

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**DETERMINACION DEL FACTOR DE AJUSTE
POR LAS PARADAS DE AUTOBUS PARA
EL ANALISIS DE CAPACIDAD VIAL
EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS**

POR

ING. YADIRA IZTASCHUATL LUDIVINA FLORES G.

**Como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRIA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN INGENIERIA DE TRANSITO**

Noviembre del 2001

TM

TE228

.F5

c.1

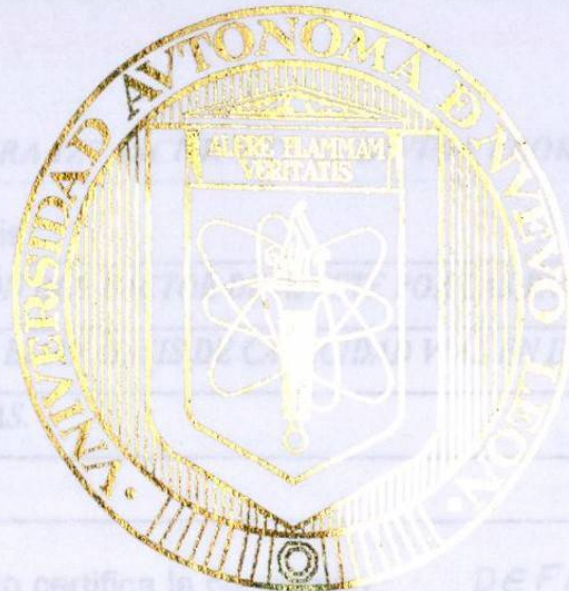


1080113420

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMPROBANTE DE CORRECCIÓN



Tesis de: **YADIRA IZTASCIHUATL LUDIVINA FLORES GARCÍA**

Tema de la tesis: **DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR LAS PARADAS DE AUTOBÚS PARA EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD VIAL EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS**

Este documento certifica la corrección **DEFINITIVA**

del trabajo de tesis arriba **TEMAS**, en los aspectos ortográfico,

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE
POR LAS PARADAS DE AUTOBÚS PARA
EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD VIAL
EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS**

(Ninguna)

POR:

ING. YADIRA IZTASCIHUATL LUDIVINA FLORES GARCÍA

Nombre y firma de quien corrige

(Firma)

Como representante parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD
EN INGENIERÍA DE TRÁNSITO**

El Sub Director de Posgrado

(Firma)

Noviembre del 2001

Ciudad Universitaria, a 2 de 1





COMPROBANTE DE CORRECCIÓN

Tesista: YADIRA IZTASCIHUATL LUDIVINA FLORES GARCÍA

Tema de la tesis :

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR LAS PARADAS DE

AUTOBÚS PARA EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD VIAL EN INTERSECCIONES

SEMAFORIZADAS.

Este documento certifica la corrección : DEFINITIVA

del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.


Recomendaciones adicionales:

(ninguna)

Nombre y firma de quien corrigió :


Arq. Ramón Longoria Ramírez

El Sub Director de Posgrado :


Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 2 de 1 Julio del 2001.



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Civil



**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON.**

**At'n: Dr. Ricardo González Alcorta
Subdirector de Posgrado.**

Con relación al trabajo de tesis que desarrolla actualmente la **ING. YADIRA I. L. FLORES GARCIA**, por medio del presente escrito hago constar que he revisado dicho trabajo en su última versión y que estoy de acuerdo con su contenido.

Lo anterior es a solicitud de la interesada y a fin de no incurrir en costo y tiempo adicionales para cumplir con el artículo 108, Capítulo X del Reglamento General de los Estudios de Posgrado.

Agradeciendo de antemano su atención, me es grato reiterarle la seguridad de mi consideración.

ATENTAMENTE
Cd. Universitaria, a 17 de Mayo del 2001.


M.C. ELIZABETH GARZA MARTINEZ

C.c.p. M.C. Rafael Gallegos López, Coordinador de la Maestría en Ingeniería de Tránsito.

C.c.p. Ing. Yadira I. L. Flores García

San Nicolás de los Garza, N.L., Octubre del 2001.

DR. RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA
Sub-Director de la División de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L.
Presente .-

Por medio de la presente me dirijo a usted, para solicitar la tramitación correspondiente para sustentar mi Examen de Grado de Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Tránsito, con la presentación del trabajo de tesis titulado: "DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR LAS PARADAS DE AUTOBÚS PARA EL ANÁLISIS DE CAPACIDAD VIAL EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS", de acuerdo con el Reglamento de Exámenes Profesionales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Sin más por el momento, agradezco de antemano su atención y aprovecho para saludarle cordialmente.

A T E N T A M E N T E



ING. YADIRA IZTASCIHUATL LUDIVINA FLORES GARCÍA

RESUMEN

Fecha de obtención del grado: **Yadira Iztascihuatl Ludivina Flores García**

Octubre de 2001

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

División de Estudios de Posgrado

Determinación del factor de ajuste por las paradas de autobús para el análisis de capacidad vial en intersecciones semaforizadas.

Área de estudio: **Capacidad vial**

Autor: **Yadira Iztascihuatl Ludivina Flores García**

Número de páginas: **148**

Propósito y método de estudio:

El factor por bloqueo de paradas de autobús en las intersecciones semaforizadas actúa directamente en la capacidad vial de las intersecciones y determina el nivel de servicio con el cual operan, y para obtener el nivel de servicio con el cual estas funcionan, en nuestro país se utiliza el manual de capacidad vial de los Estados Unidos de América; lo cual lleva como consecuencia inexactitudes operacionales y de diseño por las diferencias en las condiciones viales que imperan ambos países.

Con esta investigación se pretende proponer el valor de ajuste mas real, de acuerdo a las condiciones con las que se cuenta en Monterrey y su área metropolitana.

Para esta investigación se defnieron los términos involucrados y se valido la metodología para determinar el factor de ajuste por el bloqueo de los autobuses en las intersecciones semaforizadas, comparando los niveles de servicio de dicha investigación con los que se tendrían con las condiciones que determina el manual.

INDICE

CAPITULO	CONCEPTO	PAGINA
Capitulo I	Introducción.	1
Capitulo II	Objetivos.	
	<i>II.2. Objetivo general.</i>	4
	<i>II.2. Objetivos específicos.</i>	4
Capitulo III	Hipótesis.	5
Capitulo IV	Definiciones y conceptos de capacidad vial.	
	<i>IV.1. Tipos de caminos.</i>	6
	<i>IV.2. Definición de "Capacidad Vial".</i>	8
	<i>IV.3. Principios básicos sobre el flujo del tránsito.</i>	10
	<i>IV.4. Factores que afectan a la capacidad, valores de flujo y niveles de servicio.</i>	11
Capitulo V	Análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas.	
	<i>V.1. Antecedentes.</i>	15
	<i>V.2. Método.</i>	24
	<i>V.3. Procedimiento de aplicación.</i>	39
Capitulo VI	Estudios de Tránsito.	
	<i>VI.1. Inventarios.</i>	72
	<i>VI.2. Aforos vehiculares.</i>	74
Capitulo VII	Determinación del factor de ajuste por obstrucción de autobuses.	
	<i>VII.1. Método para establecer el estudio de la parada de autobús en intersecciones semaforizadas.</i>	79
	<i>VII.2. Muestreo y proceso de la información.</i>	81
	<i>VII.3. Proceso y análisis de la información.</i>	83
	<i>VII.4. Estimación del intervalo de confianza para la media aritmética.</i>	113
Capitulo VIII	Análisis de capacidad comparativo.	
	<i>VIII.1. Ejemplo 1: Intersección Arteaga y Félix U. Gómez.</i>	115
	<i>VIII.2. Ejemplo 2: Intersección Arteaga y Benito Juárez.</i>	128
	<i>VIII.3. Comparación de resultados.</i>	142
Capitulo IX	Conclusiones.	146
	Bibliografía.	148

LISTA DE TABLAS

Capítulo N°	CONCEPTO	PAGINA
V.1.	<i>Descripción de los niveles de servicio.</i>	21
V.2.	<i>Criterio de nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.</i>	63
V.3.	<i>Relación entre el tipo de arribo y relación del pelotón.</i>	63
V.4.	<i>Valores Asignados por el uso operacional y el análisis de planeación.</i>	64
V.5.	<i>Factor por utilización de carril.</i>	65
V.6.	<i>Factor de ajuste por ancho de carril.</i>	65
V.7.	<i>Factor de ajuste por vehiculos pesados.</i>	66
V.8.	<i>Factor de ajuste por pendiente.</i>	66
V.9.	<i>Factor de ajuste por estacionamiento.</i>	67
V.10.	<i>Factor de ajuste por bloqueo de autobús.</i>	67
V.11.	<i>Factor de ajuste por tipo de área.</i>	67
V.12. _A	<i>Factor de ajuste por vueltas derechas formulas.</i>	68
V.12. _B	<i>Factor de ajuste por vueltas derechas factores.</i>	69
V.13.	<i>Factor de ajuste por vueltas izquierdas.</i>	70
V.14.	<i>Factor de Ajuste por Sincronía.</i>	71
VII.1.	<i>Datos Intersección Corregidora y Bulevar Díaz Ordaz.</i>	84
VII.2.	<i>Datos de la Intersección Av. Chapultepec y Av. Revolución.</i>	85
VII.3.	<i>Datos de la Intersección Juan I. Ramón y Av. Benito Juárez.</i>	86
VII.4.	<i>Datos de la Intersección Matamoros y Pino Suárez.</i>	87
VII.5.	<i>Datos de la Intersección Av. Eloy Cavazos y Av. Lázaro Cárdenas.</i>	88
VII.6.	<i>Datos de la Intersección Av. Universidad y Av. Central.</i>	89
VII.7.	<i>Datos de la Intersección Vasconcelos y Calzada San Pedro.</i>	90
VII.8.	<i>Datos de la Intersección Calzada Madero y Venustiano Carranza.</i>	91
VII.9.	<i>Datos de la Intersección José M. Arteaga y Félix U. Gómez.</i>	92
VII.10.	<i>Datos de la Intersección Av. del Estado y Av. Garza Sada.</i>	93
VII.11.	<i>Datos de la Intersección Venustiano Carranza y Washington.</i>	94
VII.12.	<i>Datos de la Intersección Cuauhtémoc y 5 de Mayo.</i>	95
VII.13.	<i>Datos de la Intersección Av. Nogalar y San Nicolás.</i>	96
VII.14.	<i>Datos de la Intersección Av. Colon y Pino Suárez.</i>	97
VII.15.	<i>Resumen Estadístico.</i>	112

LISTA DE TABLAS

Capítulo N°	CONCEPTO	PAGINA
V.1.	<i>Descripción de los niveles de servicio.</i>	21
V.2.	<i>Criterio de nivel de servicio en intersecciones semaforizadas.</i>	63
V.3.	<i>Relación entre el tipo de arribo y relación del pelotón.</i>	63
V.4.	<i>Valores Asignados por el uso operacional y el análisis de planeación.</i>	64
V.5.	<i>Factor por utilización de carril.</i>	65
V.6.	<i>Factor de ajuste por ancho de carril.</i>	65
V.7.	<i>Factor de ajuste por vehículos pesados.</i>	66
V.8.	<i>Factor de ajuste por pendiente.</i>	66
V.9.	<i>Factor de ajuste por estacionamiento.</i>	67
V.10.	<i>Factor de ajuste por bloqueo de autobús.</i>	67
V.11.	<i>Factor de ajuste por tipo de área.</i>	67
V.12.A	<i>Factor de ajuste por vueltas derechas formulas.</i>	68
V.12.B	<i>Factor de ajuste por vueltas derechas factores.</i>	69
V.13.	<i>Factor de ajuste por vueltas izquierdas.</i>	70
V.14.	<i>Factor de Ajuste por Sincronía.</i>	71
VII.1.	<i>Datos Intersección Corregidora y Bulevar Díaz Ordaz.</i>	84
VII.2.	<i>Datos de la Intersección Av. Chapultepec y Av. Revolución.</i>	85
VII.3.	<i>Datos de la Intersección Juan I. Ramón y Av. Benito Juárez.</i>	86
VII.4.	<i>Datos de la Intersección Matamoros y Pino Suárez.</i>	87
VII.5.	<i>Datos de la Intersección Av. Eloy Cavazos y Av. Lázaro Cárdenas.</i>	88
VII.6.	<i>Datos de la Intersección Av. Universidad y Av. Central.</i>	89
VII.7.	<i>Datos de la Intersección Vasconcelos y Calzada San Pedro.</i>	90
VII.8.	<i>Datos de la Intersección Calzada Madero y Venustiano Carranza.</i>	91
VII.9.	<i>Datos de la Intersección José M. Arteaga y Félix U. Gómez.</i>	92
VII.10.	<i>Datos de la Intersección Av. del Estado y Av. Garza Sada.</i>	93
VII.11.	<i>Datos de la Intersección Venustiano Carranza y Washington.</i>	94
VII.12.	<i>Datos de la Intersección Cuauhtémoc y 5 de Mayo.</i>	95
VII.13.	<i>Datos de la Intersección Av. Nogalar y San Nicolás.</i>	96
VII.14.	<i>Datos de la Intersección Av. Colon y Pino Suárez.</i>	97
VII.15.	<i>Resumen Estadístico.</i>	112

RESUMEN

Fecha de obtención del grado: Yadira Iztascihuatl Ludivina Flores García

Agosto de 2001

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Civil

División de Estudios de Posgrado

Determinación del factor de ajuste por las paradas de autobús para el análisis de capacidad vial en intersecciones semaforizadas.

Área de estudio: Capacidad vial

Autor: Yadira Iztascihuatl Ludivina Flores García

Número de páginas: 148

Propósito y método de estudio:

El factor por bloqueo de paradas de autobús en las intersecciones semaforizadas actúa directamente en la capacidad vial de las intersecciones y determina el nivel de servicio con el cual operan, y para obtener el nivel de servicio con el cual estas funcionan, en nuestro país se utiliza el manual de capacidad vial de los Estados Unidos de América; lo cual lleva como consecuencia inexactitudes operacionales y de diseño por las diferencias en las condiciones viales que imperan ambos países.

Con esta investigación se pretende proponer el valor de ajuste mas real, de acuerdo a las condiciones con las que se cuenta en Monterrey y su área metropolitana.

Para esta investigación se definieron los términos involucrados y se valido la metodología para determinar el factor de ajuste por el bloqueo de los autobuses en las intersecciones semaforizadas, comparando los niveles de servicio de dicha investigación con los que se tendrían con las condiciones que determina el manual.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Análisis de la Capacidad Vial de una avenida, es importante tanto para la realización de nuevos proyectos como para determinar las condiciones de operación de un camino ya existente.

Las intersecciones en un nivel son uno de los elementos más importantes del sistema vial, que limitan y a menudo interrumpen la circulación del tránsito.

La cantidad de vehículos que pueden pasar a través de una intersección, depende de las características geométricas y de operación de los caminos, de la influencia que tienen las condiciones ambientales sobre la experiencia y acciones del conductor, de las características de la corriente del tránsito y de las medidas para el control del tránsito.

Debido a esto, los estudios o las investigaciones que se realizan sobre la capacidad vial y los niveles de servicio se realizan generalmente en los lugares mas críticos para la vialidad, que suelen ser las intersecciones semaforizadas.

La capacidad de un camino está relacionada principalmente con las características geométricas de la vía, así como la composición del tránsito en ella.

En las intersecciones semaforizadas se introduce un elemento adicional al concepto de capacidad que es la asignación del tiempo. Un semáforo asigna un tiempo a los movimientos del tránsito conflictivo que buscan el uso del mismo espacio físico.

INTRODUCCIÓN

La forma en que los semáforos asignan el tiempo tiene un impacto significativo en la operación de la intersección y en la capacidad de la misma y sus accesos.

Para la realización de los estudios de capacidad vial y el nivel de servicio en las intersecciones semaforizadas, el procedimiento del análisis es más extenso debido a que se tienen que considerar una amplia variedad de condiciones prevalecientes, como también la distribución y cantidad de los movimientos del tránsito, las características geométricas y los detalles de la semaforización en la intersección.

Para determinar la capacidad y los niveles de servicios de los caminos o las intersecciones semaforizadas el ingeniero se basa en el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos de América, con lo cual los resultados obtenidos están según las condiciones y características que imperan en ese país.

Como el uso del transporte público en Monterrey y su Área Metropolitana es en gran medida diferente a los Estados Unidos de América, debido principalmente a que el número de personas hacen uso de este medio de transporte es considerablemente mayor.

Por tal motivo, con este estudio se pretende encontrar o establecer diferencias con el factor recomendado por en el Manual de Capacidad Vial de los Estados Unidos, y el factor que se está presentando con las condiciones prevalecientes en el Área Metropolitana de Monterrey.

De esta manera podemos tratar de elevar la eficiencia operacional, las condiciones geométricas, y la reducción de demoras que afectan a los usuarios de esta infraestructura vial.

INTRODUCCIÓN

La importancia más notable de esta investigación se debe a que este factor afecta directamente las condiciones de operación, y los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas, dado que, como la mayor parte de la población utiliza el transporte público, esto genera que sean necesarias más unidades para satisfacer la demanda y que el tiempo necesario para dar servicio a todos los usuarios obliga a las unidades a permanecer detenidas por más tiempo.

OBJETIVOS

II. 1. Objetivo General.

Determinar el efecto que causan las paradas de autobús en el calculo de la capacidad vial en las intersecciones semaforizadas para el área metropolitana de Monterrey.

II.2. Objetivos Específicos.

Determinar los valores de la relación del volumen de vehículos con el número de paradas de autobús.

Proponer el factor de ajuste más real, de acuerdo con las condiciones que prevalecen en el área metropolitana de Monterrey.

HIPÓTESIS

Si comprobamos que el factor utilizado en lo concerniente a las paradas de autobús en los análisis que se realizan para las intersecciones semaforizadas siguiendo el procedimiento marcado por el manual de Capacidad Vial de Estados Unidos de América es diferente, en alguna forma, al comportamiento de las intersecciones en el Área Metropolitana de Monterrey N.L., entonces se recomendará usar el factor encontrado; porque éste representa las condiciones que prevalecen en la ciudad y con esto se mejorará el diseño de las intersecciones semaforizadas, así como también la planeación del sistema vial

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

IV. 1. TIPOS DE CAMINOS.**Autopistas**

Son vías con accesos totalmente controlados y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Estas tienen separación total de los flujos conflictivos.

Vías rápidas

Estas tienen control total de los accesos, pueden o no tener algunas intersecciones a desnivel y pueden ser el grado anterior de una autopista

Tanto las autopistas como las vías rápidas forman parte del sistema o de la red vial primaria de un área urbana.

Calles principales

Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con frecuencia están divididas y pueden tener control parcial de sus accesos.

Calles colectoras

Son las calles que conectan a las calles principales con las calles locales, y a su vez proporcionan acceso a las propiedades colindantes.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

Calles locales

Son las que proporcionan acceso directo a las propiedades, ya sean residenciales, comerciales, industriales o de algún otro tipo; además de facilitar el tránsito local. Se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.

Camino dividido

Es el camino con circulación en los dos sentidos, en el cual el tránsito que circula en un sentido está separado del tránsito que circula en el sentido opuesto, por medio de una franja separadora central. Tales caminos pueden estar constituidos por dos o más carriles por sentido.

Camino no dividido

Es el camino sin franja separadora central, que separe los movimientos de sentidos opuestos.

Control total de accesos

Significa que se le da preferencia al tránsito de paso, y que sólo existen conexiones con otros caminos en puntos seleccionados de la autopista; prohibiéndose, además, las intersecciones en el nivel y los accesos directos a propiedades privadas.

Control parcial de accesos

Significa que se le da preferencia al tránsito de paso; y que, además de las conexiones con otros caminos en puntos específicos, pueden existir algunas intersecciones en el nivel y accesos directos a propiedades colindantes.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

IV.2. DEFINICIONES DE CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO**Capacidad.**

Está definida como el valor de flujo máximo horario en el cual, en forma razonable puede esperarse que las personas y los vehículos pasen por un punto o un tramo uniforme de un carril o de un camino durante un periodo de tiempo dado, en las condiciones prevalecientes del tránsito, del camino y de los controles. La definición de capacidad asume que existen buenas condiciones de clima y pavimentos buenos.

- 1.- Condiciones del camino.- Se refieren a las características geométricas de una calle o de un camino e incluyen el tipo de vía y el desarrollo de su entorno, el número de carriles por sentido, el ancho de carriles y acotamientos, espacios libres laterales, velocidad de diseño y los alineamientos vertical y horizontal*
- 2.- Condiciones del tránsito.- Se refieren a las características de la corriente del tránsito que usa las vías. Están definidas por la distribución de los tipos de vehículos en la corriente del tránsito, en los carriles disponibles de la vía y la distribución direccional del tránsito.*
- 3.- Condiciones de control.- Se refieren a los tipos y diseños específicos de dispositivos para el control y reglamentos del tránsito presentes en la vía. La localización, el tipo y sincronía de los semáforos son condiciones de control críticas que afectan a la capacidad. Otros controles importantes incluyen a las señales de "alto" y "ceda" el "paso", las restricciones de los usos de carriles, restricciones de vueltas y medidas similares.*

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

Nivel de servicio.

Se define como una medida cualitativa que describe las condiciones operacionales dentro de la corriente del tránsito y su percepción por el conductor y el pasajero. Una definición de nivel de servicio generalmente describe estas condiciones en términos tales como velocidad y tiempo de recorrido, libertad de maniobra, interrupciones del tránsito, confort, comodidad y seguridad.

Se han definido seis niveles de servicio para cada tipo de vía, se les han asignado las letras de la A la F, siendo el nivel de servicio A el que representa las mejores condiciones de operación y el nivel de servicio F las peores condiciones.

- *Nivel de servicio A.- Representa al flujo libre. Los usuarios no se ven afectados por la presencia de otros en la corriente del tránsito.*
- *Nivel de servicio B.- Está en el intervalo de un flujo estable, pero la presencia de otros usuarios en la corriente del tránsito empieza a ser notoria.*
- *Nivel de servicio C.- Está en el intervalo de flujo estable, pero marca el inicio del intervalo de flujo en el cual la operación de los usuarios en forma individual empieza a ser afectada significativamente por la interacción con otros en la corriente del tránsito.*
- *Nivel de servicio D.- Representa alta densidad, pero un flujo estable.*
- *Nivel de servicio E.- Representa las condiciones de operación a o cerca del nivel de la capacidad.*
- *Nivel de servicio F: Se usa para definir un flujo forzado y a los embotellamientos.*

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

IV.3. PRINCIPIOS BÁSICOS SOBRE EL FLUJO DEL TRÁNSITO.

El estado operativo de cualquier corriente de tránsito está definido por tres medidas principales:

- 1. La velocidad*
- 2. El Volumen y/o valor de flujo*
- 3. La Densidad*

- 1. La Velocidad. Está definida como la relación de movimiento expresada como distancia por unidad de tiempo. La medida más utilizada es la velocidad promedio de recorrido (velocidad global). Esta medida se usa debido a que se obtiene fácilmente por medio de observaciones de vehículos en la corriente del tránsito.*
- 2. El Volumen o valor de flujo. Son dos medidas que cuantifican la cantidad de tránsito que pasa por un punto o un carril o un camino, durante un intervalo de tiempo dado.*
 - El Volumen.- es el número total de vehículos que pasan por un punto dado o una sección de un carril o un camino, durante un periodo de tiempo dado. Los volúmenes pueden ser expresados en periodos anuales, diarios, horarios y sub horarios.*
 - Valor de flujo.- Es el valor horario equivalente al cual los vehículos pasan por un punto dado o una sección de un carril o un camino, durante un intervalo de tiempo dado menor que una hora; generalmente de 15 minutos.*
- 3. La Densidad.- Está definida como el numero de vehículos que están en una determinada longitud de un carril o de un camino, expresadas en vehículos por milla.*

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

**IV. 4. FACTORES QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD,
EL VALOR DE FLUJO Y EL NIVEL DE SERVICIO.**

Condiciones ideales.- Una condición ideal es una condición a la cual, cualquier mejoría posterior no logrará ningún aumento en la capacidad.

Ejemplos de condiciones ideales:

A) Circulación continua:

- *Carriles de 12 pies de ancho.*
- *Zonas de 6 pies libres entre las obstrucciones u los objetos laterales más cercanos a la orilla de los carriles principales y en la faja separadora central.*
- *Velocidad de diseño de 70 mph. para autopistas y carreteras de carriles múltiples y 60 mph. para carreteras de dos carriles.*
- *100% de vehículos ligeros en la corriente de tránsito.*

B) Accesos en las intersecciones semaforizadas:

- *Carriles de 12 pies de ancho.*
- *Terreno en un nivel.*
- *Prohibición de estacionarse en las aceras o en los accesos de la intersección.*
- *Cien por ciento de vehículos ligeros en la corriente del tránsito, incluyendo la prohibición de paradas de autobuses urbanos dentro de la intersección.*
- *Que todos los vehículos que viajan en la intersección vayan directos.*
- *Intersecciones localizadas fuera de la zona comercial.*
- *Semáforo siempre en verde.*

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

En la mayoría de los análisis de capacidad, las condiciones prevalecientes no son las ideales y los cálculos para obtener la capacidad, los valores de flujo de servicio o el nivel de servicio deben incluir los ajustes que reflejan estas condiciones.

Condiciones del camino

Incluyen todos los parámetros geométricos que describen un camino.

- *Tipo de vía y su desarrollo en la zona.*

Este puede ser flujo continuo o discontinuo.

Puede o no tener faja separadora central.

Influencia del lugar en que se encuentra.

- *Ancho de carril.*

Los carriles angostos hacen que los vehículos circulen más cerca unos de otros en forma lateral, lo cual se compensa disminuyendo la velocidad u observando mayor distancia longitudinal.

- *Ancho de acotamiento y/u obstáculos laterales.*

Muchos vehículos "huyen" de los lados del camino o de los objetos en la faja separadora central, haciendo que viajen más cercanos en el sentido lateral, teniendo la misma conducta del punto anterior. En vías de dos carriles donde existen acotamientos, éstos se usarán para permitir a los vehículos lentos; si éstos son angostos, se afecta la capacidad.

- *Velocidad de diseño.*

Las restricciones de velocidad afectan la capacidad, debido a que los conductores son obligados a viajar a velocidades reducidas y a ser más cautelosos cuando los alineamientos horizontal y vertical representan peligro.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

- *Alineamiento vertical y horizontal.*

Los alineamientos vertical y horizontal de un camino son producto de su velocidad de diseño, debidos a la topografía de donde van a construirse. En términos generales, se tienen tres tipos de terreno que son en un nivel, en lomerío y montañoso.

Condiciones del tránsito

1) Tipo de vehículos.

Los vehículos pesados afectan de dos formas significativas a la capacidad:

- a) Son más largos que los vehículos ligeros y, por lo tanto, ocupan más espacio que los vehículos ligeros.*
- b) Tienen una habilidad de operación más pobre que los vehículos ligeros, particularmente con la aceleración-desaceleración y la habilidad para mantener su velocidad en pendientes ascendentes.*

Los vehículos pesados están catalogados en tres categorías:

- a) Camiones: Los que están involucrados principalmente con el transporte de bienes, su relación peso potencia es de 200 lb/hp.*
- b) Vehículos recreacionales: Son operados por particulares e involucran al transporte de equipo para recreación, su relación peso potencia varía de 30 a 60 lb/hp.*
- c) Autobuses: Los que están dedicados al transporte de personas. Existen dos tipos básicos, los foráneos que no paran continuamente para el ascenso-descenso de pasaje y los urbanos que sí lo hacen. Su relación peso potencia varía de 70 a 100 lb/hp.*

DEFINICIONES Y CONCEPTOS DE CAPACIDAD VIAL

2) Uso de carriles y la distribución direccional.**a) Distribución direccional:**

Tiene su mayor impacto en las carreteras de dos carriles. Lo óptimo es que sea 50-50; la capacidad declina cuando se desequilibra esta proporción.

b) Distribución de carriles:

Los carriles laterales normalmente se usan menos que los carriles internos.

Condiciones de control.**1. El más crítico es el semáforo, el cual depende de:**

- *El tipo de control que se utilice.*
- *El tipo, según las de fases de operación.*
- *La distribución del tiempo de luz verde.*
- *La duración del ciclo.*

2. Las señales de "alto" y "ceda" el "paso", las cuales asignan la preferencia a la calle principal.**3. Las señales de alto en los cuatro accesos, donde es muy variable su comportamiento.****4. Las restricciones del estacionamiento en las calles.****5. Las restricciones de vueltas.****6. El control en el uso de los carriles (reversibles).**

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

V.1. ANTECEDENTES.

Los semáforos modernos asignan el tiempo de una gran variedad de formas. Desde los más sencillos (un semáforo de dos fases de tiempo fijo) hasta los más complejos (de multifases, actuado por el tránsito).

Los siguientes términos son comúnmente utilizados para describir las operaciones de los semáforos.

