



55  
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
• ARAGON •

AL SEÑOR MARIO AVALOS HERNÁNDEZ

FALLA DE ORIGEN  
EN SU TOTALIDAD

APUNTES DE INGENIERIA DE TRANSITO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**  
P R E S E N T A:

JOSE LUIS OLVERA ARRIAGA

Ing. Mario Avalos Hernández

FALLA DE ORIGEN

ENEP



ARAGON

San Juan de Aragón, Edo. de México

1995



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

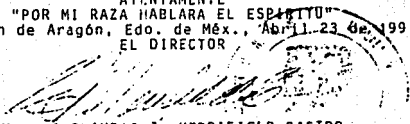
ARAGÓN  
DIRECCIÓN

JOSE LUIS OLVERA ARRIAGA  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 8 de abril del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. MARIO AVALOS - HERNANDEZ pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " APUNTES DE INGENIERIA DE TRANSITO ", con fundamento en el punto 6 y siguientes del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle -- que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPANOL"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., Abril 23 de 1991  
EL DIRECTOR

  
N en l CLAUDIO C. HERRIFIELD CASTRO.

- c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Ing. José Paulo Mejorada Mota, Jefe de Carrera de Ingeniería Civil.
- c c p Ing. Manuel Martínez Ortiz, Jefe del Departamento de Servicios Escolares.
- c c p Ing. Mario Avalos Hernández, Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/vr

FALLA DE ORIGEN

## INDICE.

<b>INTRODUCCION</b> .....	1
---------------------------	---

### CAPITULO 1. ELEMENTOS DE TRANSITO

1.1: EL PEATON .....	3
1.2. EL CONDUCTOR.....	2
1.3 EL VEHICULO.....	6
1.4 EL CAMINO .....	16
1.5: EL TRANSITO .....	33

### CAPITULO 2. ESTUDIOS DE TRANSITO

2.1: INVENTARIO .....	39
2.2: VOLUMEN DE TRANSITO.....	49
2.3 ORIGEN Y DESTINO .....	82
2.4. VELOCIDAD.....	105
2.5: ESTUDIOS DE ACCIDENTES DE TRANSITO.....	119
2.6: ESTACIONAMIENTO.....	143

### CAPITULO 3. CAPACIDAD VIAL

3.1: DEFINICION .....	169
3.2: CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO.....	175
3.3: FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD Y EL VOLUMEN DE SERVICIO .....	177
3.3.1: FACTORES RELATIVOS AL TRANSITO.....	191
3.4: ANALISIS DE CAPACIDAD Y VOLUMENES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES A NIVEL CONTROLADAS CON SEMAFOR .....	200
3.5: ANALISIS DE CAPACIDAD Y VOLUMENES DE SERVICIO EN ARTERIAS URBANAS Y SUBURBANA .....	213
3.6: ANALISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO EN LAS CALLES DE LA ZONA COMERCIAL DEL CENTRO DE LA CIUDAD .....	218
3.7: ANALISIS DE CAPACIDAD Y VOLUMENES DE SERVICIO EN VIAS DE ENLACE .....	221

### CAPITULO 4 VIALIDAD URBANA

4.1: URBANISMO .....	242
4.2: LA CIUDAD .....	245
4.3 PLANO REGULADOR .....	248
4.4. EL URBANISMO EN MEXICO .....	257
4.5 NUESTRO FUTURO URBANISTICO .....	276
4.6 ESTRUCTURA METROPOLITANA.....	279
4.7: ARTERIAS .....	287
4.8: OPERACION DEL TRANSITO .....	311
4.9: ELEMENTOS DE DISEÑO .....	344

### CONCLUSIONES

## **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION.

El automóvil y el autobús generaron una continua demanda para ampliación de la vía pública.

El camino está basado en ciertas características físicas del individuo como usuario del camino, de los vehículos y del camino mismo. Aquí se tratan algunos aspectos relativos al usuario como conductor; las características de los vehículos, el tránsito.

Los problemas del tránsito y de estacionamiento se identifican como hechos, que pueden resolverse en forma racional y la base para su solución puede considerarse de interés público. Con frecuencia es más económico en términos del tiempo, dinero y personal, al recopilar los hechos, analizar los datos y proponer soluciones factibles a los problemas, que involucrarse en discusiones interminables, que comúnmente resultan de un enfoque inadecuado del sector público para resolverlos. El estudio y análisis racional de los hechos, proporcionan los lineamientos básicos para mejorar el desplazamiento de bienes y personas, de forma tal, que se minimicen los costos y se maximicen la seguridad y la movilidad.

En la planeación, proyecto y operación de calles y carreteras, la demanda del tránsito, bien sea presente o futura, es considerada como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que una calle o carretera presta servicio a esta demanda, es conocida como capacidad.

Para determinar la capacidad se requiere no solo de un conocimiento general de las características de la corriente de tránsito,

sino también de un conocimiento de los volúmenes, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

Así mismo, no puede tratarse la capacidad de un camino, sin hacer referencia a otras consideraciones importantes, tales como la calidad del nivel de servicio proporcionado y la duración del periodo de tiempo considerado, debido a que la capacidad es uno de tantos niveles de servicio al cual puede operar un camino.

Los núcleos de servicio de la zona metropolitana en la estructura y el funcionamiento urbano y la necesidad de polarizar su localización, a fin de conformar un sistema estructurador integral que permita conformar núcleos y áreas autosuficientes de los servicios públicos, educativos, comerciales y de oficinas, evitando la gran concentración de las actividades comerciales y de servicios metropolitanos en la zona central de la metrópoli y la anárquica localización de algunos centros de servicios.

**CAPITULO 1**  
**ELEMENTOS DE TRANSITO**



## CAPITULO 1.

### EL PEATON.

#### 1.1 EL PEATON.

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

#### HABILIDAD DEL PEATON.

El peatón no se ha asimilado al medio: en general, aun no ha comprendido lo que significa el transporte automotor. En las actividades comunes del peatón en las calles, en la vida diaria, sigue existiendo una situación anormal.

La estadística de los peatones en nuestras ciudades nos indica que la gente no está preparada. Son personas que no están familiarizadas con el vehículo y no comprendiendo todavía las limitaciones del que lo va conduciendo, tratan de: atravesarse en su camino. No saben que ese conductor está imposibilitado de frenar en unos cuantos metros.

El peatón necesita darse cuenta de que el vehículo es un objeto de su vida diaria y así como enseñamos a los niños a leer y a escribir, necesitamos enseñarlo a defenderse de él y a mezclarlo en su vida diaria.

#### 1.2 EL CONDUCTOR.

#### REACCIONES FISICAS Y PSICOLOGICAS.

Hay dos tipos de reacciones en el individuo: la Reacción física o condicionada y la reacción psicológica.

La Reacción Condicionada está relacionada con el sector de conductores que han desarrollado ciertos hábitos. A las personas que están acostumbradas a utilizar cierta ruta especial, cierto camino o cierta calle, se les desarrolla un hábito que se convierte en destreza. Pueden llegar a cierto cruce y prever el peligro; pueden tener en cuenta cosas que la persona que pasa por primera vez no advierte. Entonces esas personas han desarrollado cierta habilidad, a la vez que una reacción condicionada, por haber usado ese camino muchas veces.

La Reacción Psicológica, en cambio, es un proceso intelectual que culmina en un juicio. Se trata de estímulos que son percibidos y enviados al cerebro. Después de obtener una reacción se llega a una decisión para actuar. Son reacciones intelectuales del individuo, pero están afectadas por las emociones y otras causas que pueden modificar las facultades del mismo.

El tiempo mínimo de reacción que se encontró en el promedio de los individuos, cuando el vehículo no está en movimiento, es de un cuarto de segundo, o sea 0.25 segundos.

Los factores que pueden modificar las facultades del individuo en este tiempo de reacción son los siguientes:

1. LA FATIGA.
2. ENFERMEDAD PROVOCADA, ALCOHOL, DROGAS, ETC.
3. EL ESTADO EMOCIONAL DEL INDIVIDUO.
4. EL CLIMA.

5. LA EPOCA DEL AÑO.
6. LAS CONDICIONES DEL TIEMPO.
7. LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.
8. EL CAMBIO DEL DIA.

#### DISTANCIA PARA DETENER UN VEHICULO.

La distancia total para detener un vehiculo depende del tiempo de percepción, del tiempo de reacción y del tiempo de frenado.

Generalmente se desprecia la distancia de percepción, para fines de proyecto, por la dificultad de precizarla. Para las otras dos se hace estimación conservadora del tiempo requerido.

Para el tiempo de reacción se pueden tomar valores de 0.75 seg. a 1 seg. Durante este tiempo se considera que la velocidad se mantiene uniforme, ya que la variación es muy pequeña.

La distancia de frenado depende de muchos factores: la fricción entre llantas y pavimento; peso del vehiculo; número de ejes; tipo de pavimento. etc. Sin embargo, estableciendo ciertas condiciones, es posible calcular dicha distancia.

Considerando el movimiento como uniformemente acelerado (aceleración negativa), a partir de la acción mecánica de pisar los frenos, en una superficie horizontal, tenemos:

$$d = vt + \frac{at^2}{2}$$

en donde:

v = velocidad en el momento de aplicar los frenos.

t = tiempo.

$a$  = aceleración.

D = distancia recorrida.

### 1.3 EL VEHICULO.

#### RENDIMIENTO DEL VEHICULO.

De cualquier manera, una revisión trae ciertas ventajas al estado general de los vehículos, como sigue:

1. Mejora su estado general.
2. Lo conserva a un mayor nivel comercial.
3. Ofrece la oportunidad de revisar el número de serie del motor, verificándolo contra la factura y permite también cooperar en la aplicación de la ley en algunos casos.
4. Mejora la calidad de la mano de obra en su reparación.
5. Proporciona una excelente oportunidad para informar a los conductores sobre la condición del vehículo y su responsabilidad bajo esas circunstancias.

#### POTENCIA.

Desde el nacimiento del vehículo de motor existe un incesante incremento en la potencia que desarrolla su motor. Este aumento se ha tornado más acelerado a partir de la última guerra mundial. Es natural que el fabricante responde a la necesidad del transporte proporcionando mayor capacidad de carga y mayor velocidad en camiones. Pero, por lo general, el automóvil ha alcanzado velocidades que rebasan la que permiten las condiciones del tránsito y el trazo de los caminos.

## DIMENSIONES DE VEHICULOS.

**AUTOMOVILES.**—La tendencia en la construcción de automoviles fue la de ir aumentando el tamaño de los vehiculos de manera gradual. En los automoviles se alcanzaron dimensiones máximas a las registradas en cualquier tiempo, después de la Segunda Guerra Mundial. La tendencia en los modelos posteriores ha sido limitar un tanto esas dimensiones máximas, como sucede en los modelos más populares. Lo anterior no incluye a los automoviles de 7 asientos, tipo limousine.

Desde la década de los sesentas hay tendencia a aumentar los vehiculos chicos en todo el mundo.

Con fines de proyecto se pueden utilizar los siguientes datos, que muestran los limites generales en dimensiones de vehiculos:

Longitud de defensa.....4.40-5.80 m.

AUTOMOVILES GRANDES	
DIMENSIONES	
Longitud (l)	Anchura (a)
(m)	(m)
5.30	1.90
5.35	2.00
5.50	2.00
5.58	2.00
5.46	1.98

Longitud de centro a centro de ruedas.....2.80-3.75 m.  
 Anchura total.....1.77-2.05 m.  
 Altura total.....1.55-1.74 m.

AUTOMOVILES MEDIANOS	
DIMENSIONES	
Longitud (l)	Anchura (a)
(m)	(m)
4.91	1.80

AUTOMOVILES CHICOS	
DIMENSIONES	
Longitud (l)	Anchura (a)
(m)	(m)
4.12	1.56

## RADIO DE GIRO.

Los distintos tipos de vehículos tienen movimientos que exigen radios mínimos de giro. Con base en observaciones y experimentos de orden práctica, a baja velocidad, tenemos los radios mínimos recomendados por la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras (AASHO), como se muestra en la figura 1.

Las características de los vehículos son muy importantes, tanto para la economía del transporte como para el proyecto del camino. Los factores que determinan un movimiento cómodo y rápido siempre son investigados a fin de reducir al mínimo los costos de operación de los vehículos, al mismo tiempo que se trata de adaptar los nuevos caminos a la evolución en el movimiento vehicular.

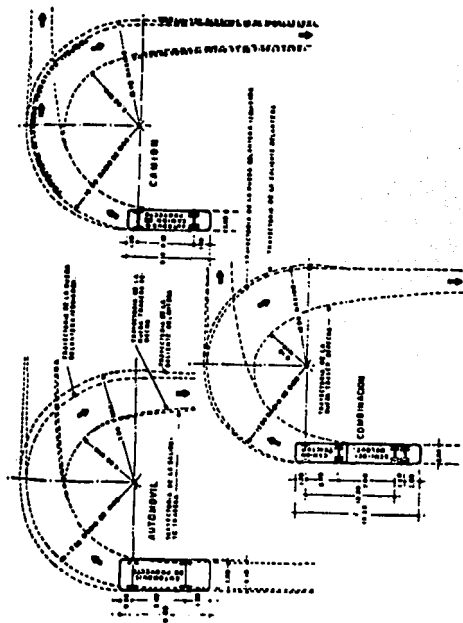
Un vehículo se sale de una curva por dos razones que pueden ocurrir independientemente o simultáneamente:

1. La sobreelevación de la curva no es suficiente para contrarrestar la velocidad.
2. La fricción entre las ruedas y el pavimento falla y se produce el derrape.

Las principales causas por las que un vehículo derrapa en las curvas son: hielo, arena y agua. La política más conveniente es disminuir la velocidad cuando se adviertan condiciones anormales.

## RADIO Y SOBREELEVACION DE CURVAS.

Un vehículo que se desplaza a lo largo de una curva ejerce una fuerza hacia afuera conocida como FUERZA CENTRIFUGA. De las leyes



**Radio de giro para vehiculos recomendados por la Asociacion Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras**

**FIGURA 1.**



de dinámica, en movimiento uniforme, sabemos que la fuerza es igual a la masa del cuerpo multiplicada por la aceleración:

$$F = m \cdot a$$

Sabemos también que la masa de un cuerpo es igual al peso del mismo dividido entre la aceleración de la tierra, que equivale a 9.81 m/seg.

La aceleración en el movimiento circular es igual a  $V^2/R$ , en donde  $V$  es la velocidad y  $R$  es el radio de la curva.

Por tanto, tenemos que la fuerza centrífuga vale:

$$F = \frac{P \cdot V^2}{R}$$

$$F_x = P_x + F_f$$

$$F \cos \theta = P \sin \theta + F_x \cdot x_f$$

$$F_x = F \sin \theta + P \cos \theta$$

La fuerza que detiene al vehículo sobre la carretera, al efectuar este movimiento, es el peso propio del vehículo, según su componente paralela a la superficie del camino y la fricción entre llantas y el pavimento. Estas dos fuerzas son función del peso propio.

$$F \cos \theta = P \sin \theta + f(F \sin \theta + P \cos \theta)$$

$$F \cos \theta = fF \sin \theta + P \sin \theta + fF \cos \theta$$

$$F \cos \theta = fF \sin \theta + P \sin \theta + fP \cos \theta$$

dividiendo entre  $\cos \theta$

$$F - fF \tan \theta = P \tan \theta + fP$$

$$\tan \theta = S \text{ y } F = \frac{P \cdot V^2}{g \cdot P}$$

$$g \cdot P$$

$$\therefore \frac{F V^2}{gR} = \frac{fF V^2 + s}{g r} = F s + fF$$

$$\frac{V^2 (1-fs)}{gR} = f + s$$

$\frac{V^2}{gR} = \frac{f + s}{1-fs}$
---------------------------------------

Simplificando y cambiando la velocidad en metros por segundo a kilómetros por hora y sustituyendo 9.81 por g, resulta:

$$S + f = 0.0079 \frac{V^2}{R}$$

Si, queda dado en fracción de metros de sobreelevación por metro de anchura del camino; f, como coeficiente de fricción y R en metros.

Vemos que el radio de la curva R crecerá en proporción al cuadrado de la velocidad. La sobreelevación debe limitarse por razones prácticas. Cuando se toma una curva a baja velocidad, una sobreelevación fuerte produce una tendencia a deslizarse hacia adentro de la curva, ya que la fuerza centrífuga es casi nula.

Un gran número de pruebas verificadas indican que la resistencia antiderrapante que debe desarrollar un vehículo al tomar una curva, dentro de un margen de seguridad, está representada por los coeficientes de fricción de 0.16, a velocidades de 50 y 95 kilómetros por hora y de 0.14 a una velocidad aproximada de 110 kilómetros por hora. Puede obtenerse mayor resistencia que la representada con estos valores

llegar a derrapar el vehiculo, pero no es aconsejable cuando se proyecta con especificaciones de seguridad y comodidad.

#### COSTO DE OPERACION.

El costo de operacion del automovil incluye la depreciacion del vehiculo, su conservacion y reparacion, gasolina y aceite, llantas, impuestos y en muchos casos renglones como póliza de seguro, renta de cochera, gastos de estacionamiento, etc.

El analisis de costos debe aplicarse a casos individuales en las circunstancias correspondientes, ciertas partidas de gastos figuraran en el caso de analizar costos de operacion de vehiculos comerciales y en cambio, no deberan considerarse en vehiculos de uso particular.

#### ANALISIS DEL COSTO DE OPERACION DE UN AUTOBUS.

##### GASTOS FIJOS: (S/Km)

1. Amortizacion o reserva para su reposicion.

$$A = \frac{\text{Costo inicial} - \text{valor de venta}}{\text{Años de vida útil} * \text{km recorridos anuales}}$$

2. Interés del capital. Producto mínimo seguro si el capital se invierte en valores.

$$I = \frac{\text{Costo inicial} * 8\% * \text{número de años útiles}}{\text{Kilometraje recorrido en esos años}}$$

3. Impuestos.

$$IP = \frac{\text{Tenencia} + \text{olacas} + \text{impuesto mercantil} + \text{etc.}}{\text{km recorridos en un año}}$$

4. Seguro y gestoria.

$$S = \frac{\text{Gasto anual de pagos fijos y eventuales}}{\text{km recorridos en un año}}$$

5. Combustible.

$$C = \frac{\text{Costo por litro}}{\text{Rendimiento en km por litro}}$$

6. Lubricantes.

$$L = \frac{\text{Costo cambio aceite, filtro y lubricantes}}{\text{km entre cambios de aceite}}$$

7. Llantas.

$$Ll = \frac{\text{km de vida útil juego} + \text{km vida 2 renovadas}}{\text{Costo juego} + 2 \text{ renovas.}}$$

8. Servicio y reparaciones menores.

$$SR = \frac{\text{Gasto anual ajustes y reparaciones por menores}}{\text{km recorridos en un año}}$$

7. Reparaciones mayores.

$$RM = \frac{\text{Gasto anual incluyendo reparaciones por accidentes}}{\text{km recorridos en un año}}$$

10. Operador.

$$O = \frac{\text{Salario} + \text{prestaciones y gratificaciones al año}}{\text{km recorridos en un año}}$$

11. Pensión y cuota administrativa en terminal.

$$P = \frac{\text{Gasto total en el año}}{\text{km recorridos en el año}}$$

**CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHICULOS PARA PROYECTO  
(SEGUN NORMAS DE LA SECRETARIA DE ASIENTAMIENTOS HUMANOS  
Y OBRAS PUBLICAS)**

Características		Vehículo de proyecto tipo					
		DE-335	DF-450	DF-610	DE-1220	DE-1525	
Longitud total del vehículo	L	300	315	730	1,225	1,575	
Distancia entre ejes extremos del vehículo	DE	335	450	610	1,220	1,525	
Distancia entre ejes extremos del tractor	DEa	—	—	—	597	915	
Distancia entre ejes del semitractor	DEs	—	—	—	762	910	
Volvo delantero	Vd	92	100	112	122	92	
Volvo trasero	Vt	155	160	163	162	61	
Distancia entre ejes tandem tractor	Te	—	—	—	—	122	
Distancia entre ejes tandem semitractor	Te	—	—	—	122	122	
Distancia entre ejes intermedios tractor	DI	—	—	—	597	685	
Distancia entre ejes intermedios semitractor	DI	—	—	—	701	794	
Ancho total del vehículo	A	214	244	259	259	259	
Ente-ada del vehículo	EA	183	214	259	259	259	
Altura total del vehículo	Ht	107	214-412	214-412	214-412	214-412	
Altura de la tapa del conductor	Hc	114	111	114	114	114	
Altura de los faros delanteros	Hf	61	61	61	61	61	
Altura de los faros traseros	Hf	61	61	61	61	61	
Ángulo de desviación del haz de luz de los faros	l°	l°	l°	l°	l°		
Radio de giro mínimo (m)	Rg	732	1,040	1,261	1,220	1,172	
Peso total (kg)	Vehículo vacío	Wv	2,500	4,000	7,000	11,000	14,000
	Vehículo cargado	Wc	5,000	10,000	17,000	25,000	30,000
Relación peso potencia (kg/Hp)	W/P	45	50	100	100	100	
<b>VEHICULOS REPRESENTADOS POR EL DE PROYECTO</b>		A	C2	B, C3	C2-S1 C2-S2	C2-S3 C1-BUS	
PORCENTAJE DE VEHICULOS DEL TIPO INDICADO CUYA DISTANCIA ENTRE EJES EXTREMOS (DE) ES MENOR QUE LA DEL VEHICULO DE PROYECTO		A	99	100	100	100	
		C2	50	50	50	100	
		C3	10	75	99	100	
		C2-S1	0	0	1	50	
		C2-S2	0	0	1	51	
		C2-S3	0	0	1	18	
		A	98	100	100	100	
		C2	62	58	100	100	
		C3	20	82	100	100	
		C2-S1	0	85	100	100	
		C2-S2	0	42	58	58	
		C2-S3	2	55	80	80	

FIGURA 2.

