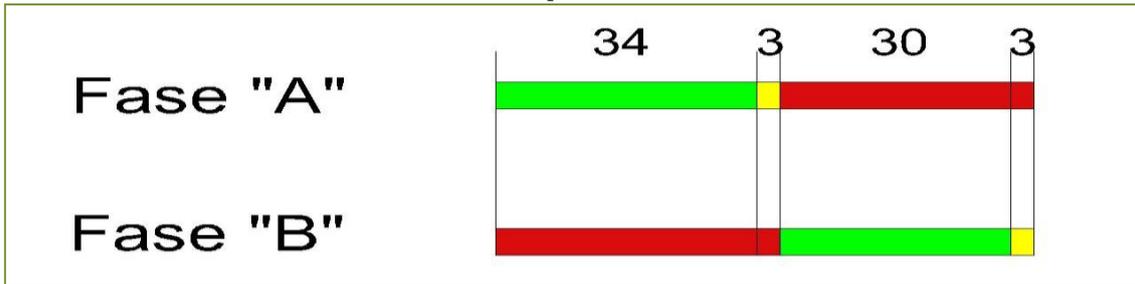
FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 28: Fases intersección 17**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 29: Tiempos intersección 17**

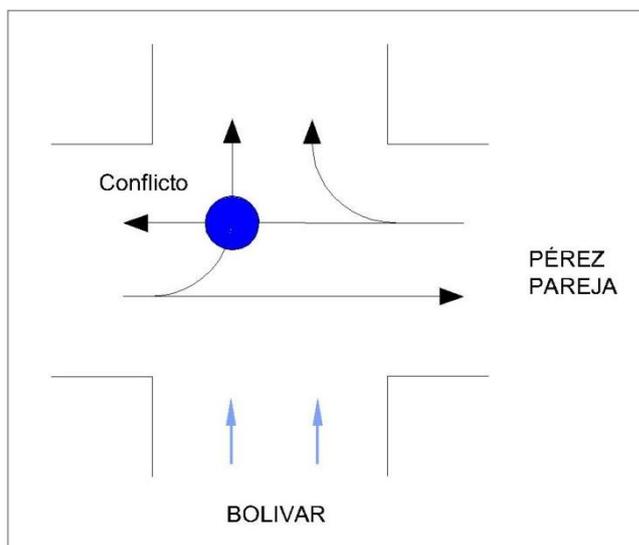


FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

• **Problemas encontrados:**

- ✓ No hay sendas peatonales ni semáforos peatonales
- ✓ Varios semáforos de incandescencia
- ✓ Estacionamientos a cada lado en la calle Pérez Pareja
- ✓ Entrecruzamiento peligroso desde la Pérez Pareja sentido Norte hacia la Simón Bolívar. Este entrecruzamiento puede detener el flujo al tener que esperar los vehículos para tener un espacio entre los vehículos que transitan por la Pérez Pareja sentido Sur y al esperar generar colas de saturación del tramo y generar problemas. Ver esquema adjunto:

**Gráfico 30: Conflicto de giro izquierda en intersección 17**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

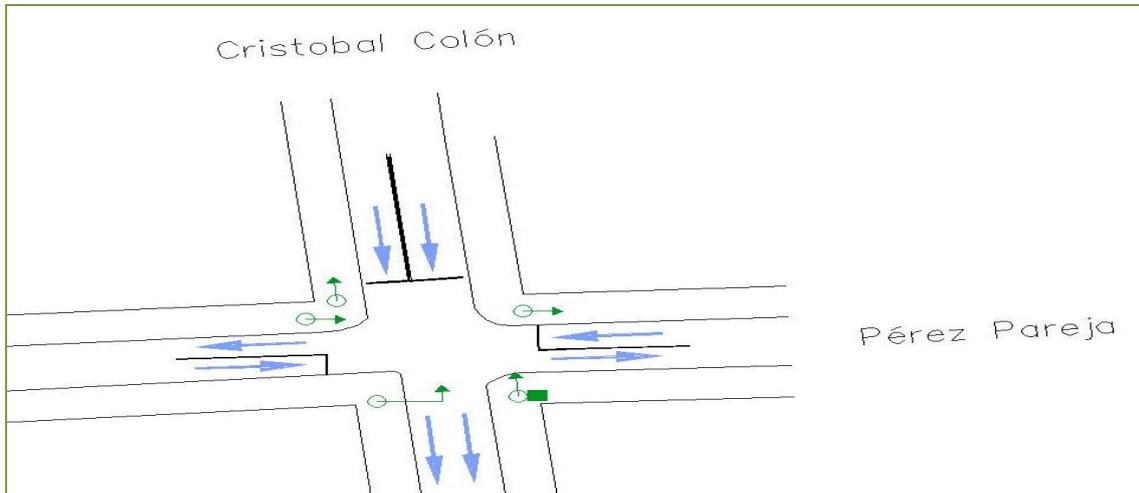
**12.3.7. Intersección 21**

- **Dirección:** Colón y Pérez Pareja



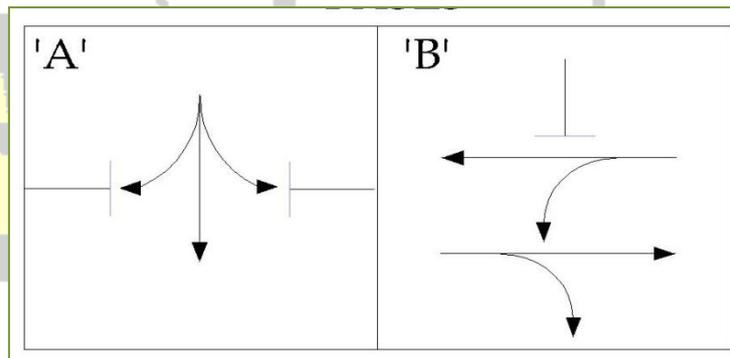
- **Tipo de tecnología de control:** logo (PLC)
- **Equipos:** de tipo mixtos (algunos tipo Led y otros incandescencia)

**Gráfico 31: Esquema Intersección 21**



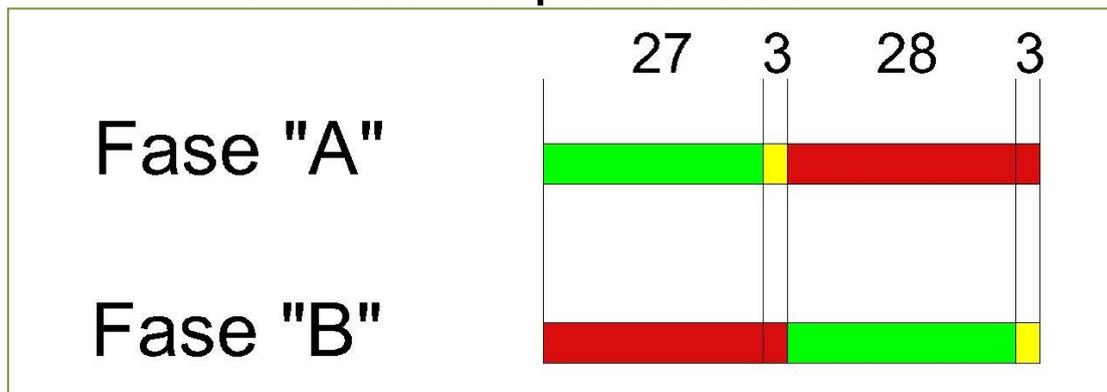
FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 32: Fases intersección 21**



FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

**Gráfico 33: Tiempos intersección 21**

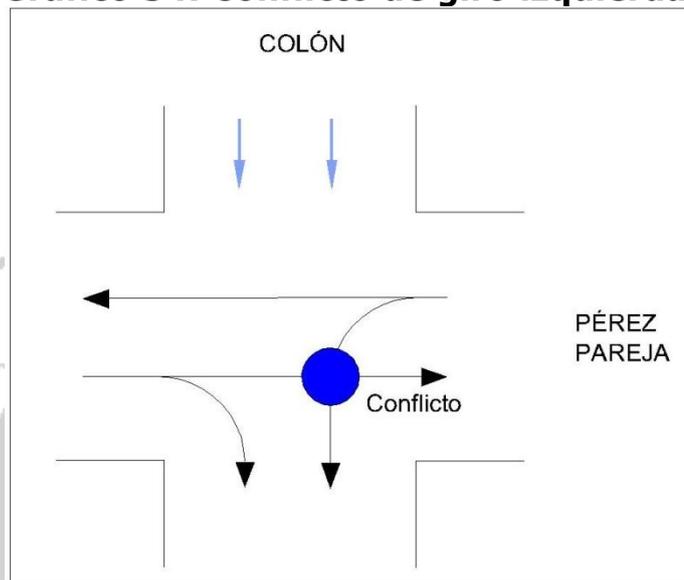


FUENTE: EQUIPO CONSULTOR

- **Problemas encontrados:**

- ✓ Hay senda peatonal pero no hay semáforos peatonales
- ✓ Varios semáforos de incandescencia.
- ✓ Entrecruzamiento peligroso desde la Pérez Pareja sentido Sur hacia la Colón. Este entrecruzamiento puede detener el flujo al tener que esperar los vehículos para tener un espacio entre los vehículos que transitan por la Pérez Pareja sentido Norte y al esperar generar colas de saturación del tramo y generar problemas.

**Gráfico 34: Conflicto de giro izquierda en intersección 21**



**FUENTE: EQUIPO CONSULTOR**

## 12.4. PROPUESTA DE MEJORAS

### 12.4.1. Intersección 13

- **Dirección:** Amazonas y Colón
- **Mejoras propuestas:**
  - ✓ Instalar semáforos peatonales
  - ✓ Activar el semáforo de giro protegido Colón- Amazonas en la fase "A", creando tres fases para ese ciclo.
  - ✓ Cambiar las luminarias de incandescencia por las de tipo led.

### 12.4.2. Intersección 14

- **Dirección:** García Moreno y Bolívar

- **Mejoras propuestas:**
  - ✓ Instalar semáforos peatonales
  - ✓ Cambiar las luminarias de incandescencia por las de tipo led.

#### 12.4.3. Intersección 15

- **Dirección:** Bolívar y José Mejía
- **Mejoras propuestas:**
  - ✓ Instalar semáforos peatonales
  - ✓ Cambiar las luminarias de incandescencia por las de tipo led.

#### 12.4.4. Intersección 16

- **Dirección:** Colón y José Mejía
- **Mejoras propuestas:**
  - ✓ Instalar semáforos peatonales
  - ✓ Cambiar las luminarias de incandescencia por las de tipo led
  - ✓ Mejorar la sincronización entre la intersección "13" y esta recalculando el tiempo de verde y de espera para no congestionar la intersección, es decir alargar la fase A de la "13" unos tres segundos adicionales.

#### 12.4.5. Intersección 17

- **Dirección:** Bolívar y Pérez Pareja
- **Mejoras propuestas:**
  - ✓ Instalar semáforos peatonales
  - ✓ Prohibir estacionamientos en la calle Pérez Pareja o hacerla unidireccional, sentido hacia el Norte.
  - ✓ Cambiar las luminarias de incandescencia por las de tipo led.

#### 12.4.6. Intersección 21

- **Dirección:** Colón y Pérez Pareja
- **Mejoras propuestas:**
  - ✓ Instalar semáforos peatonales
  - ✓ Cambiar las luminarias de incandescencia por las de tipo led
  - ✓ Se debe realizar la sincronización con la intersección "17" para disminuir las colas de vehículos parados sobre la calle Pérez Pareja.

- ✓ Prohibir estacionamientos en la calle Pérez Pareja o hacerla unidireccional, sentido hacia el Norte.