- *Ciclo: Una secuencia completa de indicaciones del semáforo.*
- *Duración del ciclo: El tiempo total del semáforo para completar un ciclo, en segundos, dado por el símbolo C.*
- *Fase: Parte del ciclo asignado a cualquier combinación de movimientos de tránsito que reciben derecho de vía simultáneamente durante uno o más intervalos.*
- *Intervalo: Un período de tiempo durante el cual todas las indicaciones del semáforo se mantienen constantes.*
- *Cambios de intervalo: Los intervalos: luz "ámbar" más "todo rojo" que ocurre entre las fases para proveer un despeje en la intersección antes de que los movimientos conflictivos se alcancen, estableciendo en segundos, dado por el símbolo Y.*
- *Tiempo de luz verde: Tiempo dentro de una fase dada, durante el cual la luz verde aparece, establecido en segundos dado por el símbolo G (para la fase I).*
- *Tiempo perdido: Tiempo durante el cual la intersección no es utilizada por algún movimiento; estos tiempos ocurren en el cambio de intervalo y el inicio de cada fase, cuando los primeros vehículos que están en la cola experimentan demoras de inicio.*
- *Tiempo de luz verde efectivo: El tiempo durante una fase disponible, en forma efectiva para los movimientos permitidos, generalmente se toma como el tiempo de luz verde más el cambio de intervalo, menos el tiempo perdido para la fase asignada, establecido en segundos; dado por el símbolo g_i .*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- *Relación de luz verde: Es la relación del tiempo de luz verde efectivo, en la duración del ciclo, dado por el símbolo g/C .*
- *Luz roja efectiva: El tiempo durante el cual un movimiento dado o un grupo de movimientos no se le permite su circulación, establecido en segundos; siendo la duración del ciclo menos el tiempo de luz verde efectivo para una fase específica, dado por el símbolo r_i .*

Los semáforos pueden funcionar de tres maneras básicas dependiendo del tipo de equipo de control utilizado:

- 1.- Operación de tiempo fijo.*
- 2.- Operación semi actuada.*
- 3.- Operación totalmente actuada.*

- 1. Operación de tiempo fijo.- En esta operación, la duración del ciclo, las fases, los tiempos de luz verde y los cambios de intervalo son preestablecidos, permitiendo definir varios programas que pueden accionarse automáticamente a tiempos fijos durante el día.*
- 2. Operación semi actuada.- En esta operación la calle principal asignada tiene luz verde hasta que los detectores de la calle secundaria determinen que un vehículo o vehículos hayan llegado a uno o ambos accesos, para darle luz verde a esta última calle después de un cambio de intervalo adecuado, el cual se mantiene hasta que todos los vehículos son servidos o hasta que se alcance la luz verde máxima preestablecida para la calle secundaria. En esta operación, la duración del ciclo y los tiempos de luz verde pueden variar de ciclo a ciclo, en respuesta a la demanda.*
- 3. Operación totalmente actuada.- En ésta, todas las fases del semáforo son controladas por detectores. En general, en este tipo de control se especifican los tiempos de luz verde máximos y mínimos para cada fase. La duración de los ciclos y los tiempos de luz verde varían considerablemente, en respuesta a la demanda.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

La capacidad en una intersección depende grandemente de la semaforización presente. Dado el nivel potencial de control del semáforo, la capacidad es más variable que para otro tipo de vías, en donde ésta depende principalmente de la geometría del camino.

Capacidad y nivel de servicio.

Para las intersecciones semaforizadas, ambos conceptos se analizan por separado y no tienen una relación sencilla entre sí.

La relación v/c es el valor de flujo actual o futuro en el acceso o en el grupo de carriles, asignado durante los 15 minutos máximos, dividido entre la capacidad del acceso o del grupo de carriles asignado.

El nivel de servicio está basado en la demora promedio de parada por vehículo para varios movimientos dentro de la intersección. Mientras la relación v/c afecta la demora, existen otros parámetros que la afectan más fuertemente, tales como la calidad de la sincronía, la duración de las fases de luz verde, la duración del ciclo y otros. Así, para una relación v/c dada, puede resultar una gran cantidad de valores para la demora. Por esta razón, tanto la capacidad como el nivel de servicio deben analizarse cuidadosamente.

Capacidad de las intersecciones semaforizadas.

La capacidad está definida para cada acceso; entonces, la capacidad del acceso de la intersección es el valor de flujo máximo que puede pasar a través de una intersección en las condiciones prevalecientes de tránsito, del camino y de las condiciones de la semaforización establecida en vehículos por hora.

La capacidad en las intersecciones semaforizadas está basada en el concepto de flujos de saturación y valores de flujo de saturación siendo éste último definido como el valor de flujo

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

máximo que puede pasar por un acceso de una intersección o un grupo de carriles dado, en las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino, suponiendo que el acceso o el grupo de carriles tuvo el 100% del tiempo real disponible como tiempo de luz verde efectiva. . El valor de flujo para un acceso o grupo de carriles dado está definido como la relación entre el valor de flujo actual v_i y el valor de flujo de saturación, llamándole con el símbolo $(v/s)_i$, para cada acceso o grupo de carriles i .

Entonces, la capacidad es:

$$c_i = s_i * (g/C)_i$$

Donde:

c_i = capacidad del grupo de carriles o el acceso dado en v/h.

s_i = valor de flujo de saturación para el grupo de carriles o accesos en v/hg.

$(g/C)_i$ = relación de luz verde para el grupo de carriles o acceso i .

La relación entre el valor de flujo y la capacidad $(v/c)_i$, se establece con el símbolo X (grado de saturación) en el análisis de la intersección, para enfatizar la estrecha relación de la capacidad y las condiciones de semaforización para un grupo de carriles dado o un acceso i .

$$X_i = (v/c)_i = v_i / (s_i * (g/C)_i)$$

$$X_i = v_i C / s_i g_i = (v/s)_i / (g/C)_i$$

Donde:

X_i = Relación v/c para un acceso o grupo de carriles i .

v_i = valor de flujo actual para un acceso o grupo de carriles i en v/h.

s_i = Valor de flujo de saturación para un acceso o grupo de carriles i en v/hg.

g_i = Tiempo de verde efectivo para un acceso o grupo de carriles i , en segundos.

Los valores de X varían de 1.00 cuando el valor del flujo es igual a la capacidad y 0.00 cuando el valor del flujo es cero.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

La capacidad de la intersección completa no es un concepto importante y no está específicamente definido. Raramente todos los movimientos en la intersección se saturan al mismo tiempo en el día. Entonces, la preocupación crítica es que los movimientos individuales que se mueven en la intersección sean eficientes.

Otro concepto de capacidad en el análisis de las intersecciones semaforizadas es la relación v/c crítica X_c . Esta es una relación que considera sólo los grupos de carriles o accesos que tiene el mayor valor de flujo (V/S) para una fase dada.

La relación v/c crítica para una intersección se define como:

$$X_c = \sum (v/s)_{ci} [C / (C-L)] \quad (3)$$

Donde:

X_c = La relación v/c crítica para la intersección

$\sum (v/s)_{ci}$ = La sumatoria de los valores del flujo para todos los grupos de carriles o accesos i.

C = Duración del ciclo en seg.

L = Total del tiempo perdido en el ciclo calculado como la suma del tiempo perdido de inicio y cambio de intervalo menos la porción del cambio de intervalo usado por los vehículos para cada fase crítica.

Esta ecuación es útil para evaluar la intersección en forma general con relación a la geometría y a la duración total del ciclo; útil también para estimar los tiempos de las fases cuando no se conocen, proporcionando la relación v/c para los movimientos críticos, suponiendo que el tiempo de verde ha sido el apropiado o distribuido proporcionalmente. Por lo tanto, es posible obtener una relación v/c menor que 1.00 teniendo movimientos individuales dentro del ciclo del semáforo.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Una relación v/c menor que 1.00 indica que todos los movimientos en la intersección pueden ser acomodados dentro del ciclo y la secuencia de sus fases, distribuyendo adecuadamente los tiempos de verde.

Niveles de servicio para las intersecciones semaforizadas.

Éstos están definidos en términos de la demora, siendo ésta una medida que refleja la molestia y frustración del conductor, el consumo del combustible y la pérdida de tiempo de viaje. Estos niveles de servicio se han establecido en términos de la demora promedio de parada por vehículo.

La demora es una medida compleja y depende de un número de variables que incluyen la calidad de la sincronía, la duración del ciclo, la relación de luz verde y la relación v/c para un grupo de carriles o accesos en estudio.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.1. Descripción de los niveles de servicio

<i>N.S</i>	<i>CARACTERÍSTICAS DE LA OPERACIÓN</i>	<i>DEMORA (SEG)</i>
<i>A</i>	<i>Baja la demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no hacen alto.</i>	<i><5.00</i>
<i>B</i>	<i>Ocorre con una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.</i>	<i>5.1 a 15.0</i>
<i>C</i>	<i>Ocorre con una sincronía regular y/o ciclos largos. Los ciclos en forma individual empiezan a fallar.</i>	<i>15.1 a 25.0</i>
<i>D</i>	<i>Empieza a notarse la influencia de congestionamientos ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas. Muchos vehículos se detienen.</i>	<i>25.1 a 40.0</i>
<i>E</i>	<i>Es el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores. Las fallas en los ciclos son frecuentes.</i>	<i>40.1 a 60.0</i>
<i>F</i>	<i>El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores. Ocurren cuando los valores del flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c sean menores de 1.00 con una sincronía muy pobre y/o ciclos demasiado largos.</i>	<i>>60.0</i>

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Relación de la capacidad y los niveles de servicio en las intersecciones semaforizadas.

Es posible tener demoras en el intervalo del nivel de servicio F (inaceptable) cuando la relación v/c es menor de 1.00, quizá con valores tan bajos como 0.75 – 0.85. En estas relaciones pueden ocurrir grandes demoras cuando existan algunas de las condiciones siguientes:

- *La duración del ciclo es grande*
- *El grupo de carriles o acceso en cuestión se ve en desventaja (teniendo tiempo de luz roja largo) por los tiempos de semáforo.*
- *La sincronía de semáforos para los movimientos estudiados es pobre.*

Puede suceder la situación opuesta. Un acceso o grupo de carriles con una relación $v/c = 1.00$ puede tener demoras sí:

- *La duración del ciclo es corta.*
- *La sincronía de los semáforos es favorable para el movimiento en estudio.*

Entonces el nivel de servicio F no implica automáticamente que la intersección, acceso o el grupo de carriles está sobrecargado, ni que el nivel de servicio entre A y E implica que existe una capacidad disponible no utilizada.

Los métodos y los procedimientos de este capítulo requieren de los análisis de la capacidad y el nivel de servicio para evaluar completamente la operación de la intersección semaforizada.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Niveles de análisis

En este capítulo se presentan dos niveles de análisis: el análisis operacional y el análisis de planificación.

El primero requiere de una detallada información, del camino y de la semaforización y del nivel de servicio, pudiendo además, evaluar diseños geométricos alternativos y/o planes de semáforos.

El segundo sólo analiza la capacidad, debido a que la información detallada necesaria para estimar la demora no está disponible. El procedimiento ofrece amplios resultados que permiten determinar si la intersección puede o no sobresaturarse.

El análisis operacional podrá utilizarse en la mayoría de los análisis para las intersecciones existentes o situaciones futuras; en la cual, el tránsito, la geometría y los parámetros de control sean bien establecidos; pudiendo definir:

- 1. El nivel de servicio, conociendo los detalles del flujo de la intersección, la semaforización y la geometría.*
- 2. Los valores del flujo de servicio permitidos para un nivel de servicio seleccionado, conociendo los detalles de semaforización y geometría.*
- 3. El tiempo para las fases, conociendo el nivel de servicio y los detalles del flujo y la geometría.*
- 4. La geometría básica (número o distribución de carriles), conociendo el nivel de servicio deseado y los detalles del flujo de semaforización*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

V.2. MÉTODO.

Análisis Operacional.

El objetivo de este análisis es obtener la capacidad y el nivel de servicio para cada acceso o grupo de carriles, así como el nivel de servicio para toda la intersección. Requiere de información detallada relativa a las condiciones geométricas, del tránsito y la semaforización de la intersección. Para su estudio, el análisis se ha dividido en cinco módulos:

- 1. Módulo de entrada. Comprende básicamente la definición de toda la información necesaria para los cálculos posteriores; esto es, la geometría de la intersección, los volúmenes de tránsito y sus condiciones y la semaforización.*
- 2. Módulo de ajuste de volúmenes. En este módulo, los volúmenes de demanda son convertidos a volúmenes de flujo para los 15 minutos máximos y considera los efectos de la distribución de carriles y la definición de los grupos de carriles.*
- 3. Módulo del valor de flujo de saturación. En éste se calcula el valor de flujo de saturación para cada grupo de carriles. Consiste en ajustar el valor de flujo de saturación "ideal" para reflejar la variedad de condiciones prevalecientes.*
- 4. Módulo de análisis de capacidad. En este módulo se relacionan los volúmenes y los valores de flujo de saturación, para calcular la capacidad y las relaciones v/c para cada grupo de carriles y la relación v/c crítica para la intersección.*
- 5. Módulo del nivel de servicio. Se estima la demora para cada grupo de carriles, los accesos y toda la intersección, para determinar el nivel de servicio.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Módulo de entrada.

1. *Condiciones geométricas.* Generalmente se presentan en forma diagramática y se debe incluir toda la información relevante; incluyendo la pendiente de los accesos, el número y ancho de carriles y las características del estacionamiento. Debe considerarse también la existencia de carriles exclusivos de vuelta derecha o izquierda, junto con los carriles de almacenamiento de tales carriles. Si no se tienen los datos específicos de la geometría, pueden suponerse para el análisis, considerando la experiencia local.
2. *Consideraciones del tránsito.* Se deben especificar los volúmenes de tránsito para cada movimiento, en cada acceso de la intersección. La distribución por tipo de vehículo se cuantifica como el porcentaje de vehículos pesados en cada movimiento considerando como tal, a todo aquel vehículo con más de cuatro llantas tocando el pavimento. Debe identificarse el número de autobuses que tienen ascenso y descenso de pasaje, los que no hacen parada se consideran como vehículos pesados. Se identificarán los flujos de peatones que interfieren con los movimientos de vuelta izquierda y derecha; así para el acceso sur le corresponde el cruce este; al acceso norte le corresponde el cruce oeste, etc.

Una de las características del tránsito más críticas es la designación del tipo de llegada. Esta es una categorización general que intenta cuantificar la calidad de la sincronía en el acceso. Para ello se definen seis tipos de llegada:

- *Tipo 1.* En esta condición, el grupo denso de vehículos llega a la intersección al inicio de la fase de luz roja. Esta es la peor condición de llegada.
- *Tipo 2.* En esta condición, el grupo denso de vehículos llega a la intersección en la mitad de la fase de luz roja o llegan en forma dispersa durante toda la fase. Es mejor que el tipo de llegada 1, pero sigue siendo desfavorable.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- *Tipo 3. Esta condición representa las llegadas totalmente aleatorias. Esto ocurre cuando las llegadas son ampliamente dispersas en las fases de luz roja o verde, y/o donde el acceso no tiene ninguna coordinación con otros semáforos, ya sea porque la intersección está muy aislada o porque los semáforos cercanos operan con distintos ciclos. Esta es una condición promedio.*
 - *Tipo 4. Esta condición se define cuando el grupo denso de vehículos llega durante la mitad de la fase de luz verde o cuando en forma dispersa llegan durante toda la fase de luz verde. Esta condición es moderadamente favorable.*
 - *Tipo 5. Esta condición se define cuando el grupo denso de vehículos llega en el inicio de la fase de luz verde. Esta es la condición más favorable.*
3. *Consideraciones de semaforización. Éstas incluyen un diagrama de fases que ilustren el plan de fases, la duración del ciclo, los tiempos de luz verde, y los cambios de intervalo. Deben identificarse las fases actuadas, incluyendo la existencia de fases actuadas por peatones mediante botones. Si no existen estas últimas, debe indicarse el tiempo de luz verde mínimo, que se calcula mediante:*

$$G_p = 7.0 + W/4.0 - Y$$

Donde:

G_p = Tiempo mínimo de luz verde en segundos.

W = Distancia entre la orilla del cordón al centro del carril más lejano de la calle a cruzar o hasta la isleta de refugio para peatones más cercana, en pies.

Y = Cambio de intervalo (luz ámbar mas toda luz roja) en segundos.

Si las fases del semáforo son actuadas, la duración del ciclo y los tiempos de verde variarán de ciclo a ciclo, según la demanda. Para establecer los valores para el análisis la operación del semáforo, debe observarse en campo, utilizando los valores promedio de los tiempos de luz verde y los ciclos.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Cuando vaya a establecerse el ciclo como parte del análisis, deben aplicarse las políticas locales para tal efecto.

Valores propuestos. Algunas veces no se tienen disponibles los datos de campo necesarios indicados en la figura V.2. La tabla V.4. presenta valores propuestos para su uso, cuando no se tienen datos de campo, teniendo cuidado de utilizar dichos valores ya que los resultados serán aproximados y no necesariamente reflejarán la realidad.

Módulo de ajuste de volúmenes

En este módulo se realizan tres pasos analíticos importantes a los volúmenes: (1) los volúmenes de los movimientos se ajustan a valores de flujo para los 15 minutos máximos, (2) se establecen los grupos de carriles y (3) los flujos de los grupos de carriles se ajustan para considerar la utilización desequilibrada de los carriles.

- 1. Ajuste de los volúmenes de los movimientos para reflejar los valores de flujo de máxima demanda. Se realiza mediante:*

$$V_p = V / PHF$$

Donde:

- V_p = Valor de flujo durante los 15 minutos máximos.*
- V = Volumen horario en v/h.*
- PHF = Factor horario de máxima demanda.*

Debido a que no todos los movimientos son máximos a la misma hora, hay que seleccionar los períodos críticos para su análisis.

- 2. Determinación de los grupos de carriles. Estos se definen como uno o más carriles en el acceso, que sirven a uno o más movimientos vehiculares. Dividir la intersección en grupos de carriles es generalmente obvio, ya que considera tanto la geometría de la intersección y la distribución de los movimientos de tránsito. Puede aplicarse la siguiente guía para determinarlos:*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- *Debe considerarse como grupo de carriles al carril o carriles exclusivos de vuelta izquierda o vuelta derecha.*
- *El resto de los carriles deben considerarse como un solo grupo de carriles.*
- *Donde en un acceso con más de un carril, incluya uno que pueda ser usado por los vehículos directos como el de vuelta izquierda, es necesario determinar si existe un equilibrio en su uso o el número de vueltas izquierdas es tanta que funciona como carril exclusivo de vuelta izquierda. Para esto se determina el flujo equivalente aproximado mediante:*

$$V_{LE} = V_L \cdot [1800 - (1400 - V_o)] \quad (6)$$

Donde:

- V_{LE} = *Valor de flujo equivalente aproximado de vuelta izquierda en v/h.*
- V_L = *Valor de flujo de vuelta izquierda actual en v/h.*
- V_o = *Valor de flujo opuesto, desconectando las vueltas izquierdas de un carril exclusivo o los accesos de un solo carril; el máximo valor de V_o es 1399 este valor se utiliza para todos los $V_o \geq 1399$; $V_o = 0$ para una fase protegida.*

Nótese que cuando V_o es igual o mayor a 1400 v/h, V_{LE} no tiene sentido. En tales casos, el movimiento de vuelta izquierda contra el valor de flujo opuesto no es posible, concluyendo que debe considerarse una fase protegida de vuelta izquierda en el ciclo de semáforo.

Además, si el valor de flujo equivalente del carril más a la izquierda excede el valor del flujo promedio en los carriles restantes, se supone que el carril actúa como carril exclusivo de vuelta izquierda estableciéndose un grupo de carriles, si el valor de flujo equivalente del carril de vuelta izquierda es menor que el valor de flujo promedio en los carriles restantes, se supone que los vehículos directos compartirán la vuelta izquierda para establecer el equilibrio considerando el acceso completo como un grupo de carriles.

Así - si

$$V_{LE} \geq (V_a - V_D) / (N - 1)$$

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Donde:

V_a = Valor del flujo total en el acceso en vph

N = Número total de carriles

Se supone que el carril de vuelta izquierda actúa como carril exclusivo, analizándolo por separado.

$$\text{Sí: } V_{LE} < (V_a - V_L) / (N - 1)$$

Se supone que el carril de vuelta izquierda es compartido por los vehículos directos, analizando el acceso completo.

La figura V.3. muestra algunos grupos de carriles más comunes.

La operación de un carril compartido de vuelta izquierda y directa con fase de vuelta izquierda es muy compleja. Los vehículos de vuelta izquierda ejecutan sus movimientos a través de los espacios del flujo opuesto. El primer espacio no va a aparecer hasta que la cola de los vehículos en sentido opuesto despeje la intersección. Si uno de vuelta izquierda llega durante el intervalo en el cual la cola de vehículos en el sentido opuesto se está despejando, éste bloquea el carril tanto para los que dan vuelta como para los que van directo hasta que el espacio aparezca. Por lo tanto, los vehículos de vuelta izquierda podrán moverse entre los espacios de flujo opuesto hasta que la fase de luz verde termine, lo cual va a permitir que cuando mucho 2 vehículos podrán dar vuelta izquierda en el cambio de carriles. Esto va a influenciar la distribución de carriles, ya que los vehículos van a tender a utilizar los otros carriles para evitar la turbulencia y las demoras.

4. *Ajuste por distribución de carriles. Después que los volúmenes han sido ajustados a valores de flujo y los grupos de carriles están definidos, los valores de flujo en cada grupo de carriles se ajustan para reflejar la utilización de carriles que por lo común no es igual. Cuando existe un carril en el acceso, el flujo no se divide equivalentemente.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Así se tiene:

$$V = V_g * U \quad (7)$$

Donde:

- V = Valor de flujo de demanda ajustado.
 V_g = Valor de flujo de demanda sin ajustar para un grupo de carriles en v/h.
 U = Factor de utilización de carriles.

El factor de utilización de carriles de la tabla 4 sólo se utiliza cuando se desea analizar el peor de los dos o más carriles en el grupo de carriles. Si se desea la condición promedio, el factor será 1.00. También el factor puede tener este valor cuando la relación v/c para el grupo de carriles se acerca a 1.0, ya que los carriles tienden a utilizar más equivalentemente los carriles en esta situación.

Módulo de flujo de saturación.

En este módulo se calcula el valor de flujo de saturación para cada grupo de carriles. Este flujo horario asume que la fase de luz verde siempre está disponible para cada acceso, o sea que la relación g/C fuera 1.00

El cálculo inicia con la selección de un valor de flujo "ideal" que generalmente es 1900 vl/hg/carr. El cual se ajusta a una variedad de condiciones prevaletientes que no son ideales.

Así:
$$s = s_o * N * f_{hv} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{RT} * F_{LT} \quad (8)$$

S = Valor de flujo de saturación para el grupo de carriles en estudio, expresada como el total de todos los flujos en el grupo de carriles, en las condiciones prevaletientes vl/hg.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- S_o = *Valor del flujo de saturación ideal, generalmente 1900 vl/hg/carr.*
- N = *Número de carriles en el grupo de carriles.*
- F_w = *Factor de ajuste por ancho de carriles, los carriles de 12 ft. Son el estándar, dado en la tabla 5.*
- f_{hv} = *Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesador en la corriente del tránsito, dado en la tabla 6.*
- f_g = *Factor de ajuste para la pendiente del acceso, dado en la tabla 7.*
- f_p = *Factor de ajuste por la existencia de un carril de estacionamiento adyacente al grupo de carriles y la actividad de estacionamiento en ese carril, dado en la tabla 8.*
- f_{cb} = *Factor de ajuste por el efecto del bloqueo por paradas de los autobuses urbanos, dentro de la zona de la intersección, dado en la tabla 9.*
- f_a = *Factor de ajuste por el tipo de área, dado en la tabla 10.*
- f_{RT} = *Factor de ajuste por vueltas derechas en el grupo de carriles, dado en la tabla 11.*
- f_{LT} = *Factor de ajuste por vueltas izquierdas en el grupo de carriles, dado en la tabla 12, o calculado como describirá en las siguientes secciones.*

*Si no se tienen los factores descritos anteriormente, el valor de s será de 1600 vl/hg/carr. *N, reconociendo que el análisis será aproximado, a grandes rasgos.*

- 1.- *Factores de ajuste. El uso de los factores de ajuste es similar al de los capítulos anteriores. Cada factor agrega impacto de las condiciones prevalecientes que son diferentes de las ideas. Cada tabla de la 5 a la 12 contempla una amplia variedad de condiciones fuera de las ideales, que marcan el impacto en la operación de la intersección.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

2.- Procedimiento especial para el ajuste de la vuelta izquierda para la fase permitida.

El factor de ajuste de vuelta izquierda refleja los tres flujos componentes durante la fase de luz verde:

- *El flujo directo de un carril, compartido al inicio de luz verde hasta que llega el vehículo de vuelta izquierda, bloqueando el carril mientras espera su turno.*
- *El flujo del carril compartido o de vuelta izquierda, durante un periodo no saturado del flujo opuesto.*
- *Las vueltas izquierdas realizadas al final de la fase verde por los vehículos que están esperando en la intersección para encontrar un espacio apropiado del flujo opuesto.*

Debido a que el cálculo es complejo, se ha diseñado una hoja de trabajo mostrada en los formatos.

Variables de entrada. Las primeras 11 filas de la hoja de trabajo son para resumir los datos de entrada para estimar el factor de vuelta izquierda, utilizando sólo los accesos que incluyen las vueltas permitidas.

- *Duración del ciclo C. Cuando los tiempos de semáforo se desconocen, se toma un valor de 90 segundos para propósitos de cálculo del factor.*
- *Luz verde efectiva G. Es el periodo de luz verde efectivo, para el grupo e carriles en estudio, cuando no se conoce, se estima para los flujos promedio por carril en los movimientos críticos en la intersección mediante:*

$$G_i = (C-L) (V_i / v_t)$$

Donde:

- g_i = *Luz verde efectiva aproximada en la fase i en segundos.*
- C = *Duración del ciclo en segundos.*
- L = *Tiempo perdido en las fases en segundos.*
- V_i = *Valor del flujo crítico en la fase I en v/h/carr.*
- V_t = *Valores de flujo críticos totales de todas las fases.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- *Número de carriles N para el grupo de carriles*
- *Valor de flujo total en el acceso V_a . Este valor incluye el flujo de los carriles de vuelta izquierda y los flujos directos.*
- *Valor del flujo principal V_M . Este valor es el valor del flujo total en el acceso V_a menos el valor del flujo de vuelta izquierda del carril exclusivo o del carril único del acceso.*
- *Valor del flujo de vuelta izquierda V_{LT} .*
- *Proporción de vueltas izquierdas en el grupo de carriles P_{LT} . Este se obtiene de la columna 11 de la hoja de ajuste de volúmenes. Para las vueltas izquierdas exclusivas, el valor es de 1.00.*
- *Número de carriles en la circulación opuesta N_o . Este valor no incluye los carriles exclusivos de vuelta en el acceso de la circulación opuesta.*
- *Valor del flujo opuesto V_o . Se considera el valor del flujo principal V_M del acceso opuesto.*
- *Proporción de vueltas izquierdas en el flujo opuesto P_{LTO} . Se considera la proporción de vueltas izquierdas incluidas en V_a . Este valor será de 0.00 cuando las vueltas izquierdas del flujo opuesto estén en el carril exclusivo.*

Secuencia de Cálculo:

La hoja de trabajo enlista las ecuaciones de la 9 a la 17, las cuales son utilizadas para calcular el factor de ajuste de vueltas izquierdas de los datos anotados anteriormente.

- *Valor de flujo opuesto S_{op} . Cuando no hay vueltas izquierda en el flujo opuesto el valor es siempre $1900 * N_o$.*
- *Valor de flujo opuesto Y_o .*
- *Luz verde no saturada g_u . Esta es la porción de fase de luz verde no bloqueada por el despeje de la cola de vehículos en el sentido opuesto.*
- *Factor de saturación de vuelta izquierda f_x . Este paso puede omitirse donde ha sido considerado el factor de vuelta izquierda para un grupo de carriles exclusivo de vuelta izquierda.*
- *Proporción de vueltas izquierdas en el carril compartido P_L . Cuando se considera de un carril exclusivo de vuelta izquierda este valor es 1.00.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- *Luz verde saturada g_q . Ésta es una porción de la fase de luz verde que está bloqueada por el despeje de la cola de vehículos en el flujo opuesto.*
- *Proporción de vehículos directos en el carril compartido P_T . Cuando se considera un carril de vuelta izquierda exclusivamente este valor es cero.*
- *Luz verde inicial g_f . Esta es la porción de luz verde para un carril compartido durante el cual los vehículos directos se mueven hasta la llegada del primer vehículo que da vuelta izquierda. Para carriles de vuelta izquierda exclusiva, este valor es cero.*
- *Equivalente directo de vueltas izquierdas E_L .*
- *Factor de vuelta izquierda por carril f_m . Este factor se aplica a un carril sencillo (exclusivo o compartido) del cual se realizan las vueltas izquierdas.*
- *Factor de vuelta izquierda para los grupos de carriles f_{LT} . Este factor de vuelta izquierda considera al grupo de carriles en estudio; si el grupo sólo tiene un carril. $f_{LT} = f_m$.*

Módulo de análisis de capacidad

En este módulo, los resultados computacionales de los módulos previos son la base para calcular las variables de la capacidad, que son:

1. *La relación del flujo para cada grupo de carriles*
2. *La capacidad para cada grupo de carriles.*
3. *La relación v/c para cada grupo de carriles*
4. *La relación v/c crítica para toda la intersección.*

La capacidad para cada grupo de carriles se calcula de la ecuación 1.

La relación v/c para cada grupo de carriles se calcula directamente al dividir los flujos ajustados por las capacidades calculadas anteriormente, con la ecuación N° 2.