#### 1.4 EL CAMINO.

Entendemos por camino la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación camino incluye las calles de la ciudad.

#### CLASIFICACION DE TRANSITABILIDAD.

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

Camino pavimentado	Tratamiento superficial o concreto
Camino revestido	Transitable en todo tiempo.
Camino de tierra o terracerías	Transitable en tiempo de secas.

#### CLASIFICACION ADMINISTRATIVA.

Por lo general, es independiente de las características técnicas del camino. Hay una división según la dependencia del gobierno que tiene a su cargo la construcción, conservación u operación, como sigue:

Camino Federal	Directamente a cargo de la Federación.
Camino Estatal	A cargo de las Juntas Locales de Caminos.
Camino Vecinal	Construido con la cooperación de los particulares beneficiados. Para su conservación pasa a la clasificación anterior.
Camino de Cuota	A cargo de Caminos y Fuentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos. La inversión recuperable a través de cuotas de paso.

### CLASIFICACION TECNICA OFICIAL.

Permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino. Toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino y las especificaciones geométricas. Por lo general esta clasificación asigna categorías por número o letra.

TIPO ESPECIAL	Para un tránsito promedio diario superior a 3,000 vehículos y un tránsito horario máximo mayor de 360 vehículos.
TIPO A	Para un tránsito promedio diario de 1,500 a 3,000 y tránsito horario de 60 a 180 vehículos.
TIPO B	Para un tránsito promedio diario de 500 a 1,500 vehículos y tránsito horario de 60 a 180 vehículos.
TIPO C	Para un tránsito promedio diario de 50 a 500 vehículos y un tránsito horario de 6 a 60 vehículos.
TIPO BRECHA	Para un tránsito promedio diario hasta de 50 vehículos y un tránsito horario de 6 vehículos.

Una red de caminos, debidamente planeada, construida y conservada, es uno de los mas valiosos patrimonios de un país. Se encontrará siempre que un país de alto nivel de vida tendrá un buen sistema caminero: un país atrasado, tendrá una red deficiente.

## FARTES INTEGRANTES DE UN CAMINO.

En primer lugar tenemos la superficie de rodamiento. Es aquella faja que se ha acondicionado especialmente para el tránsito de los vehículos. En la carretera de primera categoría esta superficie será pavimentada. A ambos lados de la superficie de rodamiento están los COTAMIENTOS, que son las fajas laterales destinadas a alojar vehículos que se estacionan, por emergencia, a lo largo de la carretera. Paralelo a la carretera tenemos el drenaje longitudinal, también llamado CUNETA.

También pueden existir CONTRA-CUNETAS, en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.

Sigue el DRENAJE TRANSVERSAL, que está formado por las alcantarillas y estructuras mayores (puentes), que permitirán que el agua cruce de un lado a otro de la carretera, sin invadir su superficie.

## CLASIFICACION EN MEXICO

CAMINO TIPO	ESPECIAL	A	B	C	BRECHA
Tránsito Diario Promedio Anual	Más de 3,000	1,500-3,000	500-1,500	50-500	Hasta 500
Tránsito Horario máximo	Más de 360	180-360	60-180	6-60	6



DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA Y REBASE

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA m	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE m
40	55	140
50	70	190
60	85	240
70	105	290
80	120	340
90	140	390
100	165	450
110	190	500

INTERSECCIONES.

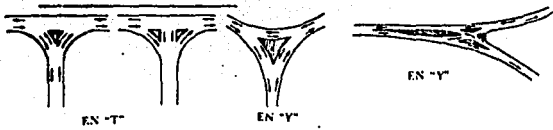
Destacamos dos tipos generales, que son: INTERSECCIONES A NIVEL e INTERSECCIONES A DESNIVEL.

INTERSECCIONES SIMPLES. Aquellas en donde la importancia del tránsito no amerita ningún trabajo especial más que el de nivelar el terreno, redondear las esquinas y facilitar la visibilidad, para permitir que los vehículos pasen de un lado a otro. INTERSECCIONES CANALIZADAS. Que permitirán, como su nombre lo indica, canalizar el tránsito de manera que el usuario no se le presenten varias decisio-

INTERSECCIONES A NIVEL



INTERSECCION SIMPLE



INTERSECCION CANALIZADA

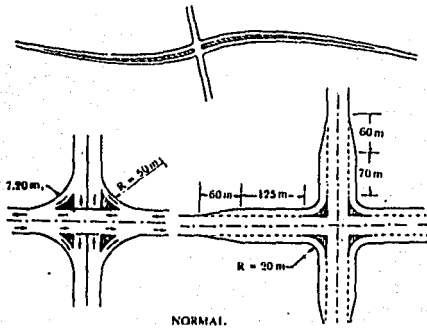


FIGURA 3.

nes a un tiempo. Debidamente dotadas de las señales convenientes, las intersecciones canalizadas pueden funcionar en condiciones óptimas y sin que el usuario se le presenten situaciones imprevistas; es decir, sin que se le presenten cambios bruscos.

**INTERSECCIONES A DESNIVEL.** Es decir, a un distinto nivel, precisamente para separar las corrientes de tránsito. En la intersección más moderna, la de tres distintos niveles, las vueltas izquierdas se efectúan directas y no mediante círculo completo a la derecha. En un TREBOL las vueltas izquierdas equivalen a dar un círculo completo a la derecha.

#### **INTERSECCIONES ROTATORIAS.**

Podemos definir como intersecciones rotatorias aquellas que operan con circulación continua, en un sentido, alrededor de una isla central, como: Glorieta - México y Colombia.

Para conocer mejor este tipo de intersecciones es conveniente conocer las diferentes partes que las componen. A la parte central, generalmente con tratamiento de jardín, se le llama ISLA CENTRAL. A las pequeñas partes que se encuentran en la unión de la intersección con las calles que convergen, y que generalmente son de forma triangular, se les llama ISLETAS DEFLECTORAS. A la distancia más corta entre dos isletas deflectoras se les llama DISTANCIA DE ENTRECRUZAMIENTO. La parte de arroyo de circulación alrededor de la isla central se denomina CALZADA DE LA INTERSECCION. A las calles que convergen en la intersección se les llama RAMAS.

Generalmente la circulación de las intersecciones rotatorias

se efectúa en el sentido a las manecillas del reloj.

De acuerdo con la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de la Vialidad se tienen las siguientes:

#### VENTAJAS:

- 1) Permiten un flujo ordenado y continuo, con bajos volúmenes en demoras por paradas.
- 2) Con un buen diseño los movimientos de entrecruzamiento reemplazan a los cruceiros directos comunes en los cruces a nivel, disminuyendo los conflictos. Las entradas y salidas se efectúan con movimientos convergentes y divergentes, en ángulos reducidos.
- 3) La mayoría de los accidentes que ocurren son de menor envergadura, generalmente causando solo daños materiales.
- 4) Se permiten todos los movimientos, aunque se requiere de distancias adicionales de recorrido para todos excepto para las vueltas derechas.
- 5) Son especialmente indicadas para intersecciones de cinco o más ramas.
- 6) Cuestan menos que un paso a desnivel con todas sus rampas en la misma superficie. Sin embargo, la capacidad de la intersección rotatoria generalmente será bastante más reducida.

#### DESVENTAJAS:

- 1) Una intersección rotatoria no puede alojar más tránsito que una intersección canalizada bien proyectada. En muchos ca-

- Los las intersecciones rotatorias han sido convertidas a intersecciones canalizadas, resultando en una mejor operación.
- 2) La intersección rotatoria deja de operar satisfactoriamente cuando dos o más ramas, especialmente si tienen cuatro o más carriles, registran volúmenes de tránsito que se acercan a su capacidad, al mismo tiempo.
  - 3) Generalmente requieren mayor derecho de vía y longitud de calzada, costando más, que las otras intersecciones a nivel.
  - 4) La gran superficie requerida limita su uso en zonas de mucha construcción.
  - 5) Como generalmente se requiere de terreno plano, en condiciones de topografía irregular puede resultar poco práctico construirlas.
  - 6) No son convenientes en ubicaciones con altos volúmenes de tránsito de peatones. Para dar paso a éstos, se requiere violar el requisito de flujo continuo. En algunas de estas intersecciones se presentan muchos atropellamientos.
  - 7) Pueden llegar a tener grandes dimensiones cuando conectan arterias de alta velocidad, para poder proporcionar las distancias de entrecruzamiento entre las ramas, o bien donde hay más de 4 ramas. Las intersecciones rotatorias grandes significan mayores distancias de recorrido, que deben ponderarse contra las demoras en intersecciones canalizadas.
  - 8) Para una operación óptima se requiere de un señalamiento apropiado, efectivo día y noche. El señalamiento que evite confusiones a los usuarios no habituados es difícil de lograr.

7) El costo de iluminación y la jardinería deberá ponderarse contra lo que de ellas requiera un cruceo canalizado.

#### TIPOS DE INTERSECCIONES ROTATORIAS.

Se puede encontrar intersecciones rotatorias de tres, cuatro o más ramas, simétricas y asimétricas, circulares o elongadas. Las anteriores condiciones físicas dependen del número y posición de las calles convergentes.

#### TIPOS DE INTERSECCIONES ROTATORIAS:

A- De tres ramas.

B- De cuatro ramas.

C- De cinco ramas.

D- Convertida a canalizada, con vuelta izquierda directa.

E- Convertida a canalizada, con vuelta izquierda indirecta.

#### VELOCIDAD.

Los vehículos deben poder circular a una velocidad uniforme para poder mezclarse con los otros y salir sin mayores problemas. Debe seleccionarse de antemano una velocidad de proyecto, la que debe guardar relación con las velocidades de las calles convergentes. No debe exigirse una reducción de velocidad demasiado fuerte al entrar a la intersección, ya que aumentarían los riesgos y se afecta la eficiencia de la operación.

La experiencia original en la operación de este tipo de intersecciones indicó que eran eficientes con velocidades de 25 a 40 km/h. En

cambio. en carreteras esas velocidades no eran deseables, sino que se vio que se requieren velocidades que se acerquen a la velocidad promedio en las carreteras convergentes. Para velocidades de proyecto mayores de 65 km/h se requiere de 130 m. Este radio en la parte interna de la calzada de la intersección significa un diámetro total del orden de los 300 m. El tamaño muchas veces resultara prohibitivo.

Lo anterior explica porque en las carreteras modernas, con una velocidad de proyecto alta, no se usan intersecciones rotatorias, quedándose éstas para los caminos secundarios.

#### ZONA DE ENTRECRUZAMIENTOS.

Esta zona puede ser de cruces simples, múltiples de un solo lado, o de los dos, según el proyecto. Generalmente esta zona permite un movimiento cruzado y dos que no lo son. Los cruces se realizan en la parte más angosta de la calzada. La longitud y la anchura de la zona de entrecruzamientos determina la capacidad de la misma.

#### LA ISLA CENTRAL.

El proyecto de la isla central es gobernado por la velocidad de proyecto de la intersección rotatoria, el número y ubicación de las ramas y las longitudes necesarias para el entrecruzamiento. La intersección se proyecta buscando la unión de la entrada de una rama con la salida de la siguiente, mediante la zona de entrecruzamiento más corta posible. Ciertas condiciones físicas locales pueden exigir que se dé alguna forma especial de la isla central.

El mejor procedimiento es plantear las ramas en un plano a esca-

la. A continuación deben trazarse las longitudes necesarias de entrecruzamiento para los volúmenes de la hora máxima demanda en cada una de ellas. Estas distancias se plantean como rectas. Después, se traza el polígono, dejando la anchura de la calzada centrada en las rectas anteriores. En este polígono interior habrá que ajustar las distancias y las curvas que unen las tangentes, con un radio adecuado a la velocidad del proyecto.

#### ANCHURA DE LA CALZADA.

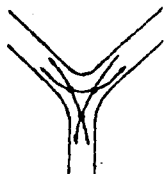
La anchura de la calzada debe tener la capacidad necesaria para alojar los volúmenes de tránsito máximos que se esperan. Generalmente la anchura de la calzada variará en las diferentes zonas de entrecruzamiento de la intersección. Sin embargo, la anchura mínima del tramo crítico gobernará el diseño. La anchura mínima se ha fijado en dos carriles de 3.60 m cada uno. Generalmente, la anchura mínima debe ser igual, o exceder, a la mitad de la anchura total de la rama máxima recomendada en zonas rurales es de cuatro carriles.

Para el cálculo de la anchura necesaria, medida en número de carriles, ya se citó la fórmula que relaciona los volúmenes de tránsito, el Factor de Influencia y el Volumen de Servicio. Con respecto a este último valor VS, deben usarse cifras de 800 a 1000 automóviles equivalentes por hora, por carril, para condiciones normales.

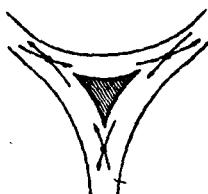
El alineamiento de la calzada debe permitir los cruzamientos y las vueltas derechas sin curvas inversas forzadas. De no lograrse esto habrá zonas sin uso y la anchura efectiva será menor.



UNA DECISION A UN TIEMPO



Separación de conflictos.  
Evita que el usuario tome  
más de una decisión a un  
tiempo



Tres conflictos en un  
mismo lugar. Obliga al  
usuario a tomar varias  
decisiones a un tiempo

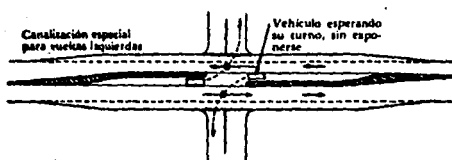
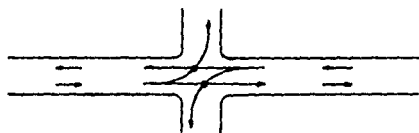


FIGURA 4.

## ENTRADAS Y SALIDAS.

La operación de la intersección rotatoria depende en mucho del comportamiento de los conductores a la entrada y salida de la misma. La corriente que entra puede realizar su movimiento convergente con eficiencia y seguridad si su velocidad es aproximadamente igual a la de la calzada. Esto se logra reduciendo la velocidad de la corriente de llegada y proyectando los accesos para una velocidad semejante a la de la calzada.

Las salidas deben tener un diseño tan bueno como el de la calzada y, de ser posible, permitir una mejor velocidad de salida, para fomentar el desalojo de la calzada.

## SOBRE-ELEVACIONES DEL PAVIMENTO.

En función de los radios y la velocidad de proyecto se deben proyectar las sobre-elevaciones del pavimento en las entradas, las salidas y en la calzada de la intersección rotatoria. Es difícil, en la práctica, lograr las sobre-elevaciones necesarias debido a curvaturas encontradas, que obligan a la construcción de 'lomos', donde la sobre-elevación cambia de pendiente. En estos casos es recomendable mantener dentro de ciertos límites la diferencia algebraica de las pendientes transversales, como sigue:

Velocidad el proyecto en la calzada (km/h)	Máxima diferencia algebraica de pendientes
40-50	0.06-0.07
50-65	0.05-0.06

#### DISTANCIAS DE VISIBILIDAD Y PENDIENTES.

Las distancias de visibilidad en las entradas deben ser suficientes para permitir a los conductores el necesario tiempo de reacción antes de incorporarse en la corriente de tránsito de la calzada. Esta distancia debe ser mayor que la distancia de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de proyecto de la rama, en su entrada.

En todo el desarrollo de la intersección se debe procurar tener poca o nula pendiente, a fin de que esta no obligue a reducciones de velocidad. Las pendientes longitudinales, en caso de existir, no deben ser de más de 3 % .

#### CONCLUSIONES.

- a) Las intersecciones rotatorias pertenecen más bien a la época anterior al advenimiento del vehículo de motor.
- b) Por sus características de operación y los elementos que las componen, las intersecciones rotatorias requieren de amplia investigación y cuidadoso estudio para lograr un proyecto adecuado.
- c) Si se cumplen los requisitos del proyecto, las intersecciones rotatorias requieren de grandes superficies, lo que las hace prohibitivas en zonas urbanas.
- d) No es recomendable alojar monumentos ni estatuas en las intersecciones rotatorias. Tampoco es conveniente dejarlos allí cuando la intersección es canalizada.
- e) Cuando se presentan fallas en la operación de las interseccio-

nes rotatorias pueden analizarse para ver que elementos fallen y en que medida. El mismo análisis puede orientar la necesaria solución.

- f) generalmente se obtiene mayor capacidad y mejores condiciones de seguridad en una intersección canalizada que una intersección rotatoria defectuosa.

#### CARRILLES DE ACELERACION Y DESACELERACION.

Un Carril de Aceleración es aquel que se adiciona a un camino, con longitud suficiente para permitir al vehículo que se incorpora, incrementar su velocidad de manera que pueda introducirse a la corriente de tránsito.

Un Carril de Desaceleración es aquel que se adiciona a un camino, con longitud suficiente para permitir al vehículo que sale, reducir su velocidad gradualmente, hasta aquella que le permita tomar la salida sin riesgo alguno.

El proyecto de carriles de aceleración o desaceleración, depende de la longitud necesaria para absorber la diferencia de velocidades y el tipo de curva que da entrada o salida al camino.

#### SENALES.

Conocemos tres tipos básicos de señales que son los siguientes:

- a) Preventivas.
- b) Restrictivas.
- c) Informativas.

#### SENALES PREVENTIVAS.

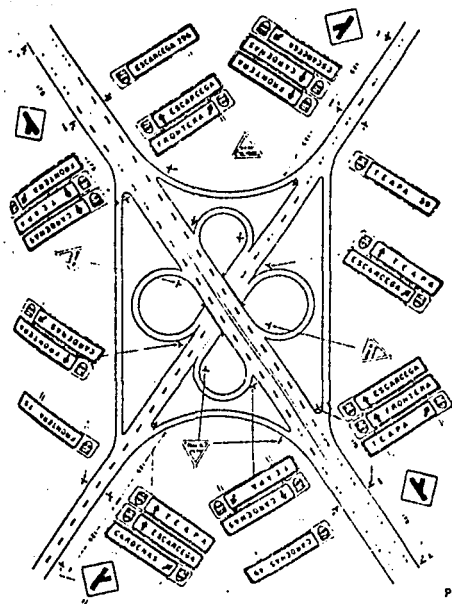
Son aquellas destinadas precisamente a prevenir un accidente. Su finalidad es dar al usuario un aviso anticipado de la existencia de un peligro potencial y cumplir con la Regla de Oro del tránsito que dice: QUE NO DEBEN EXISTIR CAMBIOS BRUSCOS. La forma aceptada es la de un cuadrado. Sus colores deben ser: fondo amarillo, con símbolo y ribete negros.

#### SENALES RESTRICTIVAS.

Son aquellas que tienen como finalidad expresar en el camino alguna fase del Reglamento de Tránsito, para su cumplimiento por parte del usuario. En general, tienden a restringir algún movimiento del mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada. Su forma será rectangular y deberá ser colocada con la dimensión mayor en forma vertical. Sus colores deberán ser: fondo blanco, círculo rojo, símbolos y ribete negros.

#### SENALES INFORMATIVAS.

Como su nombre lo indica, tienen como finalidad proporcionar alguna información al usuario, ya sea de tipo turístico, direccional, etc. Su forma será rectangular y deberán ser colocadas en sentido horizontal. Sus colores deberán ser: Fondo blanco, con letras y ribete negro. A diferencia de los otros tipos, sus dimensiones tienen mayor variación. Las señales informativas no tienen limitación en el tamaño, el cual se ajustará a las necesidades, pero si se recomienda



Proyecto de señalamiento tipo

FIGURA 5.

que no tenga más de tres rengiones de texto.

#### ANCHURA DE CARRILES.

El Departamento de Caminos Federales de los Estados Unidos, la asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y el Instituto de Ingenieros de Transito, recomiendan una anchura de carril ideal, de 3.60 metros. Se consideran velocidades de proyecto de 112 Kph y volúmenes de tránsito superiores a los 200 vehículos por hora, para esa dimensión.