## 12.5. OTROS HALLAZGOS

Fruto de la inspecciones de campo se encontraron otras singularidades que se plantean a continuación:

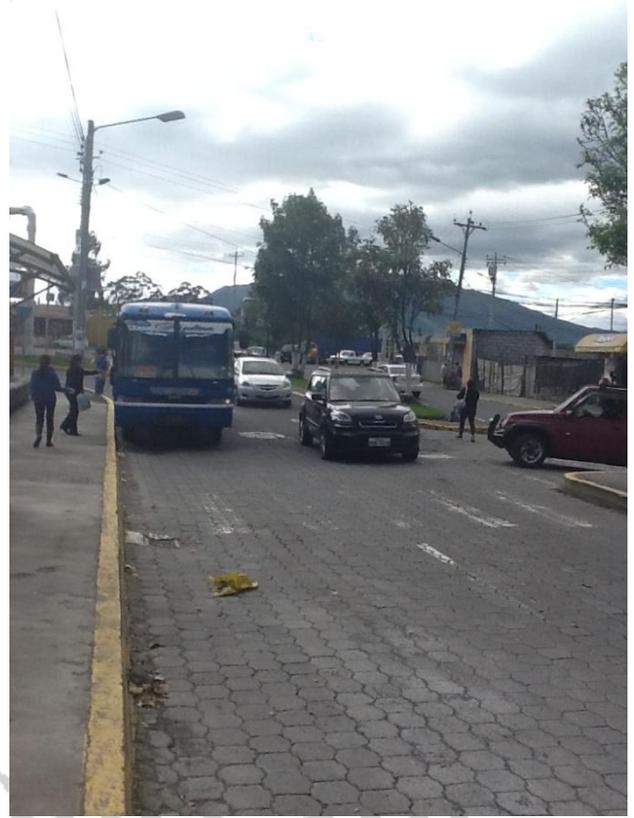
En la intersección 9 y sobre la Avda. Amazonas, se encontró una señal de sentido único en un punto que no debería ser visible por ser una calle de sentido inverso (ver fotografía) y además indicaba único sentido cuando desde ese punto sí era la vía de doble sentido. Se recomienda retirar esa señal para evitar confusiones e implementar lo recomendado para esta intersección en particular.

### Fotografías: Intersección 9



Sobre la vía Pablo Guarderas, al inicio de la misma desde la E-35, hay diversos parterres que permiten el giro izquierdo, se recomienda cerrar el primero de ellos ya que afecta a las colas que genera el semáforo de salida hacia la E-35 y genera un bucle de conflicto. Este giro izquierdo se lo podría hacer más adelante y no en este primer acceso. Se recomienda empezar cerrando con conos o vallas y analizar el impacto y si resulta interesante acabar cerrando con fundición y obra este primer tramo sin parterre de la vía Pablo Guarderas.

### Fotografías: Intersección 20



En la zona de la intersección 18, que se la definió como el Hipercentro de Machachi, se encontraron muchos peatones en situación de riesgo, muchos de ellos sobre la vía, accediendo a buses en mitad de la calzada, con menores y gran cantidad de desorden que provoca serios siniestros.

### Fotografías: Intersección 18



Para esta intersección se recomienda que se haga un estudio de ingeniería de tránsito completo ya nuestras propuestas contenidas en este documento deben ser analizadas con mayor profundidad que el requerido en un Plan de Movilidad que es muy generalista y global.

Cabe indicar, finalmente, que hay diversos problemas de **consistencia vial** definida como la tendencia de una vía a continuar o proseguir en el espacio igual que venía haciéndolo. Esta propiedad no se cumple en muchos de los tramos viales de Machachi, bien porque hay restricciones de tránsito (vías en un sentido en un tramo que cambian de sentido en el siguiente), vías que pasan de doble sentido a sentidos únicos (C. Barriga), enfrentamiento de carriles, carriles que terminan en paraderos de taxi o buses, o por condiciones geométricas que son mucho más difíciles de solucionar ya que dependen de acciones y autorizaciones emitidas en el pasado que provocan estrechamiento de vías, accesos ilógicos, pérdida de visibilidad en esquinas (Avda. Amazonas y A. Benítez), angostamiento de vías Avda. Amazonas diagonal al banco Pichincha o al final sobre la Panamericana), vías de gran capacidad sin continuidad (11 de noviembre y la Barriga, y en el otro lado sobre la Amazonas) y otros problemas derivados.