El parámetro de capacidad final es la relación v/c crítica X_c para la intersección, mediante la ecuación número 3.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

La relación indica la proporción de la capacidad disponible que será usada por los vehículos en los grupos de carriles críticos.

Si la relación excede 1.00 uno o más de los grupos de carriles estarán sobresaturados. Esto es una indicación de que el diseño, la duración del ciclo, el plan de fases y/o los tiempos del semáforo son inadecuados para la demanda existente o proyectada.

Una relación menor que 1.00 indica que el diseño, la duración del ciclo, y el plan de fases es adecuado para manejar todos los flujos críticos sin que la demanda exceda a la capacidad, asumiendo que los tiempos de luz verde están asignados en forma proporcional.

Si alguna fase no está debidamente proporcionada, la demanda de algún movimiento excederá la capacidad aún cuando la relación v/c sea menor que 1.00.

Cuando no hay fase, se traslapan. En el diseño la determinación de los grupos de carriles críticos es directa. Cuando se traslapan, se complica la situación, ya que varios grupos de carriles pueden moverse en varias fases del semáforo.

La siguiente guía puede utilizarse para determinar los grupos de carriles críticos.

1.- *Cuando las fases no se traslapan:*

- *Habrá un grupo de carriles críticos para cada fase.*
- *El grupo de carriles con la relación v/s más alto de los que se mueven en una fase del semáforo es el crítico.*
- *Cuando los tiempos del semáforo se estimen o se propongan, los grupos críticos se utilizan para determinar dichos tiempos.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

2.- *Cuando las fases se traslapan:*

- *Basado en el plan de fases, deben identificarse las combinaciones de los grupos de carriles que pueden consumir la mayor cantidad de capacidad disponible. Estos son los mismos grupos de carriles que controlan los tiempos del semáforo si se estiman.*
- *Al revisar el plan de fases para combinar los grupos de carriles críticos, no puede haber ninguna fase o parte de la fase que tenga más de un grupo de carriles críticos.*
- *Si se estiman los tiempos del semáforo, los grupos de carriles críticos son los utilizados para determinar dichos tiempos.*

Módulo del nivel de servicio

En este módulo se estima la demora promedio de una parada por vehículo, para cada grupo de carriles y un promedio para los accesos de toda la intersección.

1.- *La demora suponiendo llegadas aleatorias. La demora para cada grupo de carriles se encuentra mediante.*

$$d = d_1 + d_2 \quad (19)$$

Donde:

$$d_1 = 0.30C \frac{[1 - (g/C)]^2}{[1 - (g/C)(X)]}$$

$$d_2 = 173 X^2 [(X-1) + \sqrt{(x-1)^2 + (16 X/c)}] \quad (18)$$

Donde:

- d = Demora promedio por parada por vehículo para el grupo de carriles en seg/veh.
- C = Duración del ciclo en seg.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- g/C = Relación de luz verde para cada grupo de carriles; la relación del tiempo de luz verde efectiva para una duración de ciclo.
- X = Relación v/c para cada uno de los carriles.
- c = Capacidad para l grupo de carriles.

El primer término de la ecuación (d_1) cuantifica la demora uniforme, la demora que ocurre si la demanda de llegada en el grupo de carriles en estudio está uniformemente distribuida en el tiempo. El segundo término de la ecuación (d_2) cuantifica el incremento de la demora de las llegadas aleatorias sobre las llegadas uniformes y por la demora adicional debido a las fallas del ciclo. Esta ecuación ¿aporta? resultados para los valores de X entre 0.00 y 1.00. Cuando ocurre una sobresaturación por grandes periodos (mayores de 15 minutos), es difícil estimar la demora exacta. La ecuación debe utilizarse con precaución a valores de X hasta 1.2

2.- Factor de ajuste por sincronía. La ecuación 18 estima la demora suponiendo llegadas aleatorias. En la mayoría de los casos, las llegadas no son aleatorias, están en grupos densos de vehículos, como resultado de la sincronía de los semáforos y otros factores. Como parte de los datos de entrada, se ha definido 5 tipos de llegada que deben especificarse para cada grupo de carriles. Este factor se multiplica por la demora obtenida anteriormente.

Si la sincronía es favorable al grupo de carriles en estudio, la demora será considerablemente menor que la aleatoria. Si es desfavorable, la demora será mayor.

3.- Estimación de la demora en conjunto. Para lograrla se calculan los promedios ponderados de las demoras de los grupos de carriles y los flujos ajustados en tales grupos. Así, la demora para un acceso se calcula mediante:

$$d_A = \sum d_i v_i / \sum v_i \quad (20)$$

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Donde:

d_A = Demora del acceso A, en seg/veh.

d_i = Demora del grupo de carriles i (en el acceso A) en seg/veh.

v_i = flujo ajustado para el grupo de carriles en v/h.

La demora promedio para la intersección será:

$$D_i = \frac{\sum d_A v_A}{\sum v_A} \quad (21)$$

Donde:

d_i = Demora promedio por vehículo para la intersección, en seg/veh.

v_A = Flujo ajustado para la intersección en v/h.

4.- Una vez que se haya obtenido la demora promedio por vehículo para cada grupo de carriles y para cada acceso y para la intersección, se consulta la tabla 1 para determinar los niveles de servicio.

Interpretación de resultados.

Si la relación v/c es mayor que 1.00, esto indica que existen fallas actuales o potenciales que hay que corregir. Si esta relación es menor que 1.00, pero con algunos grupos de carriles con relación v/c mayores que 1.00, el tiempo de luz verde no está proporcionado adecuadamente, buscando mejorar los tiempos de las fases existentes.

Si la relación v/c es mayor que 1.00, esto indica que la semaforización y el diseño geométrico tienen una capacidad inadecuada para los flujos existentes o proyectados. Las mejoras a considerar incluyen:

1. Cambios básicos en la geometría de la intersección (número y usos de carriles).
2. Aumento en el ciclo de semáforo.
3. Cambio al plan de fases del semáforo.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Las relaciones v/c cerca de 1.00 representan situaciones con una muy poca capacidad disponible para absorber los incrementos de la demanda.

Cuando la sincronía es razonable y existen demoras inaceptables, debe examinarse la posibilidad de cambios de diseño geométrico y de semáforo para aumentar la capacidad.

En algunos casos, la demora será mayor aún cuando las relaciones v/c son bajas. En estas situaciones está presente una sincronía muy pobre y/o un ciclo inapropiado muy grande.

El análisis debe considerar los resultados tanto del análisis de capacidad, como los niveles de servicio para obtener una comprensión completa de las operaciones existentes o proyectadas de la intersección.

V.3. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN.

En esta sección se presentan las hojas de trabajo para el cálculo del análisis operacional y de planificación.

Análisis operacional.

Se ha dividido en cinco módulos:

- 1.- Módulo de datos de entrada.*
- 2.- Módulo de ajuste de volúmenes.*
- 3.- Módulo del valor de flujo de saturación.*
- 4.- Módulo de análisis de capacidad.*
- 5.- Módulo del nivel de servicio.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

1.- Módulo de los datos de entrada.

Básicamente, consiste en recopilar las características geométricas, de tránsito y de semaforización. Cuando se estudie un caso existente, se tendrá la mayoría de los datos obtenidos del campo; cuando se consideren condiciones futuras, los datos del tránsito serán pronosticados, mientras que el diseño geométrico y el de semaforización estarán basados en condiciones existentes o propuestas. La figura V.6. muestra la hoja de trabajo para el módulo de los datos de entrada.

Paso 1. Registro de los volúmenes de tránsito.

Se colocarán en el sentido y la dirección indicada (sea vuelta derecha, izquierda o directo) sumándolos, colocando el valor total en el cuadro correspondiente para cada acceso.

Paso 2. Registro de la geometría.

Se anotará la información sobre el número y el ancho de carriles, movimientos del tránsito que utiliza cada carril (indicados con flechas), existencia y localización de estacionamientos en la vía, existencia y longitud de carril de almacenamiento, existencia de isletas, existencia y localización de paradas de autobuses.

Cuando no se conocen las condiciones geométricas, debe proponerse un diseño basado en las condiciones locales.

Paso 3. Registro de las condiciones geométricas y del tránsito.

1ª Columna.- por ciento de pendiente, siendo (+) la pendiente ascendente y (-) las descendentes.

2ª Columna.- por ciento de vehículos pesados; aquellos vehículos con más de cuatro llantas tocando el pavimento. Normalmente se usa un promedio para cada acceso; si varían por movimiento en forma significativa pueden considerarse por separado.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- 3ª y 4ª Columna.- describen las características de estacionamiento para cada acceso, la tercera indica la presencia del estacionamiento y la cuarta indica el número de maniobras de estacionamiento por hora, que ocurran dentro de los 520 pies de la intersección.*
- 5ª Columna.- se anota el número de paradas de los autobuses por hora, que ocurran dentro de los 520 pies de la intersección.*
- 6ª Columna.- se anota el factor horario de máxima demanda para cada acceso.*
- 7ª Columna.- se anota el número de peatones por hora que utilizan los cruces con las vueltas derechas. Para el acceso hacia el norte, le corresponde el cruce este; al acceso hacia el sur le corresponde el cruce oeste etc.*
- 8ª y 9ª Columna.- describen los controles para el peatón en la intersección. La octava indica la presencia de un botón detector de peatones, en la novena se calcula el tiempo mínimo de verde para los peatones que cruzan la calle mediante la ecuación 5.*
- 10ª y 11ª Columna.- se utilizan para establecer el tipo de llegada, la cual identifica las características de sincronía y de los grupos de vehículos.*

Cuando los datos se obtienen en el campo, se utilizan la formula 4 y la tabla V.2. La tabla V.4. contiene valores preestablecidos, que se usan sólo si no hay otra manera de obtenerlos.

Paso 4. Registro del diseño del semáforo.

Se establecen las fases y subfases del semáforo, usando un cuadro para cada una:

- 1º Para cada fase, se muestran los movimientos permitidos con flechas. Las vueltas permitidas se muestran con líneas discontinuas; las protegidas con líneas continuas; los flujos peatonales conflictivos se indicarán con líneas discontinuas.*
- 2º Para cada fase se indica el tiempo de luz verde y el tiempo de luz ámbar + todo luz roja.*
- 3º Cada fase debe identificarse; ya sea como tiempo fijo (P) o actuado (A).*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Cuando se desconoce el diseño del semáforo, se deben decidir dos conceptos básicos: el tipo de control y las fases a utilizar para poder determinar los grupos de carriles para el análisis. Estos conceptos deben basarse en la experiencia local.

2.- Módulo de ajuste del volumen.

Este módulo trata básicamente de:

- 1.- Ajustar los volúmenes horarios por movimiento a valores de flujo para los 15 minutos máximos.*
- 2.- Establecer los grupos de carriles para el análisis.*
- 3.- Ajustar los flujos de demanda para reflejar la distribución de los carriles.*

La figura V.7. muestra los cálculos para el ajuste de los volúmenes.

Paso 1. Registro de los volúmenes horarios.

Éstos se toman directamente del diagrama del módulo anterior.

Paso 2. Conversión de los volúmenes horarios a valores de flujo de máxima demanda.

En la 4ª columna se anota el factor horario de máxima demanda. Los volúmenes horarios se dividen entre el PHF ($v = V \text{ PHF}$) para calcular los valores de flujo de la máxima demanda, anotándolos en la 5ª columna.

Paso 3. Definición de los grupos de carriles para el análisis.

En este método se establecen los criterios para su definición. Las vueltas izquierdas exclusivas siempre se consideran como grupos de carriles separados.

Los grupos de carriles se muestran en la 6ª columna mediante flechas que ilustren los movimientos incluidos en el grupo. Los movimientos permitidos de vuelta se muestran con líneas discontinuas y los protegidos se muestran con líneas continuas.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Paso 4. Registro del valor de flujo para los grupos de carriles.

Una vez que se establecen los grupos, se deben sumar los valores de flujo incluidos en los movimientos, anotándolos en la 7ª columna.

Paso 5. Registro del número de carriles.

En la 8ª columna se registra el número de carriles utilizado por cada grupo de carriles.

Paso 6. Registro del factor de utilización de los carriles.

En la 9ª columna se establece el factor de utilización, para cada grupo tomado de la tabla V.5.

Paso 7. Cálculo del valor de flujo ajustado para el grupo de carriles.

*Esto se logra mediante: $v = v_g * U$. El resultado se anota en la 10ª columna.*

Paso 8. Registro del porcentaje de vueltas derechas e izquierdas en el grupo de carriles.

En la 11ª columna se anotan los valores calculados mediante:

$$P_{LT} = V_{LT} / v_g$$

$$P_{RT} = V_{RT} / v_g$$

Donde:

P_{LT} y P_{RT} = Porcentajes de vueltas izquierda y derecha de los vehículos que usan el grupo de carriles, expresado en decimales.

V_{LT} y V_{RT} = Valores de flujo de vuelta izquierda y derecha anotados en la 5ª columna.

v_g = Valor de flujo total del grupo de carriles anotando en la 7ª columna.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

3.- Módulo del valor de flujo de saturación.

En esta, se obtiene el valor de flujo de saturación total que puede acomodarse por grupo de carriles, en las condiciones prevalecientes. La figura V.8. muestra la hoja de trabajo para este módulo.

Paso 1. Descripción de los grupos de carriles.

En la 2ª columna se anotarán los carriles y los movimientos en cada grupo de carriles, obtenidos en el modulo anterior, (6ª columna).

Paso 2. Registro del valor de flujo de saturación ideal.

En la 3ª columna se anotará el valor, que es para todos los casos igual a 1900 vl/h/carr, a menos que los datos locales indiquen otro valor.

Paso 3. El valor de flujo de saturación ideal se multiplica por el número de carriles, en el grupo de carriles y por ocho factores de ajuste, que son:

4ª columna: número de carriles.

5ª columna: factor de ancho de carriles f_w , obtenido de la tabla V.6..

6ª columna: factor de vehículos pesados f_{hv} , obtenido de la tabla V.7.

7ª columna: factor de pendiente f_p , obtenido de la tabla V.8.

8ª columna: factor de estacionamiento f_p , obtenido de la tabla V.9.

9ª columna: factor de bloqueo por paradas de autobuses f_{bb} , obtenido de la tabla V.10.

10ª columna: factor por tipo de área f_a , obtenido de la tabla V.11.

11ª columna: factor de vuelta derecha f_{RT} , obtenido de la tabla V.12.

12ª columna: factor de vuelta izquierda f_{LT} , obtenido de la tabla V.13 o calculado usando el procedimiento descrito en el método, utilizando la hoja de trabajo de la figura V.9.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Paso 4. Procedimiento para obtener los factores de ajuste para la vuelta izquierda permitida.

Debido a que el calculo es complejo, se ha diseñado la hoja de trabajo que se muestra en la figura 9.

Una vez obtenidos los factores de vuelta izquierdas, éstos se colocarán en la columna 12 de la hoja para el ajuste del flujo de saturación.

Paso 5. Cálculo de los valores de flujo de saturación ajustado.

Este valor se encuentra multiplicando el valor de flujo de saturación ideal, por el número de carriles en el grupo y por cada uno de los ocho factores de ajuste.

Cuando la información sea insuficiente, puede considerarse el valor aproximado de flujo de saturación ajustado mediante $1600 \cdot N$ en v/hg.

4.- Módulo de análisis de capacidad.

En este módulo, la información y los cálculos obtenidos anteriormente se combinan para calcular la capacidad para cada acceso y para calcular las relaciones v/c para cada grupo de carriles y para toda la intersección. Para su obtención se utiliza la figura V.10.

Paso 1. Descripción de los grupos de carriles.

La 2ª columna se utiliza para anotar los grupos de carriles, obtenidos en el 2º módulo. Sin embargo, en esta hoja de trabajo, los grupos de carriles de vuelta izquierda exclusiva, donde existe fase de vuelta izquierda protegida y permitida se dividen (como se indica en pasos subsecuentes), utilizando líneas separadas para mostrar la porción de la fase protegida y la porción de la fase permitida. Inicialmente, se asume que el volumen de vuelta izquierda ocurre durante la porción de fase protegida.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Paso 2. Registro de los valores de flujo ajustados para cada grupo de carriles.

Éste se obtiene del 2º módulo, tomando la misma consideración del punto anterior: para la vuelta izquierda si fuera el caso, anotando el valor en la 3ª columna.

Paso 3. Registro de los valores de flujo de saturación para cada grupo de carriles.

Este se obtiene del 3º módulo, anotando el valor en la 4ª columna. Donde se han separado los grupos de carriles de vueltas izquierdas protegidas y permitidas se registra el valor de flujo de saturación para la porción de fase protegida, no existiendo el valor de flujo de saturación para la porción de la fase permitida.

Paso 4. Cálculo de la relación de flujos para cada grupo de carriles.

Éste se obtiene dividiendo v/s, anotándolo en la 5ª columna.

Paso 5. Identificación de los grupos de carriles críticos.

Partiendo de la definición del grupo de carriles críticos (grupo de carriles con la mayor relación de flujos de cada fase o fases), cuando existan fases traslapadas, tienen que examinarse todas las combinaciones de los grupos de carriles críticos, para obtener la suma mayor de la relación de flujos críticos, marcado en la ultima columna todos estos grupos, anotando el resultado de la suma en el espacio apropiado, encontrado en la parte inferior de la hoja de trabajo.

Paso 6. Registro de la relación de verde para cada grupo de carriles.

La relación g/C para cada grupo de carriles se obtiene dividiendo el tiempo efectivo de luz verde entre la duración del ciclo, registrados en el 1er módulo, anotando el resultado en la 6ª columna.

Cuando estos dos valores se desconocen, se obtiene mediante:

$$C_{(MIN)} = LX_c / [X_c - \sum (v/s)_{ci}]$$

Asumiendo que X_c es 1.00

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

$$X_i = \sum (v/s)_i * C / (C-L)$$

$$g_i = (v/s)_i * (C/X_i)$$

Donde:

C = Duración del ciclo en segundos.

L = Tiempo perdido por ciclo en segundos (generalmente de 3 a 5 segundos por fase).

X_c = Relación v/c crítica para la intersección.

X_i = Relación v/c para el grupo de carriles i.

(v/s)_i = Valores de flujo para el grupo de carriles i

g_i = Tiempo efectivo de verde para el grupo de carriles i en segundos.

Paso 7. Cálculo de la capacidad para cada grupo de carriles.

Este valor se obtiene multiplicando el valor de flujo de saturación por la relación g/C, anotando el valor en la 7ª columna.

Paso 8. Cálculo de las relaciones v/c para cada grupo de carriles.

Esta relación se obtiene dividiendo el valor de flujo ajustado, entre la capacidad, anotando el resultado en la 8ª columna.

Paso 9. Cálculo de la relación v/c crítica.

Esta relación se obtiene mediante la ecuación presentada en la parte inferior de la hoja de trabajo.

Paso 10. Consideración de los grupos de carriles con vuelta izquierda protegida y permitida.

En este módulo, los grupos de carriles con fase protegida más permitida se separan, suponiendo que todo flujo pasa en la fase protegida. Esta suposición puede resultar en una relación v/c crítica o en una fase protegida con una relación v/c demasiado alta. En vez de considerar en este punto cambios importantes en el diseño geométrico o en el semáforo, es aconsejable asignar una porción del movimiento de vuelta izquierda a la porción prometida

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

de la fase. El valor de flujo máximo que puede asignarse a la porción de fase permitida es la capacidad de la fase permitida, calculada como el valor mayor de:

$$C_{LT} = (1400 - V_o)(g/C)_{PLT} \quad (22)$$

C_{LT} = dos vehículos por ciclo de semáforo.

Donde:

C_{LT} = Capacidad de la fase de vuelta izquierda permitida en v/h,

V_o = Valor de flujo directo y de vuelta derecha en v/h.

$(g/C)_{PLT}$ = Relación de verde efectivo para una fase de vuelta izquierda permitida, en segundos.

El analista puede asignar hasta este valor de flujo a la fase permitida, dando una cantidad similar a la fase protegida. En este punto hay que recalcular todos los valores usando el valor de flujo nuevo. El flujo y las relaciones v/c para la fase se alteraran y quizás también la relación v/c crítica de la intersección.

Resumen de la interpretación de los resultados de la capacidad.

- 1. Una relación v/c crítica mayor de 1.00 indica que el semáforo y el diseño geométrico no pueden acomodar la combinación de los flujos críticos de la intersección. La demanda actual o proyectada en estos movimientos excede la capacidad de la intersección. Esta condición puede mejorarse mediante la combinación de un incremento al ciclo, cambios en el plan de fases y/o cambios básicos a la geometría.*
- 2. Cuando la relación v/c crítica es aceptable, pero las relaciones v/c críticas para los grupos de carriles varían ampliamente, deben revisarse los tiempos de luz verde. ya que existe una distribución, desproporcionada de luz verde disponible.*
- 3. Si las vueltas izquierdas permitidas resultan en reducciones extremas en el valor de flujo de saturación para los grupos de carriles afectados, debe considerarse una fase protegida.*

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

4. Si la suma de valores de flujo críticos para los grupos de carriles exceden 0.90 a 0.95, es difícil que la geometría existente y el diseño de las fases del semáforo puedan absorber la demanda. Deben considerarse cambios en cualquiera de las dos o en las dos.
5. Cuando las relaciones v/c son inaceptables, aún cuando las fases de semáforo incluyen fases protegidas para los movimientos de vuelta significativos, es probable que se necesiten cambios en la geometría, para mejorar la situación.

5.- Módulo de nivel de servicio.

Este módulo combina los resultados de los módulos de ajuste de volúmenes, el valor de flujo de saturación y los análisis de capacidad para encontrar la demora promedio por parada, por vehículo, para cada grupo de carriles. La hoja de trabajo se muestra en la figura V.11.

Paso 1. Descripción de los grupos de carriles.

Serán los mismos del 2° módulo, anotándolos en la 2ª columna. Las vueltas izquierdas protegidas y permitidas no necesitarán separarse en este módulo.

Paso 2. Obtención de la primera demora d_1 (demora uniforme).

Ésta depende de la relación v/c , X , la relación (g/C) y la duración del ciclo C , anotándolos en la siguiente forma:

- En la 3ª columna, la relación v/c para cada grupo de carriles, tomado del 4° módulo.
- En la 4ª columna, la relación (g/C) para cada grupo de carriles, tomado del 4° módulo.
- En la 5ª columna, la duración del ciclo C , tomado del 4° módulo.
- En la 6ª columna, el resultado del cálculo de la primera demora, de acuerdo con la ecuación (d_1) .

Paso 3. Obtención de la segunda demora d_2 (demora adicional).

Ésta depende de la relación v/c , X , y de la capacidad C para cada carril, anotándolos de la siguiente forma.

- En la 7ª columna, la capacidad para cada grupo de carriles, tomado del 4° módulo.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- En la 8ª columna, el resultado del cálculo de la segunda demora, de acuerdo con la ecuación (d_2).

Paso 4. Obtención de la demora y el nivel de servicio, para cada grupo de carriles.

El procedimiento para encontrarlos es el siguiente:

- Encontrar el factor de sincronía PF para cada grupo de carriles de la tabla V.14, anotando el resultado en la 9ª columna.
- Calcular la demora promedio por parada, para cada grupo de carriles, mediante: $demora = (d_1 + d_2) * PF$, anotando el resultado en la 10ª columna.
- Encontrar el nivel de servicio para cada grupo de carriles de la tabla V.2. anotando el resultado en la 11ª columna.

Paso 5. Encontrar la demora y el nivel de servicio para cada acceso.

La demora promedio por vehículo se encuentra, para cada acceso, sumando el producto del valor de flujo y la demora para cada grupo de carriles del acceso, dividiéndolo entre el valor de flujo total del acceso, anotando el resultado en la 12ª columna. El nivel de servicio se determina de la tabla V.2, anotando el resultado en la 13ª columna.

Paso 6. Encontrar la demora y el nivel de servicio de la intersección.

Estos datos se encuentran sumando el producto del valor de flujo y la demora del acceso de todos los accesos, dividiendo esta suma entre el valor de flujo total de la intersección, anotando los resultados en la parte inferior de la hoja. El nivel de servicio de la intersección se obtiene de la tabla V.2, anotando el resultado en la parte inferior de la hoja.

La interpretación de los resultados.

Los valores del nivel de servicio y la demora se analizan mejor en conjunto con los resultados del módulo de análisis de capacidad. Algunas de las situaciones que pueden ocurrir se describen a continuación.

1. El nivel de servicio es un indicador general de la aceptabilidad de la demora de los conductores. Nótese que esto es de alguna manera subjetiva: lo que es

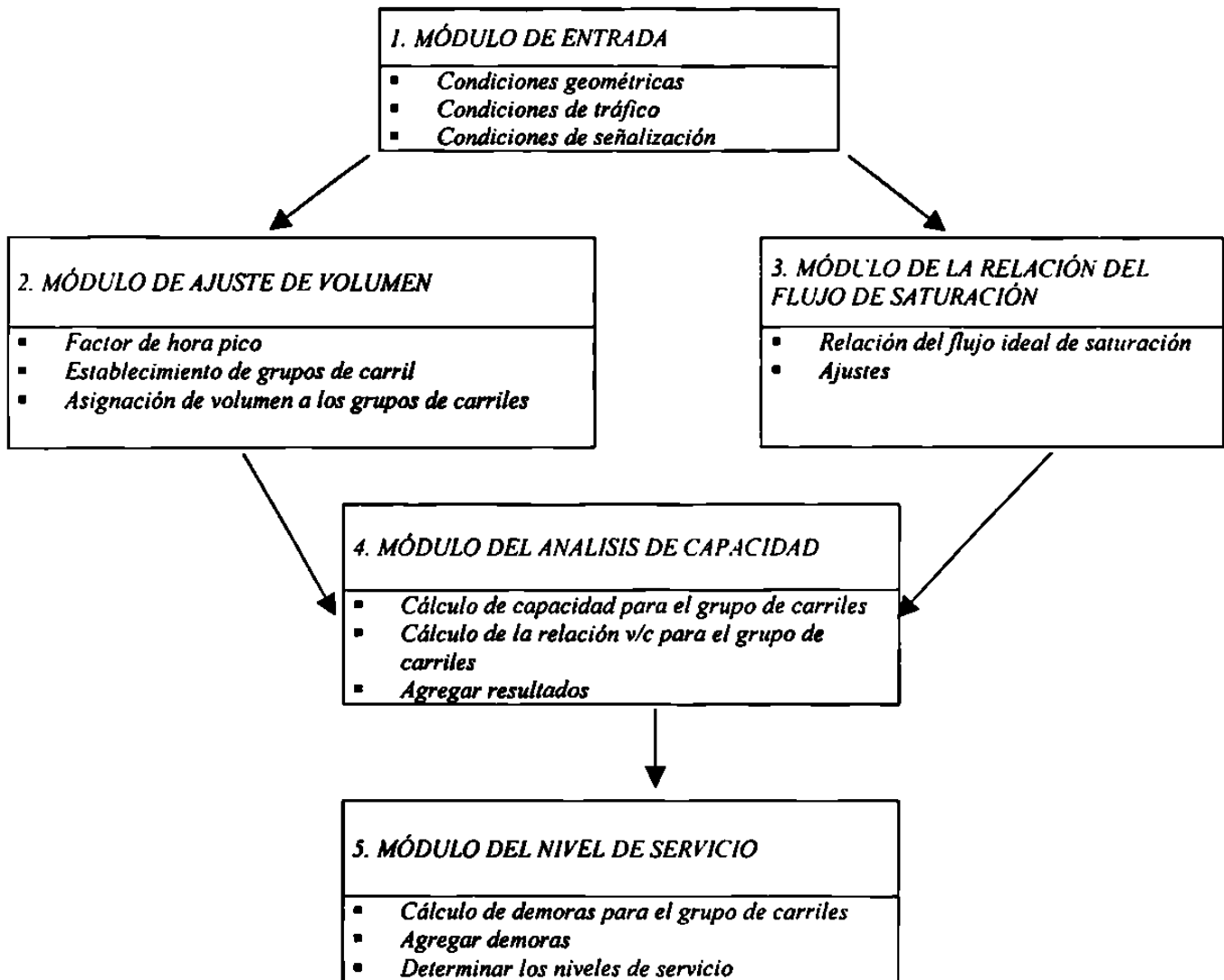
ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

- “aceptable” en un distrito de negocios en el centro de la ciudad, no necesariamente es “aceptable” en un entorno menos denso.*
- 2. Cuando los niveles de demora de la intersección son aceptables, pero no lo son para ciertos grupos de carriles, debe examinarse el plan de fases y/o el tiempo de luz verde para proveer un manejo más eficiente de los movimientos más desventajosos.*
 - 3. Cuando los niveles de demoras son inaceptables, pero las relaciones v/c son relativamente bajas (módulo de análisis de capacidad) la duración del ciclo puede ser demasiado grande para las condiciones prevalecientes y/o el plan de fases puede ser insuficiente. Nótese que cuando los semáforos son parte de un sistema coordinado, la duración del ciclo en las intersecciones individuales se determina de acuerdo con las consideraciones del sistema y cualquier alteración en lugares aislados no es práctica.*
 - 4. Cuando los niveles de demora y las relaciones v/c no son aceptables, la situación es la más crítica. La demora es alta, y la demanda cerca o sobre la capacidad. En tales situaciones, la demora puede incrementarse rápidamente con ligeros cambios de la demanda. Debe considerarse un buen número de mejoras al diseño geométrico y del semáforo para, a su vez, mejorar dichos casos.*

Formatos para el calculo de capacidad en intersecciones semaforizadas.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V. 1 Procedimiento del análisis operacional.