#### 1.5 TRANSITO.

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de camino, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente de la demanda, es decir, del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición.

Un error en la determinación de estos datos ocasionará que la carretera funcione durante el periodo de previsión, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó o que se presenten problemas de congestionamiento.

#### DEFINICIONES.

VOLUMEN DE TRANSITO. Es el número de vehículos que pasan por un tramo de la carretera en un intervalo de tiempo dado; los intervalos más usuales son la hora y el día y se tiene el tránsito horario TH y el tránsito diario TD.

**DENSIDAD DE TRANSITO.** Es el numero de vehiculos que se encuentran en una cierta longitud de camino en un instante dado.

**TRANSITO PROMEDIO DIARIO.** Es el promedio de los volúmenes diarios registrados en un determinado periodo. Los más usuales son el tránsito promedio diario semanal TPDS y el tránsito promedio diario anual TPDA.

**TRANSITO MAXIMO HORARIO.** Es el máximo número de vehiculos que pasan en un tramo del camino durante una hora, para un lapso establecido de observación, normalmente un año.

**VOLUMEN HORARIO DE PROYECTO.** Volumen horario de tránsito que servirá para determinar las características geométricas del camino. Se representa como VHF.

**TRANSITO GENERADO.** Es el volumen de tránsito que se origina por la construcción o mejoramiento de la carretera y/o por el desarrollo de la zona por donde cruza.

**TRANSITO DESVIADO O INDUCIDO.** Es la parte del volumen de tránsito que circulaba antes por otra carretera y cambia su itinerario para pasar por la que se construye o se mejora.

#### **DETERMINACION DEL VOLUMEN DE TRANSITO.**

Para conocer los volúmenes de tránsito en los diferentes tramos de una carretera, se utilizan como fuentes los datos obtenidos de los estudios de origen y destino, los aforos por muestreo y los aforos continuos en estaciones permanentes.

**A) ESTUDIOS DE ORIGEN Y DESTINO.** Su objetivo primordial es conocer el movimiento del tránsito en cuanto a los puntos de partida y de



Debido a la limitación del tubo neumático, prácticamente no se emplea en estaciones permanentes. Otros tipos de detectores se listan a continuación:

1.-CONTACTO ELECTRICO: Este detector consiste en una base metálica, sobre la cual un cojín de hule vulcanizado sostiene una tira metálica flexible (fig 2-1). Este tipo de detectores tiene la capacidad de contar vehículos por un carril. Una versión temporal del mismo consiste en contactos metálicos separados por aire y un espaciador de hule (fig 2-2).

2.-FOTOELECTRICO: 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 2 o más carriles con volúmenes preestimados superiores a 1000 vehículos por hora. Debido a la gran variedad en las características y dimensiones de los vehículos, es difícil encontrar una altura apropiada del rayo luminoso, para que no cuente los ejes de los vehículos articulados o postes de las ventanas de los automóviles. Puede ser utilizado para contar exclusivamente el número de camiones. La fotocelda es un sistema simple y confiable, pero está limitada a bajos volúmenes de tránsito por problemas de precisión y su incapacidad para distinguir los volúmenes por carril.

3.-RADAR: El equipo electrónico 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 detecta un vehículo en movimiento. Los dispositivos del radar no están expuestos a deterioro por el paso del

términos de los viajes; adicionalmente se obtienen datos del comportamiento del tránsito, tanto en lo que se refiere a magnitud y composición como a los diversos tipos de productos que se transportan. Esto último con miras a determinar el grado de desarrollo de los sectores que integran la vida económica y social y la localización de los centros productores y consumidores, indicando la importancia que éstos guardan dentro de la economía.

El método más apropiado para estudios en carreteras es el de las entrevistas directas, ya que se obtiene en forma rápida y eficiente el origen, destino y un punto intermedio del viaje de cada conductor entrevistado, que es precisamente la estación. La duración de cada uno de estos estudios es variable, dependiendo del grado de confianza requerido.

En estos estudios se registran las rutas de los diferentes tipos de vehículos y los productos o pasajeros que transportan por cada sentido, así como las longitudes de recorrido. Se incluyen los volúmenes horarios de los diferentes tipos de vehículos registrados, por sentidos de circulación.

En los estudios recientes se han registrado, además, modelos y marcas de los vehículos. Esto ha sido una consecuencia de la necesidad de conocer con más detalle, los tipos de vehículos que transitan por las carreteras.

**MUESTREOS DEL TRÁNSITO.** El crecimiento de los volúmenes de tránsito en la red de carreteras, así como la variación de las composiciones de tránsito en la red de carreteras, así como la variación de las composiciones de tránsito, ha conducido a que se instalen esta-

ciones de aforo en toda la red, procurando que éstas capten el tránsito representativo de cada tramo, sin influencia apreciable de viajes suburbanos o de itinerarios muy cortos, y a su vez registren un tránsito promedio diario con base al periodo de una semana, el cual, correlacionado con estaciones muestras, dará como resultado un muestreo razonable cercano al tránsito promedio diario anual. Estas previsiones tienden a reducir las correcciones ocasionadas por las variaciones estacionales.

El conteo de los vehículos se realiza por medio de contadores manuales o electromecánicos, registrando estos volúmenes cada hora clasificándolos en (A) Vehículos ligeros, (B) Autobuses y (C) Vehículos pesados.

C) ESTACIONES MAESTRAS. Con el objeto de complementar, tanto los muestreos de tránsito como los estudios de origen y destino, se han instalado en diversos tramos de la red de estaciones permanentes, provistas de contadores automáticos, cuya finalidad es registrar las variaciones y comportamiento de las corrientes de tránsito durante todo el año. Desde el punto de vista estadístico, se ha zonificado la red nacional de carreteras, en tal forma que cada estación permanente tenga funciones de correlación con otras estaciones de muestreo.

#### COMPOSICION Y DISTRIBUCION DEL TRANSITO POR SENTIDOS.

Para determinar las características geométricas de un proyecto carretero, es necesario analizar, de acuerdo con el nivel de servicio que se pretenda que debe proporcionar el camino, durante el periodo de previsión, la composición y distribución del tránsito por

sentidos.

La fluidez del tránsito depende, además del volumen de tránsito, del porcentaje relativo de vehículos con características diferentes y de su distribución por sentidos.

La composición de tránsito puede estimarse con base en los datos registrados en los muestreos, estudios de origen y destino y en los proporcionados por el organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.

La distribución del tránsito por sentidos de circulación, es fundamental en el proyecto de carreteras de dos o más carriles, ya que puede obligar a prever una capacidad mayor y puede estimarse con base en los estudios de origen y destino o por los proporcionados por una estación maestra.

#### PREDICCIÓN DEL TRÁNSITO.

La predicción del tránsito es una estimación del tránsito futuro. Para hacer la predicción del tránsito existen diferentes métodos estadísticos:

A) Con base en la extrapolación de la tendencia media, ajustando una curva de regresión a la tendencia histórica del crecimiento del volumen de tránsito y extrapolando dicha tendencia para obtener los valores futuros y los intervalos de confianza de esas predicciones.

B) Realizando un estudio de regresión múltiple entre el volumen de tránsito y otros elementos, como pueden ser el consumo de gasolina, el registro de vehículos y Producto Nacional Bruto, extrapolando el crecimiento de los tres últimos, para obtener el volumen

de tránsito futuro.

En virtud de que en muchas ocasiones la falta de datos impide aplicar los métodos mencionados anteriormente, es necesario estimar en forma empírica, hipótesis de crecimiento pesimista, normal y optimista, para diferentes rangos de volúmenes de tránsito. Estas tasas de crecimiento se obtienen de la observación del incremento de tránsito en carreteras con varios años de operación.

La selección de la hipótesis queda al criterio de las personas que realizan la planeación o el proyecto, quienes deberán analizar previamente, el desarrollo socioeconómico actual y potencial de la zona.

**CAPITULO 2**  
**ESTUDIOS DE TRANSITO**

## CAPÍTULO 2.

### 2.1 INVENTARIO.

Un sistema adecuado de inventario puede basarse en una serie de mapas, complementado con álbumes de plano controlados con tarjetas como referencias de consulta. El sistema de tarjetas puede ordenarse en archivos, en carpetas o en una combinación de ambos.

Las oficinas estatales y municipales de vialidad y transporte pueden inventariar la ubicación de las señales y marcas sobre el pavimento en planos, en larguillas o en películas, complementados con fotografías de los detalles.

Los expedientes estatales y municipales típicos pueden incluir: el sistema vial, los tipos de pavimento, el derecho de la vía, el programa de mejoras, los límites de carga, los límites de velocidad y puntos críticos (puentes angostos, pasos con altura restringida, etc.).

#### ARCHIVOS OFICIALES.

Un archivo común de oficina, en vez del sistema de planos, debe incluir:

Reportes sobre accidentes.

Aforos de tránsito.

Ordenes de trabajo (fecha de instalación de señales).

Expediente de programación de semáforos.

Reportes de Análisis del tránsito.

Reporte anual actualizado de: km de calle (clasificadas para su función), número y tipo de señales, kilómetros de

señalamiento horizontal, número de estacionamientos, kilómetros de acera y cualquier otro dato estadístico relacionado con el tránsito.

#### CLASIFICACION OPERACIONAL DE LA RED VIAL.

El plano fundamental, para cualquier área, ya sea urbana o rural, independientemente de su tamaño, es el que muestra la clasificación de la red vial. Con el propósito de informar y simplificar la nomenclatura, se sugiere la clasificación y definiciones siguientes:

- 1.-Autopista o vía rápida proporcionadas para el conocimiento explícito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas a través o alrededor de la ciudad o áreas urbanas. Las autopistas o vías rápidas son caminos divididos con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos; en tanto que una vía rápida puede o no, tener algunas soluciones a desnivel y puede ser la etapa anterior de una autopista. Ambos tipos de arterias forman parte del sistema o red vial primario de una área urbana. En los planos de la red vial deben de emplearse símbolos diferentes para la identificación de las autopistas de las vías rápidas.
- 2.-Carreteras o 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. Estas calles tienen como función secundaria, proporcionar acceso a las

FALLA DE ORIGEN



propiedades colindantes. Las calles principales estan, por consiguiente, sujetas al control y reglamentacion de: los movimientos direccionales, el estacionamiento y la entrada a los predios. Con frecuencia son caminos divididos y pueden tener control parcial de sus accesos. Las calles principales se combinan entre si para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad (sus características geométricas pueden diferir aun dentro de una misma ciudad; sin embargo conserva su funcion).

3.-Calles Colectoras son las que ligan las calles locales, con las calles principales y carreteras mas proximas. Además estas calles proporcionan acceso a las propiedades colindantes.

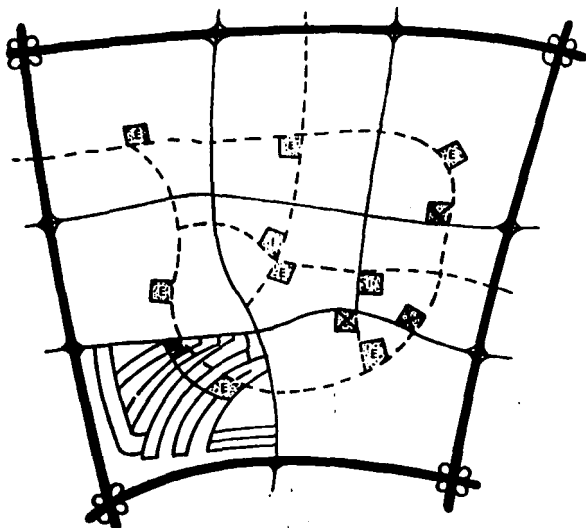
4.-Calles Locales proporcionan accesos directos a las propiedades, ya sean habitacionales, comerciales, industriales o de algun otro uso, además de facilitar el tránsito local y se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.

NOTA: La carretera escénica, puede ser cualquiera de las anteriores, con la condición de que cuente con paisajes, aspectos escénicos o que cruce un parque. Su uso puede ser restringido.

Un diagrama de los cuatro tipos de calles y su conexión con los con los generadores del tránsito se muestra en la figura 1-1.

Los sistemas estatales de carreteras emplean clasificaciones tales como: Autopista, Carreteras de alta velocidad, Carretera

## DISPOSICIÓN DIAGRAMÁTICA DE UN SISTEMA VIAL URBANO










- |   |                  |   |                                      |
|---|------------------|---|--------------------------------------|
|  | Centro comercial |  | Sistema de autopistas y vías rápidas |
|  | Escuela          |  | Sistema de calles principales        |
|  | Iglesia          |  | Sistema de calles colectoras         |
|   |                  |  | Sistema de calles locales            |

Figura 1-1 Diagrama esquemático que muestra los cuatro tipos de calles y los espacios o lugares específicos o generadores del tránsito de una localidad.

principal, Carretera secundaria, Carretera colectoras y Caminos de servicio local. Estos últimos una vez dentro de una localidad, frecuentemente se transforman en calles principales o colectoras, de acuerdo a la clasificación local.

El concepto "arterial" es considerado por algunos ingenieros de tránsito como inadecuado, ya sea para clasificación urbana o rural, ya que no es un término descriptivo de la función y presenta conflictos legales en algunos estados que no están al tanto de lo que es una red vial.

#### DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO EN INTERSECCIONES.

La instalación de dispositivos para el control del tránsito en intersecciones; tales como semáforos, señales de alto y ceda el paso, están íntimamente relacionadas con la función de las calles. Por lo tanto, es importante identificar su instalación en algunos de los mapas que muestran la clasificación de las calles. La fig. 1-2, ilustra un mapa para una ciudad pequeña e incluyen calles y semáforos en proyecto.

#### SENALES.

Es importante que se establezcan claves o símbolos para evitar confusión entre cual rama de la intersección está "controlada" y cual está "protegida" en cada una de las intersecciones que cuente con señales de alto o ceda el paso. En vista de la importancia que tiene la presencia o ausencia de señales de alto o ceda el paso, es esencial que este inventario sea continuamente actualizado, por medio

## CLASIFICACION VIAL Y DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO EN INTERSECCIONES



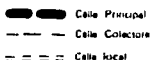
### SIMBOLOGIA

#### CLASIFICACION VIAL

##### EXISTE



##### PROYECTO



Calle Principal  
Calle Colectora  
Calle local

#### DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO

##### EXISTENTE



Semáforo  
Señal de alto  
Señal de ceder  
el paso

##### PROYECTO



Figura 1-2. Este mapa de una zona de la ciudad muestra la clasificación vial, el control en las intersecciones, así como las calles y semáforos en proyecto.

de las Ordenes de trabajo de cambios y de una inspección periódica en el terreno.

Además de mapa plano, algunas ciudades mantienen un expediente individual de cada una de las señales de alto o ceda el paso. Este es un procedimiento recomendable y de gran utilidad para aspectos legales y en los estudios de antes y después, en relación con los accidentes.

Una hoja de inventarios tipo, puede incluir:

- 1.- La ubicación general de la señal.
- 2.- El tipo de soporte de la señal (poste de luz, tubo, etc.) utilizando una simbología apropiada.
- 3.- La posición de la señal.
- 4.- Fecha de instalación y de la última recepción.
- 5.- Tipo y tamaño de la señal.

La fig. 1-3 ilustra una hoja tipo para inventario de las señales de alto y ceda el paso. Esta en particular, ha sido diseñada para archivar datos de las señales y de las marcas sobre el pavimento.

#### SEMAFOROS.

Con mucha frecuencia el personal responsable de la operación y conservación de los sistemas de semáforos de la oficina de ingeniería de tránsito requiere del empleo de planos especializados. Se emplean símbolos simples, para el control (de tiempo fijo, accionado por el tránsito, etc.) y los semáforos son parte de un sistema.

La segunda parte del inventario de semáforos consiste en un programa detallado de la operación de cada semáforo o sistema de

UBICACION \_\_\_\_\_ CALLE \_\_\_\_\_ Y CALLE \_\_\_\_\_

APRUBIADO \_\_\_\_\_

TRABAJO REALIZADO \_\_\_\_\_

NOTAS \_\_\_\_\_

TIPO DE OBRA \_\_\_\_\_

Pavimento en construcción \_\_\_\_\_

Pisos de peatones \_\_\_\_\_

Línea de alba \_\_\_\_\_

Separedor central \_\_\_\_\_

Cerchas \_\_\_\_\_

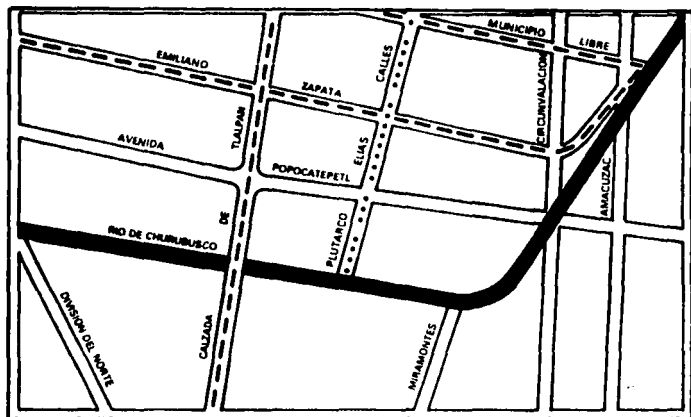
Longitud de la calle \_\_\_\_\_

Cajones de estacionamiento \_\_\_\_\_

Verbos \_\_\_\_\_

Figura 2-6. Tarjeta Típica para el inventario de calles de AHO y Coda el Paso, tiene además un espacio para incluir asfaltamiento horizontal y vertical.

1-3



SIMBOLOGIA

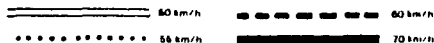


Figura 2-8. El inventario de velocidad se muestra generalmente sobre un plano de la ciudad. En este plano se usan corras, líneas o colores para diferentes límites de velocidad.

1-1

semaforos. El inventario se lleva a cabo en una carpeta de hojas sueltas; de esta manera es posible insertar hojas de nuevas intersecciones semaforizadas y facilmente se puede revisar su programación en caso de ser necesario. La información incluida en este inventario consiste de la ubicación de los semaforos, fecha en que entro en operación, tipo y fabricante del control así como los ajustes adecuados para el equipo accionado por el tránsito. Se debe incluir además información adicional en relación con tiempos de operación y periodos en destello. El registro mostrará finalmente los cambios cronológicos en la programación, para proporcionar un historial del control de los semaforos en la intersección.

#### ARCHIVOS GENERALES.

##### MAPAS DE RUTAS.

Existen cuatro elementos que pueden restringir las rutas de camiones, desviaciones o eventos especiales. Estos aspectos involucran los límites de peso, altura libre en las estructuras, calles con sentido único del tránsito y restricciones en los movimientos direccionales. La información relacionada con estos elementos puede graficarse en un mapa especial de rutas. Es importante actualizar las alturas libres de las estructuras en los casos de repavimentación de calles.

Los mapas de ruta de transporte público de pasajeros se prepara por separado y generalmente son realizados por las oficinas de transporte. Estos mapas pueden mostrar las paradas de los autobuses, nú-

mero de ruta, terminales, dirección del recorrido, tipo de servicio, etc.

#### LIMITE DE VELOCIDAD.

El inventario de límite de velocidad se ilustra generalmente en un mapa de la ciudad. La práctica usual es la utilización de símbolos, colores o combinación de ambos para identificar los diferentes límites de velocidad. En la mayoría de los casos, existe un límite de velocidad establecido en el reglamento de tránsito de cada localidad, el cual se aplica a todas las áreas residenciales o comerciales, a menos de que se indique otra disposición. Debido a que estos límites constituyen el mayor porcentaje dentro de la ciudad, por lo general no se señalan dentro del mapa. La fig 1-4 muestra parte de un mapa de una zona con límite de velocidad.

#### ARCHIVOS DE ESTACIONAMIENTOS.

Las restricciones al estacionamiento en la vía pública son una de las medidas más útiles y económicas para reducir los accidentes y proporcionar mayor fluidez al tránsito; por lo que es importante que el ingeniero de tránsito mantenga un inventario preciso y actualizado de las prohibiciones al estacionamiento dentro de su jurisdicción. Si existen normas en relación con las restricciones en lugares como: hidrantes contra incendios, entradas, intersecciones controladas con semáforos, intersecciones con señales de alto, cruces de peatones, etc. será posible inventariar el resto de las restricciones en un solo mapa de la ciudad, entonces puede emplearse una especie de mapas



de escala mayor que abarquen áreas pequeñas.

Los estacionamientos y límites de tiempo para estacionarse se indican en los mapas de las calles próximas a/o de las áreas comerciales, anotando los días y horas de operación. Debe indicarse además en el mapa, el número de estacionómetros para cada acera.

La capacidad de los estacionamientos fuera de la vía pública, así como alguna restricción en cuanto al límite de permanencia en instalaciones públicas o privadas es de gran utilidad para el ingeniero de tránsito. Debe inventariarse la oferta de estacionamiento en el centro comercial y de negocios; así como en las zonas periféricas con áreas comerciales, industriales o de alta densidad en departamentos.