### 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha desarrollado un conjunto de estudios tanto en intersecciones conflictivas como en semaforización, así como se han brindado metodologías para tratar y abordar diversos problemas de tránsito, por lo que consideramos haber cumplido con los requerimientos de este entregable y haber satisfecho las aspiraciones del ente contratante.

Se debe hacer análisis mucho más profundos del concepto de consistencia vial ya que generan enormes problemas a la movilidad, a la tendencia natural de la conducción, inducen comportamientos y reacciones anómalas y por tanto son un enorme factor de riesgo en la ciudad.

Las recomendaciones que el equipo consultor indica respecto a este documento son:

- Que se debatan las medidas presentadas seleccionando aquellos que les parezcan interesantes, necesarios u obligatorios.
- Que se instrumenten en acciones las mejoras propuestas y aceptadas.
- Que se difundan estos cambios para conocimiento de la ciudadanía por medio de la prensa escrita o por medio de folletos especiales para su divulgación. Se podría incluso crear una publicación periódica sobre movilidad del GAD donde indicar las actividades realizadas, los proyectos a realizar, los estudios concluidos y las medidas a implementar.



**Sr. Francisco Campaña**

Gerente General- SIGETRANS S.A.

## ANEXOS

### ANEXO 3: ARCHIVO FOTOGRÁFICO DE INTERSECCIONES CONFLICTIVAS Y ESTACIONES DE GASOLINA

**Bomba de Gasolina 1**



**Bomba de gasolina 2**



**Intersección 1**



**Intersección 1**



### Intersección 1



### Intersección 2



**Intersección 6**



**Intersección 6**



**Intersección 7**



**Intersección 8**



**Intersección 9**



**Intersección 9**



**Intersección 10**



**Intersección 10**



### Intersección 11



### Intersección 12



**Intersección 12**



**Intersección 12**



**Intersección 13**



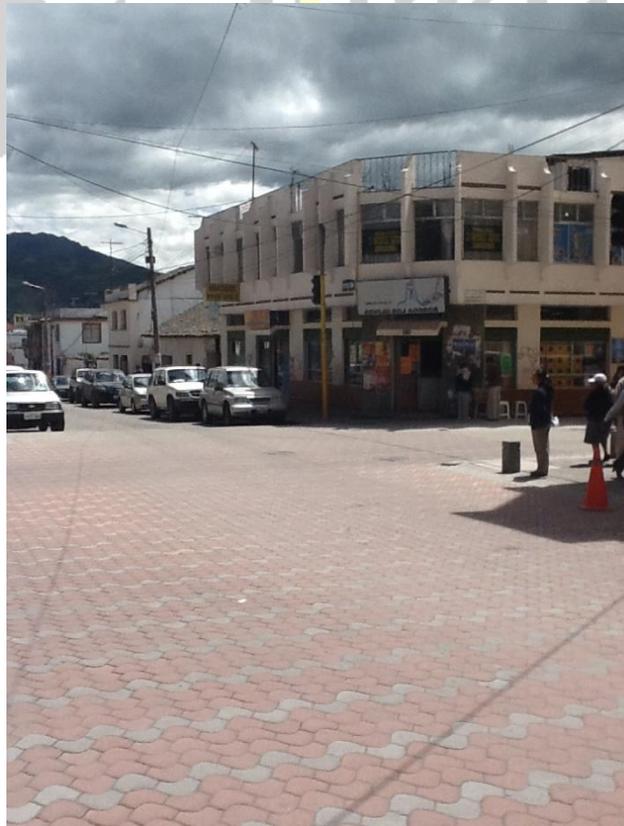
**Intersección 13**



**Intersección 13c**



**Intersección 15**



**Intersección 16**



**Intersección 17**



**Intersección 17**



**Intersección 17**



**Intersección 18**



**Intersección 18**



**Intersección 19**



**Intersección 20**



**Intersección 20**



**Intersección 20**



### Intersección 20



### Intersección 21



**Intersección 21**



Sigetrans