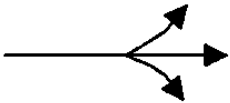
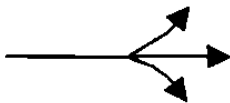
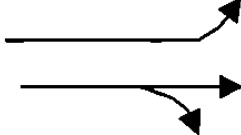
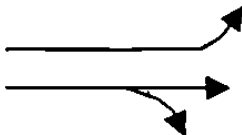
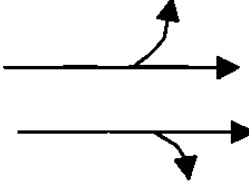
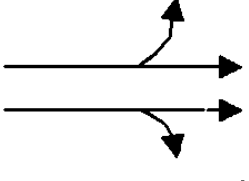
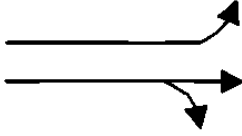
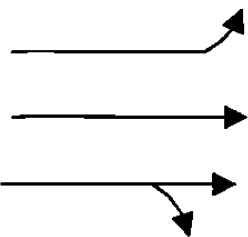
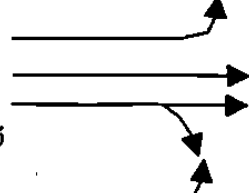
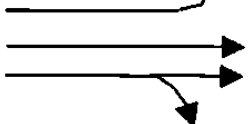
ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.2. Datos necesarios de entrada para el análisis de cada grupo de carriles.

TIPO DE CONDICION	PARAMETRO	SIMBOLO
<i>Condición geométrica</i>	<i>Tipo de área</i> <i>Número de carriles</i> <i>Ancho de carril, (pies)</i> <i>Pendiente, (%)</i> <i>Existencia de carril exclusivo para vueltas izquierdas o derechas</i> <i>Largo de la bahía de almacenaje de carriles para vueltas</i> <i>Condiciones de estacionamiento</i>	<i>CBD o otra</i> <i>N</i> <i>W</i> <i>+ (ascendente),</i> <i>- (descendente)</i> <i>L</i> <i>Y o N</i>
<i>Condiciones de tráfico</i>	<i>Volúmenes por movimiento, (vph)</i> <i>Factor de hora pico</i> <i>Porcentaje de vehículos pesados</i> <i>Conflicto con peatones, (peatones / hora)</i> <i>Número de paradas de autobuses en la intersección</i> <i>Actividad de estacionamiento, (maniobras de estacionamiento/hora)</i> <i>Tipo de arribo</i>	<i>V</i> <i>PHF</i> <i>%HV</i> <i>PEDS</i> <i>N_B</i> <i>N_M</i>
<i>Condiciones de señalización</i>	<i>Tiempo del ciclo, (seg.)</i> <i>Tiempo de luz verde, (seg.)</i> <i>Operación actuada vs. Permitida</i> <i>Existencia de botón para peatones</i> <i>Luz verde mínima para peatones</i> <i>Plan de fases</i>	<i>C</i> <i>G</i> <i>A o P</i> <i>Y o N</i> <i>G_p</i>

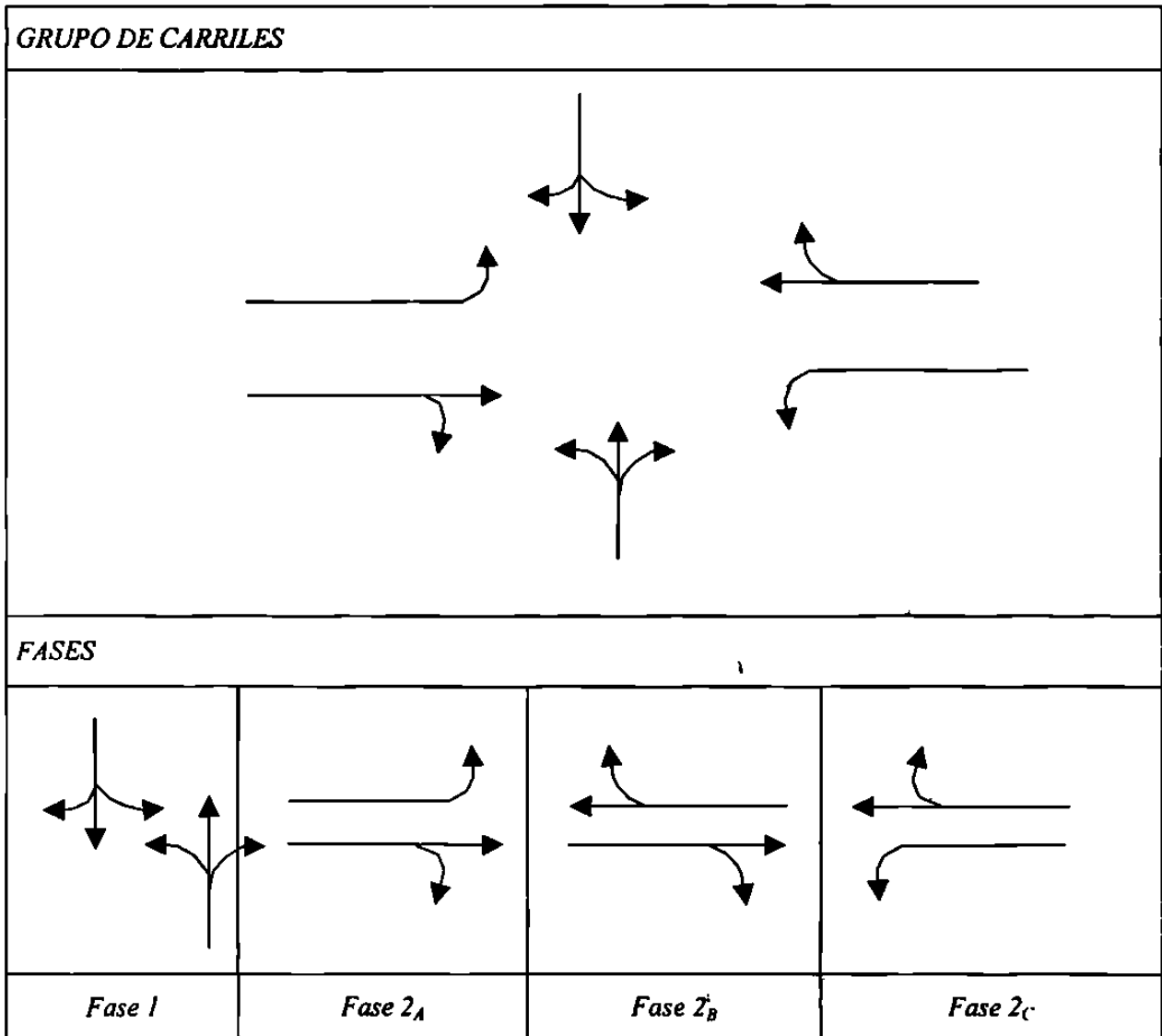
ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.3. Grupos de carriles típicos para el análisis

<i>No. de carriles</i>	<i>Movimiento de carriles</i>	<i>Posibles grupos de carriles</i>
1	<i>LT+TH+RT</i> 	1 
2	<i>EXC LT</i>  <i>TH + RT</i>	2 
2	<i>LT + TH</i>  <i>TH + RT</i>	1  <i>δ</i> 2 
3	<i>EXC LT</i>  <i>TH</i> <i>TH + RT</i>	2  <i>δ</i> 3 

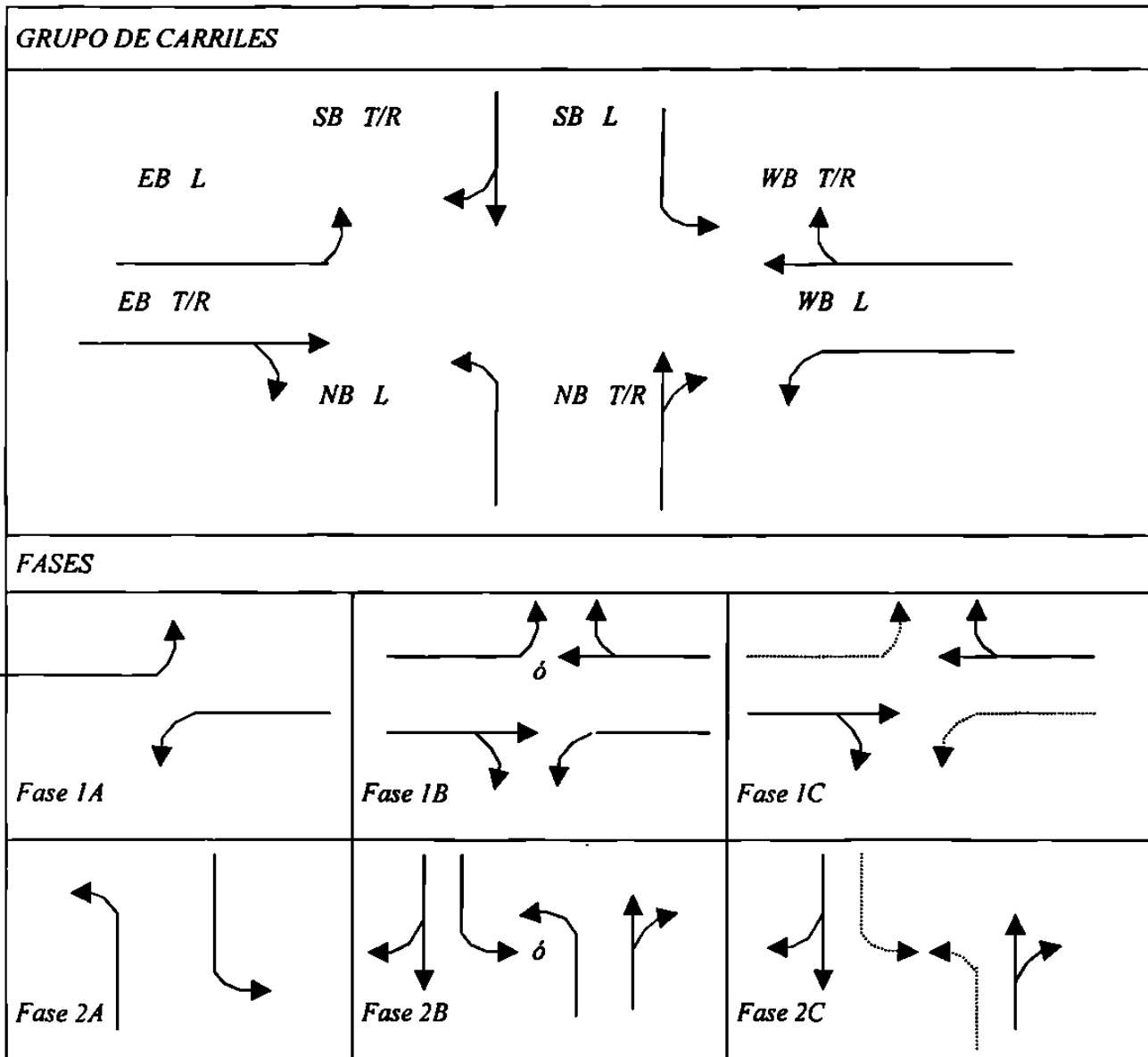
ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.4. Ejemplo ilustrativo para determinar el grupo de carriles crítico.



ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.5. Ejemplo ilustrativo para determinar el grupo de carriles crítico por una señal multifase



ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.6. Datos de entrada

Intersección:
Ejemplo:

Geometría y volúmenes.

RS = 0

RO = 0

RE = 0

RN =

Condiciones del camino y transito

Rumbo	Pen.	%HV	Carril para est.		NB	PHF	Conflicto peatones	Botón para peatón		Tipo de arribo
			Si/no	Nm				Si/no	tiempo	
RE										
RO										
RN										
RS										

Pen.: pendiente en % NB: Parada de autobús/hora
 %HV: Porcentaje de vehículos pesados PHF: Factor de hora pico
 Nm: maniobras de estacionamiento/hora

FASES

D	I	A	G	R	A	M	A
Tiempo	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=

			DURACIÓN DEL CICLO 0 SEG.
VUELTA PROTEGIDA	VUELTA PERMITIDA	PEATONES	

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura. V.6. Ajuste de volúmenes

Arribo	Mov.	Vol. (VPH)	Factor Hora Pico	Valor de Flujo	Grupo de Carriles	Valor de Flujo para el Grupo de Carriles	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de Flujo	% de vueltas Der. o Izq.
RE	Vuelta Izq.									
	Directo									
	Vuelta Derecha									
RO	Vuelta Izq.									
	Directo									
	Vuelta Derecha									
RN	Vuelta Izq.									
	Directo									
	Vuelta Derecha									
RS	Vuelta Izq.									
	Directo									
	Vuelta Derecha									

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.8. Flujo de saturación.

Grupo de Carriles		Flujo Ideal de Saturación	Número de Carriles	Factores de Ajuste								Ajuste de Flujo de Saturación
Mov.				f_w	f_{HV}	f_g	f_p	f_{bb}	f_a	f_{RT}	f_{LT}	
RE												
RO												
RN												
RS												

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.9. Ajuste para vueltas izquierdas permitidas.

VARIABLES	RE	RO	RN	RS
Duración del ciclo, C (seg.)				
Luz verde efectiva, g (seg.)				
Numero de carriles, N				
Flujo total por acceso, v_a (vph)				
Flujo del carril principal, v_M (vph)				
Flujo de vueltas izquierdas, v_{LT} (vph)				
Proporción de vueltas izquierdas, P_{LT}				
Carriles opuestos, N_o				
Flujo opuesto, v_o (vph)				
Proporción de vueltas izquierdas al volumen opuesto, P_{LTO}				
CALCULOS	RE	RO	RN	RS
$S_{op} = \frac{1900 N_o}{1 + P_{LTO} \frac{400 + v_M}{1400 - v_M}}$				
$Y_o = v_o / S_{op}$				
$g_n = (g - CY_o) / (1 - Y_o)$				
$f_s = (875 - 0.625v_o) / 1000$				
$P_L = P_{LT} \frac{1 + (N-1)g}{F_s g_n + 4.5}$				
$g_q = g - g_n$				
$P_T = 1 - P_L$				
$g_f = 2 \frac{P_T}{P_L} (1 - P_T^{0.5g})$				
$E_L = 1900 / (1400 - v_o)$				
$f_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_n}{g} \frac{1}{1 + P_T(E_L - 1)} + \frac{2(1 + P_T)}{g}$				
$f_{LT} = (f_m + N - 1) / N$				

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Figura V.11. Nivel de servicio.

Grupo de Carriles		Primera Demora				Segunda Demora				Demora Total y Niveles de Servicio.		
Rumbo	Mov. de Carriles	Relación wc	Relación de Verde g C	Duración del Ciclo	Demora d1	Capacidad del carril	Demora d2	Factor de Ajuste por Sincronía	Demora del Grupo de Carriles	Nivel de Servicio por Carril	Demora por Acceso	Nivel de Servicio por Acceso
RE												
RO												
RN												
RS												

Demora de la intersección =

Nivel de servicio de la intersección =

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.2. Nivel de servicio de intersecciones semaforizadas.

NIVEL DE SERVICIO	DEMORAS DE VEHICULOS POR PARADAS
A	≤ 10.0
B	> 10.0 y ≤ 20.0
C	> 20.0 y ≤ 35.0
D	> 35.0 y ≤ 55.0
E	> 55.0 y ≤ 80.0
F	> 80.0

Tabla V.3 Relación entre el tipo de llegada y la relación del pelotón.

TIPO DE ARRIBO	INTERVALO DE RELACIÓN DEL PELOTÓN	VALOR (RP)	CALIDAD DE PROGREGIÓN
1	≤ 0.50	0.333	Nula
2	>0.50 y ≤ 0.85	0.667	Poco favorable
3	>0.85 y ≤ 1.15	1.000	Llegadas aleatorias
4	>1.15 y ≤ 1.50	1.333	Favorable
5	>1.50 y ≤ 2.00	1.667	Altamente favorable
6	>2.00	2.000	Excepcional

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.4. Valores de default usados para el análisis de operación y planeación.

CARACTERÍSTICA	VALOR DE DEFAULT
<i>Flujo de saturación ideal</i>	<i>1900 vehículos</i>
<i>Volumen de peatones en conflicto</i>	<i>Nulo: 0 peatones / hora Bajo: 50 peatones / hora Moderado: 200 peatones / hora Alto: 400 peatones / hora</i>
<i>Porcentaje de vehículos pesados</i>	<i>2</i>
<i>Pendiente (%)</i>	<i>0</i>
<i>Numero de paradas de autobuses</i>	<i>0 / hora</i>
<i>Condiciones de estacionamiento</i>	<i>Prohibido el estacionamiento</i>
<i>Maniobras de estacionamiento</i>	<i>20 / hora cuando exista estacionamiento</i>
<i>Tipo de arribo</i>	<i>3 es 4es 3</i>
<i>Factor de hora pico</i>	<i>0.90</i>
<i>Factor del carril de utilización</i>	<i>Ver tabla 4</i>
<i>Y señal de tráfico</i>	
<i>Tipo de señal</i>	<i>Permitido 60 – 120 segundos</i>
<i>Tiempo perdido</i>	<i>3.0 segundos / fase</i>
<i>Luz ámbar y toda luz roja</i>	<i>4.0 segundos / fase</i>
<i>Tipo de área</i>	
<i>Ancho de carril</i>	<i>12 pies</i>

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.5. Factor por carril de utilización.

<i>MOVIMIENTOS DE GRUPOS DE CARRILES</i>	<i>NÚMERO DE CARRIL EN EL GRUPO DE CARRILES</i>	<i>PORCENTAJE DEL TRÁNSITO QUE UTILIZA EL CARRIL</i>	<i>FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL CARRIL (U)</i>
<i>Directos y compartidos</i>	<i>1</i>	<i>100.0</i>	<i>1.00</i>
	<i>2</i>	<i>52.5</i>	<i>1.05</i>
	<i>3'</i>	<i>36.7</i>	<i>1.10</i>
<i>Exclusivo vuelta izquierda</i>	<i>1</i>	<i>100.0</i>	<i>1.00</i>
	<i>2'</i>	<i>51.5</i>	<i>1.03</i>
<i>Exclusivo vuelta derecha</i>	<i>1</i>	<i>100.0</i>	<i>1.00</i>
	<i>2'</i>	<i>56.5</i>	<i>1.13</i>

Tabla V.6. Factor de ajuste por ancho de carril.

<i>Ancho de carril en pies</i>	<i>FACTOR POR ANCHO DE CARRIL</i>
<i>8</i>	<i>0.867</i>
<i>9</i>	<i>0.900</i>
<i>10</i>	<i>0.933</i>
<i>11</i>	<i>0.967</i>
<i>12</i>	<i>1.000</i>
<i>13</i>	<i>1.033</i>
<i>14</i>	<i>1.067</i>
<i>15</i>	<i>1.100</i>
<i>16</i>	<i>1.033</i>

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.7. Factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV})

PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS (% HV)	FACTOR DE VEHÍCULOS PESADOS f_{HV}
0	1.000
2	0.980
4	0.962
6	0.943
8	0.926
10	0.909
15	0.870
20	0.833
25	0.800
30	0.769
35	0.741
40	0.714
45	0.690
50	0.667
75	0.571
100	0.500

Tabla V.8. Factor de ajuste por pendiente (f_g)

TIPO DE PENDIENTE	PORCENTAJE DE PENDIENTE	FACTOR POR PENDIENTE, f_g
<u>Descendente</u>	-6 y menos	1.030
	-4	1.020
	-2	1.010
A nivel	0	1.000
Ascendente	+2	0.990
	+4	0.980
	+6	0.970
	+8	0.960
	+10 y más	0.950

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.9. Factor de ajuste por estacionamiento (f_p)

NÚMERO DE CARRIL EN EL GRUPO N	SIN ESTACIONAMIENTO	NÚMERO DE MANIOBRAS DE ESTACIONAMIENTO POR HORA N_M				
		0	10	20	30	40'
1	1.000	0.900	0.850	0.800	0.750	0.700
2	1.000	0.950	0.925	0.900	0.875	0.850
3'	1.000	0.967	0.950	0.933	0.917	0.900

Tabla V.10. Factor de ajuste por bloqueo de paradas de autobús (f_{bb})

NÚMERO DE CARRIL EN EL GRUPO N	NÚMERO DE PARADAS DE AUTOBUSES POR HORA, N_B				
	0	10	20	30	40'
1	1.000	0.960	0.920	0.880	0.840
2	1.000	0.980	0.960	0.940	0.920
3'	1.000	0.987	0.978	0.960	0.947

Tabla V.11. Factor de ajuste por tipo de área (f_a)

TIPO DE ÁREA	FACTOR POR TIPO DE ÁREA, f_a
Centro urbano	0.90
Todas las demás áreas	1.00

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.12A. Factor de ajuste por vueltas derechas (f_{RT})

CASOS 1-6 CARRILES EXCLUSIVOS / COMPARTIDOS Y FASES PERMITIDAS / PROTEGIDAS				
$f_{RT} = 1.0 - P_{RT} [0.15 + (\text{peatones}/2100)(1 - P_{RTA})]$ $0.0 \leq P_{RT} \leq 1.0$ $0.0 < P_{RTA} < 1.0$ $0 < \text{Peatones} < 1700$		Proporción de vueltas derechas en el grupo de carriles = 1.0 por carril exclusivo (Caso 1-3), < 1.00 para carril compartido (Caso 4-6) Proporción de vueltas derechas usando fase protegida = 1.00 sin peatones, < 1.00 con peatones en conflicto Volumen de peatones en conflicto con vueltas derechas Si los peatones > 1700, usar 1700 peatones por hora		
$f_{RT} \geq 0.05$				
Caso 7				
$f_{RT} = 0.90 - P_{RT} [0.135 + (\text{peatones} / 2100)]$ $0 \leq P_{RT} \leq 1.0$ $0 \leq \text{Peatones} \leq 1700$		Proporción de vueltas derechas en el grupo de carriles Volumen de peatones en conflicto con la vuelta derecha, (usar 0 si la vuelta derecha es protegida)		
$f_{RT} = 1.00$ si $P_{RT} = 0.0$				
$f_{RT} \geq 0.05$				
Caso simplificado	Intervalo de las variables			Fórmula
	P_{RT}	P_{RTA}	Peatones	
1. Carril exclusivo de vuelta derecha, Fase protegida	1.0	1.0	0	0.85
2. Carril exclusivo vuelta derecha, Fase permitida	1.0	0.0	0 - 1700	$0.85 - (\text{Peatones} / 2100)$
3. Carril exclusivo vuelta derecha, fase permitida + protegida	1.0	0 - 1.0	0 - 1700	$0.85 - (\text{Peatones} / 2100)(1 - P_{RTA})$
4. Carril compartido vuelta derecha, fase protegida	0 - 1.0	1.0	0	$1.0 - P_{RT}(0.15)$
5. Carril compartido vuelta derecha, fase permitida	0 - 1.0	0	0 - 1700	$1.0 - P_{RT}[0.15 + (\text{Peatones} / 2100)]$
6. Carril compartido vuelta derecha, Fase protegida + permitida	0 - 1.0	0 - 1.0	0 - 1700	$1.0 - P_{RT}[0.15 + (\text{Peatones} / 2100)(1 - P_{RTA})]$
7. Carril de aproximación	0 - 1.0		0 - 1700	$0.9 - P_{RT}[0.135 - (\text{Peatones} / 2100)]$

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.12B Factores de ajuste para vueltas derechas

Caso	P_{RTA}	Peatones	Proporción de vueltas derechas por grupo de carriles, P_{RT}					
			Casos 4, 5, y 6					Casos 1, 2, y 3
			0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
2 y 5	0	0	1.00	0.970	0.940	0.910	0.880	0.850
		50	1.00	0.965	0.930	0.896	0.861	0.826
		100	1.00	0.960	0.921	0.881	0.842	0.802
		200	1.00	0.951	0.902	0.853	0.804	0.755
		400	1.00	0.932	0.864	0.796	0.728	0.660
		800	1.00	0.894	0.788	0.681	0.575	0.469
		1200	1.00	0.856	0.711	0.567	0.423	0.279
		≥1700	1.00	0.808	0.616	0.424	0.232	0.050
3 y 6	0.20	0	1.00	0.970	0.940	0.910	0.880	0.850
		50	1.00	0.966	0.932	0.889	0.865	0.831
		100	1.00	0.962	0.925	0.887	0.850	0.812
		200	1.00	0.955	0.910	0.864	0.819	0.774
		400	1.00	0.940	0.879	0.819	0.758	0.698
		800	1.00	0.909	0.818	0.727	0.636	0.545
		1200	1.00	0.879	0.757	0.636	0.514	0.393
		≥1700	1.00	0.840	0.681	0.521	0.362	0.202
	0.40	0	1.00	0.970	0.940	0.910	0.880	0.850
		50	1.00	0.967	0.934	0.901	0.869	0.836
		100	1.00	0.964	0.929	0.893	0.857	0.821
		200	1.00	0.959	0.917	0.876	0.834	0.793
		400	1.00	0.947	0.894	0.841	0.789	0.736
		800	1.00	0.924	0.849	0.773	0.679	0.621
		1200	1.00	0.901	0.803	0.704	0.606	0.507
		≥1700	1.00	0.873	0.746	0.619	0.491	0.364
	0.60	0	1.00	0.970	0.940	0.910	0.880	0.850
		50	1.00	0.968	0.936	0.904	0.872	0.840
		100	1.00	0.966	0.932	0.899	0.856	0.831
		200	1.00	0.962	0.925	0.887	0.850	0.812
		400	1.00	0.955	0.910	0.864	0.819	0.774
		800	1.00	0.940	0.879	0.819	0.758	0.698
		1200	1.00	0.924	0.849	0.773	0.697	0.621
		≥1700	1.00	0.905	0.810	0.716	0.621	0.526
0.80	0	1.00	0.970	0.940	0.910	0.880	0.850	
	50	1.00	0.969	0.938	0.907	0.876	0.845	
	100	1.00	0.968	0.936	0.904	0.872	0.840	
	200	1.00	0.966	0.932	0.899	0.865	0.831	
	400	1.00	0.962	0.925	0.887	0.850	0.812	
	800	1.00	0.955	0.910	0.864	0.819	0.774	
	1200	1.00	0.947	0.894	0.841	0.789	0.736	
	≥1700	1.00	0.938	0.875	0.813	0.750	0.688	
1 y 4	1.00		1.00	0.970	0.940	0.910	0.880	0.850
7		0	1.00	0.873	0.846	0.819	0.792	0.765
		50	1.00	0.868	0.836	0.805	0.773	0.741
		100	1.00	0.863	0.827	0.790	0.754	0.717
		200	1.00	0.854	0.808	0.762	0.716	0.670
		400	1.00	0.835	0.770	0.705	0.640	0.575
		800	1.00	0.797	0.694	0.590	0.487	0.384
		1200	1.00	0.759	0.617	0.476	0.335	0.194
		≥1700	1.00	0.711	0.522	0.333	0.144	0.050

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.13. Factor de ajuste para vueltas izquierdas (f_{LT})

Caso	Tipo de grupo de carriles	Factor de vuelta izquierda, f_{LT}						
1	Carril exclusivo de vuelta izquierda, fase protegida	0.95						
2	Carril exclusivo de vuelta izquierda, fase permitida	Procedimiento especial, hoja de trabajo						
3	Carril exclusivo de vuelta izquierda, fase permitida y protegida	Aplicar caso 1 para la fase protegida Aplicar caso 2 para la fase permitida						
4	Carril compartido, fase protegida	$f_{LT} = 1.0 / (1.0 + 0.05 P_{LT})$						
		Proporción de vueltas izquierdas P_{LT}						
		0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	
	Factor	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	
5	Carril compartido, fase permitida	Procedimiento especial, hoja de trabajo						
6	Carril compartido, fase permitida y protegida	$F_{LT} = (1400 - V_o) / [(1400 - V_o) + (235 + 0.435V_o)P_{LT}]$ $V_o \leq 1220$ vph						
		$F_{LT} = 1 / (1 + 1525 P_{LT})$ $V_o > 1220$ vph						
		Volumen opuesto V_o	Proporción de vueltas izquierdas, P_{LT}					
			0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
	0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.86	
	200	1.00	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78	
	400	1.00	0.92	0.85	0.80	0.75	0.70	
	600	1.00	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61	
	800	1.00	0.83	0.71	0.62	0.55	0.49	
	1000	1.00	0.74	0.58	0.48	0.41	0.36	
	1200	1.00	0.55	0.38	0.29	0.24	0.20	
	≥ 1200	1.00	0.52	0.36	0.27	0.22	0.18	

ANÁLISIS DE CAPACIDAD EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Tabla V.14. Factor de ajuste por sincronía

Factor de ajuste por tipo de control						
Tipo de control		Intersección no sincronizadas			Intersecciones sincronizadas	
Fijo		1.0			Utilizar la tabla inferior	
Semiactuado:					1.0	
Algún acceso actuado		0.85			Utilizar la tabla inferior	
Ningún acceso actuado		0.85			Tratar como semiactuado	
Totalmente actuado		0.85				
Factor de ajuste por sincronía						
$PF = (1 - P)F_p / (1 - g/C)$ ver la nota						
Relación de luz verde g/C	Tipo de llegada (AT)					
	AT - 1	AT - 2	AT - 3	AT - 4	AT - 5	AT - 6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	0.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	0.667	1.240	1.000	0.767	0.333	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
F_p Asignado	1.000	0.930	1.000	1.150	1.000	1.000
R_p Asignado	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2.000
Calibración por demora	8	12	16	12	8	4

Nota: 1.- La tabla esta basada en valores por default para f y R_p

2.- $P = R_p g/C$ (Que no exceda de 1.00)

3.- PF que no exceda de 1.0 para $AT - 3$ hasta $AT - 6$

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Estos estudios se realizan de acuerdo con los problemas de tránsito que se tengan o se planeen resolver.