## 2.2 VOLUMENES DE TRANSITO.

Los aforos se toman para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, entran a una intersección o usan partes de un camino; como un carril, un paso de peatones o una acera. Dichos aforos son muestras de los volúmenes actuales. El período de la muestra puede variar entre unos cuantos minutos y una semana o más. Existen estaciones denominadas de aforo permanente en las que se registran los datos en cada una de las horas del año y representan una muestra del volumen vehicular anual para el camino donde están instaladas.

### MÉTODOS DE AFORO.

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registro automático) y el manual.

## AFORO MECANICO.

Hay equipos mecanicos tan sofisticados como las camaras fotograficas que pueden emplearse para registrar datos en periodos de una hora o menos. La mayoria de los contadores automaticos se instalan en lugares especificos y en periodos de un dia a una semana. En cualquier caso, el equipo es portatil; ya que los equipos fijos estan disenados para registrar los volumenes de tránsito de una manera continua y permanente.

El registrador automatico debe ser considerado en la mayoria de los aforos en que se requiere más de 12 hrs. de datos continuos del mismo lugar. Este tipo de aforo tiene gran aplicacion en aquellos casos en donde solo sea necesario un simple conteo del número de vehiculos (sin separar el tipo de vehiculos, la direccion, los movimientos direccionales en intersecciones, peatones, uso del carril, etc.). Bajo ciertas condiciones los aforos direccionales o de un carril separado pueden obtenerse mecanicamente.

Sin embargo la mayoria de los aforos automaticos son obtenidos y utilizados para:

- 1.-Determinación de la variación de horario (en particular la selección de horas de máxima demanda).
- 2.-Determinación de las variaciones periodicas o diarias, así como de las tendencias de crecimiento.
- 3.-Estimación del tránsito anual (empleado en los cálculos y diseño estructural de los pavimentos).

## CONTADORES MECANICOS PORTATILES.

Existen tres tipos generales de contadores portatiles:

- 1.-El llamado contador "Menor"; que es continuo con disco graduado visible y emplea batería eléctrica.
- 2.-Una versión especial del anterior, es el denominado Contador Periódico, que consta de un reloj que puede programarse para iniciar a una hora determinada y operar solo durante un periodo preestablecido.
- 3.-El contador "Mayor", constituido por un reloj, un contador reajustable, una máquina impresora y perforadora o un marcador estilográfico, un rollo de cinta o una gráfica circular y una batería eléctrica.

Estos contadores usan tubos neumáticos colocados sobre el camino, los cuales transmiten impulsos de aire generados por el paso de los vehículos por cada dos impulsos de aire. El contador debe leerse y registrar los datos al principio y al final del aforo, ya que no dispone de impresor.

El contador mayor con impresor de cinta almacena, los impulsos en un registro continuo y cuando el reloj marca el periodo, imprime los resultados en una sumadora continua de cinta. Los contadores de cinta impresa, imprimen durante intervalos de 15 minutos o de una hora. En cualquier tipo al término de cada hora el contador regresa a cero automáticamente.

El contador de gráfica circular puede registrar volúmenes entre 0 y 1000 vehículos para intervalos de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos.

Estos pueden registrar de 24 hrs. a 7 días dependiendo del equipo. Los estilógrafos del contador se desplazan sobre la grafica en respuesta al paso de los vehículos y de acuerdo con el periodo de aforo prefijado, el brazo del estilógrafo regresa a la posición cero en el centro de la grafica al finalizar este periodo.

También están disponibles los registradores de cinta perforada. La cinta de este tipo de contador puede procesarse en la oficina utilizando un equipo traductor, el cual, conectado a la máquina perforadora, producirá tarjetas perforadas o cintas para tabulación por computadora.

Bajo ciertas condiciones, también puede utilizarse equipo fotográfico para conducir aforos de tránsito. Esto generalmente requiere un equipo especial y de una posición elevada. Se toman fotografías seriadas con tiempos para dar un inventario periodico o virtualmente continuo del flujo de tránsito. Sin embargo, debido al costo del equipo, es necesario cuidarlo mediante el empleo de asistentes. La película del movimiento del tránsito se toma generalmente a velocidades entre 60 y 300 cuadros por minuto. El volumen se cuenta manualmente mediante la proyección de la película, cuadro por cuadro, en una pantalla. El costo es elevado y requiere de mucho tiempo, por lo que este equipo se encuentra limitado a ciertos estudios de investigación.

Prácticamente todo el equipo portátil para el aforo del tránsito está constituido por contadores de tipo "Menor y Mayor", con los tubos neumáticos. El tubo en cuestion consiste en una manguera de hule flexible sujeta al pavimento en forma perpendicular a la

dirección de tránsito por aforar. Uno de los extremos del tubo se lleva y el otro se conecta a un interruptor de presión. El paso de las ruedas del vehículo sobre el tubo desplaza un volumen de aire, creando así una presión en el interruptor. Esta presión mueve los contactos del interruptor, cerrando el circuito eléctrico y activando al contador. Cada dos impulsos se registran como un vehículo.

La localización de la manguera es importante debido a que es necesario sujetar el contador, ya sea a un árbol o a un poste u otro elemento fijo. La manguera debe estar alejada de la trayectoria de la vuelta para evitar que un vehículo al no entrar en ángulo recto duplique su contabilidad. Esto generalmente significa que la manguera deberá colocarse a unos 30 m. de alguna intersección o de alguna entrada principal. La manguera no deberá colocarse en zonas sujetas a fricciones tales como: curvas pronunciadas ó expuesta a frenado o aceleración bruscos. El pavimento debe ser lo suficientemente plano, sin baches, para evitar un desperfecto en la manguera, tampoco deberá colocarse sobre vías ferreas.

La ubicación debe seleccionarse de tal manera que se disminuya la probabilidad de vehículos estacionados o parados sobre la manguera; igualmente deberá evitarse zonas de vehículos esperando el siga de los semáforos, el paso de trenes, casetas de peaje, puente levadizos, etc.

Donde exista una faja separadora central (camellón) es posible efectuar aforos direccionales. Normalmente se emplean dos contadores separados para este caso. También se pueden obtener aforos direccionales confiables en caminos de doble sentido con cuatro carriles o

ma, si se hace que el extremo de la manguera termine de 1 a 2 m antes de la línea divisoria central.

Los contadores portátiles tienen muchas limitaciones, incluyendo un máximo de cuatro carriles de cobertura, un conteo menor, debido al paso simultáneo de dos vehículos en carriles paralelos y un sobre conteo o conteo mayor, en el caso de vehículos con 3 o 4 ejes o que crucen la manguera en diagonal. La precisión es rara vez mayor del 90 por ciento.

Otras limitaciones con la posibilidad para detectar movimientos direccionales y clasificar a los vehículos. La duración de la batería también es un problema, así como el peso relativamente alto del contador Mayor y los actos de vandalismo. La presencia de hielo o nieve en el pavimento puede condicionar o inhabilitar el uso de contadores portátiles está limitado a caminos pavimentados.

#### CONTADORES MECANICOS PERMANENTES.

Los contadores permanentes semifijos pueden utilizar un gran número de detectores incluyendo el tubo neumático, placas de contacto eléctrico, fotoceldas, radar, magnéticos, ultrasonicos, infrarojos y gazas de inducción.

Algunas instalaciones permanentes solo tienen el detector en la estación de aforo, mientras que los impulsos son transmitidos a una estación central para su registro. La transmisión se logra mediante líneas telefónicas rentadas, radio u otros medios, dependiendo de los requerimientos, disponibilidad y costos. Otros sistemas utilizan la recolección manual de cintas que son llevadas a la oficina central.

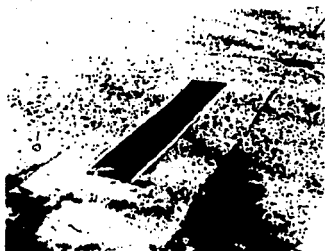


Figura 2-1- Detector de placa de contacto eléctrico.

2-1



Figura 2-2- Detector temporal de contacto eléctrico.

2-2



Figura 2-3- Detector magnético.

FALLA DE ORIGEN

tránsito y son precisos y confiables. Sin embargo, su costo inicial y algunos aspectos de mantenimiento son mayores que en otros aparatos de aforo.

4.-MAGNETICO: Este equipo registra una señal o impulso causado por un vehículo en movimiento que cruza un campo magnético (fig 2-3). La unidad no tiene problemas de deterioro por el tránsito ni es vulnerable al hielo o la nieve. Sin embargo, si se encuentra en las cercanías, tanques de almacenamiento o cables subterráneos, etc. pueden dificultar su uso, si no es que imposibilitarlo.

5.-GAZAS DE INDUCCION: Las gazas de inducción son una variación del detector magnético. El dispositivo depende de un cambio en la inductancia eléctrica de un circuito rectangular de alambre de cobre sepultado bajo el pavimento para detectar el paso 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, este no puede separar los volúmenes adyacentes; por lo que se recomienda gazas separadas para cada carril.

6.-ULTRASONICOS: Este detector utiliza una onda ultrasonica generada por un diagrama vibratorio. Este detector puede identificar tanto vehículos parados como en movimiento (sensor de presencia). El detector no sufre deterioro por el tránsito, hielo o nieve, ni tampoco vulnerable a los riesgos de tránsito. Es preciso, pero tiene un costo inicial elevado.

Los contadores o detectores permanentes tienen algunas de las limitaciones descriptiva para los contadores portátiles. Las principa-



les desventajas son: la incapacidad de detectar a 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 y salida proximas a una intersección o desnivel; de la misma manera debe evitarse colocarlos cerca de intersecciones o de entradas principales.

#### AFOROS MANUALES.

Uno o más aforadores, para recopilar datos en lugares específicos, puede emplearse de manera que se observe y obtenga la información detallada de:

- 1.-Clasificación de vehículos (camiones por tamaño, peso, número de ejes etc. autobuses, automóviles, motocicletas, bicicletas)
- 2.-Movimientos direccionales en una intersección o una entrada.
- 3.-Dirección de recorrido.
- 4.-Procedencia de los vehículos por medio de las placas.
- 5.-Movimientos peatonales en los pasos peatonales y en las aceras y clasificación por edad (escolar o adulto).
- 6.-Uso de carril o longitud de colas.
- 7.-Número de pasajeros por vehículo (ocupancia).
- 8.-Obediencia a los dispositivos para el control del tránsito.

#### PROCEDIMIENTO DE CAMPO PARA EL AFORO MANUAL.

En su forma más simple el aforo manual requiere de una persona con un lápiz, anotando rayas en una hoja de campo. En intersecciones con bajo volumen, todos los volúmenes incluyendo la clasificación ve-

# AFORÓ DE MOVIMIENTOS DIRECCIONALES EN UNA INTERSECCION

## HOJA DE CAMPO — 4 ACCESOS

N/S Calle \_\_\_\_\_ De las \_\_\_\_\_ a las \_\_\_\_\_

O/P Calle \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

A = Automóviles, camionetas, motocicletas y pick ups

Condiciones atmosféricas \_\_\_\_\_

C = Otros camiones (registrar cualquier autobús escolar como AE, otro autobús como B)

Observador \_\_\_\_\_

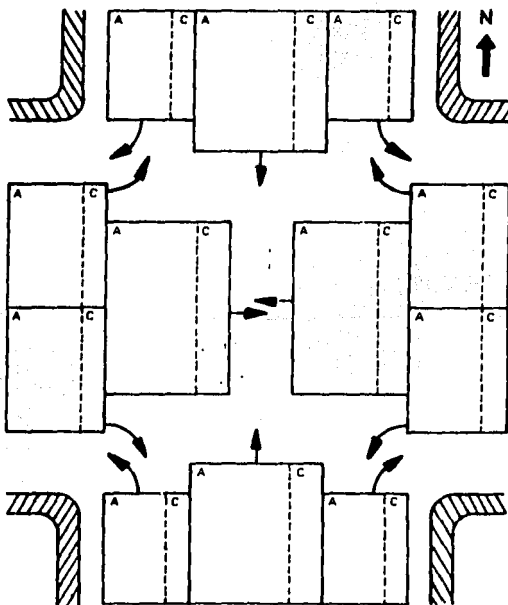


Figura 2 Ejemplo de hoja de campo para una intersección de 4 accesos

hiculares pueden ser anotados por una sola persona, utilizando una hoja de campo como la mostrada en la figura 2-4. Tales estudios pueden incluir los cruces de los peatones con escaso volumen, pueden registrarse otros datos tales como: Las violaciones a los dispositivos para el control del tránsito.

Una persona puede manejar de 6 a 12 movimientos direccionales dependiendo del grado de simultaneidad del flujo y de los volúmenes. De manera que una intersección formada por calles locales o calle local con colectoras puede ser aforada por una sola persona. En intersecciones con mayores volúmenes de tránsito (especialmente aquellas controladas por semáforos), comúnmente se requiere de dos o más aforadores para registrar los movimientos vehiculares. La fig 2-5 muestra una hoja de campo para dos accesos, que puede ser empleada en este tipo de aforo. Es importante incluir una flecha que señale el norte en cada hoja de campo y que la hoja se coloque en la posición correcta para que corresponda al norte.

Para los aforos de acceso y salida de la entrada a una propiedad con volúmenes elevados, se debe emplear una forma especial como la que se muestra en la fig 2-6. La hoja cuenta también con espacio para tabular el cruce de peatones o bicicletas que utilizan la acera por donde cruzan los vehículos que entran y salen de la propiedad.

La clasificación de los vehículos puede ser tan simple como la distinción entre automóvil y camión. En tal caso los automóviles, camionetas, furgones y motocicletas son simbolizados por la letra "A". Los camiones y autobuses se representan mediante la letra "C" y los autobuses escolares representan las letras "EE".

## VOLUMEN DE VEHICULOS

De las \_\_\_\_\_ a las \_\_\_\_\_

Coloque la hoja con la fecha apuntando hacia el Norte

Fecha: \_\_\_\_\_

De Norte a Sur \_\_\_\_\_

De Oriente a Poniente \_\_\_\_\_

En \_\_\_\_\_

En \_\_\_\_\_

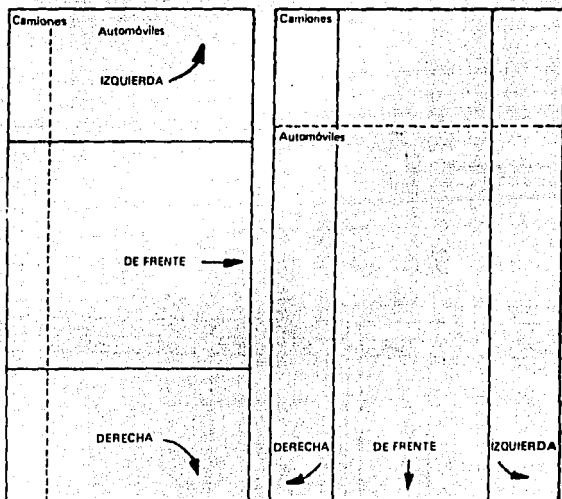


Figura 2-36 Ejemplo de una hoja de conteo para una intersección de dos accesos con volúmenes de tránsito importantes.

2-5

FALLA DE ORIGEN

## HOJA DE CAMPO PARA AFORAR ACCESOS A LAS PROPIEDADES

De las \_\_\_\_\_ hrs. A las \_\_\_\_\_ hrs.  
Calle \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Ubicación \_\_\_\_\_ Condiciones atmosféricas \_\_\_\_\_

Indicar Norte con flecha Observador \_\_\_\_\_



Notas \_\_\_\_\_

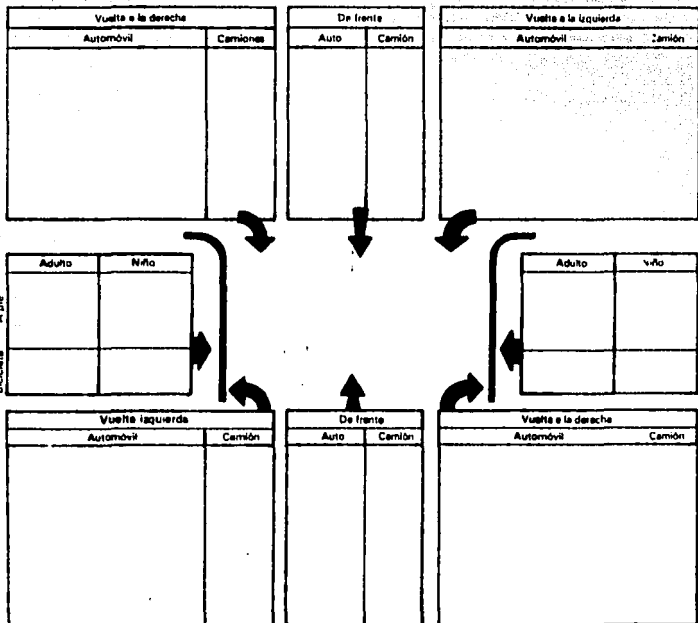


Figura 2.17. Ejemplo de un leme de aforo para los accesos a las propiedades, incluyendo los conflictos con peatones y bicicletas.

En muchas oficinas de tránsito se utiliza una descripción más detallada de los vehículos comerciales por número de ejes y peso. El grado de la clasificación de los camiones dependerá del propósito del aforo. A menos que sea necesaria una clasificación especial para el diseño de puentes o carreteras, la inclusión de automóviles, camionetas, furgonetas y otros camiones ligeros con cuatro ruedas, es perfectamente consistente para el análisis de flujos y capacidad. Estos vehículos tienen características de operación similares a las de los automóviles, mientras que en el caso de los camiones, su capacidad de aceleración es decididamente un momento simplificado para instruir a los aforadores para que distingan entre automóviles y camiones haciendo notar que por lo general los primeros se mueven sobre dos a 4 ruedas y los últimos requieren de un número mayor de cuatro.

Los estudios de longitud de colas de espera en intersecciones congestionadas pueden realizarse con el propósito de determinar localizaciones aceptables para las entradas principales. Se establecen puntos de referencia convenientes a diferentes distancias de la intersección, utilizando objetos fijos existentes como: postes, árboles, señales u otros objetos de fácil observación. Los aforos se realizan en periodos de ciclos de los semáforos (o cada 60 seg. en un acceso controlado por una señal de alto). Cuando se toman estos datos en intersecciones controladas con semáforos, los aforos deben realizarse a partir del inicio de cada observación, la localización final de la cola de vehículos se anota en términos de los diferentes puntos de referencia.

Al final del estudio, el número de veces de que cada punto de

referencia fue alcanzado por la cola es dividido entre el número total de ciclos u observaciones. Las cifras resultantes proporcionan el porcentaje de tiempo que cada punto alcanza al menos momentáneamente por la cola del tránsito durante la hora máxima demanda, desde el dispositivo para el control.

Se puede emplear contadores mecánicos manuales, con la mayoría de las formas de campo. En la forma más simple uno, dos o tres contadores pueden utilizar para contabilizar solo los mayores movimientos de automóviles, registrado los camiones y los movimientos direccionales menores, marcandolos con pequeñas rayas.

Cuando termina un periodo de aforo, el aforador registra el número de vehículos de cada movimiento. Entonces puede regresar a cero los contadores (en condiciones de tránsito ligero), o continuara operando el contador, considerando las cifras acumuladas. En este caso, la lectura anterior debe registrarse para obtener el aforo real de cada periodo. Al terminar el aforo se anotará la cifra final, antes de retirarse del lugar estudiado.

#### PERIODOS DE AFOROS.

Como regla general, los aforos realizados en áreas urbanas durante la hora de máxima demanda de la mañana de lunes y la hora máxima de la tarde del viernes, comunmente mostrará volúmenes mayores que en los demás días de la semana.

La memoria de los aforos manuales se toman durante una o dos horas en el periodo de máxima demanda de la mañana y de la tarde de un día hábil. Los periodos típicos son generalmente entre las 0730 a

0900 h. y 1800 a 200 h. En general se recomienda periodos de aforo de 15 min.; aún cuando los estudios de capacidad han establecido que para determinar el factor de la hora de máxima demanda (FHMD), son más recomendables los periodos de 5 min. De hecho es aconsejable el aforo de ciclo a ciclo en las intersecciones controladas con semáforos, para obtener los factores de carga y de máxima demanda (FHMD).

Las horas de mayor volumen vehicular en ciertas clases de uso del suelo; tales como escuelas, fábricas y hospitales, pueden no coincidir con las horas de máxima demanda vehicular del tránsito normal de las calles. Los máximos volúmenes en los centros comerciales se presentan los sábados por la mañana o por la tarde. Otros volúmenes altos en los centros comerciales regionales ocurren por las noches en que se encuentran abiertos, lo cual involucra periodos críticos de llegada (generalmente entre las 1800 y 2000 h.), así como periodos críticos de salidas entre las 1900 y 2100 h.

#### RESUMEN DE AFOROS.

Se acostumbra hacer resumen tabular, tanto de los aforos de contadores manuales, como de los mecánicos de tipo portátil. Las hojas para el procedimiento de datos son comunmente preparadas para los datos de las estaciones permanentes.

La fig 2-7 ilustra una tabla de resumen para el aforo de una intersección con movimientos direccionales. La figura 2-8, muestra una tabla de 24h, por día de la semana, para un aforo mecánico de días.

Para los análisis de capacidad, el proyecto de intersecciones, medidas operacionales y estudios de accidentes, es indispensable con-





# AFOROS CONTINUOS

## RESUMEN SEMANAL

Nº de Est. \_\_\_\_\_ Ruta \_\_\_\_\_ Dirección \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Día de la semana \_\_\_\_\_

Horario de inicio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sub total	Sábado	Domingo	Total por semana
A M									
00.00									
01.00									
02.00									
03.00									
04.00									
05.00									
06.00									
07.00									
08.00									
09.00									
10.00									
11.00									
12.00									
P M									
13.00									
14.00									
15.00									
16.00									
17.00									
18.00									
19.00									
20.00									
21.00									
22.00									
23.00									
TOTAL									

Val. Prom. semanal	Val. Prom. diario de una semana	Val. Promedio diario
% Prom. semanal		
% Prom. diario semanal		

Condiciones Atmosféricas \*

\* D = despejado      LL = lluvia      N = nieve      H = hielo

Observaciones \_\_\_\_\_

Recopilado por \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Figura B-20. Forme para tabular 24 hrs. de un aforo mecánico de 7 días.

tar con las graficas de las horas de maxima demanda vehicular. La fig 2-9, muestra una hoja para el resumen de una interseccion de cuatro carriles en la que se incluye ademas, un espacio para la tabulacion del transito que entra. Los volúmenes vespertinos (P.M.) se indican dentro del parentesis. Para intersecciones en "T" la hoja requiere de las modificaciones que se muestran en la fig 2-10 a, b, c, d.

Los aforos con composicion vehicular, se pueden resumir para cada acceso de la interseccion (fig 2-11) o gráficamente por movimientos direccionales (fig 2-12).

#### ESTUDIOS ESPECIFICOS.

##### AFORO EN INTERSECCIONES.

Los requerimientos y tipo de dispositivos para el control, la programación de los semáforos, los elementos básicos para proyectos de reconstrucción y otras mejoras tales como: cambios en las marcas sobre el pavimento; requieren informacion detallada de los movimientos direccionales en las intersecciones. Con frecuencia se requieren también, datos relacionados con la composicion vehicular y el comportamiento peatonal como complemento de los aforos.

Este tipo de informacion puede recopilarse mejor con aforos manuales, que deberán tomarse en todos los lugares en que sea necesario. En una ciudad un programa de aforo debe, por lo menos, proporcionar informacion sobre los movimientos direccionales y la composicion vehicular (automoviles, camiones y autobuses), en todas las intersecciones importantes. Son necesarias, como minimo, aforos a cada 3 o

# TRANSITO ACTUAL

## RESUMEN GRAFICO DE MOVIMIENTOS VEHICULARES

Intersección \_\_\_\_\_

Observador \_\_\_\_\_

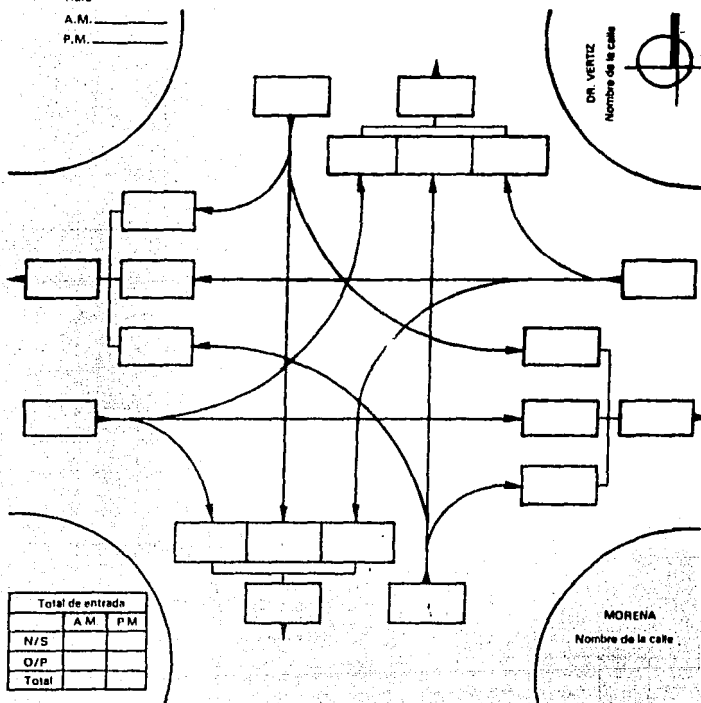
Ciudad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Hora \_\_\_\_\_

A.M. \_\_\_\_\_

P.M. \_\_\_\_\_

DR. VERTIC  
Nombre de la calle



Total de entrada		
	A.M.	P.M.
N/S		
O/P		
Total		

Figura 3-88. Ejemplo de una hoja de resumen para una intersección con cuatro ramas. Está provista de una tabla para anotar el número total que entra a la intersección.

# RESUMEN GRAFICO DE MOVIMIENTOS VEHICULARES

TRANSITO EXISTENTE

Intersección: \_\_\_\_\_

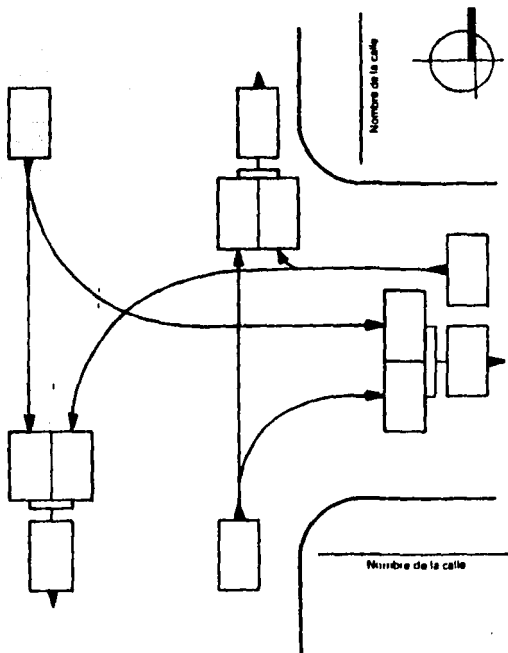
Observador: \_\_\_\_\_

Ciudad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Dia: \_\_\_\_\_

Mora

A.M. \_\_\_\_\_

P.M. \_\_\_\_\_



Total que entra		
	A.M.	P.M.
N/S		
D/P		
Total		

Figura 1. Ejemplos de formas para el resumen gráfico de aforos de horarios en intersecciones en T  
R-10a

# RESUMEN GRAFICO DE MOVIMIENTOS VEHICULARES

## TRANSITO EXISTENTE

Intersección: \_\_\_\_\_

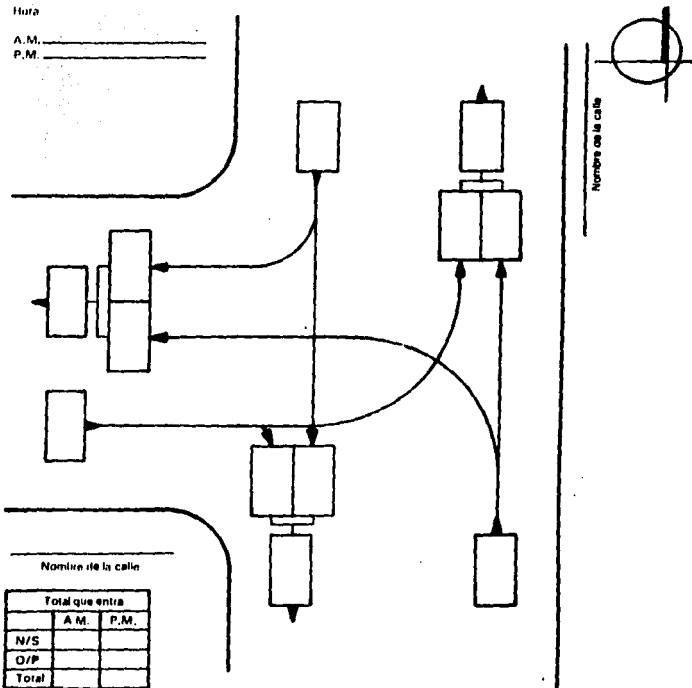
Observador: \_\_\_\_\_

Ciudad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Día: \_\_\_\_\_

Hora:

A.M. \_\_\_\_\_

P.M. \_\_\_\_\_



Nombre de la calle

Total que entra		
	A.M.	P.M.
N/S		
O/P		
Total		

Figura. Ejemplos de formas para el resumen gráfico de floras de vehículos en intersecciones en T.  
2-106

FALLA DE ORIGEN

# RESUMEN GRÁFICO DE MOVIMIENTOS VEHICULARES

TRANSITO EXISTENTE

Intersección \_\_\_\_\_

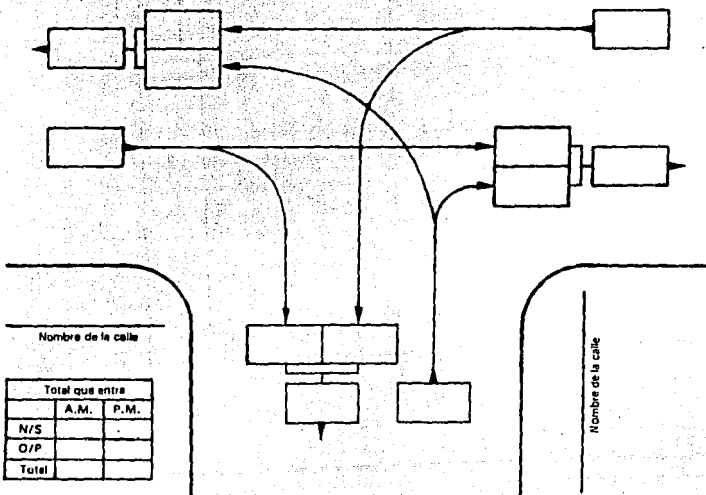
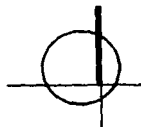
Observador: \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Hora \_\_\_\_\_

A.M. \_\_\_\_\_

P.M. \_\_\_\_\_



Nombre de la calle \_\_\_\_\_

Total que entra		
	A.M.	P.M.
N/S		
O/P		
Total		

Nombre de la calle \_\_\_\_\_

Figura 2.10c. Ejemplos de formas para el resumen gráfico de esfuerzos de horarios en intersecciones en T.

2-10c

# RESUMEN GRAFICO DE MOVIMIENTOS VEHICULARES

## TRANSITO EXISTENTE

Intersección \_\_\_\_\_

Observador \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_

Hora \_\_\_\_\_

A.M. \_\_\_\_\_

P.M. \_\_\_\_\_

Total que entra		
	A.M.	P.M.
N/S		
O/P		
Total		

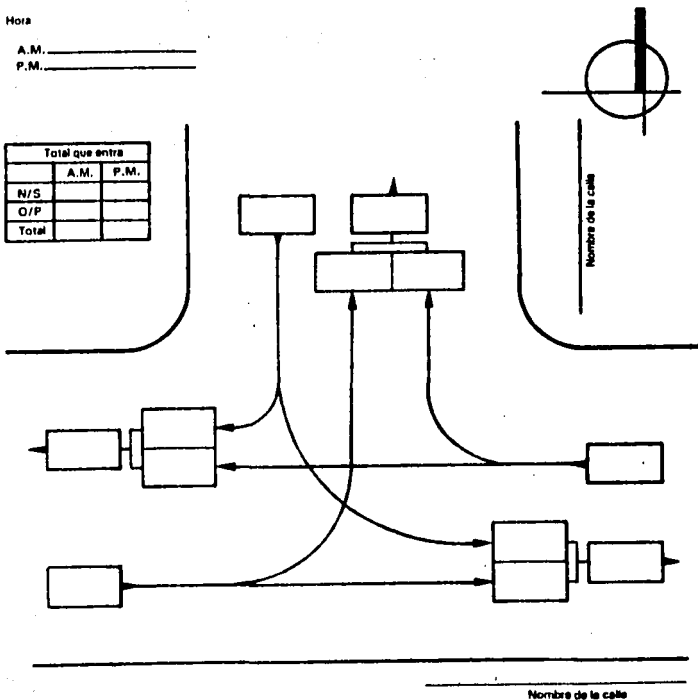


Figura 2-104 Ejemplos de formas para el resumen gráfico de datos de horarios en intersecciones en T.



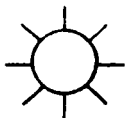


# AFORO DE VEHICULOS HOJA DE CAMPO

FECHA \_\_\_\_\_ LUGAR \_\_\_\_\_ DIRECCION \_\_\_\_\_  
 HORA \_\_\_\_\_ COND. ATMOSFERICAS \_\_\_\_\_  
 EDO. DEL PAVIMENTO \_\_\_\_\_ DISTANCIA BASE ELEGIDA \_\_\_\_\_  
 OBSERVADOR \_\_\_\_\_

**NOTA:**

Los automóviles con remolques se anotarán en la columna de automóviles.



INDICAR NORTE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				
		S	3E				
			4E				
		R	5E				
			4E				
		R	5E				
			5E				
		AE	O	BUS	AE	O	AE

DESDE		RUMBO A					
		AL					
		OAE					
		C	4LL				
		U	6LL				
			3E				

5 años en las horas de máxima demanda de la mañana (A.M.) y de la tarde (P.M.) para evaluar los accidentes, verificar la capacidad y la operación de las intersecciones, incluyendo las necesidades de programación de las fases de los semáforos.

También se toman aforos de los movimientos direccionales, en los accesos de los principales generadores de tránsito con el fin de obtener información necesaria para carriles especiales de movimientos direccionales, así como, para proyectar su longitud.

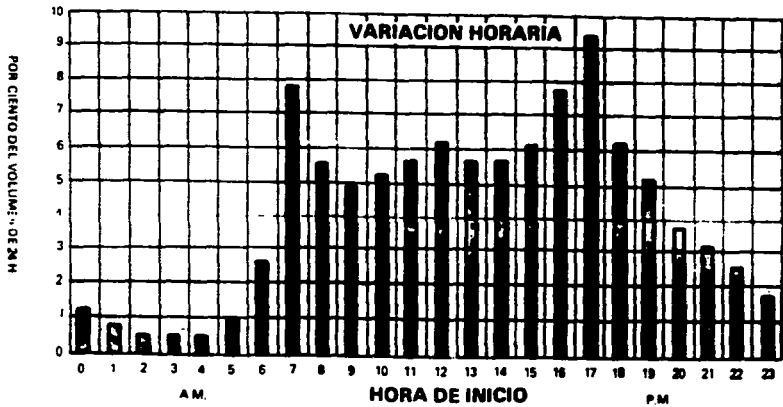
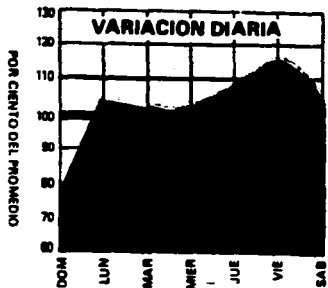
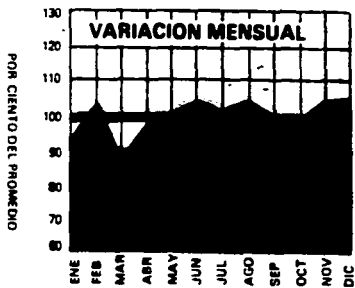
#### AFOROS CONTINUOS.

Las estaciones permanentes de aforo se han venido utilizando desde mediados de 1930 como parte de los estudios de planeación de carreteras y posteriormente se instalaron para observar la operación de las autopistas urbanas. Los aforos continuos han proporcionado información valiosa en relación con los patrones horarios, diarios, periódicos o anuales del tránsito. El tránsito tiende a tener variaciones cíclicas predecibles; por lo que através de una clasificación adecuada de la vialidad y de los aforos, es posible establecer el patrón básico del tránsito para cada tipo de camino.

La fig 2-13 representa un patrón mensual que relaciona el promedio diario anual. La fig. representa además un patrón del tránsito diario, donde cada día se muestra como un porcentaje del promedio diario semanal, así como, la distribución horaria típica del tránsito. Cada patrón varía de acuerdo con el tipo y ubicación del camino.

# FALLA DE ORIGEN

Figura 7-15. Variaciones en el volumen del líquido (litros) (litros) (litros)



#### AFORO DE ESTUDIO.

Muchas entidades federativas han establecido aforos estatales y regionales con el fin de obtener datos para la elaboración de mapas de volúmenes de tránsito. Los datos regionales se obtienen realizando aforos cortos, que cubran toda el área y que se ajusten por medio de factores obtenidos de los factores de control. La ubicación de los aforos se establece con bases sistemáticas, para lo cual se hace un estudio minucioso del área y del sistema de vías que se van a inventariar y dibujándolas en mapas de la localidad. En las áreas rurales, generalmente, se toman aforos individuales en el sistema de camino principales, cada 3 ó 5 km., dependiendo del tránsito y la disponibilidad de equipo y personal. En las áreas urbanas, los aforos pueden tomarse cada dos kilómetros aproximadamente, sobre las vías principales, aún cuando es muy difícil generalizar. Como regla, los contadores se instalan en cualquier punto donde se sabe, o se espera que sucedan cambios considerables en el volumen. Los aforos se realizan en periodos de 24 a 48 h con contadores portátiles, sin acumulación de datos. Una persona puede colocar de 10 a 15 contadores por día, dependiendo de la distancia en cada estación.

En las áreas rurales se establecen estaciones de control, con el propósito de ajustar los aforos al volumen diario promedio anual; tales estaciones deben ser ubicadas para muestras de manera representativa, el volumen de tránsito en cada tipo de calle o carretera. Las estaciones de control deberán muestrear periodos de una semana, cada tres meses, para determinar la variación periódica y la relación

## ESTA TESTS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

entre cada día de la semana y el tránsito promedio diario. Una vez establecidas estas relaciones, es posible ajustar los aforos individuales, para calcular el promedio diario anual.

Otra manera de obtener la variación periódica y diaria es mediante un aforo de 24h cada mes, en las estaciones de control, y cada dos meses debe hacerse un aforo durante el fin de semana, además del que se hace cada día hábil. Los mejores días de la semana para realizar un aforo, son: martes, miércoles o jueves. Para los aforos de las estaciones de control, deben evitarse los días festivos o compras nocturnas.

### AFOROS EN CORDON.

Un aforo en cordón es aquel en que una área en particular se cerca completamente y se llevan a cabo recuentos en todas las calles que entran y salen de la misma. Los datos obtenidos muestran los volúmenes de tránsito o que entran y salen del área en estudio.

Los aforos en cordón son usados comúnmente como parte de un estudio amplio de origen y destino o en estudio de la zona comercial o de negocios.

Como parte de un estudio de origen y destino se lleva a cabo aforos en cordón que se usarán como base para incrementar los datos de las encuestas. Los aforos realizados durante la encuesta, sirven para la factorización. Se hacen aforos manuales y mecánicos.

Un aforo manual se determina por medio de los tipos de vehículos. Estos aforos se registran por el tipo de vehículo, por dirección de viaje y por hora. Después, si se desea, se pueden aplicar por hora,

# ESTUDIO DE TRAFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

tipo, direccion de viaje, para cada estacion.

Los factores mecanicos se realizan antes de iniciar las encuestas, durante la noche. Esto tiene dos propósitos. En primer lugar, sirve como base para programar las entrevistas y distribuir o asignar al personal, y en segundo lugar, permite comparar los volúmenes de tránsito durante la encuesta, con las que se presentan los demás días en que no hay entrevistas. De esta manera, si el tránsito es extraordinario durante el periodo de la encuesta, esto puede ser detectado o corregido.

Los aforos en cordón, en el centro de la ciudad, generalmente se hacen para registrar las tenencias a largo plazo, así como los movimientos hacia o de la zona mencionada. Al totalizar los que entran y los que salen, se puede determinar la acumulación vehicular dentro del cordón. En estos aforos se registran en periodos de 15 min., el tipo de vehículo y la dirección del viaje.

Este estudio se hace, en un punto seleccionado de cada una de las calles que entran y salen del centro de la ciudad. Generalmente, la zona cubierta incluye tanto las calles de mayor actividad comercial del centro como aquellas de la periferia, que no son comerciales, pero que se emplean para estacionamiento de las personas que van al centro de la ciudad. El cordón que rodea la zona por estudiar, se dibuja en un mapa de la localidad.