Los estudios de tránsito se utilizan en la planeación, en el proyecto y en la construcción. Por ejemplo, la planeación de nuevos caminos, la clasificación de calles, la planeación de rutas, la determinación del tránsito futuro, las desviaciones, la reconstrucción de obras etc.

VI.1 INVENTARIOS.

Existen varios tipos de inventarios, que son parte de los estudios de la Ingeniería de Tránsito, entre ellos están:

- *El inventario de localización general*
- *El inventario topográfico*
- *El inventario físico*
- *El inventario geométrico*
- *El inventario de clasificación general de la red vial*
- *El inventario de dispositivos para el control del tránsito*
- *Los inventarios de mapas de ruta*
- *Los inventarios de límites de velocidad*
- *Los inventarios de estacionamientos*
- *El inventario de alumbrado público*
- *Los inventarios generales*

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Para la complementación adecuada de esta tesis se realizarán los inventarios físicos, geométricos (comúnmente estos dos inventarios se realizan como uno solo, llamándole físico – geométrico) y de dispositivos.

Inventario físico – geométrico

Este estudio comprende el levantamiento geométrico del área de estudio, y consiste en obtener el dimensionamiento de los elementos viales y de las propiedades aledañas; como el ancho de calzada, el ancho de las banquetas, el ancho de los camellones o franjas separadoras, el ancho de carriles de circulación, las dimensiones de las propiedades etc.

El estudio del levantamiento geométrico se complementa con el inventario físico de la zona, el cual consiste en localizar todos los puntos o elementos físicos de interés; como los postes de electricidad, los de teléfonos, las banquetas y las guarniciones de construcción y los tipos de ésta, los árboles en la zona pública, las cercas o bardas, los límites de propiedad, las zonas de las paradas de autobús, los estacionamientos, el tipo de pavimento y el estado de la superficie de rodamiento, el número de carriles, los nombres de las calles, la orientación y, si es posible, los nombres de los propietarios de las viviendas o terrenos que se encuentran dentro de la zona de estudio.

Estos estudios tienen como objetivo tomar en consideración estos elementos cuando sea necesario realizar modificaciones geométricas en el lugar, además de que es información básica para determinar el estado de operación del tránsito en esa infraestructura vial.

Inventario de Dispositivos

Este tipo de inventario consiste principalmente en determinar la ubicación y el dimensionamiento del señalamiento informativo, restrictivo y preventivo que exista en la zona estudiada, teniendo como objetivo principal conocer el estado del señalamiento con que cuenta la zona; además, se analizará si ésta cumple con las especificaciones adecuadas para proporcionar al usuario seguridad y rapidez de decisión.

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Además, con este inventario se realiza un análisis del estado físico del señalamiento horizontal, tal como las rayas continuas, las discontinuas, los pasos peatonales en un nivel, las flechas de movimientos direccionales, etc.

De este tipo de inventario se obtiene, principalmente, la siguiente información:

Señalamiento vertical:

- *La ubicación de las señales.*
- *El tipo de soporte con que cuenta el señalamiento (si es propio o esta colocada en otro lugar).*
- *La posición de la señal en la intersección.*
- *La dimensiones de la señal.*
- *El tipo de señal.*

Señalamiento horizontal:

- *La dimensiones de la línea divisoria de los carriles.*
- *Las dimensiones de la línea de parada.*
- *Si se cuenta con boyas de división de los sentidos de circulación.*
- *Si se cuenta con pintura de guarnición.*
- *Si se tienen flechas de vuelta izquierda o retornos.*

VI. 2. AFOROS VEHICULARES

Los aforos se realizan para registrar el número de vehículos que pasan por un punto, entran a una intersección o usan una parte del camino; como un carril.

Los aforos se clasifican en tres tipos:

1. *Aforos de muestra.*
2. *Aforos permanentes.*
3. *Aforos de clasificación.*

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

1. *Los aforos de muestra sirven para detectar la calidad de tránsito semanal por horas o días; se realizan en calles, intersecciones y/o carreteras. Además, permiten determinar el TPDA y los volúmenes de tránsito en periodos cortos y en puntos específicos.*
2. *Los aforos permanentes permiten captar las fluctuaciones del volumen del tránsito durante un periodo largo de tiempo. Sirven para determinar índices de crecimiento y con ellos se puede obtener el TPDA, el volumen anual, el volumen diario, el volumen semanal, etc.*
3. *Los aforos de clasificación determinan las características del tránsito, las composición de vehículos y sirven, además, para revisar y controlar los métodos automáticos utilizados.*

Existen dos métodos básicos de aforos, que son: el mecánico, que lleva un registro automático y el manual.

Aforos mecánicos.

La mayoría de los contadores automáticos se instalan en lugares específicos y en periodos de un día o una semana.

El registro automático debe considerar más de 12 horas de datos continuos del mismo lugar. Este tipo de aforo tiene gran aplicación en aquellos casos donde sólo sea necesario un simple conteo del número de vehículos (sin separar el tipo de vehículos, la dirección, los movimientos direccionales en las intersecciones, los peatones o en el uso de carril etc.)

La mayoría de los aforos automáticos se obtienen y utilizan para:

1. *Determinar la variación horaria, en particular la hora de máxima demanda.*
2. *Determinar las variaciones periódicas o diarias, así como de las tendencias de crecimiento.*
3. *La estimación del tránsito anual; dato empleado en los cálculos y diseño estructural de los pavimentos.*

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Los contadores mecánicos están divididos en permanentes y portátiles. Los contadores portátiles están agrupados en tres tipos generales:

- 1. El llamado contador "Menor" que es continuo con un disco graduado visible y emplea una batería eléctrica.*
- 2. "El Contador Periódico", que consta de un reloj que puede programarse para iniciar a una hora determinada y operar sólo durante un periodo preestablecido.*
- 3. "El contador Mayor", constituido, por un reloj contador reajutable, una máquina impresora y/o perforadora o un marcador estilográfico, un rollo de cinta o una gráfica circular y una batería eléctrica.*

Los contadores portátiles tienen muchas limitaciones, como que cuentan con un máximo de cuatro carriles de cobertura, un conteo menor debido al paso simultáneo de dos vehículos en carriles paralelos y un sobreconteo o conteo mayor en el caso de vehículos con tres o cuatro ejes o que crucen la manguera en diagonal. También son incapaces de detectar movimientos direccionales y clasificar a los vehículos y la duración de la batería también es un problema, así como el peso relativamente alto del contador "Mayor" y los posibles actos de vandalismo.

Los contadores permanentes tienen otro tipo de detectores, ya que los tubos neumáticos tienen limitantes que no son convenientes; básicamente, por el tiempo que estarán los contadores en servicio. Los detectores utilizados para los contadores permanentes son básicamente los siguientes:

- Contacto Eléctrico.- Este detector consiste en una base metálica, sobre la cual un cojín de hule vulcanizado sostiene una tira metálica flexible. Este detector tiene la capacidad de contar vehículos por carril.*
- Fotoeléctrico: Este equipo detecta objetos o vehículos en el momento en que cruzan entre una fuente luminosa y una fotocelda. Este sistema no es recomendable para aforar dos o más carriles con volúmenes preestimados superiores a 1000 vehículos por hora.*

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

- *Radar: El equipo que utiliza el radar compara continuamente la frecuencia de la señal transmitida con la frecuencia de la señal recibida. En el momento en que exista una diferencia entre esas frecuencias, se detectará un vehículo en movimiento. Los dispositivos del radar no están expuestos a deterioro por el peso del tránsito y son precisos y confiables. Sin embargo, su costo inicial y algunos aspectos de mantenimiento son mayores que los de otros aparatos de aforo.*
- *Magnético: Este equipo registra una señal o impulso causado por un vehículo en movimiento que cruza un campo magnético. La unidad no tiene problemas de deterioro por el tránsito, ni es vulnerable al hielo o a la nieve. Sin embargo, si se encuentra en las cercanías de instalaciones eléctricas de importancia, tanques de almacenamiento o cables subterráneos etc., esto pueden dificultar su uso, si no es que imposibilitarlo.*
- *Gazas de Inducción: Éstas son una variación del detector magnético. El dispositivo depende de un cambio en la inducción eléctrica de un circuito rectangular de alambre de cobre sepultado bajo el pavimento, para detectar el peso de los vehículos. Se pueden colocar gazas separadas para aforar el tránsito por carril o se puede extender una sola gaza, para abarcar más de un carril. Si se emplea un detector para varios carriles, éste no puede separar los volúmenes adyacentes; por lo que se recomienda instalar gazas separadas para cada carril.*
- *Ultrasónico: Este detector utiliza una onda ultrasónica generada por un diagrama vibrador. Este detector puede identificar tantos vehículos parados como en movimiento (sensor de presencia). Este detector no sufre deterioro por el tránsito ni la nieve o el hielo, ni tampoco es vulnerable a los riesgos de tránsito. Es preciso, pero tiene un costo inicial muy elevado.*

Las principales desventajas de los contadores permanentes son la incapacidad de clasificar los vehículos o detectar los movimientos direccionales en las intersecciones. Los aparatos deben colocarse de tal forma que se eviten las zonas de entrecruzamiento en las rampas de entrada o de salida, próximas a una intersección o desnivel; de la misma manera debe evitarse colocarlos cerca de intersecciones o de entradas principales.

ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Aforos manuales.

El aforo manual es particularmente útil para conocer el volumen de los movimientos direccionales de una intersección o de una entrada.

Las ventajas de este método de aforo son que permite la clasificación por tamaño, tipo y número de ocupantes y otras características, permite el registro de movimientos vehiculares como las vueltas etc.

La información que se obtiene de los aparatos de aforos es variada y dependerá del motivo que se tenga para realizarlos, ya que pueden ser solo para obtener una clasificación vehicular, o de hora de máxima demanda, etc.

Los contadores de aforos manuales son comúnmente utilizados para obtener la siguiente información:

- *La clasificación vehicular (camiones por tamaño, peso, número de ejes, etc. Autobuses, automóviles, motocicletas).*
- *Los movimientos direccionales en una intersección o en una entrada.*
- *La dirección del recorrido.*
- *La procedencia de los vehículos por medio de las placas.*
- *El uso de carril y/o longitud de las colas.*
- *El número de pasajeros por vehículo.*
- *La obediencia de los dispositivos para el control del tránsito.*

Las desventajas principales consisten en que con más caros los mecánicos, se ajustan a pequeños periodos de información y que el método es afectado por el clima no favorable.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

VII. 1. MÉTODO PARA ESTABLECER EL ESTUDIO DE LA PARADA DE AUTOBUSES EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.

Para tomar los datos es necesario establecer un método y fijar las condiciones que serán tomadas como ideales para este proyecto. Esto para cada una de las intersecciones sometidas a estudio.

Para establecer el método para obtener el factor, se tomará como base el capítulo 22 llamado Calibration of Parameters for Critical Movement Análisis, del libro Traffic Engineering, el cual señala la forma en que se determinaron los factores del manual de Capacidad Vial.

En este capítulo se especifican las condiciones en las que se estableció la fórmula con la que se obtiene el factor, la cual es la siguiente:

$$f_{bb} = \frac{1}{1 + P_b(E_b - 1)}$$

Donde:

f_{bb} = Es el factor por bloqueo de autobús

P_b = Es la proporción de autobuses en la corriente de tránsito

E_b = son los autobuses equivalentes

Y al introducir en la formula las variables del número de carriles y el número de paradas por hora, la formula cambiaría a la siguiente:

$$f_{hb} = \frac{N - (14.4N_b/3600)}{N}$$

Donde:

N = Es el número de carriles.

N_b = Es el número de paradas por hora.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Con las siguientes condiciones:

- *N_b tiene que ser mayor que cero y menor que 250 paradas por hora ($0 < N_B < 250$)*
- *El factor deberá ser mayor que 0.05, ($f_{bb} > 0.05$).*

El valor de 14.4, de la ecuación, es lo que hace que ésta se adecue a las condiciones prevalecientes de los Estados Unidos, ya que este valor es el tiempo promedio que se detiene el autobús para realizar la maniobra de ascenso-descenso.

Por esto para obtener el factor para Monterrey y su área Metropolitana, se deberá determinar el tiempo promedio necesario para realizar las maniobras de ascenso-descenso en esta zona y sustituir el valor en la ecuación, con lo cual se podrá generar una tabla adecuada a las condiciones prevalecientes.

Para calibrar el factor de reducción por la maniobra de autobuses, se deberá determinar el tiempo promedio de permanencia del autobús, por la maniobra de ascenso y/o descenso de pasajeros.

Los sitios o puntos a medir deben considerarse ideales y presentar las siguientes características, tanto físicas como de tránsito mencionadas a continuación:

- *El terreno deberá ser considerado en un solo nivel, o con pendientes no mayores del 1% al 2 %.*
- *El ancho de los carriles deberá ser de entre 3.50 y 3.60 metros.*
- *La parada de autobuses, libre de interferencias.*
- *La circulación de tránsito deberá ser predominante de autobuses.*

El sitio además de cumplir con las características expuestas anteriormente, deberá contar con un lugar en el que se puedan observar todas las maniobras que realizan los autobuses a lo largo de la vía .

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Procedimiento de campo.

- *Se selecciona la intersección a estudiar.*
- *Se elige un sitio adecuado para la observación y toma de datos.*
- *La toma de datos se realizará cuando el autobús realice la maniobra de ascenso, descenso o ambas, siempre que tengan luz verde en el semáforo.*
- *Se mide el tiempo que tarda en ejecutar esta maniobra.*

Para tales fines, se deberán seleccionar sólo los vehículos que no estén en espera detrás de otros; es decir, aquellos a los que sea posible registrarles el inicio y el fin de la maniobra.

Se deberán descartar los vehículos que se pasen de otros carriles y todos los que realicen las maniobras sobre el paso peatonal o en sitios prohibidos.

VII. 2. MUESTREO Y PROCESO DE LA INFORMACIÓN.

La exactitud del muestreo depende principalmente de dos factores, que son el azar y un método de muestreo. Mientras menor sea el número de observaciones, mayor es la probabilidad de que los valores obtenidos tengan un diferente promedio del real; también de que esta muestra sólo represente a la población de la cual fue obtenida.

Como la proporción de error y el nivel de confianza en las muestras puede ser determinada por medio de la probabilidad, el número mínimo de muestras se determinará con la siguiente formula:

$$N = \frac{pqK^2}{E^2}$$

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Donde:

N = El tamaño mínimo de la muestra

p = Es la proporción de autobuses que realizan la maniobra de ascenso y descenso.

q = Es la proporción de autobuses que no realizan la maniobra

K = Es el nivel de confianza de la muestra.

E = Es el error esperado o permitido en el muestreo.

El valor recomendado para p y q es de 0.5, ya que con estos valores el tamaño de N es el mayor que se puede obtener, pues a medida que uno de los dos valores aumenta o disminuye se reduce el valor de N, siendo que en todos los casos la suma de p y q es igual a uno.

En el caso de K el valor depende del nivel de confianza que se pretenda obtener o que se desee. Para este caso el nivel de confianza que se utilizara será del 95 %, y así se tendrá un valor de $K = 1.96$, con lo cual se tiene que por cada 20 maniobras de ascenso descenso una no sea realizada.

Ya que se cuenta con un nivel de confianza del 95 %, el valor del error permitido E será del 5 %, y con esto, el número mínimo de muestras que se deberán obtener será el siguiente:

$$N = \frac{pqK^2}{E^2}$$

$$N = \frac{(0.5)(0.5)(1.96)^2}{(0.05)^2}$$

$$N = 380 \text{ muestras}$$

Con esto sabemos que para coincidir con el nivel de confianza que establecimos se deberán obtener, como mínimo, 380 muestras en el campo, ya que si se obtienen más muestras, el nivel de confianza aumentará.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

VII. 3. PROCESO Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN.

Para analizar los datos obtenidos en el campo se deberá organizarlos en orden ascendente, para facilitar su ordenamiento, ya que se tratarán estadísticamente.

Después de ordenados, se determinara el intervalo o la amplitud (R), el número de grupos o clases en los que se agruparan los datos (n), y se determinará el intervalo de clase (C).

Siendo el intervalo la diferencia entre el valor mayor menos el valor menor de los datos de la muestra, el número de clases es propuesto y varía de entre 8 y 20 datos, recomendados por estadistas, entre mayor sea la muestra el número de clases será mayor, y el intervalo de clase es una relación del intervalo entre el número de clases.

Al tener estos valores, se comenzarán a calcular los límites de clase. Éstos deberán agrupar todos los datos de la muestra, y se deberá evitar que algún dato de la muestra quede en dos de estos intervalos; por lo tanto, se deberán de asignar decimales al primer límite inferior, para cumplir este requisito.

Enseguida se determinará la marca de clase, que es el punto medio de los límites del intervalo. Se supone que este dato representa a todos los datos agrupados en este intervalo.

Teniendo ya los datos anteriores, se procederá a determinar las frecuencias de clase, que son el número de datos comprendidos entre los límites de clase, con la condición de que, como mínimo, se deberán de tener 5 datos por intervalo, ya que se considera que las colas tendrán pocos datos. Esto para evitar errores de compensación.

Con los valores anteriores se podrá construir el histograma, que es una gráfica de barras que muestra la tendencia de las frecuencias agrupadas en los intervalos de clase. Al unir las marcas de clase en el histograma, se verá si la muestra tiene un comportamiento normal.

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Después se continúan cálculos, determinando las frecuencias relativas (%F), que son los porcentajes de frecuencias que tiene cada intervalo. La frecuencia relativa acumulada (%F), que es la acumulación paulatina de las frecuencias, y las frecuencias acumuladas (F).

Se continúa graficando los límites de clase contra las frecuencias acumuladas, esta gráfica permite definir tratamientos normales y también permite el cálculo de probabilidades asociadas a la muestra.

Ya que lo que se pretende determinar es un tiempo promedio, se continúa determinando la media, que es uno de los promedios más usados en el análisis de los estudios de tránsito, junto con la mediana, la media geométrica y la media armónica.

Datos que se tratarán estadísticamente:

Tabla VII.1. Intersección: Corregidora y Bulevar Díaz Ordaz

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
7	D
8	A
8	A
9	A
10	A/D
11	A
11	D
12	A
12	A/D
13	A
13	A
13	A
14	A/D
14	D
15	A
15	A

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
15	D
18	D
19	D
19	A/D
20	A
20	A
21	A
23	A
24	A/D
25	D
31	A
33	A
36	A
42	A
50	A
53	A

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Tabla VII.2. Intersección: Av. Chapultepec y Av. Revolución.

TIEMPO (SEG)	MANIOBRA
7	D
8	A
10	D
10	A
11	D
11	D
12	D
13	D
13	A/D
13	A
15	A
15	A
15	A
18	A/D
18	A/D
18	A
18	A/D
19	A/D
19	A
20	A/D
20	A
21	A

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
22	A/D
22	A/D
23	A/D
23	A/D
24	A
24	A/D
26	A/D
27	A D
27	A/D
28	A/D
29	A/D
30	A
30	A/D
31	A/D
33	A
38	A
43	A
45	A
47	A/D
49	A/D
56	A/D

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Tabla VII.3. Intersección: Juan Ignacio Ramón y Av. Juárez.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	<i>D</i>
8	<i>D</i>
9	<i>D</i>
10	<i>D</i>
12	<i>D</i>
13	<i>A</i>
13	<i>D</i>
14	<i>D</i>
15	<i>A</i>
15	<i>D</i>
16	<i>A</i>
17	<i>D</i>
17	<i>D</i>
19	<i>A</i>
19	<i>A</i>
20	<i>A</i>
21	<i>D</i>

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
21	<i>A/D</i>
22	<i>A</i>
22	<i>A/D</i>
22	<i>A/D</i>
25	<i>D</i>
26	<i>D</i>
28	<i>A</i>
28	<i>A</i>
31	<i>A/D</i>
35	<i>A/D</i>
39	<i>A/D</i>
40	<i>A/D</i>
42	<i>A/D</i>
43	<i>A/D</i>
46	<i>A/D</i>
51	<i>A/D</i>
52	<i>A</i>

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Tabla VII.4. Intersección: Matamoros y Av. Pino Suárez.

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
7	D
7	A
8	D
8	D
9	A
10	D
10	A
11	D
12	A
13	A
13	A
15	A/D
15	D
15	D
16	D
16	D
16	A
17	D
17	D
17	A
18	D
18	A/D
18	A

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
18	A
18	D
19	A
19	A/D
20	D
21	A
21	A
22	A/D
22	A/D
23	A/D
24	A
26	A
27	A/D
28	A/D
32	A
35	A
36	A/D
36	A
37	A
41	A/D
42	A/D
45	A
56	A

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Tabla VII.5. Intersección: Av. Eloy Cavazos y Av. Lázaro Cárdenas.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	D
8	D
9	A
10	D
10	D
11	D
12	A
13	A
13	D
13	D
14	D
15	D
15	A
15	A
16	A
17	A/D
17	A/D
17	D
18	D
18	A/D

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
19	A/D
20	A/D
21	A
22	A/D
23	A/D
23	A/D
23	A/D
24	D
25	A
25	A
25	A/D
26	A/D
29	A/D
33	A
39	A
44	A/D
50	A
52	A/D
56	A/D

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Tabla VII.6. Intersección: Av. Universidad y Av. Central.

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
8	A
8	D
9	A
10	A
11	D
11	D
12	A
12	A
13	A
14	A
14	A
15	D
15	A/D
16	D
17	A
17	A
17	A
18	D
18	A
19	A

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
20	A
20	A
20	A
25	A
25	A
25	A
25	A
26	A
27	A
30	D
30	A/D
31	A
33	A
34	A
36	A
37	A/D
40	A/D
41	A
52	A/D
55	A

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Tabla VII.7. Intersección: Av. Vasconcelos y Calzada San Pedro.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	<i>D</i>
8	<i>A</i>
9	<i>A</i>
9	<i>D</i>
11	<i>A</i>
13	<i>A</i>
14	<i>A</i>
14	<i>A</i>
15	<i>D</i>
15	<i>D</i>
15	<i>A</i>
17	<i>A</i>
18	<i>A/D</i>
20	<i>A</i>
20	<i>A</i>
21	<i>A/D</i>
21	<i>A</i>
22	<i>A/D</i>
25	<i>A/D</i>

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
25	<i>A</i>
25	<i>D</i>
26	<i>D</i>
27	<i>A</i>
27	<i>A</i>
29	<i>A D</i>
31	<i>A</i>
32	<i>A</i>
35	<i>A</i>
36	<i>A</i>
37	<i>A/D</i>
39	<i>A</i>
41	<i>A</i>
45	<i>A/D</i>
46	<i>A</i>
48	<i>A</i>
49	<i>A</i>
51	<i>A</i>
53	<i>A</i>

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Tabla VII.8. Intersección: Calzada Madero y Av. Venustiano Carranza.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	<i>D</i>
8	<i>D</i>
9	<i>A</i>
10	<i>A</i>
11	<i>A</i>
12	<i>A</i>
12	<i>A</i>
13	<i>A</i>
14	<i>A</i>
14	<i>A</i>
14	<i>A</i>
15	<i>A/D</i>
15	<i>A</i>
15	<i>A</i>
16	<i>A</i>
16	<i>A</i>
16	<i>A/D</i>
17	<i>A</i>
17	<i>A</i>
17	<i>A</i>
17	<i>A/D</i>
18	<i>A</i>

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
18	<i>A/D</i>
19	<i>A</i>
19	<i>A</i>
19	<i>A</i>
20	<i>D</i>
20	<i>A</i>
21	<i>A/D</i>
21	<i>A/D</i>
21	<i>A</i>
21	<i>A</i>
22	<i>A</i>
25	<i>A</i>
25	<i>A</i>
25	<i>A</i>
26	<i>A/D</i>
27	<i>D</i>
27	<i>A</i>
34	<i>D</i>
35	<i>A/D</i>
43	<i>A</i>
45	<i>A/D</i>
55	<i>A/D</i>

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Tabla VII.9. Intersección: José M. Arteaga y Av. Félix U. Gómez.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	D
7	A
8	A
9	A
10	A
11	A
12	D
12	A/D
13	A
13	A
15	A
15	A
15	A/D
15	A
16	A/D
16	A
16	A
16	A
17	A
17	A/D
17	A/D
18	A
18	A/D
19	A
19	A

<i>19</i>	<i>A/D</i>
<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
20	A/D
21	A
21	A/D
22	A
23	A
25	A
25	A
25	A/D
26	A/D
27	A
30	A
30	A
31	A
31	A
31	A
31	A
33	A
33	A/D
38	A/D
40	A
41	A
43	A
44	A
45	A

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Tabla VII.10. Intersección: Av. del Estado y Av. Garza Sada.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	A
9	D
10	D
11	D
12	D
13	A/D
13	D
14	A/D
14	D
15	D
16	D
17	D
18	A
19	A
20	D
21	A/D

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
23	D
24	A
27	A/D
27	A/D
28	A/D
29	A/D
30	D
32	A
35	A
36	A
37	A/D
39	D
40	A/D
41	A
47	A/D
49	D

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Tabla VII.11. Intersección: Av. Venustiano Carranza y Washington.

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
7	D
8	D
8	A
9	D
9	A
10	A
11	D
11	A
12	A
12	A
12	A
13	D
13	A
13	A/D
14	D
14	A
15	A
15	A

TIEMPO (SEG.)	MANIOBRA
15	D
16	A
17	A/D
17	A/D
18	D
21	A
21	A
23	A/D
26	A/D
27	A/D
30	D
31	A/D
33	A/D
36	A/D
41	A
43	A/D
47	A/D

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Tabla VII.12. Intersección: Av. Cuauhtémoc y 5 de Mayo.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	<i>D</i>
7	<i>A</i>
8	<i>D</i>
8	<i>A</i>
9	<i>D</i>
9	<i>A</i>
10	<i>A</i>
11	<i>D</i>
11	<i>D</i>
12	<i>D</i>
12	<i>A</i>
12	<i>D</i>
13	<i>D</i>
13	<i>A</i>
13	<i>A/D</i>
14	<i>A</i>
14	<i>A</i>

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
15	<i>A</i>
15	<i>D</i>
15	<i>D</i>
16	<i>A</i>
16	<i>D</i>
17	<i>A</i>
18	<i>A D</i>
20	<i>A</i>
20	<i>A</i>
20	<i>A</i>
22	<i>A/D</i>
27	<i>A</i>
28	<i>A</i>
28	<i>A</i>
32	<i>D</i>
32	<i>A D</i>

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Tabla VII.13. Intersección: Av. Nogalar y Av. San Nicolás.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
8	<i>D</i>
9	<i>D</i>
10	<i>D</i>
10	<i>D</i>
11	<i>D</i>
11	<i>A/D</i>
12	<i>A</i>
13	<i>A</i>
13	<i>D</i>
13	<i>A/D</i>
14	<i>A</i>
14	<i>A</i>
14	<i>A/D</i>
15	<i>A/D</i>
15	<i>A</i>

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
16	<i>A/D</i>
16	<i>D</i>
17	<i>A</i>
17	<i>D</i>
17	<i>A/D</i>
18	<i>A</i>
18	<i>D</i>
20	<i>A</i>
20	<i>A/D</i>
21	<i>A</i>
26	<i>A/D</i>
33	<i>A/D</i>
35	<i>A</i>
39	<i>A/D</i>
49	<i>A/D</i>

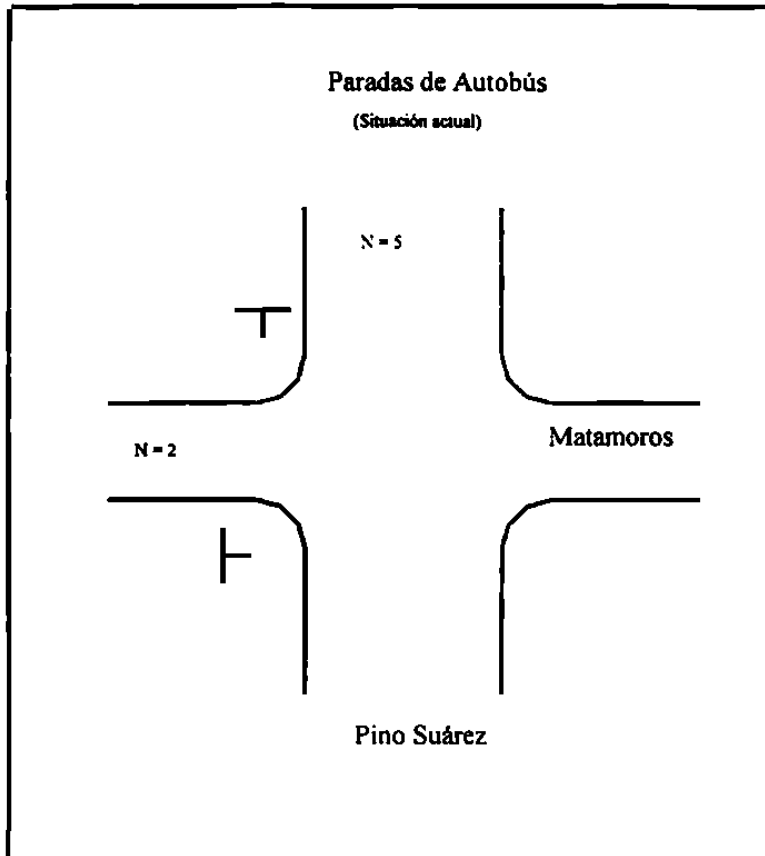
**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Tabla VII.14. Intersección: Av. Colón y Av. Pino Suárez.

<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
7	D
8	A
9	D
10	D
10	A
11	D
11	D
12	D
13	A
13	A
14	A
15	D
17	D
17	A/D
17	A
18	A
18	D
18	D
19	D
19	D
21	D
21	D
21	A
21	A/D
21	A/D

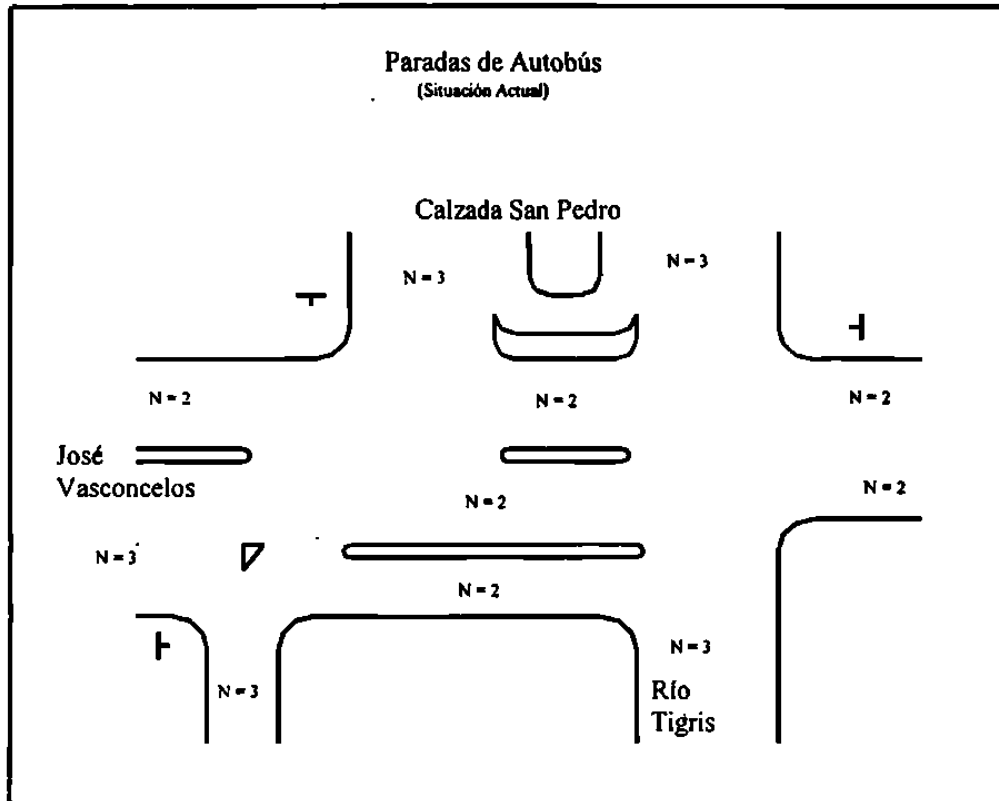
<i>TIEMPO (SEG.)</i>	<i>MANIOBRA</i>
23	D
23	D
23	D
23	A
24	A/D
24	D
24	A/D
24	D
26	A/D
27	D
29	A
29	A/D
29	D
30	D
30	A/D
34	A
34	A/D
37	A/D
46	A
46	A
47	A/D
51	A/D
53	A/D
55	A/D

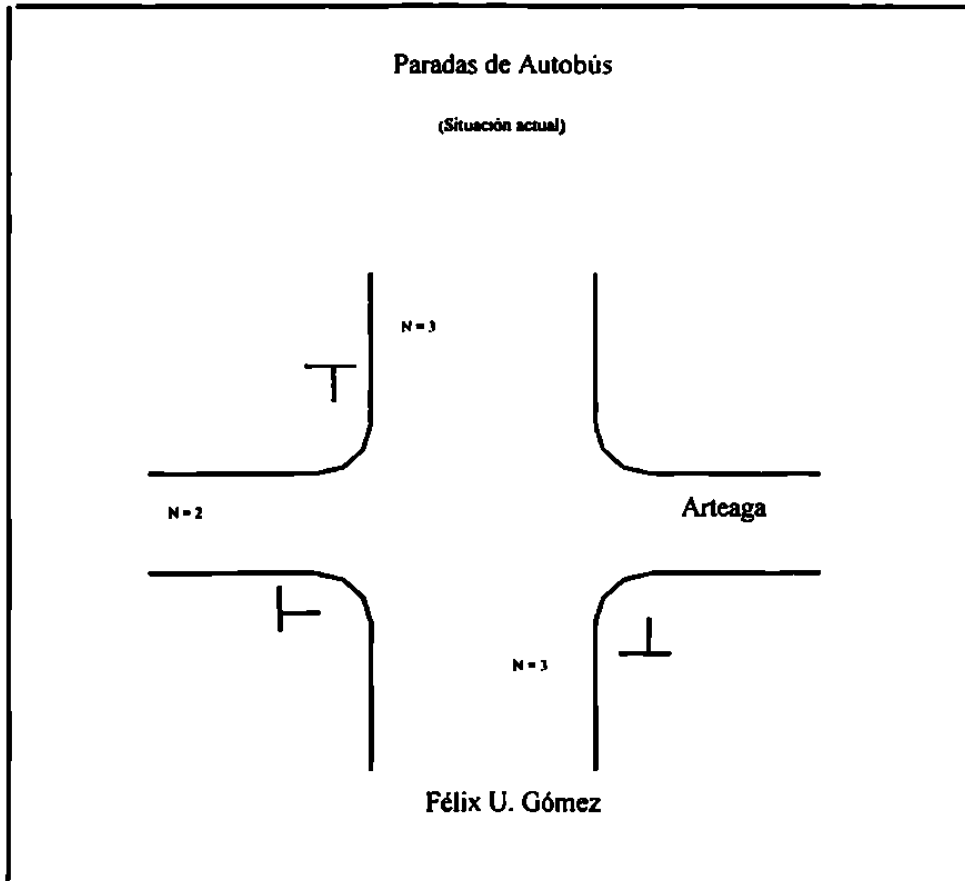
*Donde: A = ascenso,
D = Descenso,
A/D = ascenso descenso.*

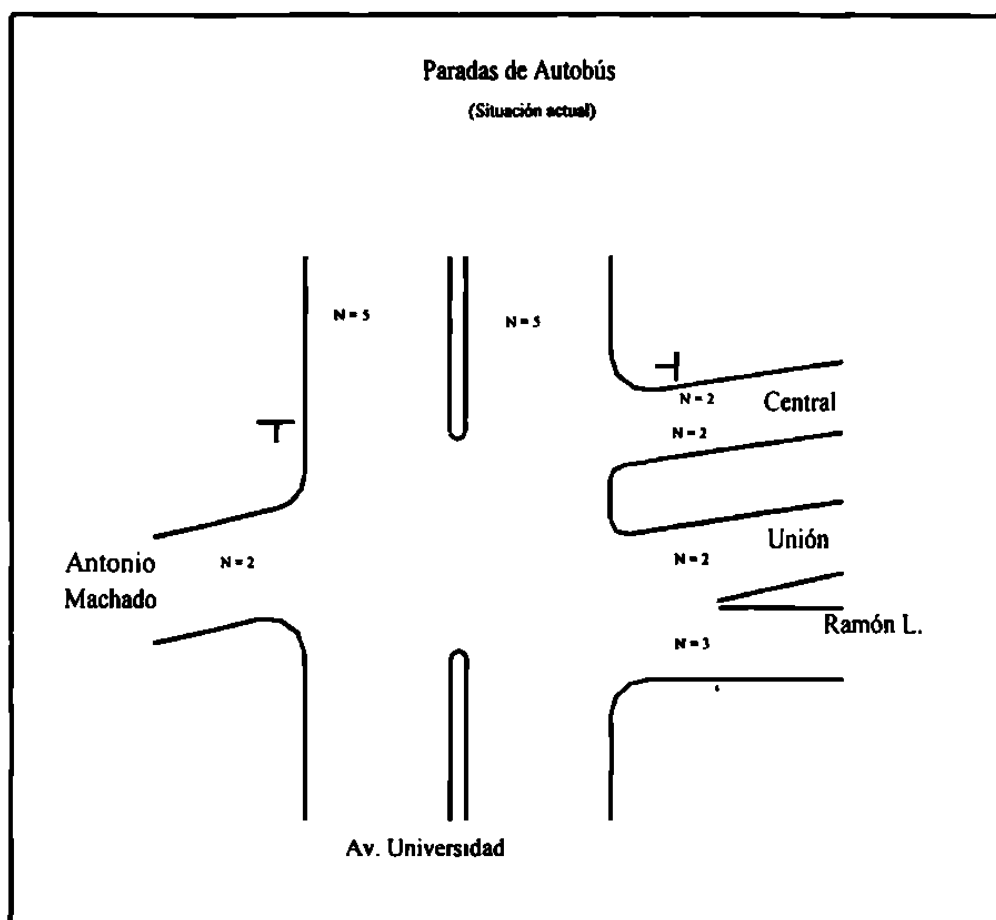
**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES***Figura VII.1. Intersección: Av. Pino Suárez y Matamoros.*

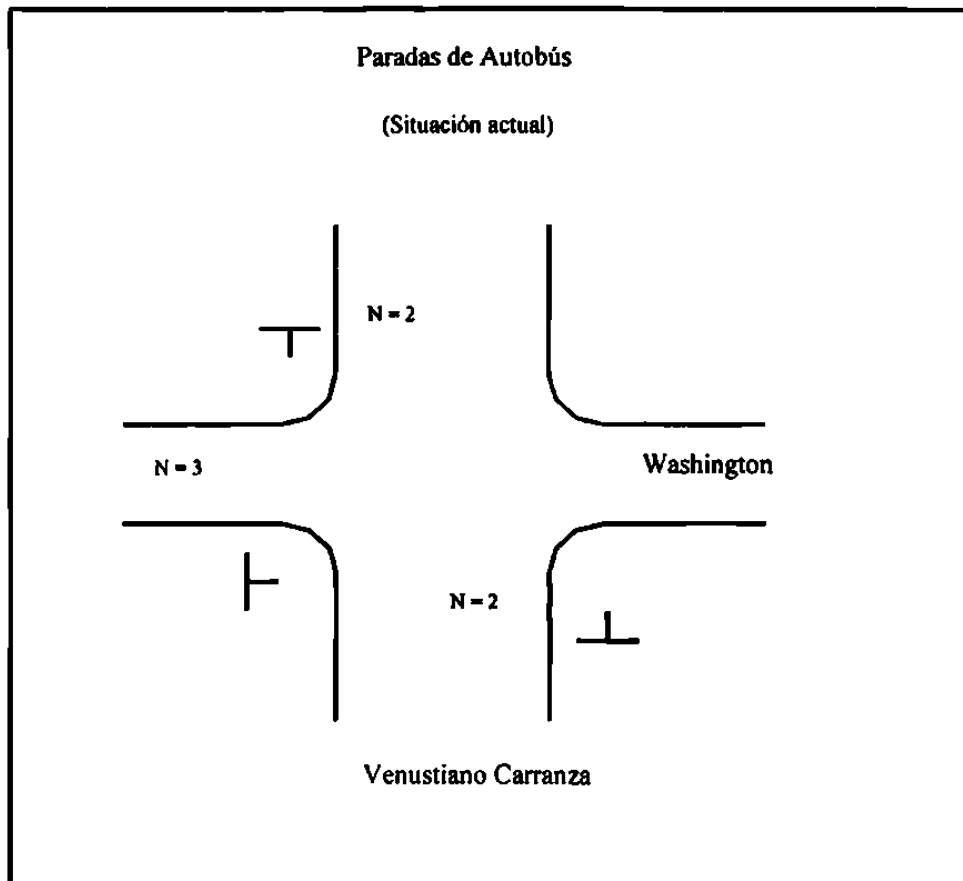
DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Figura VII.2. Intersección: Calzada San Pedro y Vasconcelos.



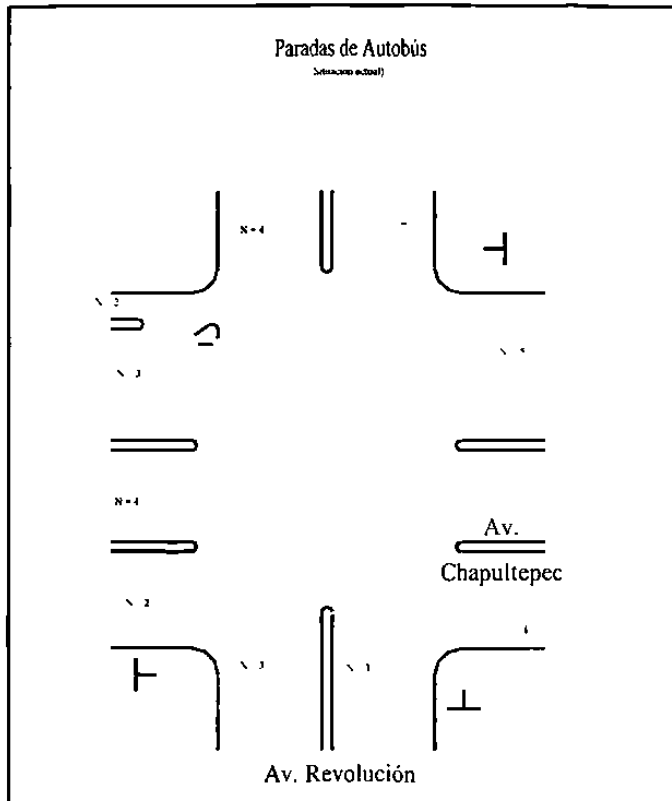
**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES***Figura VII.3. Intersección: Av. Félix U. Gómez y Arteaga.*

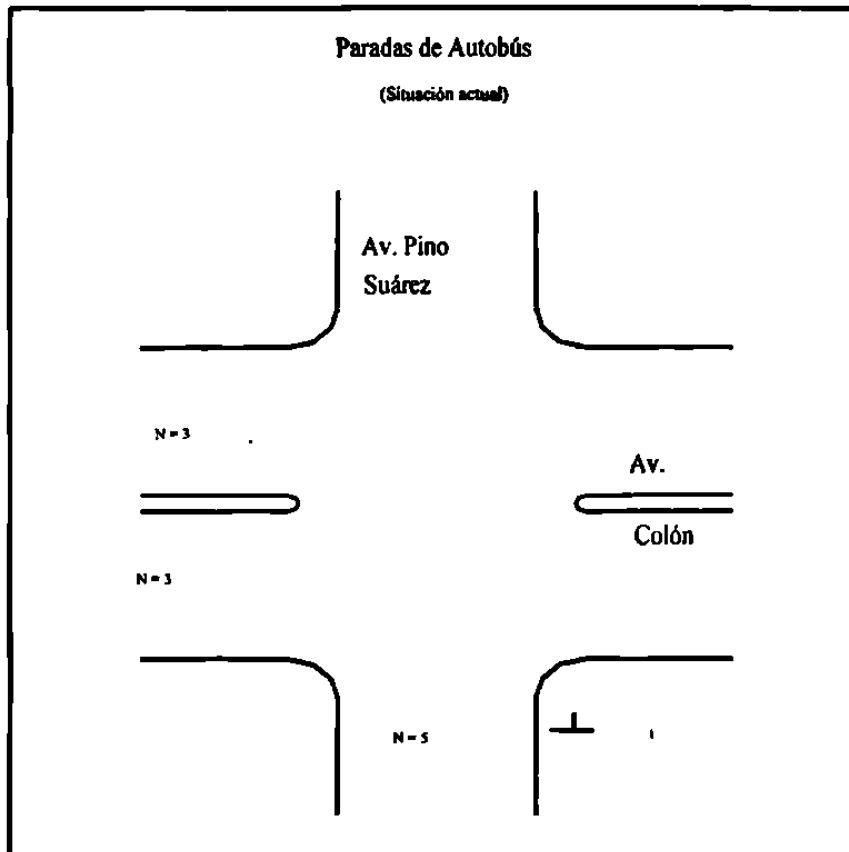
**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES***Figura VII.4. Intersección: Av. Universidad y Central.*

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES***Figura VII.5. Intersección: Av. Venustiano Carranza y Washington.*

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

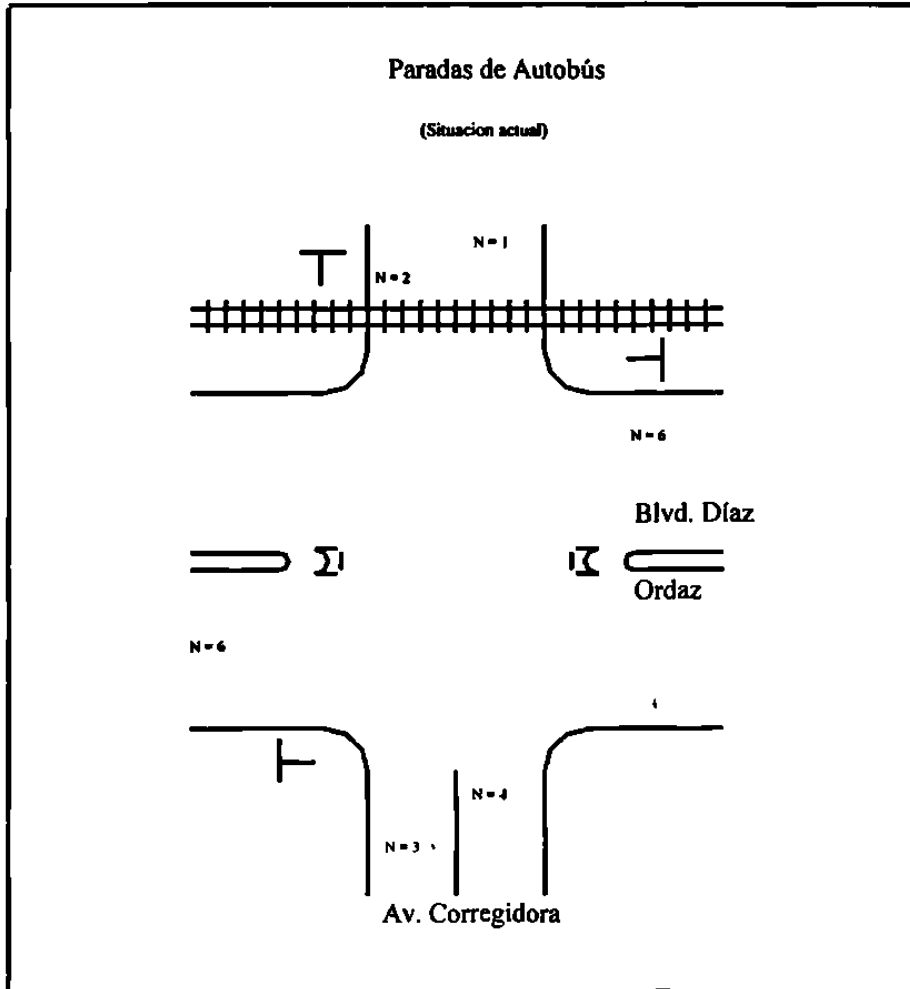
Figura VII.6. Intersección: Av. Revolución y Av. Chapultepec.



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES***Figura VII.7. Intersección: Av. Colón y Av. Pino Suárez.*

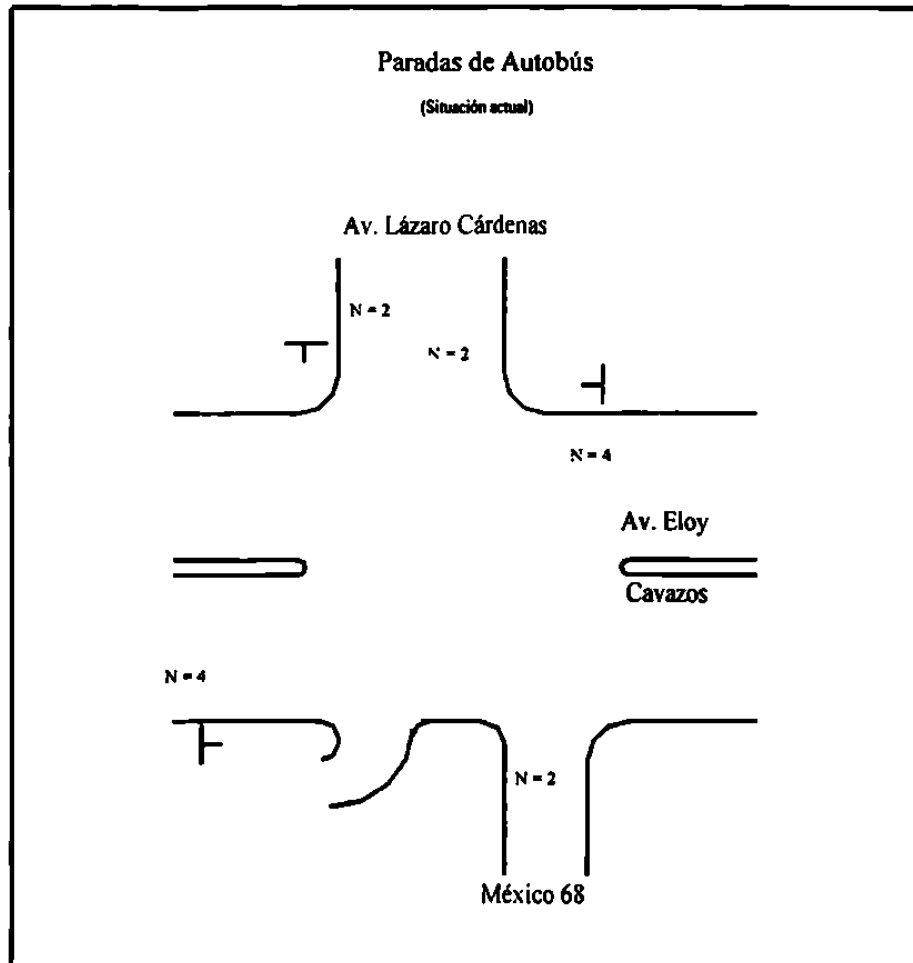
DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Figura VII.8. Intersección: Blvd. Díaz Ordaz y Corregidora.



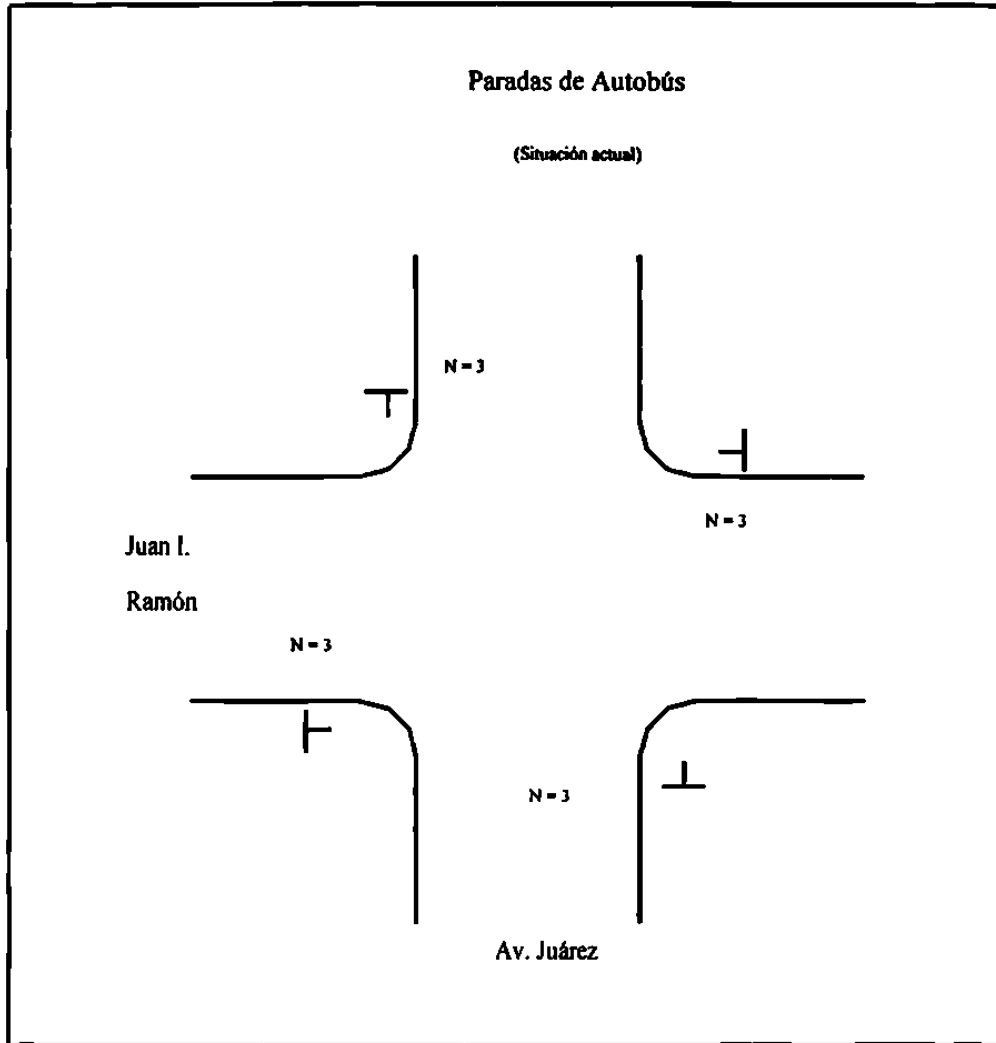
DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

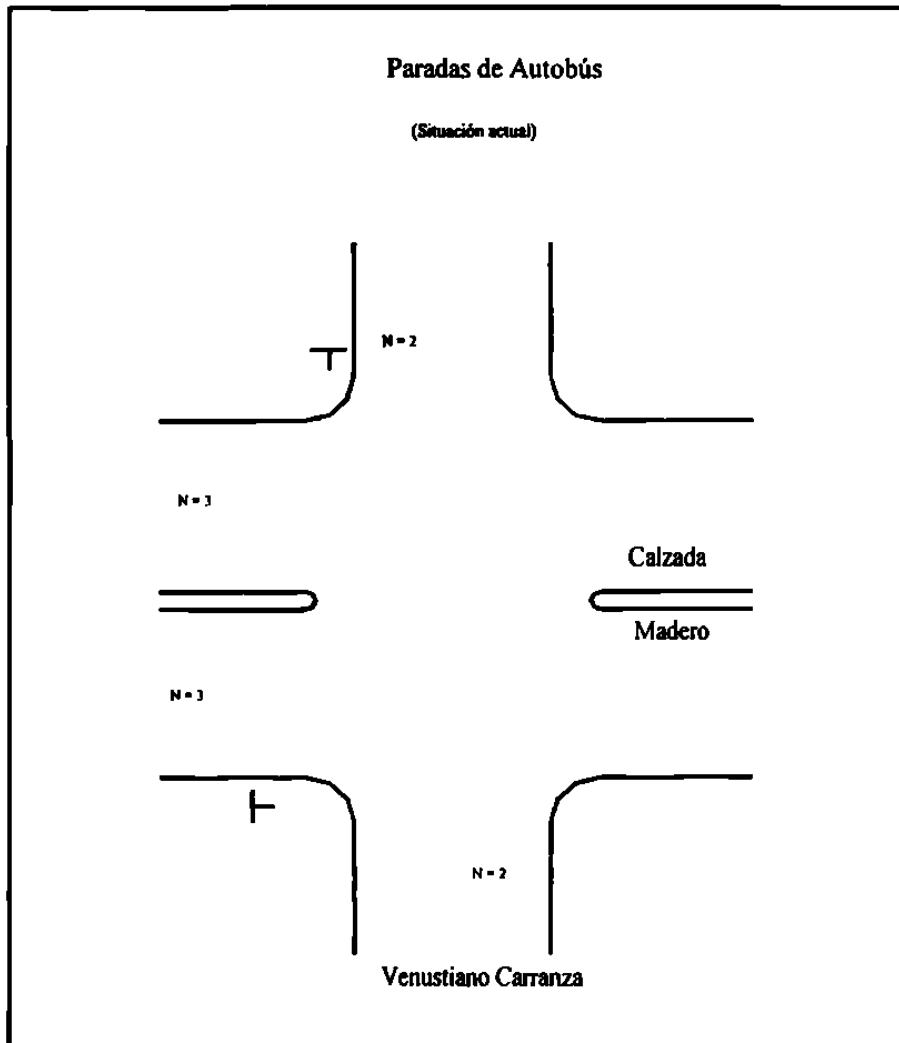
Figura VII.9. Intersección: Av. Eloy Cavazos y Av. Lázaro Cárdenas.



DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

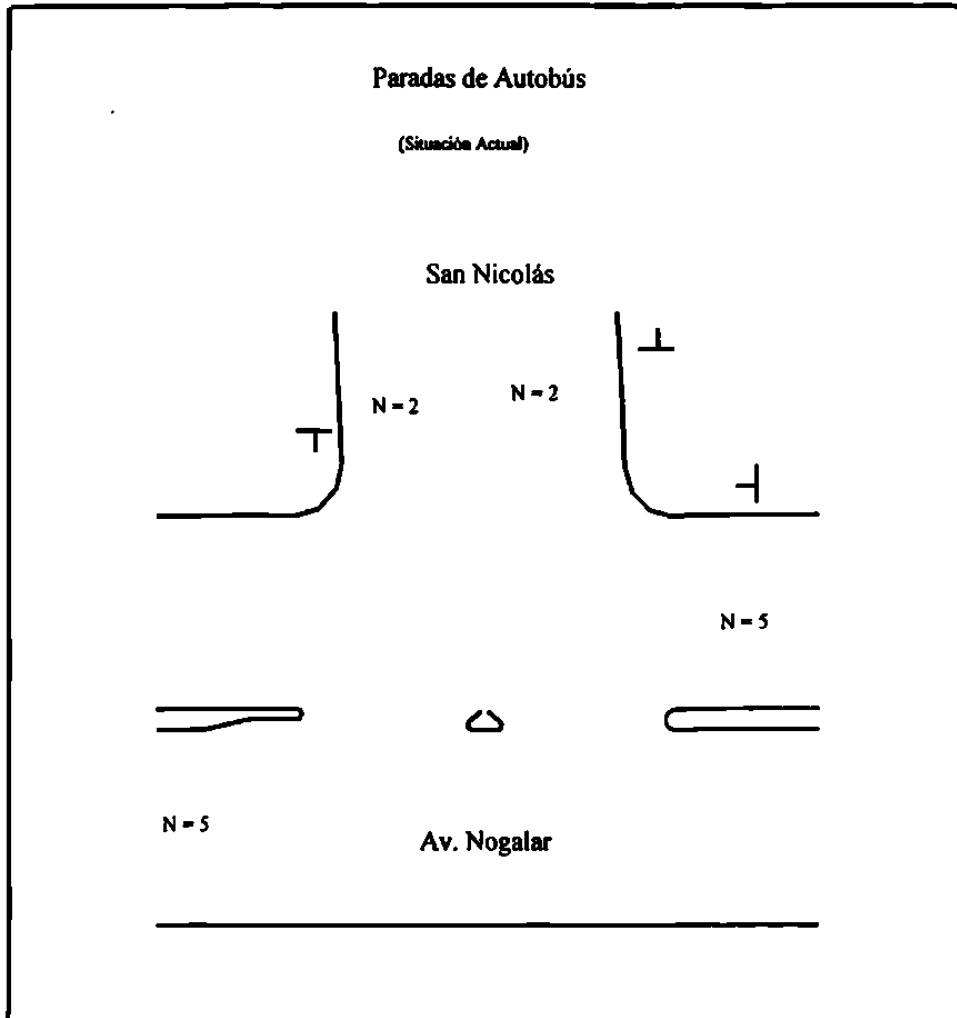
Figura VII.10. Intersección: Av. Juárez y Juan I. Ramón.



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES***Figura VII.11. Intersección: Calzada Madero y Venustiano Carranza.*

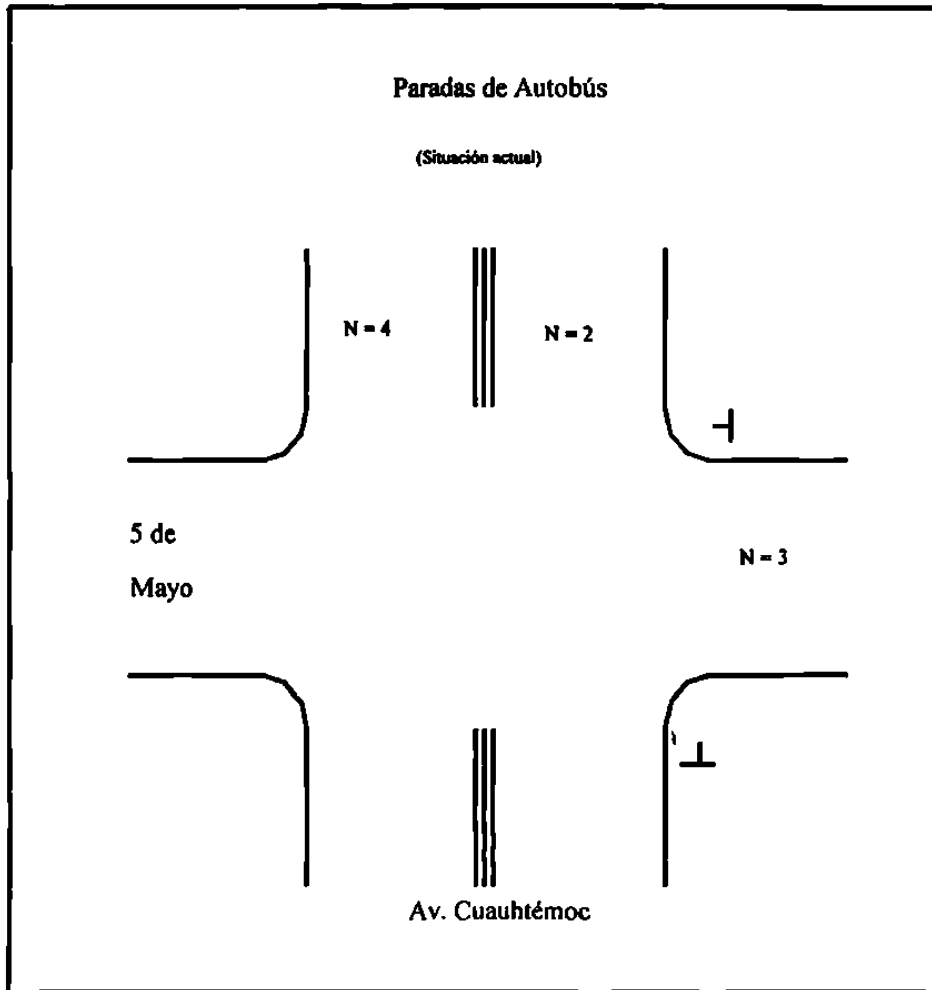
DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Figura VII.12. Intersección: Av. Nogalar y San Nicolás.



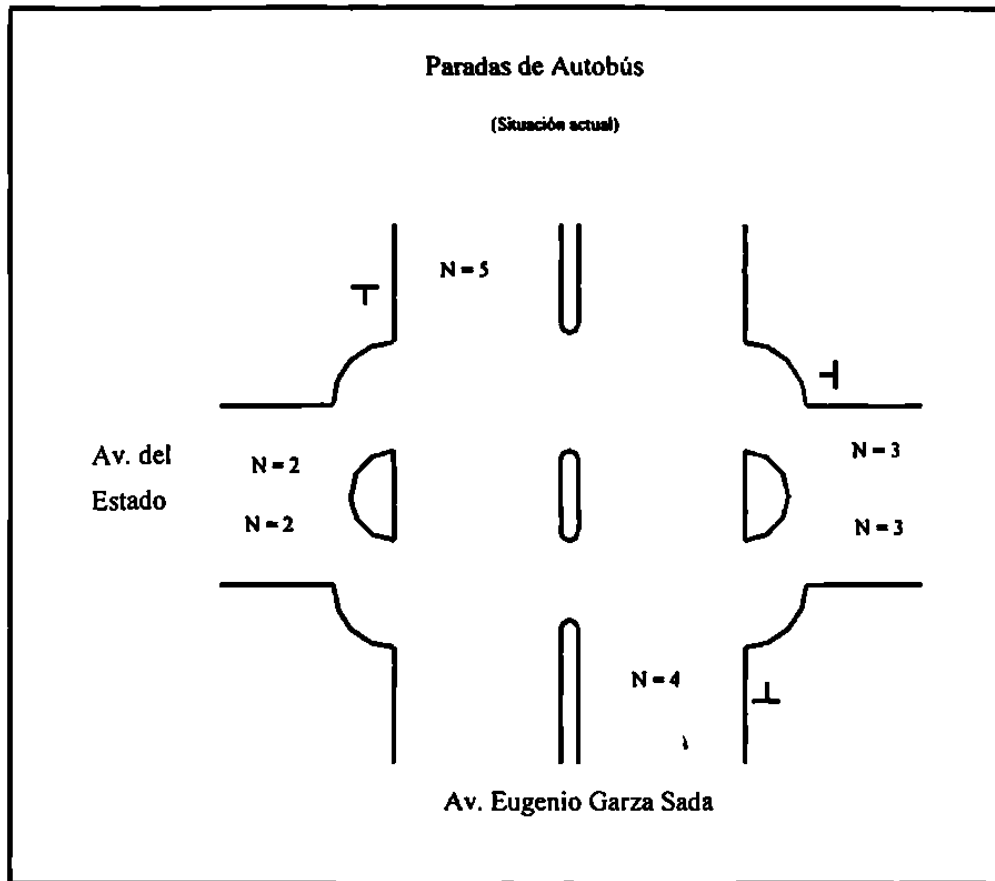
**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Figura VII.13. Intersección: Av. Cuauhtémoc y 5 de Mayo.



DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

Figura VII.14. Intersección: Av. Eugenio Garza Sada y Av. del Estado.



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

Intervalo:

$R = 56 - 7 = 49$ $N = 15$ $C = 49 / 15 = 3.27$ se propone $C = 3.31$

Limite Inferior	Limite Superior	Mci	fi	% fi	Fi	% Fi
7	10.31	8.655	67	12.25	67	12.25
10.31	13.62	11.965	72	13.16	139	25.41
13.62	16.93	15.275	75	13.71	214	39.12
16.93	20.24	18.585	97	17.73	311	56.86
20.24	23.55	21.895	50	9.14	361	66.00
23.55	26.86	25.205	39	7.13	400	73.13
26.86	30.17	28.515	37	6.76	437	79.89
30.17	33.48	31.825	24	4.39	461	84.28
33.48	36.79	35.135	20	3.66	481	87.93
36.79	40.1	38.445	17	3.11	498	91.04
40.1	43.41	41.755	12	2.19	510	93.24
43.41	46.72	45.065	11	2.01	521	95.25
46.72	50.03	48.375	11	2.01	532	97.26
50.03	53.34	51.685	9	1.65	541	98.90
53.34	56.65	54.995	6	1.10	547	100.00
SUMA		477.375	547	100.00		

$x = 21.87$ $Md = 18.96$ $Mo = 18.254$ $s = 11.205$

Ya que el valor de la media es de 21.87 la ecuación para determinar el factor por paradas de autobús en intersecciones semaforizadas quedara como sigue:

$$f_{bb} = \frac{N - (21.87N_B / 3600)}{N}$$

De tal forma, la tabla que genera esta ecuación quedará de la siguiente manera:

Tabla VII.15. Resumen estadístico.

Número de carriles	Número de maniobras por hora N_B				
	0	10	20	30	40
1	1.000	0.939	0.878	0.818	0.757
2	1.000	0.969	0.939	0.909	0.878
3	1.000	0.979	0.959	0.939	0.919

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES

VII. 4. ESTIMACIÓN DEL INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA MEDIA ARITMÉTICA.

Este intervalo muestra el área en la gráfica de la normal, el porcentaje que cumple en el nivel de confianza establecido. Con esto es más fácil percibir que tantas muestras se acumulan en esta área.

- *Se tomaron 963 muestras durante el estudio.*
- *Solo 547 muestras de las tomadas cumplen con las condiciones establecidas.*
- *Se obtuvo una media de 21.87.*
- *Se cuenta con una desviación estándar de 11.205.*

Como el teorema del límite central establece que:

1. *Se considerará muestra normal si se tiene $n > 30$.*
2. *Se podrá igualar $\mu_x = \mu_X = X$ y $\sigma_x = \sigma_S = S$.*

Por lo tanto se tendrá:

$$\begin{aligned} Np &= 963 \\ n &= 547 \\ x &= 21.876 \\ s &= 11.205 \end{aligned}$$

Y como se tiene que $n > 30$ se considera que la muestra tiene comportamiento normal: por lo tanto, se asumirá que $s = \sigma$ y como se tiene un 95% de confianza, resulta que $Z_c = 1.96$. Y aplicando la siguiente fórmula encontrará el intervalo.

**DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE AJUSTE POR
OBSTRUCCIÓN DE AUTOBUSES**

$$X \pm Zc * \frac{\sigma}{n} * \sqrt{\frac{Np-n}{Np-1}}$$

Sustituyendo, se tiene:

$$21.87 \pm 1.96 * \left(\frac{11.205}{547} \right) * \sqrt{\frac{963-547}{963-1}}$$

$$21.87 \pm 0.617$$

$$21.25 < X < 22.49$$

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

VIII.1. EJEMPLO 1.

Intersección: Arteaga y Félix U. Gómez.

Datos para la realización de los cálculos:

Hora de Máxima Demanda

Municipio: Monterrey

Intersección: José M. Arteaga y Félix U. Gómez

Periodo: 17:30 a 20:00 horas

<i>Intervalo de tiempo</i>		<i>Total</i>	<i>Total en horas</i>
<i>17:30</i>	<i>17:45</i>	<i>303</i>	
<i>17:45</i>	<i>18:00</i>	<i>376</i>	
<i>18:00</i>	<i>18:15</i>	<i>613</i>	
<i>18:15</i>	<i>18:30</i>	<i>743</i>	<i>2035</i>
<i>18:30</i>	<i>18:45</i>	<i>802</i>	<i>2534</i>
<i>18:45</i>	<i>19:00</i>	<i>804</i>	<i>2962</i>
<i>19:00</i>	<i>19:15</i>	<i>686</i>	<i>3035</i>
<i>19:15</i>	<i>19:30</i>	<i>676</i>	<i>2968</i>
<i>19:30</i>	<i>19:45</i>	<i>706</i>	<i>2872</i>
<i>19:45</i>	<i>20:00</i>	<i>620</i>	<i>2688</i>
			<i>2002</i>
			<i>1326</i>

Hora de Máxima demanda: 18:15 a 19:15 horas

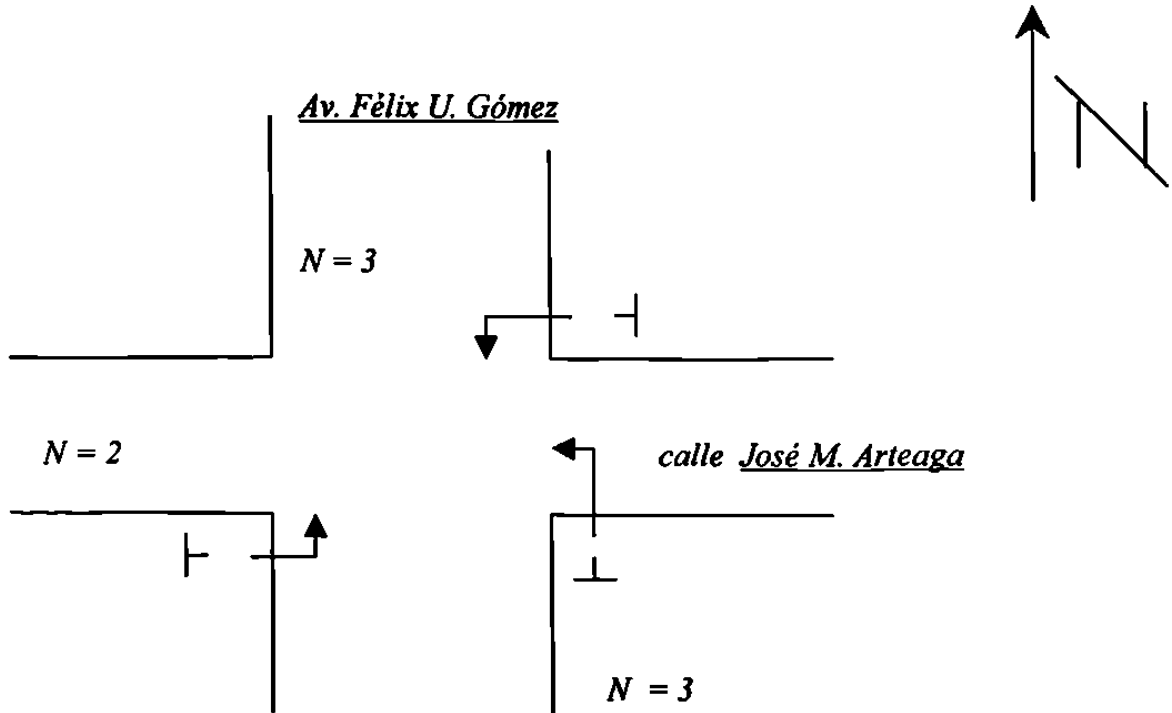
Total de vehiculos: 3035 vehiculos

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

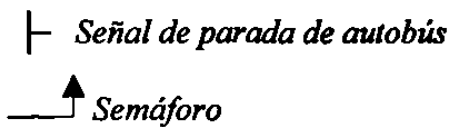
Inventario de Semáforos.


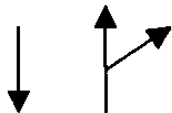
Intersección: José M. Arteaga y Félix U. Gómez.

Croquis



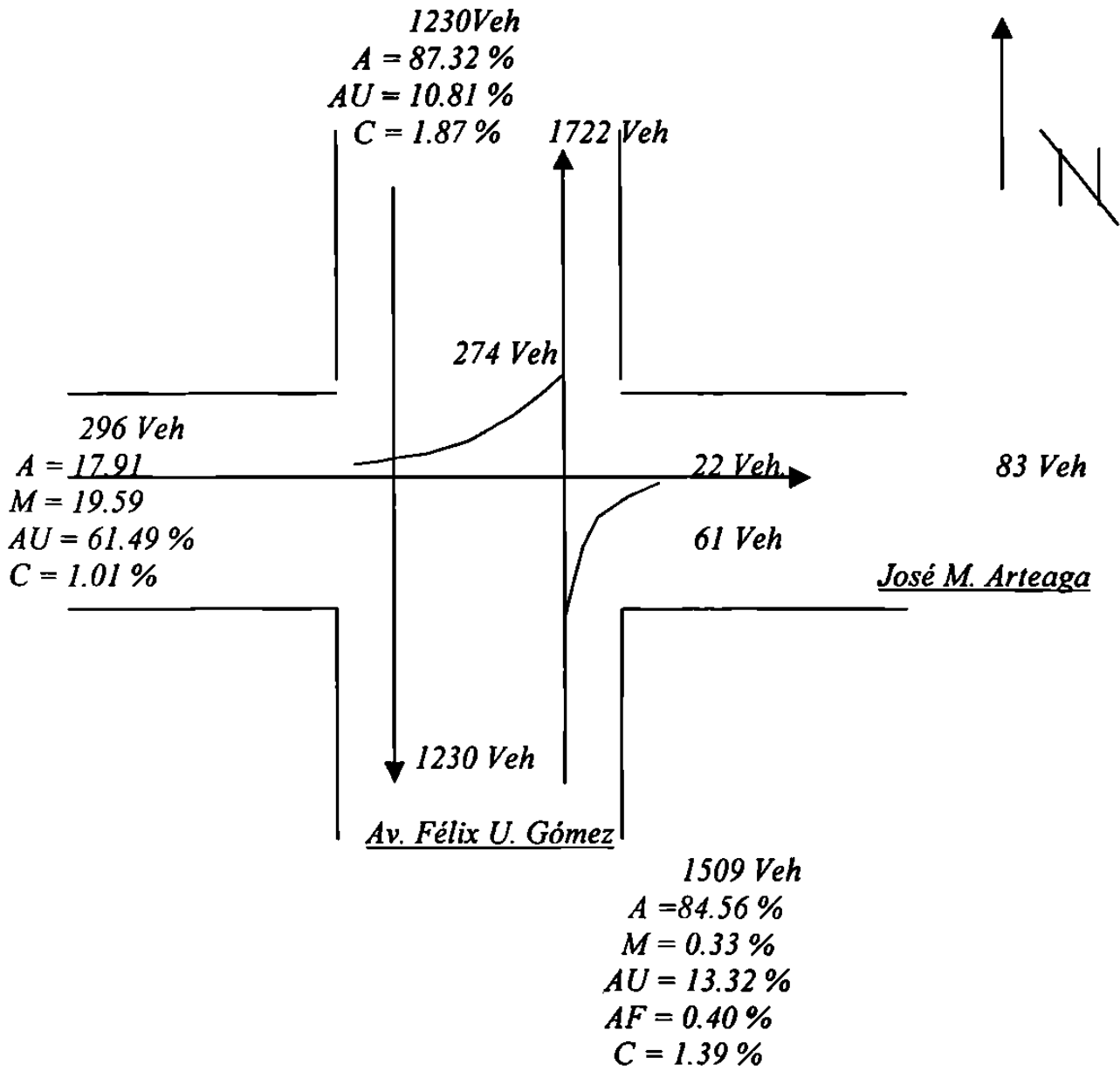
Donde: N es el número de carriles



FASES	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz ámbar	Tiempo de luz roja
 Primera fase	60	3	100
 Segunda fase	100	3	60
TIEMPO DEL CICLO = 166 SEG.			

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

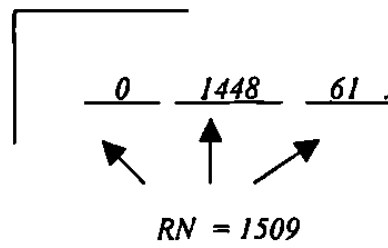
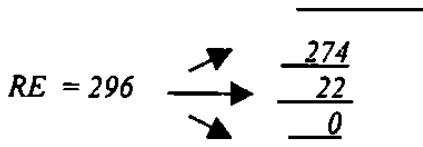
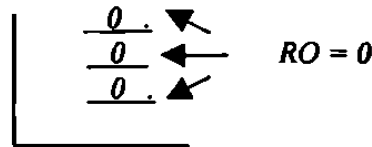
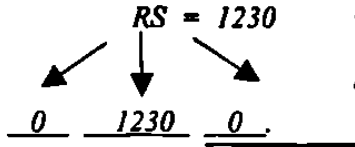
Volúmenes direccionales.



ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Intersección: José M. Arteaga y Félix U. Gómez
Ejemplo: con el Manual

Geometría y volúmenes.



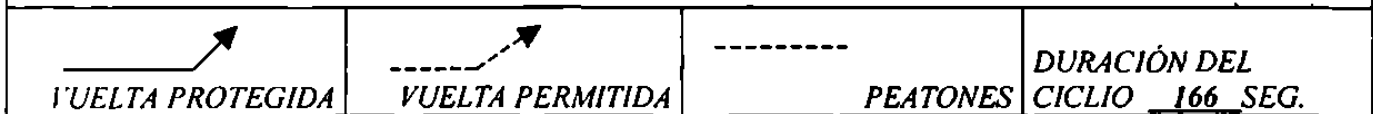
Condiciones del camino y tránsito

Rumbo	Pen.	%HV	Carril para est.		NB	PHF	Conflicto peatones	Botón para peatón		Tipo de arribo
			Si/no	Nm				Si/no	tiempo	
RE	0	1.01	No	---	240	0.94	---	No	---	4
RO	0	---	No	---	0	0.94	---	No	---	---
RN	0	5.16	No	---	148	0.94	200	No	---	4
RS	0	5.11	No	---	93	0.94	200	No	---	4

Pen.: pendiente en % NB: Parada de autobús / hora
%HV: Porcentaje de vehículos pesados PHF: Factor de hora pico
Nm: maniobras de estacionamiento/hora

FASES

D I A G R A M A								
Tiempo	G = 60 Y+R = 3	G = 100 Y+R = 3	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y+R=	G= Y-R=







ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Ajuste de volúmenes.

<i>Arribo</i>	<i>Mov.</i>	<i>Vol. (VPH)</i>	<i>Factor Hora Pico</i>	<i>Valor de Flujo</i>	<i>Grupo de Carriles</i>	<i>Valor de Flujo para el Grupo de Carriles</i>	<i>Número de carriles</i>	<i>Factor de utilización</i>	<i>Valor de Flujo</i>	<i>% de vueltas Der. o Izq.</i>
RE	<i>Vuelta Izq.</i>	247	0.94	291	↗	291	1	1	291	
	<i>Directo</i>	22	0.94	23	→	23	1	1	23	
	<i>Vuelta Derecha</i>	0	0.94	0						
RO	<i>Vuelta Izq.</i>									
	<i>Directo</i>									
	<i>Vuelta Derecha</i>									
RN	<i>Vuelta Izq.</i>	0	0.94	0						
	<i>Directo</i>	1448	0.94	1540	↗	1605	3	1.1	1766	
	<i>Vuelta Derecha</i>	61	0.94	65						
RS	<i>Vuelta Izq.</i>	0	0.94	0						
	<i>Directo</i>	1230	0.94	1309	↓	1309	3	1.1	1439	
	<i>Vuelta Derecha</i>	0	0.94	0						





ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Flujo de saturación.

Grupo de Carriles		Flujo Ideal de Saturación	Número de Carriles	Factores de Ajuste								Ajuste de Flujo de Saturación
	Mov.			F_w	f_{HV}	f_B	F_p	f_{bb}	f_a	f_{RR}	f_{LT}	
RE		1900	1	1	1	1	1	0.52	1	1	0.95	939
		1900	1	1	0.99	1	1	0.52	1	1	1	973
RO												
RN		1900	3	1	0.952	1	1	0.803	1	0.994	1	4331
RS		1900	3	1	0.952	1	1	0.876	1	1	1	4753

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Análisis de capacidad.

Grupo de Carriles		Ajuste del Valor de Flujo	Ajuste del Valor de Sat.	Relación de Flujo	Relación de Luz verde	Capacidad del Carril	Relación v c	Grupo de Carriles Critico
Rumbo	Mov. de Carriles							
Rumbo al Este		291	939	0.31	0.361	339	0.86	0.31
		23	978	0.02	0.361	353	0.07	
Rumbo al Oeste								
Rumbo al Norte								
		1605	4331	0.37	0.602	2607	0.61	0.37
Rumbo al Sur								
		1309	4753	0.27	0.602	2861	0.46	
								

Tiempo del Ciclo, $C = 166$





Tiempo perdido por ciclo, $L = 6$

$$\Sigma (v/s) = 0.68$$

$$X = \frac{\Sigma (v/s) C}{C - L} = 0.71$$

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Nivel de servicio.

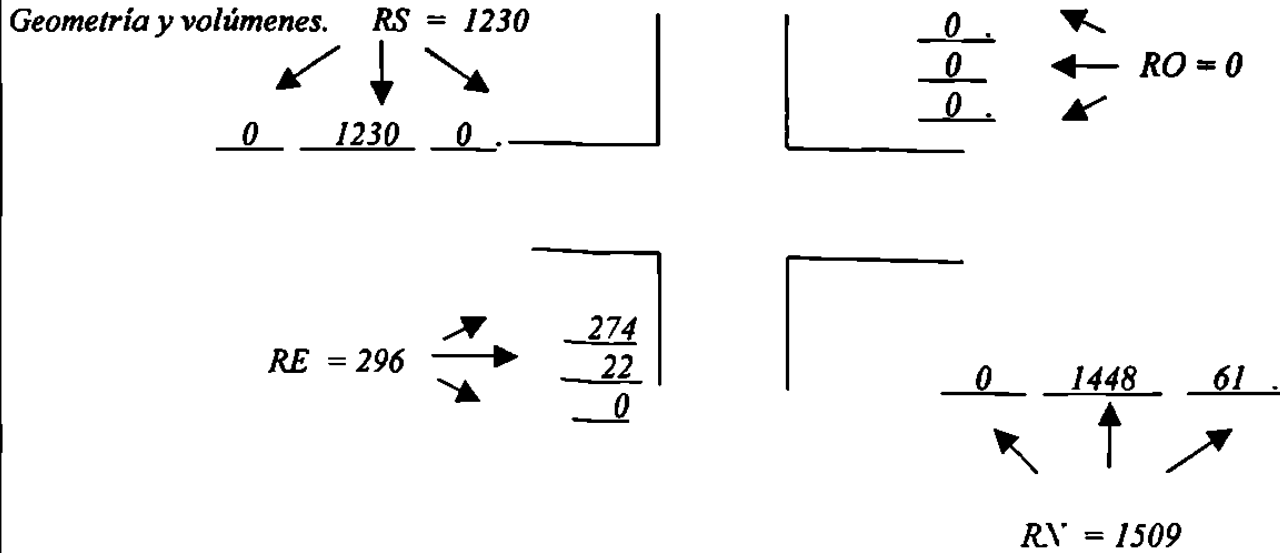
Grupo de Carriles		Primera Demora				Segunda Demora				Demora Total y Niveles de Servicio		
Rumbo	Mov. de Carriles	Relación v/c	Relación de Luz verde g/C	Duración del Ciclo	Demora d1	Capacidad del carril	Demora d2	Factor de Ajuste por Sincronía	Demora del Grupo de Carriles	Nivel de Servicio por Carril	Demora por Acceso	Nivel de Servicio por Acceso
RE		0.86	0.361	166	49.1	339	23.5	0.933	69.3	E		
		0.07	0.361	166	34.7	353	0.4	0.933	32.7	C	66.6	E
RO												
RN		0.61	0.602	166	15.8	2607	0.23	0.569	9.22	A	9.22	A
RS		0.46	0.602	166	13.86	2861	0.07	0.569	7.93	A	7.93	A

Demora de la intersección = 14.28

Nivel de servicio de la intersección = B

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Intersección: José M. Arteaga y Av. Félix U. Gómez
Ejemplo: Con el Manual



Condiciones del camino y tránsito

Rumbo	Pen.	%HV	Carril para est.		NB	PHF	Conflicto peatones	Botón para peatón		Tipo de arribo
			Si/no	Nm				Si/no	tiempo	
RE	0	1.01	No	---	240	0.94	---	No	---	4
RO	0	---	No	---	0	0.94	---	No	---	---
RN	0	5.16	No	---	148	0.94	200	No	---	4
RS	0	5.11	No	---	93	0.94	200	No	---	4

Pen.: pendiente en % NB: Parada de autobús/hora
%HV: Porcentaje de vehículos pesados PHF: Factor de hora pico
Nm: maniobras de estacionamiento/hora





FASES

D I A G R A M A								
Tiempo	G = 60 Y+R = 3	G = 100 Y+R = 3	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =

			DURACIÓN DEL CICLIO <u>166</u> SEG.
VUELTA PROTEGIDA	VUELTA PERMITIDA	PEATONES	





ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Ajuste de volúmenes.