Las estaciones de aforo se localiza en los puntos donde el cordón cruza cada calle. Las calles y callejones con muy poco tránsito pueden excluirse siempre y cuando el volumen no aforado sea menor de 3 ó 4 % del total. Con el objeto de simplificar el aforo, las esta-

ciones se localizan generalmente a media cuadra. Mediante una localización del cordón, puede reducirse el número de estaciones a un mínimo, aprovechando las barreras naturales o artificiales con que cuentan los movimientos del tránsito.

#### AFORO EN LINEA DIVISORIA.

Los aforos en la línea divisoria registran los viajes que se hacen a través de barreras geográficas, tales como, un río o un ferrocarril. De esta manera el número de caminos que cruzan la línea divisoria se reduce al mínimo. Los aforos en línea divisoria son parte importante para verificar los estudios de origen y destino. Empleando los datos de las entrevistas, se hace un resumen del total viajes que tienen origen y destino en los datos opuestos de la línea divisoria. Estos totales se comparan con los aforos reales para ver con que aproximación representan a los datos obtenidos en las encuestas.



## 2.3 ORIGEN Y DESTINO.

### ASPECTOS GENERALES.

### APLICACIONES.

El estudio del origen y el destino sirve para obtener datos del número y tipo de viajes en un área, incluyendo movimiento de vehículos y pasajeros o carga, de varias zonas de origen a varias zonas de destino. El estudio de origen y destino empleado primordialmente para los propósitos de la planeación del transporte y particularmente para la localización, proyecto y programación de nuevas carreteras o para mejorarlas y para obras del transporte público o servicio.

### UBICACION DE UN ESTUDIO.

Un estudio de O-D puede estar limitado a una vía rural o urbana en particular o puede incluir cualquier parte o toda el área metropolitana. En algunos casos incluye áreas de varios miles de kilómetros cuadrados.

### AREA DE ESTUDIO.

La mayoría de los estudios de O-D empiezan con la delimitación del área por estudiar. A la frontera o límite del área se le denomina "línea de cordón exterior". Para un estudio urbano integral, normalmente se incluye toda el área urbanizada más una porción de la franja adyacente, en donde puede esperarse un desarrollo futuro. En algunos casos, las zonas de estudio han sido establecidas previamente. El uso

de zonas existentes, puede facilitar la comparación directa de los datos nuevos con los antiguos y permite determinar las tendencias.

El propósito principal al seleccionar zonas internas, es el de permitir resumir para áreas razonablemente pequeñas, los orígenes y destinos de tránsito. Normalmente se enumeran las zonas y todos los viajes con origen y destino dentro de una zona y se supone que empiezan o terminan en el centroide de la misma (centro de actividad).

Debe tomarse cuidado, al establecer las zonas, pues un número excesivo complica el análisis. Por otra parte, un número reducido de zonas, también puede dar por resultado, que el agrupamiento de los destinos de los viajes, quede fuera de la realidad y no permita conocer la verdad de los recorridos rutinarios. El tamaño de la zona está gobernado, por el tamaño del área en estudio, la densidad de población, los datos deseados y el propósito del estudio.

Las zonas son más pequeñas en el área del centro comercial y más grandes en los alrededores. El área adyacente puede dividirse en unas cuantas zonas, mientras que la área metropolitana debe dividirse en varios cientos de zonas.

#### MÉTODOS.

Los procedimientos para realizar estudios de origen y destino, son muchos y variados. En los métodos más extensos se obtienen los datos de una muestra de viajes, incluyendo la ubicación del origen y destino, propósito del viaje, tiempo del viaje, el modo (transporte público, automóvil, etc.), viajes en camión y en taxi, uso del suelo en el origen y en el destino así como los datos socioeconómicos del

viajero y de su familia.

Obviamente este metodo proporciona muchos mas datos de los que necesitarian para un estudio simple de una sola ruta. El metodo que se selecciona para la recopilación de la informacion de O-O, se determina por las necesidades de datos, personal que se dispone, presupuesto y limitaciones de tiempo. A continuacion se detallan los procedimientos mas comunes, junto con algunas de sus ventajas y limitaciones.

#### METODO No. 1.

##### ENTREVISTAS A UN LADO DEL CAMINO.

En este metodo, los conductores son detenidos y se les pregunta su origen, su destino y otros datos deseados sobre el viaje. Este estudio esta, usualmente, dirigido a conductores de automoviles, camiones y autobuses; sin producir ningun dato relacionado con los pasajeros.

Debe tenerse especial cuidado en la seleccion de los puntos para las entrevistas, si el estudio requiere datos relacionados con el viaje en una sola ruta aislada, puede ser suficiente llevar a cabo las entrevistas en un punto a la mitad del recorrido. Si se desea obtener datos de todo el transito que entra y sale de una ciudad pequena, es necesario seleccionar y localizar los puntos para las entrevistas, en todas las rutas que entran y salen de la ciudad. Debido a que gran parte del transito en ciudades pequenas es de paso, este tipo de estudio puede proporcionar, con frecuencia, la mayoria de los

datos necesarios para la evaluación o planeación de un libramiento. El método es particularmente útil, cuando el personal es limitado, ya que las operaciones pueden limitarse a una estación por día y el período de encuestas puede prolongarse a una semana o más.

Para detener a los conductores es muy común que se requiera del auxilio de la policía, ya que al pretender que el automovilista disminuya su velocidad y pare puede provocar conflicto; a menos que la situación se maneje con habilidad y destreza. Generalmente con una señal informativa portátil de tamaño apropiado, se explica el proyecto, se prepara al conductor para una demora y frecuentemente facilita su cooperación, contestando las preguntas rápidamente. Con estas entrevistas se tiene la ventaja de permitir al entrevistador preguntar al conductor el propósito de su viaje, así como el destino y el origen. El método es una parte integral de un estudio completo de O-O con estaciones de entrevista localizadas a lo largo de la línea de cordón externo.

En las encuestas se puede considerar el tránsito en uno o dos sentidos. Antes de iniciar el estudio deberán tomarse las medidas necesarias para evitar que se provoque un congestionamiento; no solo por seguridad y mantenimiento de buenas relaciones con los conductores, sino que se puede provocar que los automovilistas locales eviten pasar por la estación, dando un rodeo y así se obtenga patrones de tránsito distorsionados. En una vía con altos volúmenes de tránsito no se puede retener a todos los vehículos por lo que solo se tomará una muestra de conductores, para ser entrevistados. Es muy útil tener en la estación, que se detiene, una tarjeta con la explicación del

propósito del estudio.

#### VENTAJAS.

- 1.-Al tener un conductor personal entre entrevistador y entrevistado la información que se obtiene es más completa y precisa.
- 2.-El índice de respuesta es mayor (comparado con las técnicas de evolución voluntaria), minimizando la distorsión del estudio.
- 3.-Se puede escoger la muestra de una corriente del tránsito, para satisfacer las normas estadísticas planeadas.

#### DESVENTAJAS.

- 1.-Esta técnica es más costosa que otras, debido a que se necesita más personal.
- 2.-En carreteras con alto volúmenes de tránsito, pueden haber algunas demoras durante las encuestas, especialmente en los periodos de máxima demanda vehicular.
- 3.-Con frecuencia esta técnica es peligrosa, especialmente en carreteras con altos volúmenes de tránsito, debido a que el personal de campo debe de operar en las carreteras interfiriendo con el flujo vehicular.

#### METODO No. 2.

##### TARJETAS POSTALES AL CONDUCTOR.

Es un método similar al número 1, pero puede usarse cuando el volumen vehicular es alto y no es posible detener al conductor el tiempo necesario para las entrevista. Consiste en entregar a los conduc-

FALLA DE ORIGEN

tores, mientras pasen las estaciones seleccionadas, unas tarjetas postales con las preguntas en las que se solicita llenarlas y dejarlas en algún buzón del correo. Las estaciones deben ubicarse, si es posible, en lugares donde el tránsito circula lentamente, como en las casetas de pago en las autopistas, en algún semáforo, donde haya una señal de alto, o en cualquier punto donde se presente la mejor oportunidad para entregar la tarjeta postal. En este método también puede necesitarse los servicios de la policía, para hacer que los vehículos se detengan o disminuyan su velocidad.

Se debe esperar que sean devueltas del 30 al 70 por ciento de las tarjetas entregadas ya que para tener un buen grado de precisión en los datos es necesario, como mínimo, el 20 por ciento. Para lo cual casi siempre se requiere elaborar un buen programa anticipado de publicidad, para lograr la cooperación del público. También se necesitan aforos de volúmenes de tránsito en cada hora y en ambas direcciones, para extender la muestra.

Las preguntas en la tarjeta postal deben ser simples y en números reducidos normalmente de cinco o siete. La fig 3-1 muestra un cuestionario de tarjeta postal.

Las tarjetas deben marcarse de antemano, para indicar la estación en donde serán distribuidas, la hora que serán entregadas, el número de tarjetas que se entregan y el tipo de vehículo.

#### VENTAJAS.

- 1.-El trabajo de campo puede terminarse en un día.
- 2.-Las demoras de tránsito son menores que cuando se hace la



entrevista directa.

- 3.-Puede utilizarse personal sin entrenamiento; pues el trabajo de entregar las tarjetas es sencillo.
- 4.-Este método es relativamente barato.

#### DESVENTAJAS.

- 1.-Posible distorsión de los datos, debido al deseo de mayor cooperación de algunos conductores.
- 2.-Se requiere mucho cuidado en la ubicación de los puntos de distribución, para interceptar una muestra representativa de los viajes transversales.
- 3.-Los camiones y automóviles de paso no proporcionaban un alto porcentaje de regreso de tarjetas.
- 4.-Hay dificultad en incluir todos los movimientos importantes de vehículos especialmente en las grandes ciudades.
- 5.-Fenómeno la necesidad de detener el tránsito.

#### METODO No 3.

#### NUMERO DE LAS PLACAS DE LOS VEHICULOS EN MOVIMIENTO.

Este método es similar a los dos anteriores. En vez de entrevistar o entregar tarjetas a los conductores, los observadores de cada una de las estaciones, anotan todos o algunos de los dígitos de las placas, por periodos cortos (como por ejemplo un minuto). Se anota la hora en la forma, al final de cada intervalo. Pueden usarse tarjetas de expediente para estudios pequeños con la dirección del viaje, identificando el punto de distribución con una tarjeta de color y la



hora de paso, anotada en las tarjetas.

Conforme pasa un vehiculo por cada estacion se anota una parte del número de la placa, lo que permite trazar el viaje a través del área en estudio. Para el propósito de este estudio, el origen es el lugar donde el vehiculo se observa por vez primera y el destino es el lugar donde fue visto por última vez.

Este método se adapta particularmente a lugares donde el tránsito es demasiado pesado para ser detenido en la entrevista de los conductores. Además, tienen la ventaja de permitir a los observadores obtener datos, sin depender de la cooperación de los conductores individuales como fue el caso de los métodos 1 y 2. De este modo la probabilidad de tener como resultado una muestra distorsionada, debido a una cooperación deficiente del conductor, es menor con este método que con los anteriores.

Por otra parte, debe tenerse mucho cuidado al elegir los puntos de observación. Deberá evitarse la ubicación de puntos tan alejados uno del otro, puede suceder que muchos viajes empiecen y terminen entre dicho punto. Este método no es ventajoso para estudios de grandes áreas, debido a la gran cantidad de personal requerido pero es adaptable, particularmente, a estudios de rutas o instalaciones específicas. Cada estudio debe terminarse en un día continuo.

#### VENTAJAS.

- 1.-Esta técnica tiene las mismas ventajas que el método de la devolución voluntaria de las tarjetas postales, además de ser una variación de la misma.

- 2.-Esta técnica es más segura, debido a que no hay que detener al tránsito.
- 3.-Si se usa una cámara para registrar los números de las placas, habrá un número de personal de campo.
- 4.-La investigación indica que el grado de respuesta puede ser mayor, comparado con la técnica de la devolución voluntaria de tarjetas postales.

#### DESVENTAJAS.

- 1.-No se hace contacto personal con los que contestan.
- 2.-Solo se pueden hacer unas cuantas preguntas debido a la respuesta voluntaria.
- 3.-La operación nocturna es difícil.
- 4.-Persiste la distorsión en las respuestas que debe ser controlada con mucho cuidado.
- 5.-Es difícil emplearse económica y eficientemente hablando; a menos que todos los vehículos de motor estén registrados en una cinta de computadora, para tener rápido acceso a los domicilios y poder enviar por correo los cuestionarios. (Estos cuestionarios deben enviarse dentro de las 24 h para obtener resultados efectivos).

#### METODO No. 4.

#### ETIQUETAS EN EL VEHICULO.

Otro método del vehículo en movimiento que no depende de la doc-

## ENCUESTA DOMICILIARIA.

Este es un tipo de estudio amplio; para obtener información sobre todos los viajes de los residentes de una zona incluyendo viajes en transporte público, camiones, taxis y automóviles particulares. Generalmente, es parte de un estudio integral de O-D de un área metropolitana. Para realizar un estudio de este tipo, es necesario consultar los manuales y guías con instrucciones detalladas, que se han preparado para el efecto.

### METODO No. 6.

#### CUESTIONARIO POSTAL A LOS PROPIETARIOS DE VEHICULOS.

Este método implica el envío de cuestionarios por correo mediante tarjetas postales que ya llevan la dirección de retorno impresa; así como el porte pagado a los residentes del área en estudio que sean propietarios de vehículos de motor. Este estudio puede combinarse con entrevistas a conductores, o cuestionarios en tarjetas postales al tránsito que entra y sale del área en estudio, de manera tal que se obtenga un panorama casi completo de los patrones de movimiento. Los elementos que no se obtienen son: el compartimiento de los taxis y del transporte público de pasajeros.

A la persona que recibe, se le pide que registre en la tarjeta todos los viajes que haga su vehículo de motor, el día siguiente de haberla recibido, normalmente un día hábil. Una fuente potencial de tendencia a la distorsión, viene de la posibilidad de obtener mejores respuestas de algunos propietarios de vehículos. Pueden usarse tarje-

tas de diferentes colores para automóviles particulares y para camiones.

Los nombres y domicilios de los propietarios de vehículos se puede obtener de los expedientes del Registro Federal de Automóviles, en cada estado. Las tarjetas se marcan de acuerdo con la zona postal de la dirección antes de depositar al correo, tabulando el número de tarjetas para cada clase de vehículo, que se enviaron a cada zona. Esto permite hacer estimaciones apropiadas del total de viajes, basados en el número de tarjetas devueltas, comparando con la lista del total de vehículos de la zona.

Los propietarios de flotillas de camiones, (tres o más camiones), pueden hacerse la encuesta personalmente, para asegurar mayor exactitud de este relativamente pequeño, pero importante grupo.

Algunos departamentos estatales de carreteras han desarrollado manuales detallados de procedimientos para este tipo de estudios y se sugiere a quien este interesado en este tipo de investigaciones, estudiar detenidamente estos manuales.

#### METODO No. 7.

#### CUESTIONARIOS A EMPLEADOS.

Este es un estudio especializado de un generador particular de tránsito. Se pueden distribuir los cuestionarios a todos los empleados de un centro de trabajo, como una gran planta industrial o un grupo de edificios de oficinas. Las formas una vez llenas, se recogen el mismo día que fueron distribuidas. La información de estudios grandes

es clasificado y transferido a tarjetas perforadas para el proceso electrónico de datos. Los datos sobre el lugar de residencia de los empleados, como llegar al lugar de trabajo, la hora de entrada y salida, información sobre el estacionamiento y costo del viaje; se puede obtener para conductores de automóviles y para pasajeros en automóvil, en autobús y en taxi. Es importante propiciar buenas respuestas preparando un cuestionario corto.

Este método es el más adecuado, cuando están involucrados pocos empleados. Si se logra la cooperación de la administración, generalmente cada empresa distribuye y recoge los cuestionarios dentro de su propia organización. Este tipo de estudio, refleja con frecuencia, información de valor directo para el empleado, lo que ayuda a garantizar su cooperación.

#### METODO No. 8.

#### CUESTIONARIO EN TERMINALES DE TRANSPORTE PUBLICO.

Este estudio proporciona datos útiles para la planeación de carreteras, transporte público de pasajeros, estacionamientos y proyecto de terminales. El método consiste en entregar cuestionarios en tarjetas postales retornables y lápices a todas las personas que abordan o bajan del autobús, trenes o aviones en la terminal, durante 24h de un día o en las horas de máxima demanda. El cuestionario está preparado para obtener información sobre como viaja el pasajero, el origen, el destino, el propósito del viaje y la hora de arribo a la terminal.

Si el cuestionario se entrega a personas bajando de un vehículo público, entonces puede depositarlo en el buzón. Si las tarjetas se entregan a personas abordando el vehículo, el operador recoge todas las tarjetas durante el viaje.

Suponiendo que todos los pasajeros reciben un cuestionario, los datos devueltos son extrapolados, para representar todos los viajes, multiplicando el número de devoluciones por la relación del total de tarjetas distribuidas al total devuelto. Con el objeto de asegurar una mayor exactitud en esta estimación, es aconsejable calcular factores separados de extrapolación, para diferentes periodos del día, ya que el porcentaje devuelto puede variar. Las tarjetas devueltas son clasificadas y la información transferida a tarjetas perforadas para el procesamiento electrónico de los datos.

#### METODO No. 7.

#### CUESTIONARIO PARA LOS PASAJEROS DE UNA RUTA DE TRANSPORTE PUBLICO

Este estudio está limitado a precisar los orígenes y destinos de pasajeros que utilizan una ruta específica del transporte público y se usa principalmente para planear las mejoras de una ruta o programar los horarios de las unidades. Uno o dos investigadores abordan cada autobús o carro del tren y distribuyen una tarjeta cuestionadora a cada pasajero que sube al vehículo. En algunos casos, las tarjetas son entregadas por el conductor del autobús. La tarjeta debe ser llenada y recogida por el personal de campo, cuando el pasajero baja del vehículo o debe ser devuelta por correo. Este estudio es más conve-

niente para líneas con poca demanda, donde todos los pasajeros van sentados y tienen oportunidad de llenar la tarjeta cuestionario. Los datos resultantes son extrapolados, para representar el 100 % de los pasajeros, con base en la relación del total de usuarios al número de tarjetas que se contestaron.

Cuando el número de pasajeros hace imposible realizar todo el estudio sobre vehículos en movimiento, puede considerarse el uso de tarjetas postales con la dirección y el porte de retorno incluidos, las cuales se entregan a los pasajeros al subir o bajar y pueden llenarse y devolverse después. Esta alternativa tiene la desventaja de cualquier estudio con tarjeta postal. Es decir, que puede producir un bajo porcentaje de retorno y debe tenerse mucho cuidado en el análisis, para tener la certeza de que la devolución no está distorsionada.

Por ejemplo, puede existir la tendencia de interés a devolver las tarjetas solo de pasajeros habituales, o de aquellos que están sujetos a aglomeraciones o incomodidades.

METODO No. 10.

METODO EN SINTESIS.

Se ha iniciado un método para calcular, tanto en ciudades grandes como en pequeñas, la información del origen y destino. Este método depende de la determinación del número de viajes generado y el número de viajes atraído de y hacia ciertos tipos de actividad del uso del suelo. Por ejemplo, puede determinarse que en una ciudad dada se ge-

nerar por vivienda. 21 viajes al trabajo son atraídos por cada lugar de empleo. El conocimiento de la distribución de las viviendas y los empleos de una comunidad, permite el cálculo de los orígenes y destinos de los viajes por trabajo de toda el área.

Para otro tipo de viajes tales como los de compras, recreativos, escolares, etc.; pueden determinarse relaciones similares. Estas relaciones de "generación de viajes", pueden ser establecidas, realizando un muestreo de encuestas domiciliarias.

Después de que se calcula el total de viajes generado y atraído por cada zona, entonces se pueden distribuir dichos viajes por medio de una fórmula o modelo de distribución. Durante los últimos años se ha empleado el modelo gravitacional para este propósito. Los detalles de la aplicación del modelo gravitacional y de otros modelos de distribución de viajes, quedan fuera del alcance de este capítulo.

Las ventajas de este método son que puede emplearse con rapidez y a costo relativamente bajos. Este también, relativamente simple, proyecta los datos para pronosticar la demanda futura de viajes. Las desventajas son: uso complejo ya que es necesario utilizar computadoras electrónicas además de que no se puede esperar que la exactitud de los datos sea tan confiable como la de los métodos convencionales.

#### METODO No. 11.

#### ESTUDIO INTEGRAL DE ORIGEN Y DESTINO.

Este método proporciona, generalmente, un inventario completo de



la información de origen y destino recopila para una área urbana. La información se recopila para los viajes realizados por los residentes de área metropolitana en todos los modos (automóvil, autobús, taxi, camiones, etc.) y para todos los propósitos de viaje. Aunque faltan algunos viajes en el inventario (como los viajes de visitantes al área), se registran en el estudio, el grueso de la demanda de deseos de viajes, dentro de la ciudad.