Arribo	Mov.	Vol. (VPH)	Factor Hora Pico	Valor de Flujo	Grupo de Carriles	Valor de Flujo para el Grupo de Carriles	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de Flujo	% de vueltas Der. o Izq.
RE	Vuelta Izq.	247	0.94	291		291	1	1	291	
	Directo	22	0.94	23		23	1	1	23	
	Vuelta Derecha	0	0.94	0						
RO	Vuelta Izq.									
	Directo									
	Vuelta Derecha									
RV	Vuelta Izq.	0	0.94	0						
	Directo	1448	0.94	1540		1605	3	1.1	1766	
	Vuelta Derecha	61	0.94	65						
RS	Vuelta Izq.	0	0.94	0						
	Directo	1230	0.94	1309		1309	3	1.1	1439	
	Vuelta Derecha	0	0.94	0						





ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Flujo de saturación.

Grupo de Carriles		Flujo Ideal de Saturación	Número de Carriles	Factores de Ajuste								Ajuste de Flujo de Saturación
	Mov.			f_w	f_{HV}	f_g	f_p	f_{bb}	f_a	f_{RT}	f_{LT}	
RE		1900	1	1	1	1	1	0.271	1	1	0.95	489
		1900	1	1	0.99	1	1	0.271	1	1	1	510
RO												
RN		1900	3	1	0.952	1	1	0.7	1	0.994	1	3776
RS		1900	3	1	0.952	1	1	0.811	1	1	1	4401

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Análisis de capacidad.

Grupo de Carriles		Ajuste del Valor de Flujo	Ajuste del Valor de Sat.	Relación de Flujo	Relación de luz verde	Capacidad del Carril	Relación v/c	Grupo de Carriles Critico
Rumbo	Mov. de Carriles							
Rumbo al Este		291	489	0.59	0.361	177	1.64	0.59
		23	510	0.04	0.361	184	0.125	
Rumbo al Oeste								
Rumbo al Norte		1605	3776	0.42	0.602	2273	0.71	0.42
Rumbo al Sur		1309	4401	0.3	0.602	2649	0.49	

Tiempo del Ciclo, $C = 166$





Tiempo perdido por ciclo, $L = 6$

$$\Sigma(v/s) = 1.01$$

$$X = \frac{\Sigma(v/s) C}{C - L} = 1.05$$

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Nivel de servicio.

Grupo de Carriles		Primera Demora				Segunda Demora				Demora Total y Niveles de Servicio.		
Rumb o	Mov. de Carriles	Relación v/c	Relación de luz verde g/C	Duración del Ciclo	Demora d1	Capacidad del carril	Demora d2	Factor de Ajuste por Sincronía	Demora del Grupo de Carriles	Nivel de Servicio por Carril	Demora por Acceso	Nivel de Servicio por Acceso
RE		1.65	0.361	166	63.7	176	650	0.933	709	F		
		0.125	0.361	166	27	184	0.01	0.933	25.2	C	359	F
RO												
RN		0.71	0.602	166	17.45	2273	0.56	0.569	10.49	B	10.49	B
RS		0.49	0.602	166	14.17	2649	0.1	0.569	8.16	A	8.16	A

Demora de la intersección = 43.45

Nivel de servicio de la intersección = D

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

VIII.2. EJEMPLO 2. Intersección: Arteaga y Benito Juárez.

Datos para la realización de los cálculos

Hora de Máxima Demanda

Municipio: Monterrey

Intersección: Av. Benito Juárez y Arteaga

Periodo: 17:30 a 20:00 horas

<i>Intervalo de tiempo</i>		<i>Total</i>	<i>Total en horas</i>
<i>17:30</i>	<i>17:45</i>	<i>330</i>	
<i>17:45</i>	<i>18:00</i>	<i>387</i>	
<i>18:00</i>	<i>18:15</i>	<i>401</i>	
<i>18:15</i>	<i>18:30</i>	<i>466</i>	<i>1584</i>
<i>18:30</i>	<i>18:45</i>	<i>481</i>	<i>1735</i>
<i>18:45</i>	<i>19:00</i>	<i>444</i>	<i>1792</i>
<i>19:00</i>	<i>19:15</i>	<i>461</i>	<i>1852</i>
<i>19:15</i>	<i>19:30</i>	<i>470</i>	<i>1856</i>
<i>19:30</i>	<i>19:45</i>	<i>441</i>	<i>1816</i>
<i>19:45</i>	<i>20:00</i>	<i>376</i>	<i>1739</i>
			<i>1278</i>
			<i>808</i>

Hora de Máxima demanda: 18:30 a 19:30 horas

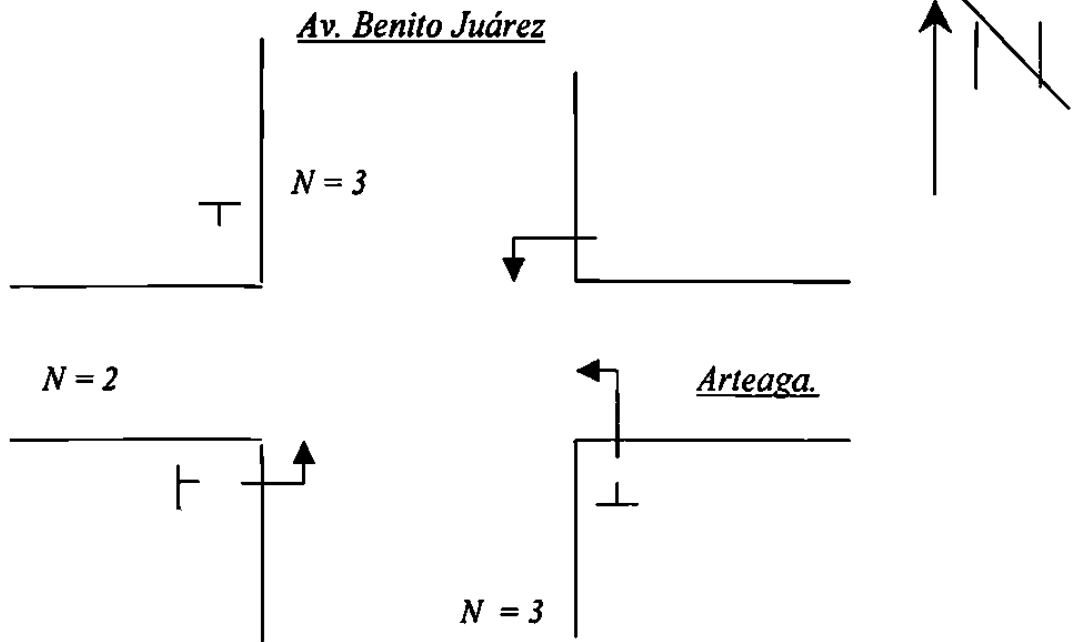
Total de vehículos: 1856 vehículos

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Inventario de semáforos.

Intersección: Av. Benito Juárez y Arteaga.

Croquis

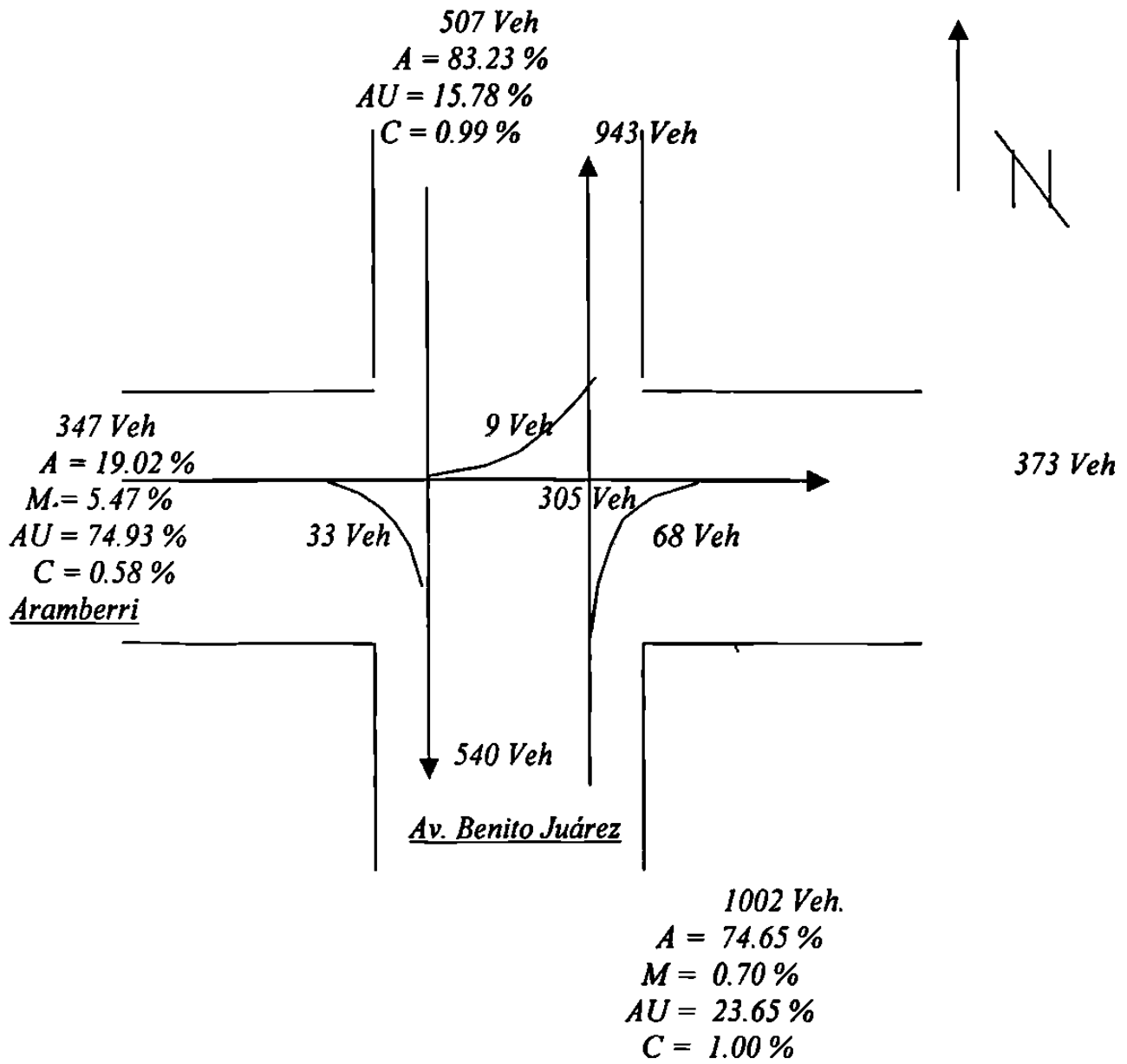


Donde: *N* es el número de carriles
 ┤ Señal de parada de autobús
 ─┬─ Semáforo

FASES	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz ámbar	Tiempo de luz roja
<p>Primera fase</p>	42	3	55
<p>Segunda fase</p>	55	3	42
<i>Tiempo del Ciclo = 103</i>			

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

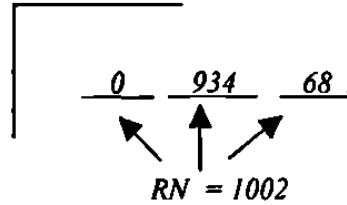
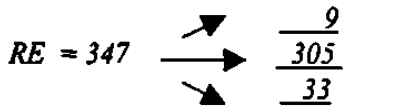
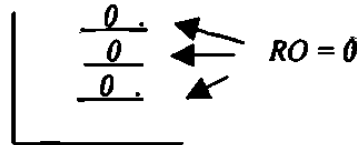
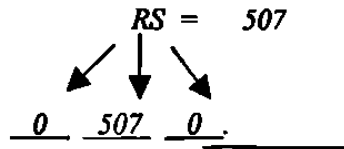
Volúmenes direccionales.



ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Intersección: Av. Benito Juárez y Arteaga
Ejemplo: Con los factores recomendados por el manual

Geometría y volúmenes.



Condiciones del camino y tránsito

Rumbo	Pen.	%HV	Carril para est.		NB	PHF	Conflicto peatones	Botón para peatón		Tipo de arribo
			Si/no	Nm				Si/no	tiempo	
RE	0	8.62	No	---	250	0.96	400	No	---	3
RO	0	---	No	---	---	0.96	400	No	---	
RN	0	3.34	No	---	35	0.96	400	No	---	4
RS	0	2.57	No	---	72	0.96	400	No	---	4

Pen.: pendiente en %

NB: Parada de autobús/hora

%HV: Porcentaje de vehículos pesados

PHF: Factor de hora pico

Nm: maniobras de estacionamiento/hora




FASES

D I A G R A M A								
	Tiempo	G = 42 Y+R = 3	G = 55 Y+R = 3	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y+R =

			DURACIÓN DEL CICLO 103 SEG.
VUELTA PROTEGIDA	VUELTA PERMITIDA	PEATONES	




ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Ajuste de volúmenes.

Arribo	Mov.	Vol. (VPH)	Factor Hora Pico	Valor de Flujo	Grupo de Carriles	Valor de Flujo para el Grupo de Carriles	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de Flujo	% de vueltas Der. o Izq.
RE	Vuelta Izq.	9	0.96	9						0.02
	Directo	305	0.96	318		361	2	1.05	379	
	Vuelta Derecha	33	0.96	34						0.09
RO	Vuelta Izq.									
	Directo									
	Vuelta Derecha									
RN	Vuelta Izq.	0	0.96	0						
	Directo	934	0.96	973		1044	3	1.1	1148	
	Vuelta Derecha	68	0.96	71						0.07
RS	Vuelta Izq.	0	0.96	0						
	Directo	507	0.96	528		528	3	1.1	581	
	Vuelta Derecha	0	0.96	0						

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Flujo de saturación.

Grupo de Carriles		Flujo Ideal de Saturación	Número de Carriles	Factores de Ajuste								Ajuste de Flujo de Saturación
	Mov.			f_w	f_{HV}	f_g	f_p	f_{bb}	F_a	f_{RT}	f_{LR}	
RE		1900	2	1	0.921	1	1	0.498	1	0.969	0.92	1554
RO												
RN		1900	3	1	0.968	1	1	0.953	1	0.976	1	5132
RS		1900	3	1	0.975	1	1	0.904	1	1	1	5024




ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Ajuste para vueltas izquierdas permitidas.

VARIABLES	RE	RO	RN	RS
Duración del ciclo, C (seg.)	103			
Luz verde efectivo, g (seg.)	42			
Número de carriles, N	2			
Flujo total por acceso, v_a (vph)	361			
Flujo del carril principal, v_M (vph)	361			
Flujo de vueltas izquierdas, v_{LT} (vph)	9			
Proporción de vueltas izquierdas, P_{LT}	0.02			
Carriles opuestos, N_o	0			
Flujo opuesto, v_o (vph)	0			
Proporción de vueltas izquierdas al volumen opuesto, P_{LTO}	0			
CALCULOS	RE	RO	RN	RS
$S_{op} = \frac{1900 N_o}{1 + P_{LTO} \frac{400 + v_M}{1400 - v_M}}$	0			
$Y_o = v_o / S_{op}$	0			
$g_u = (g - CY_o) / (1 - Y_o)$	42			
$f_i = (875 - 0.625v_a) / 1000$	0.875			
$P_L = P_{LT} \frac{1 + (N-1)g}{Fg_u + 4.5}$	0.04			
$g_f = g - g_u$	0			
$P_I = 1 - P_L$	0.96			
$g_f = 2 \frac{P_I}{P_L} (1 - P_I^{0.5g})$	0			
$E_L = 1900 / (1400 - v_a)$	1.357			
$f_m = \frac{g_f}{g} + \frac{g_u}{g} \frac{1}{1 + P_I(E_L - 1)} + \frac{2(1 + P_I)}{g}$	0.84			
$f_{LT} = (f_m + N - 1) / N$	0.92			

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Análisis de capacidad.

Grupo de Carriles		Ajuste del Valor de Flujo	Ajuste del Valor de Sat.	Relación de Flujo	Relación de Luz verde	Capacidad del Carril	Relación v/c	Grupo de Carriles Crítico
Rumbo	Mov. de Carriles							
Rumbo al Este		379	1554	0.244	0.41	637	0.595	0.244
Rumbo al Oeste								
Rumbo al Norte		1145	5132	0.224	0.53	2720	0.422	0.224
Rumbo al Sur		581	5024	0.116	0.53	2663	0.218	




Tiempo del Ciclo, $C = 103$
 Tiempo perdido por ciclo, $L = 6$

$$\Sigma (v/s) = 0.486$$

$$X = \frac{\Sigma (v/s) C}{C - L} = 0.497$$

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Nivel de servicio.

Grupo de Carriles		Primera Demora				Segunda Demora				Demora Total y Niveles de Servicio.		
Rumbo	Mov. de Carriles	Relación v/c	Relación de Luz verde g/C	Duración del Ciclo	Demora D1	Capacidad del carril	Demora D2	Factor de Ajuste por Sincronía	Demora del Grupo de Carriles	Nivel de Servicio por Carril	Demora por Acceso	Nivel de Servicio por Acceso
RE		0.595	0.41	103	18.02	637	1.1	1	19.12	B	19.12	B
RO												
RN		0.422	0.53	103	11.14	2720	0.05	0.838	9.38	A	9.38	A
RS		0.218	0.53	103	9.78	2663	0.005	0.838	8.2	A	8.2	A

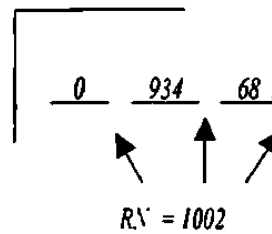
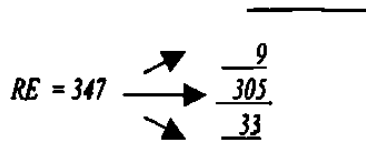
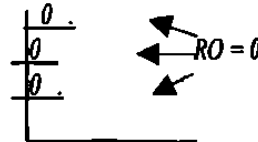
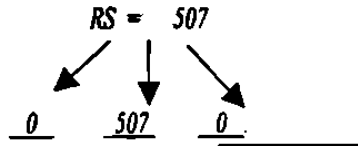
Demora de la intersección = 10.82

Nivel de servicio de la intersección = B

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Intersección: Av Benito Juárez y Arteaga
Ejemplo: Con el factor determinado

Geometría y volúmenes.



Condiciones del camino y tránsito

Rumbo	Pen.	%HV	Carril para est.		NB	PHF	Conflicto peatones	Botón para peatón		Tipo de arribo
			Si/no	Nm				Si/no	tiempo	
RE	0	8.62	No	---	250	0.96	400	No	---	3
RO	0	---	No	---	---	0.96	400	No	---	
RN	0	3.34	No	---	35	0.96	400	No	---	4
RS	0	2.57	No	---	72	0.96	400	No	---	4

Pen.: pendiente en % NB: Parada de autobús/hora
%HV: Porcentaje de vehículos pesados PHF: Factor de hora pico
Nm: maniobras de estacionamiento/hora




FASES

D I A G R A M A								
	Tiempo	G = 42 Y+R = 3	G = 55 Y+R = 3	G = Y+R =	G = Y+R =	G = Y-R =	G = Y-R =	G = Y-R =

			DURACIÓN DEL CICLO 103 SEG.
¡UELTA PROTEGIDA	¡UELTA PERMITIDA	PEATONES	




ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Ajuste de volúmenes

Arribo	Mov.	Vol. (VPH)	Factor Hora Pico	Valor de Flujo	Grupo de Carriles	Valor de Flujo para el Grupo de Carriles	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de Flujo	% de vueltas Der. o Izq
RE	Vuelta Izq.	9	0.96	9						0.02
	Directo	305	0.96	318		361	2	1.05	379	
	Vuelta Derecha	33	0.96	34						0.09
RO	Vuelta Izq.									
	Directo									
	Vuelta Derecha									
RN	Vuelta Izq.	0	0.96	0						
	Directo	934	0.96	973		1044	3	1.1	1148	
	Vuelta Derecha	68	0.96	71						0.07
RS	Vuelta Izq.	0	0.96	0						
	Directo	507	0.96	528		528	3	1.1	581	
	Vuelta Derecha	0	0.96	0						

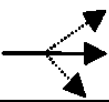


ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Flujo de saturación.

Grupo de Carriles		Flujo Ideal de Saturación	Número de Carriles	Factores de Ajuste								Ajuste de Flujo de Saturación
	Mov.			f_w	f_{lv}	f_g	f_p	f_{bb}	F_o	f_{rr}	i	
RE		1900	2	1	0.921	1	1	0.24	1	0.969	0.92	749
RO												
RV		1900	3	1	0.968	1	1	0.93	1	0.976	1	5008
RS		1900	3	1	0.975	1	1	0.854	1	1	1	4746

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Análisis de capacidad.

Grupo de Carriles		Ajuste del Valor de Flujo	Ajuste del Valor de Sat.	Relación de Flujo	Relación de Luz verde	Capacidad del Carril	Relación v/c	Grupo de Carriles Crítico
Rumbo	Mov. De Carriles							
Rumbo al Este		379	749	0.51	0.41	307	1.23	0.51
Rumbo al Oeste								
Rumbo al Norte		1145	5008	0.23	0.53	2654	0.43	0.23
Rumbo al Sur		581	4746	0.12	0.53	2515	0.23	

Tiempo del Ciclo, $C = 103$




Tiempo perdido por ciclo, $L = 6$

$$\Sigma (v/s) = 0.74$$

$$X = \frac{\Sigma (v/s) C}{C - L} = 0.786$$

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Nivel de servicio.

Grupo de Carriles		Primera Demora				Segunda Demora				Demora Total y Niveles de Servicio.		
Rumbo	Mov. de Carriles	Relación vc	Relación de Luz verde g'C	Duración del Ciclo	Demora D1	Capacidad del carril	Demora D2	Factor de Ajuste por Sincronía	Demora del Grupo de Carriles	Nivel de Servicio por Carril	Demora por Acceso	Nivel de Servicio por Acceso
RE		1.24	0.41	103	27.71	305	157	1	185	F	185	F
RO												
RN		0.43	0.53	103	11.2	2654	0.05	0.838	9.43	A	9.43	A
RS		0.23	0.53	103	9.85	2515	0.006	0.838	8.26	A	8.26	A

Demora de la intersección = 41

Nivel de servicio de la intersección = D

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

VIII. 3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

La comparación que se hace se realiza por cada sentido ya que en los tres accesos que tiene la intersección se cuenta con parada de autobús, en ambos ejemplos.

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos del análisis de capacidad realizado en la intersección, del primer ejemplo; con los factores recomendados por el manual y con el obtenido en esta investigación.

<i>Acceso</i>	<i>Factor de ajuste por parada de autobús f_{bb}</i>	<i>Demora en acceso (seg./veh.)</i>	<i>Nivel de servicio por acceso</i>
<i>Rumbo al norte Manual de E.E.U.U.</i>	0.803	9.22	A
<i>Rumbo al norte Investigación</i>	0.70	10.49	B
<i>Rumbo al sur Manual de E.E.U.U.</i>	0.876	7.93	A
<i>Rumbo al sur Investigación</i>	0.811	8.16	A
<i>Rumbo al este Manual de E.E.U.U.</i>	0.52	66.6	E
<i>Rumbo al este Investigación</i>	0.271	359	F

<i>Nivel de servicio de la intersección con el manual de E.E.U.U.</i>	<i>Nivel de servicio de la intersección con el factor de la investigación.</i>
B	D

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

Observando estos resultados se aprecia que las demoras aumentaron en más del doble en uno de los accesos, que según los datos obtenidos, es el que tiene que dar servicio a una mayor cantidad de autobuses, que es el acceso con rumbo al este, en el que, por lo tanto, se observa un cambio en el nivel de servicio, que es más bajo con el factor obtenido en esta investigación.

En cambio, en los accesos de la intersección con rumbos al norte y al sur no se encontró diferencia en el nivel de servicio ya que las demoras que se encontraron en estos accesos son poco significativas comparadas con el otro acceso.

Al conjuntar todas estas demoras, el nivel de servicio de la intersección varía de un nivel B a un nivel D, lo que marca una gran diferencia en el resultado obtenido utilizando el manual de los U.S.A. y el obtenido con el factor determinado en esta investigación.

Para el segundo ejemplo la comparación de los resultados se realizará por cada acceso, ya que existen con paradas de autobús en cada uno de ellos, como en el ejemplo anterior.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

<i>Acceso</i>	<i>Factor de ajuste por parada de autobús f_{bb}</i>	<i>Demora en acceso (seg./veh.)</i>	<i>Nivel de servicio por acceso</i>
<i>Rumbo al norte Manual de E.E.U.U.</i>	0.953	9.38	A
<i>Rumbo al norte Investigación</i>	0.93	9.43	A
<i>Rumbo al sur Manual de E.E.U.U.</i>	0.904	8.2	A
<i>Rumbo al sur Investigación</i>	0.854	8.26	A
<i>Rumbo al este Manual de E.E.U.U.</i>	0.498	19.12	B
<i>Rumbo al este Investigación</i>	0.24	185	F

<i>Nivel de servicio de la intersección con el manual de E.E.U.U.</i>	<i>Nivel de servicio de la intersección con el factor de la investigación.</i>
B	D

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD

También en esta intersección, el comportamiento es similar a la anterior, ya que se observa que las demoras aumentaron en más del doble en uno de los accesos, que es el acceso con rumbo al este; en el que por lo tanto, se observa un cambio en el nivel de servicio, que es más bajo utilizando el factor obtenido en esta investigación.

En cambio, en los accesos de la intersección con los rumbo al norte y al sur sí se nota diferencia en las demoras; aunque el nivel de servicio no varía. Estas demoras son mínimas, comparadas con las del acceso hacia el este. Aunque el valor de flujo crítico lo presentó el acceso hacia el norte, en la fase que comprenden estos dos accesos, la diferencia entre ambos no es significativa.

Al comparar los niveles de servicio, de la intersección, éstos varían de un nivel B a un nivel D, lo que marca una gran diferencia en el resultado obtenido utilizando el manual de los U.S.A. y el obtenido con el factor determinado en esta investigación.

CONCLUSIONES

Como toda la información con la que se cuenta sobre la capacidad vial en nuestro país esta basada en las características de los caminos y el comportamiento de los conductores en los Estados Unidos de América, principalmente, el uso de esta investigación da resultados muy diferentes para Monterrey y su área metropolitana, ya que el comportamiento y las condiciones prevalecientes acá son diferentes a las de U S A .

Al realizar esta investigación se observó que el efecto que causan las paradas de autobús, en la capacidad de las intersecciones semaforizadas, en nuestro caso. repercute en el nivel de servicio de las intersecciones, sobretudo por el gran número de transporte público que transita por la ciudad.

Ya que esta investigación tiene como objetivo el encontrar un factor adecuado para las condiciones que imperan en Monterrey y su área metropolitana, básicamente porque este factor afecta de manera significativa el análisis operacional y de diseño de las intersecciones semaforizadas, se concluye que se logró plenamente dicha finalidad.

Al comparar el nuevo factor con el obtenido y con el recomendado por el manual de Estados Unidos de América, en el Capítulo VIII, se puede entender de su Manual que el resultado obtenido por los valores recomendados por el manual es mucho más favorable que el que se obtuvo al usar el factor que se obtuvo en esta investigación.

Así se puede concluir que usar el factor del manual norteamericano trae como consecuencia tener una visión equivocada de la situación que impera en las intersecciones semaforizadas mexicanas, ya que estas estarán trabajando con niveles de servicio diferentes de lo real.

CONCLUSIONES

El factor que se obtuvo en esta investigación se determina con la siguiente fórmula:

$$f_{bb} = \frac{N - (21.87N_B / 3600)}{N}$$

Donde:

f_{bb} = Es el factor por parada de autobús

N = Numero de carriles

N_B = Número de paradas de autobús por hora

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Mexicana de Caminos, A.C.
Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.

Irwin Miller, John E. Freund
Probabilidad y Estadística para Ingenieros
Traducción: Francisco Javier Sánchez Bernabé
Editorial Prentice-Hall Hispanoamerica, Tercera Edición

Cal y Mayor Rafael
Ingeniería de Tránsito
México
Representaciones y Servicios de Ingeniería

U.S.A. National Research Council
Transportation Research Board (1994)
Highway Capacity Manual
Traducción: Josefina Elena Peña Leal.
Washington, D.C.

Castro Euan Gabriel Arcángel (1999)
Efecto que producen en la capacidad vial los vehiculos que dan vuelta izquierda protegida en intersecciones semaforizadas.
Tesis de Maestría
Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L.

Secretaria de Comunicaciones y Transporte
Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras
México
Primera y Quinta Edición

William R. McShane, Roger P. Roess
Polytechnic University
Traffic Engineering
Englewood Cliffs, New Jersey, Prentce Hall Polytechnic Series in Traffic Engineering