#### RELACION DEL TAMAÑO DE LA CIUDAD CON LOS METODOS DE ESTUDIO.

Conforme aumenta el tamaño del área urbana, se eleva la necesidad de información detallada, así como la complejidad y el costo para obtenerla. Las orientaciones siguientes relacionan los métodos de O-D con el número de habitantes de la localidad.

#### AREA URBANA INFERIOR A 5000.

Muchos problemas en pequeñas comunidades implican el tránsito de paso y puede existir una mayor necesidad para desarrollar rutas a lo largo de la carretera para vehículos comerciales y/o tránsito de autos. Un cordón exterior generalmente es adecuado si se empareja con un registro de vehículos en movimiento (Método no. 3 del registro de licencia, de placa o Método no. 4 de vehículo de marbete).

#### AREA URBANA DE 5000 A 75000 HABITANTES.

Cuando el problema principal es el tránsito de paso, con frecuencia es satisfactorio usar el cordón exterior y el trazo del vehículo en movimiento. Sin embargo, cuando una gran proporción del tránsito

tiene como destino el centro de la localidad y no existen mayores diferencias fuera de ese centro deberán usarse las entrevistas al conductor (Metodo no. 1) en el cordón exterior y de nuevo en un cordón interior, que rodee al centro comercial.

#### AREA URBANA DE MAS 75000 HABITANTES.

Cuando la población del área metropolitana excede de 75000 habitantes, generalmente, se necesitarán los estudios mas completos y detallados (Metodos del 5 al 11):

#### VERIFICACION DE LA PRECISION DEL ESTUDIO

Hay varios metodos para verificar la precision de todo o de alguna parte del estudio integral de origen y destino (O-D). Algunos de ellos se citan a continuación:

1.-Cuando las rutas de los viajes se obtienen en las entrevistas; se seleccionan dos o tres puntos de control, que pueden ser viaductos importantes, puentes u otros puntos bien conocidos, en relacion con el flujo del tránsito. La información obtenida en los estudios internos y externos, se amplía para representar el 100 % del tránsito que pasa por tales puntos y se compara con los aforos reales.

2.-Se elige una barrera natural, como un río o la vía del ferrocarril, como pantalla que divide el área interna en dos partes. Las estimaciones del 100 por ciento del tránsito que cruza la línea divisoria, derivada de los estudios internos y externo, se compara con aforos reales tomados en el campo.

3.-Una comparación de línea de cordón, involucra la derivación del tránsito, de una estación de la línea de cordón, de un estudio interno y compararlo con los viajes similares residentes del área, derivados del estudio interno.

4.-Los pasajeros del transporte público, derivado de un estudio interno, pueden compararse con los pasajeros totales observados en el campo u obtenidos de los expedientes de la empresa de transporte público.

5.-La precisión del reporte de viaje, puede estimarse seleccionarse una zona de un área de alta densidad de empleos, para la cual dispone de los datos y se compara el número de viajes de trabajo hacia la zona, determinando por medio de la extrapolación de los datos de las entrevistas. En estas comparaciones, se deben incluir los viajes de trabajo por todas las formas de transporte. Debe aceptarse una tolerancia adecuada para aquellas personas que caminan o van al trabajo en bicicleta, el promedio de la ausencia y la probabilidad de los empleados que hacen viajes de compras o de negocios a medio día, hacia y desde el área.

Si estas comparaciones revelan discrepancias notables, entonces pueden hacerse ajustes en los datos del estudio, para corregirlos.

#### ANÁLISIS.

La gran cantidad de información recopilada en la mayoría de los estudios de O-D, requieren que estos datos sean transferidos a cintas magnéticas, discos o tarjetas perforadas para su análisis mecanizado.

Se recomienda un número de tablas normales, para resumir los da-

tos básicos de viaje y disponer de los números y porcentajes del total de viajes realizados en automóvil, transporte público, taxi, etc., así como los números y porcentajes de viajes hechos para diferentes propósitos. En otras tablas se puede mostrar los números de viajes entre zonas por modo y propósito.

Los datos obtenidos en estas tablas son, usualmente, graficados o dibujados en mapas para su mejor interpretación. La fig 3-1, 3-2, 3-3, son ejemplos de tales análisis. Un estudio y evaluación cuidadosos de estas graficas y mapas, proporcionan una "sensación" de la imagen total del transporte urbano de un área en particular, que es invaluable en la evaluación de nuevas obras.

Los estudios integrales de O-D, son generalmente, la base para la preparación de planos globales de transporte para un área. Debido a que los planes integrales son a largo plazo y lentos en su implantación, ya que las obras de transporte deben construirse para muchos años de uso, la información de O-D recopilada, debe proyectarse para proporcionar datos de las demandas futuras del transporte. Los métodos para pronosticar los datos de O-D quedan fuera de alcance este capítulo.

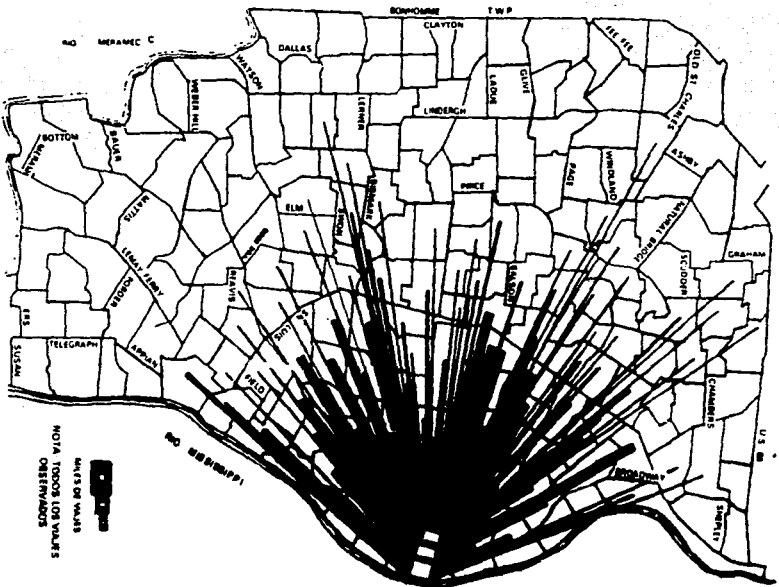


Figura 2-1 Líneas de demanda de usuarios de transporte público hacia el centro de la ciudad

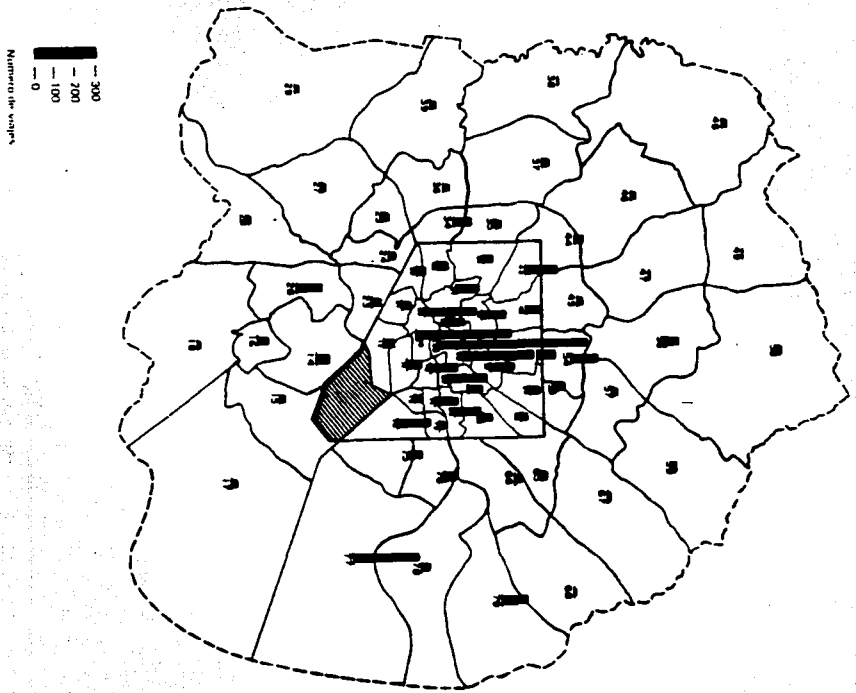


Figura 1. Origen de las ovejas a zonas determinadas.

100  
200  
300

## 1.4 VELOCIDAD.

### VELOCIDAD DE PUNTO.

La velocidad es la relación de movimiento del tránsito, o de vehículos específicos y se expresa, generalmente en kilómetros por hora o millas por hora. Sin embargo, existen dos tipos diferentes de medidas de velocidad promedio, para expresar la relación de movimiento. El primer tipo de promedio es la velocidad media con base en el tiempo o velocidad media de punto, que es el valor central de un grupo de velocidades vehiculares instantáneas, medidas en un lugar dado, de una vía. La segunda expresión de velocidad promedio es la velocidad media, con base en la distancia o velocidad de recorrido.

El estudio de la velocidad de punto está diseñado para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo las condiciones del tráfico y atmosféricas, prevalecientes a la hora de llevar a cabo el estudio. Para tener una evaluación estadística confiable se debe registrar las velocidades de un número adecuado de vehículos.

### APLICACIONES.

Las características de la velocidad de punto se emplean en la mayoría de las actividades de la ingeniería de tránsito, incluyendo las siguientes:

1.-Determinación de los dispositivos para el control y reglamentos de tránsito apropiados:

- a) Límites de velocidad, máximos y mínimos.
- b) Velocidades recomendadas.

- c) Zona de rebase prohibido.
- d) Ruta, zonas y cruces escolares.
- e) Ubicación de las señales de tránsito.
- f) Ubicación y programación de los semáforos.

2.-Estudio de lugares con alto índice de accidentes para determinar el tratamiento correctivo apropiado.

3.-Evaluación de la eficiencia de las mejoras al tránsito, mediante la aplicación de estudios de "antes y después".

4.-Análisis de lugares críticos donde los problemas son evidentes o por haberse recibido quejas del público.

5.-Determinación de lugares específicos para ejercer mayor vigilancia policiaca.

6.-Selección de los elementos para el proyecto geométrico de la vialidad:

a) Velocidad de proyecto para establecer la relación entre a velocidad, la curvatura y la sobre elevación, así como la relación entre la velocidad, las pendientes y la longitud con el grado de las mismas.

b) Velocidad de marcha para permitir el proyecto detallado de aspectos críticos, tales como: las intersecciones, retornos y carriles para el cambio de velocidad.

7.-Establecimiento de tendencias de la velocidad para los diferentes tipos y características de los vehículos, mediante muestreos periódicos, en lugares seleccionados, con flujo de tránsito continuos.

8.-Cálculo de los costos usuario-vía, para el análisis económico



y de mejoras para el tránsito.

9.-Ejecución de estudios de investigación que involucren flujos del tránsito.

#### DEFINICIONES.

1.-VELOCIDAD.- Relación del movimiento de un vehículo, distancia por unidad de tiempo; se expresa en kilómetros por hora o millas por hora (km/h ó mi/h).

2.-VELOCIDAD DE PUNTO.- Medición instantánea de la velocidad en un lugar específico de una vía.

3.-VELOCIDAD MEDIA CON BASE EN EL TIEMPO.- Promedio aritmético de varias mediciones de la velocidad de punto.

4.-VELOCIDAD PROMEDIO.- Tamaño de la tendencia central de varias mediciones de la velocidad de punto, tales como las mediciones aritméticas, la mediana o el modo.

5.-MEDIA ARITMETICA O VELOCIDAD MEDIA DE PUNTO.- Suma de todas las velocidades de punto, divididas entre el número de observaciones.

6.-MEDIANA DE LA VELOCIDAD DE PUNTO.- Valor medio de una serie de velocidades de punto que han sido clasificadas en orden de su magnitud.

7.-MODA DE LA VELOCIDAD DE PUNTO.- Valor más frecuente en una muestra de mediciones de velocidad de punto.

8.-VELOCIDAD DE PUNTO "i" PORCENTUAL .- Aquel valor abajo del cual viaja el "i" por ciento de los conductores y arriba del cual viaja el "100-i" por ciento de los conductores.

9.-Paso.- Incremento específico de la velocidad de punto tal

como 15 km/h que incluye al mayor número de mediciones de la velocidad.

10.-DESVIACION NORMAL DE LAS VELOCIDADES DE PUNTO.- Raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones de la media, de las velocidades de punto dividida entre el número de mediciones menos una.

#### UBICACION DEL ESTUDIO.

Los estudios de velocidad de punto se efectúan en lugares especiales o generales.

Las ubicaciones generales son seleccionadas para estudios de tendencias o investigación de datos básico del tránsito. En las carreteras, los estudios de tendencias se hacen en tramos rectos a nivel y que no estén cerca de intersecciones o accesos. En las calles urbanas las ubicaciones a media cuadra son las más adecuadas, siempre y cuando no existan entradas y salidas de estacionamientos, que influyan en el flujo vehicular.

Las ubicaciones especiales son elegidas para establecer límites de velocidad de tramos específicos de calles o carreteras; para evaluar mejoras en el tránsito y para estudiar lugares de accidentes.

Además, para los estudios de velocidad de punto se realizan en lugares especiales, para estudios de investigación o para evaluar las reacciones entre velocidad y los diversos factores que influyen en la velocidad de punto. Estos factores por lo general, incluyen al conductor, al vehículo, al camino, al tránsito y las condiciones atmosféricas.

Para obtener una estimación imparcial y precisa de las velocidades de punto en un lugar específico, deben observarse los aspectos siguientes:

- 1.-El equipo debe estar oculto a los conductores que se acercan.
- 2.-El investigado que tuviera necesidad de observar los vehículos que se aproximan, deben ser lo menos llamativo posible.
- 3.-Deben evitarse los curiosos.
- 4.-Deben medirse un número adecuado de velocidades de los vehículos.

#### HORAS DE ESTUDIO

La hora para hacer un estudio de velocidad de punto dependerá del objetivo del mismo. Un estudio general para establecer límites de velocidad, para obtener datos básicos o revisar tendencias deberá llevarse a cabo durante uno de los tres periodos siguientes fuera de las horas de máxima demanda:

- 1.- 10:00 a 12:00.
- 2.- 15:30 a 17:30.
- 3.- 20:00 a 22:00.

Para condiciones de bajos volúmenes, pueden requerirse observaciones de velocidad por más de un día, para obtener el tamaño necesario de la muestra. Si los resultados son para comparar tendencias, características o estudios de "antes y después"; entonces deben existir condiciones similares a las horas de la recopilación de datos.

Los estudios de velocidad de punto deben efectuarse en condiciones normales atmosféricas y del tránsito. Observaciones en mal

características estadísticas, se toma únicamente cuando se desea obtener características de la velocidad bajo tal situación.

#### TAMAÑO NECESARIO DE LA MUESTRA

Un buen estudio de la muestra de velocidad de punto requiere de un tamaño adecuado de la muestra, para satisfacer consideraciones estadísticas. La siguiente ecuación puede ser usada para calcular el número de velocidades que deben medirse:

$$N = \left[ \frac{S \cdot k}{E} \right]^2$$

Donde :

N= Tamaño mínimo de la muestra.

S= Desviación normal de la muestra (km/h o mi/h)

k= Constante correspondiente al nivel de confiabilidad de la prueba.

E= Error permitido en la estación de la velocidad de punto (km/h o mi/h).

Si no se ha determinado la desviación normal de las velocidades de punto del lugar en estudio, por medio de un análisis anterior de la velocidad; entonces puede obtenerse un valor estimado razonable de la tabla 4-1, de acuerdo con el tipo de tránsito del área y de la vía de que se trate. La desviación normal promedio de la tabla 4-1 fluctúa de 0.8 a 8.5 (mi/h) (4.2 a 5.3 mi/h), para las seis combinaciones de los tipos de tránsito y de vías. Debido a que la variabilidad en las mediciones de dispersión de velocidades es limitada, se sugiere una desviación normal promedio de 8.0 km/h (5.0 mi/h) como valor empírico.

co para velocidades de punto en cualquier tipo de camino y de tránsito.

El uso de la constante "K" depende del nivel de confiabilidad deseado (probabilidad de que la velocidad media, sea una estimación válida). Con frecuencia se utiliza el valor 2.60 que proporciona un nivel de confiabilidad de 95.5 %. Si se desea garantizar un nivel de confiabilidad mayor; entonces el valor de 3.00 establece un nivel de 99.7 %. Otros valores de esta constante y los niveles de confiabilidad correspondiente se presenta en la tabla 4-2.

El error "E" permitido, en la estimación de la velocidad, depende de la precisión requerida en la estimación de su valor medio. Esta medida es una tolerancia absoluta, es decir, el error permitido es establecido como en más o menos de un valor elegido. El error permitido puede fluctuar de  $\pm 8.0$  km/h ( $\pm 5.0$  mi/h) a  $\pm 1.5$  km/h ( $\pm 1.0$  mi/h) o menos aún.

El resultado de la ecuación anterior proporciona el número mínimo de observaciones de velocidades de punto, para obtener el grado de precisión estadística deseado. Sin embargo, en ningún caso, deben medirse, menos de 30 velocidades de vehículos diferentes.

Si el interés estadístico es algún valor distinto de la velocidad media, tal como el 85 porcentual; entonces la fórmula siguiente, es la adecuada, para determinar el tamaño necesario de la muestra.

$$N = \frac{S^2 K^2 (2 + U^2)}{2 E^2}$$

donde:

N = Tamaño mínimo de la muestra.

1-1  
**TABLA 4-1**

CONSTANTES NORMALES DE VELOCIDADES DE PUNTO PARA LAS  
 DETERMINACIONES DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Tipo de tránsito	Tipo de camino	Distribución normal promedio	
		km/h	mi/h
Rural	Dos carriles	8.5	5.3
Rural	Cuatro carriles	6.8	4.2
Intermedio	Dos carriles	8.5	5.3
Intermedio	Cuatro carriles	8.5	5.3
Urbano	Dos carriles	7.7	4.8
Urbano	Cuatro carriles	7.9	4.9
Valor redondeado		8.0	5.0

4-2  
**TABLA 4-2**

CONSTANTE CORRESPONDIENTE AL NIVEL DE CONFIABILIDAD

Constante K	Nivel de confiabilidad (por ciento)
1.00	68.3
1.50	86.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

1-3  
**TABLA 4-3**

LONGITUDES RECOMENDADAS PARA ESTUDIOS DE VELOCIDAD DE PUNTO

Velocidad promedio de la corriente del tránsito		Longitud recorrida		Factor de conversión para cambiar segundos a:	
km/h	mi/h	pies	m	km/h	mi/h
abajo de 40	abajo de 25	88	25	90	60
40 a 65	25 a 40	176	51	180	120
arriba de 65	arriba de 40	264	75	270	180

- S= Desviación normal estimada de la muestra (km/h o mi/h)
- K= Constante correspondiente al nivel de confiabilidad deseado.
- E= Error permitido en la estimación de la velocidad (km/h o mi/h).
- U= Constante correspondiente a la velocidad estadística deseada para velocidad media, use 0.00 para el 15 ó el 85 porcentual, use 1.04 para el 5 o el 95 porcentual, use 1.64.

#### PROCEDIMIENTO

La conducción de estudios de velocidad de punto se presenta de acuerdo al método usado; ya sea manual o automático. Sin embargo, los datos de la velocidad se analizan de tal manera que permitan obtener la información deseada.

Todas las lecturas de velocidades deben ser casuales y representativas de las condiciones del flujo libre del tránsito. Se recomiendan los siguientes procedimientos de muestreo:

1.-Observar siempre el primer vehículo en el pelotón, porque los siguientes vehículos pueden estar circulando a la velocidad del vehículo guía, que no puede ser rebasado en el momento de la medición.

2.-Para la medición de la velocidad, seleccionar los camiones en proporción a su presencia en la corriente del tránsito.

3.-Evite muestrear una gran proporción de vehículo con alta velocidad.

Si el investigador no puede registrar la velocidad de todos los

vehículos en una dirección, debido al gran volumen de tránsito, entonces pueden usarse diversos métodos de muestreo. Cada segundo, tercero o enésimo vehículo, pueden ser escogidos para medición de la velocidad. Se requiere cierto cuidado con este procedimiento, porque el vehículo "n" puede estar controlado por algún efecto externo; tal como un pelotón de vehículos que transita a través de un sistema coordinado de semáforo.

#### METODO MANUAL

Para empezar, se mide una longitud determinada, en el lugar del estudio. Las longitudes recomendadas se resumen en la 4-3 para diferentes rangos de velocidad promedio de la corriente del tránsito, junto con los factores de conversión apropiados. Es decir, la constante correspondiente a la longitud seleccionada es dividida entre el tiempo que un vehículo tarda en recorrerla, a fin de obtener la velocidad de punto del vehículo observado.

El tramo medido principal en un punto indicado por una marca transversal hecha en el pavimento. El investigador se sitúa al final del tramo medido y emplea una marca de objeto de referencia, directamente a través de la calzada, como auxiliar en la operación del cronometraje. Se debe tener cuidado en la selección y definición del tramo medido, a fin de que el investigador pueda observar claramente las líneas o marcas de referencia.

Si el investigador puede situarse a cierta altura por encima del tramo en estudio; por ejemplo, en un puente o en talud, entonces se mejora la observación de una parte predeterminada del vehículo, tal



como las ruedas delanteras. Por otra parte, a medida que las marcas de referencia se hacen más visibles, aumenta la distracción de los conductores que se aproximan.

En el momento que las ruedas delanteras (u otra parte) del vehículo, cruzan la marca inicial del tramo medido, el investigador acciona el cronometro, el cual es detenido en el instante en que el vehículo pasa frente al investigador. Se anota una raya en el renglón correspondiente de la hoja de campo, de acuerdo con el tiempo registrado.

#### METODO AUTOMATICO

Se dispone de varios dispositivos para medir las velocidades instantaneas de los vehículos en un lugar determinado de la vialidad. Prácticamente todos los estudios de la velocidad se hacen, actualmente, con equipo automático. Este equipo puede agruparse en dos categorías: el de detectores en el camino y el del principio Doppler (radar). En cualquier caso, los fabricantes de los equipos, proporcionan las instrucciones específicas para su operación.

Los detectores o medidores en el camino operan con mangueras neumáticas, placas de interruptores o gomas magnéticas, situados sobre o dentro del pavimento. La separación entre los detectores debe ser de 0.60 a 5 metros, para minimizar la oportunidad de que un vehículo que rebasa, cierre el circuito del detector, durante una medición de velocidad. Además la presencia de mangueras sobre el camino, introduce la posibilidad de deformaciones en las observaciones de la velocidad. Los impulsos de estos detectores de vehículos son transmitidos a

una grabadora o medidor, que indica el tiempo que transcurre entre los dos detectores que están espaciados a una distancia conocida, o registra el tiempo transcurrido; entonces, este intervalo de tiempo no se convierte a la correspondiente velocidad de punto.

La siguiente ecuación se emplea para determinar la velocidad para cualquier longitud de recorrido que se elija:

$$V = \frac{3.60 D}{T} \quad (\text{sistema métrico})$$

$$V = \frac{D}{1.47 T} \quad (\text{sistema inglés})$$

donde:

V = Velocidad de punto (km/h ó mi/h)

D = Longitud del recorrido (m o pies)

T = Tiempo transcurrido (seg)

Los medidores basados en el principio Doppler utilizan radar o rayos ultrasonicos, que están dirigidos al vehículo en movimiento. La señal reflejada es convertida en una frecuencia, que es proporcional a la velocidad del vehículo. Las velocidades pueden leerse directamente en una caratula o registro digital o indicadas en un equipo de registro suplementario.

Los radarmetros se calibran, comunmente, para medir velocidades a una distancia aproximada de 100 m, aunque algunos dispositivos pueden ser usados para observar velocidades a un alcance mayor de 1000 m. En cualquier caso, la ubicacion del radarmetro, en el campo, debere seleccionarse, en tal forma de minimizar el error del coseno del

ángulo entre la trayectoria del vehículo y la línea del aparato al vehículo, a la hora de medir la velocidad. El error del coseno se reduce al hacer que este ángulo se aproxime a cero. Esta condición se logra al minimizar la distancia perpendicular de la trayectoria del vehículo al radarmetro o maximizando el alcance al que se efectúan las mediciones de la velocidad. Aún cuando los radarmetros son de uso común, las mismas condiciones, son aplicables a todos los tipos de medidores del principio del Doppler. Las mediciones de velocidad con radar se hacen con todo el equipo montado dentro de un vehículo que se encuentre estacionado a un lado de la corriente del tránsito.

#### DETERMINACION DE LA VELOCIDAD RECOMENDABLE

La velocidad máxima adecuada, en una curva horizontal se determina por medio de un vehículo de prueba. El vehículo está equipado con un indicador de pendiente que se lee junto con el velocímetro a la mitad de la curva horizontal. La velocidad máxima, para un recorrido confortable, se define por una lectura de 10 grados en el indicador de pendiente, que proporciona una medida promedio de fricción lateral en el vehículo de prueba. Este valor crítico representa el punto de transición en el cual la fuerza centrífuga empieza a causar al conductor una sensación de incomodidad en la curva.

Antes de iniciar cada recorrido de prueba, el indicador de pendiente se nivela a "cero" cuando el vehículo está en tramo tangente (recta), antes de la curva horizontal. La velocidad de la prueba inicial es generalmente algún valor múltiple de 10 km/h y se selecciona para proporcionar una lectura menor de 10 grados en el

indicador de pendiente. Las observaciones posteriores se efectúan para el indicador de pendiente exceda los 10 grados.

No es necesario una serie de datos para registrar la información, pero la hoja típica de campo, puede ser adaptada, usando una columna para valores del velocímetro y otra columna para las lecturas respectivas del indicador de pendiente. La velocidad crítica se determina por medio de una interpolación lineal de las dos velocidades que están más cercanas a los 10 grados. Con frecuencia se hacen varios recorridos en cada dirección, para verificar la velocidad establecida.

## 2.5 ESTUDIOS DE ACCIDENTES DE TRANSITO

La mayoría de los accidentes de tránsito son resultado de la falta de precaución o de comportamiento peligroso de los peatones o conductores. Sin embargo, la probabilidad de que ocurra un accidente, así como su gravedad, puede decirse con la adecuada instalación de los dispositivos para el control del tránsito y con un buen proyecto de las características geométricas del camino.

Del análisis de los datos de accidentes depende directamente el éxito o fracaso de los dispositivos para el control del tránsito o del proyecto geométrico en lugares específicos. En tanto que la cantidad y calidad de datos importantes para el análisis no son suficientes; gran parte de la información disponible en los archivos o expedientes, no se emplean en toda su magnitud.

### APLICACIONES

Existen muchas razones para conservar los registros de accidentes de tránsito, incluyendo la disponibilidad de conjunto de datos estadísticos para una ciudad, región o sistema vial. Los registros también son necesarios para proporcionar hechos que sirvan de guía para implantar los programas de educación, conservación vial, inspección vehicular, servicios, médicos de emergencia y de ingeniería para mejorar las calles y carreteras. Los datos de accidentes individuales son utilizados por la policía, autoridades que otorgan licencias, compañías de seguros, abogados, tribunales y diseñadores de vehículos.

Los datos de accidentes tabulados y analizados, pueden ser utilizados por los ingenieros de tránsito en los casos siguientes:

1.-Para definir o identificar lugares con alta incidencia de accidentes.

2.-Para realizar estudios de antes y después en donde se han hecho mejoras o cambios de algún dispositivo específico. Estos estudios, son la guía más importante para evaluar la eficiencia de las medidas técnicas aplicadas en la prevención de accidentes, tales como: señales, semáforos, marcas en el pavimento, proyecto geométrico, iluminación y alguna otra medida de tránsito.

3.-Para justificar alguna acción positiva o negativa a las peticiones del público, relacionadas con la instalación de algún dispositivo para el control del tránsito.

4.-Como auxiliar en la evaluación de alternativas de proyecto geométrico y en la determinación y desarrollo de los proyectos más adecuados de calles, intersecciones, entradas y dispositivos para el control del tránsito, para cada localidad específica.

5.-Para establecer programas prioritarios de mejoras a los lugares con alta incidencia de accidentes, basados en la cifra (costos) de los accidentes, que se pueden prevenir con medidas de la ingeniería de tránsito.

6.-Para justificar la inversión en mejoras importantes para prevenir o reducir los accidentes.

7.-Para proponer cambios a los reglamentos de tránsito.

8.-Para establecer mejoras en la vigilancia policiaca.

9.-Para determinar la necesidad de construir aceras y ciclo-

Distas.

10.-Para determinar la necesidad y justificación de restringir el estacionamiento.

11.-Para determinar la necesidad de mejorar el alumbrado público.

12.-Para identificar ciertas acciones de los conductores o peatones que causan accidentes, y que pueden prevenirse a través de la educación pública.

13.-Para ayudar a conseguir fondos que pueden aplicarse en programas de seguridad vial, en una localidad o en un estado.

#### SISTEMA DE ARCHIVO

#### FUENTES

Las principales fuentes de datos son los departamentos locales (ciudad o municipio) y estatales de policía y transporte. Los policías de tránsito son responsables de hacer la investigación directa, en el lugar de los hechos y de registrar los datos pertinentes, en un reporte de accidente. Además, en las delegaciones, se reciben reportes o quejas de accidentes leves que no requieran investigación en el lugar de los hechos.

Una fuente secundaria de datos accidentes, pueden ser los reportes de las compañías de seguros que se encarguen de captar todos los datos relacionados con cualquier tipo de accidentes, ya que actualmente hay algunos de costos bajos, que no son reportados y por consiguiente, se pierde información valiosa.

La cantidad de accidentes es de gran valor estadístico y no solo son necesarios los datos de accidentes acontecidos; sino que con mayor frecuencia, se han venido utilizando la información relacionada con accidentes que estuvieron a punto de ocurrir.

Para fines de la ingeniería de tránsito, deben obtenerse copias de todos los reportes de accidentes, preparados por las autoridades correspondientes. Esto se logra mejor, si en una ciudad o municipio, se establece como rutina, que de cada reporte de accidente, se haga una copia para enviarla directamente a la oficina o departamento de ingeniería de tránsito.

#### REPORTE DE ACCIDENTES

Las tres formas de reporte de accidentes son: las de datos concretos, la descriptiva y la forma combinada. La fig 5-1 ilustra un ejemplo común de esta última. Los datos de mayor interés para los ingenieros de tránsito son los siguientes:

- 1.-Posición y dirección de todos los vehículos antes del accidente, incluyendo los parados o estacionados.
- 2.-Hora, día de la semana y fecha.
- 3.-Tipo general del accidente y forma de la colisión.
- 4.-Que trataban de hacer los conductores o peatones inmediatamente antes del accidente (detenerse para estacionarse, dar vuelta a la izquierda en algún lugar específico, etc.).
- 5.-Las condiciones atmosféricas, de iluminación y del camino, a la hora del accidente.
- 6.-El tipo de control de tránsito que afecta a cada una o a to-



**DIRECCION GENERAL DE TRANSITO FEDERAL  
 REPORTE DE ACCIDENTE No.**



SECRETARIA DE GOBIERNO INTERIO  
 T -  
 IDENTIFICACION

A POSICION DE LOS VEHICULOS ANTES DEL ACCIDENTE			B DELEGACION No. y lugar	
VEHICULO No. 1	CON DIRECCION ->	En el mismo o la calle - N/A	Número y Nombre del Comisario o jefe	Cualidad o Puesto
VEHICULO No. 2	CON DIRECCION ->	En el mismo o la calle - N/A		
PEATON	SI EL PEATON ATRAVESABA	HACIA DESDE - lado o escuela	Municipio Estado	
			Hora	Di
			Mes	Año
			Día de la semana	

C CLASIFICACION DEL ACCIDENTE		F CIRCUNSTANCIAS QUE CONTRIBUYERON		G DATOS DEL LUGAR DEL ACCIDENTE		I QUE SE HACIA CON EL VEHICULO				
1	Sin colisión sobre el camino	1	DEL CONDUCTOR	1	ALIMENTAMIENTO	1	VERTICAL			
2	COLISION SOBRE EL CAMINO	1	DEL PEATONO PASAJERO	2	CONTROL DE TRANSITO	2		ZONA		
3	Vehículo	1		1		1			1	
4	Cajón de manobra	2		1		2			1	
5	Otros	3		1		3	1			
6	COLISION SOBRE EL CAMINO CONTRA	4	DEL PEATONO PASAJERO	4	LUGAR	4	K SALDOS MUERTOS HERIDOS			
7	Fuera de trayectoria	5	1	5	1	Veículo 1		231	237	
8	Uno vehículo mejor en tránsito	6	1	6	1	Veículo 2		232	238	
9	Uno vehículo mejor por espacio	7	1	7	1	Peatón		236	240	
10	Vehículo motor estacionado	8	1	8	1	TOTAL	236	241		
11	Fuera de tránsito	9	1	9	1	ESTIMACION DE PERDIDAS MATERIALES				
12	Buena	10	1	10	1	242	Veículo 1	0		
13	Desventaja	11	1	11	1	244	Veículo 2	0		
14	Distorsión	12	1	12	1	246	Comuna	0		
15	Otros	13	1	13	1	248	Daño propiedad	0		
16	Otros	14	1	14	1	250	TOTAL	0		
D DATOS DEL VEHICULO		G DATOS DEL LUGAR DEL ACCIDENTE		H DATOS DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
1	Publico Federal	1	DEL VEHICULO	1	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO					
2	Publico Estatal	1	DEL CAMINO	1		1				
3	Publico Municipal	2	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO	2	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO					
4	Particular	3		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		3	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO			
5	Otro	4			DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO	4		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		
6	Compañía (Cargo)	5		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		5	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO			
7	Autobus	6	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		6	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO				
8	Camión cargo	7		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO	7		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO			
9	Camión combinado	8	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		8	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO				
10	Carroeta	9		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO	9		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO			
11	Motocicleta	10	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		10	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO				
12	Autocarro	11		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO	11		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO			
13	Motocicleta	12	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		12	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO				
14	Autocarro	13		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO	13		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO			
15	Otros	14	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO		14	DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO				
16	Otros	15		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO	15		DÍA, CALIDAD Y TIPO DE VEHICULO			
E TIPO DEL CAMINO O CALLE		H DATOS DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO								
1	Un carril	1	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
2	Doa carriles	2		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
3	Tres carriles	3	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
4	Cuatro o más carriles	4		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
5	Carril central o de un sentido	5	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
6	Vías múltiples o de ejes	6		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
7	No pavimentado	7	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
8	Pavimentado	8		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
9	Asfalto	9	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
10	Otros	10		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
11	Otros	11	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
12	Otros	12		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
13	Otros	13	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
14	Otros	14		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						
15	Otros	15	DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO							
16	Otros	16		DEL CONDUCTOR / PEATONO PASAJERO						

USAR HOJAS EXTRAS CUANDO INTERVIENGAN MAS DE DOS VEHICULOS ANTES DE FORJAR

COMO OCCURRIO EL ACCIDENTE

Forma de reporte de accidente usado por la policía.

FIGURA 5.1

das las unidades involucradas en el accidente.

7.-La gravedad del accidente (muertos, lesionados o únicamente daños materiales).

#### EXPEDIENTE DE ACCIDENTES

Algunos de los sistemas más comunes de archivo por ubicación se describe a continuación:

1.-POR LA INTERSECCIÓN MAS CERCANA: Todos los accidentes son archivados en carpetas, con el nombre de la intersección más cercana al lugar del accidente. En este sistema no hay expediente de accidentes a mitad de la cuadra.

2.-EN LOS LIMITES LEGALES DE LA INTERSECCION: Los accidentes que suceden dentro de los límites definidos legalmente por la línea externa del paso de peatones son clasificados como accidentes en intersección y el resto como a mitad de cuadra, con la debida identificación.

3.-LA REGLA DE LOS 30 METROS: Los accidentes que ocurren dentro de esta distancia de la intersección, incluso los que estén en el límite, son clasificados como accidentes en intersección y los restantes se archivan por dirección a mitad de la cuadra.

4.-LA REGLA DEL MEDIO KILOMETRO: Igual que el párrafo anterior, con la excepción de la distancia que es mayor.

5.-CON EL SENALAMIENTO DE KILOMETRAJE: Este método se emplea generalmente por los departamentos estatales o municipales de tránsito para identificar accidentes rurales, ubicándolos por la décima y centésima de kilómetro más próxima.

6.-POR LOS ELEMENTOS QUE CONTRIBUYEN: Este sistema considera las relaciones directas o potenciales de los accidentes con cada intersección. Dentro de estos elementos se consideran los dispositivos para el control, los movimientos direccionales de cualquier vehículo involucrado con respecto a la calle transversal, peatón lesionado o que haya influido en la acción de un conductor involucrado en un accidente; ya sea que transitara por un cruce señalado o no, cambios bruscos del alineamiento, o alumbrado de la intersección. Entre los elementos que contribuyen a un accidente a mitad de la cuadra se incluyen entradas, vehículos estacionados, objetos fijos frente a la trayectoria vehiculares y peatones que cruzan en zonas prohibidas.

Al usar este tipo de expediente, la distancia del accidente, referida a un punto determinado, no elimina necesariamente la ubicación del elemento que contribuye. El mejor ejemplo lo tenemos en los accidentes que ocurren por alcances en las colas originadas por los semáforos. Así, un accidente por alcance en una cola de 1/2 kilómetro, desde una intersección controlada por semáforos, será debidamente archivado, bajo el nombre de la intersección; sin importar que existan una o seis intersecciones entre esta y el punto donde ocurrió el accidente.

Dado que puede haber omisiones aún en los mejores expedientes de ubicación por tipo de elementos que contribuyeron, es recomendable que los expedientes de accidentes a mitad de cuadra, contengan, tanto los diagramas de colisión como el listado de accidentes en intersecciones. Si la ubicación es sujeta a colas largas, también es recomendable verificar los expedientes de intersecciones con otras ubi-

caciones como las de 1/2 kilometro.

Este tipo de archivo por ubicación se llama "lineal" y puede emplearse también en las zonas rurales, con expedientes por número de ruta. En este último caso, es útil agrupar a los expedientes individuales por tramo.

El segundo tipo de archivo general es empleando coordenadas rectangulares. Se instalan marcas de referencias a lo largo de la ruta, para que así los oficiales de la policía puedan medir la distancia lineal entre esta marca y el lugar del accidente, y así determinar su ubicación, o también pueden establecer las coordenadas empleando un mapa con coordenadas, mojoneras previamente marcadas.

Un tercer método para la ubicación y archivo de reportes de accidentes, es por medio de arcos y nodos. Un nodo es un punto, en tanto que un arco es un tramo entre dos nodos. En este sistema cada intersección es un nodo que se identifica por medio de un número. Adicionalmente pueden marcarse nodos intermedios a mitad de cuadra, tanto en zona rural como en zona urbana. La localización de un accidente se establece por medio de medidas lineales a lo largo de un arco, a partir de un nodo específico.

En este sistema, los expedientes de accidentes en intersecciones se archivan siguiendo la secuencia numérica de los nodos. Los accidentes que sirve como referencia en la medida registrada. En este caso deben confrontarse dos expedientes, para garantizar los reportes de accidentes para un arco dado, ya que la identificación podría haberse realizado desde cualquiera de los nodos.

## PROCESAMIENTO DE DATOS

Antes de archivar los datos, se puede registrar en cualquiera de los diferentes sistemas de procesamiento. Normalmente son interpretados, codificados y pasados a tarjetas perforadas; entonces la información puede transferirse de las tarjetas a discos o cintas magnéticas.

Estos sistemas emplean a menudo, un archivo con reportes numerados en serie, donde se le asigna un número progresivo a cada reporte, según el orden en que se recibió (este número no coincide necesariamente con el que originalmente, le asigna la policía). En un sistema centralizado los reportes pueden juntarse, tanto como sea posible, con otros documentos de cada accidente, tales como: reporte del conductor y reporte de la compañía de seguros.

Los reportes de accidentes pueden ser microfilmados registrando el número del reporte, del carrete y de la imagen.

Con el procesamiento electrónico de datos, se puede disponer de tablas que incluyen:

- 1.-La publicación periódica de la lista de los accidentes por ubicación.
- 2.-Lista periódica de los lugares con mayor frecuencia de accidentes.
- 3.-Tabulación detallada de los datos relativos a los lugares con mayor frecuencia de accidentes, para los cuales conviene preparar diagramas de colisión.
- 4.-Resúmenes especiales relacionados con la frecuencia o índices

de accidentes por tipo de camino, características geométricas, estado del pavimento y condiciones diurnas o nocturnas.

Los sistemas de procesamiento de datos, especialmente a nivel estatal centralizado, generalmente contiene limitaciones severas. En muchos casos, la clasificación es solo para los accidentes en el sistema estatal de rutas numeradas y no se dispone de los datos de accidentes, en rutas secundarias, municipales y calles de la ciudad.

Comunmente, la información generada por computadora, no es suficientemente detallada, para permitir pasar un análisis de ingeniería completo, de las vías o intersecciones.

#### RECUPERACION DE DATOS

Para cada grupo, el tipo de accidente, se clasifica de acuerdo con los seis casos siguientes:

- 1.-Sin colisión.
- 2.-Peatón o ciclista.
- 3.-Vehículo estacionado.
- 4.-Acceso a las cocheras.
- 5.-Objeto fijo.
- 6.-Otro vehículo en movimiento.

El valor de la tabla depende de la habilidad para agrupar los accidentes en las intersecciones por el tipo de control o para revisar la significancia relativa de algunos accidentes a mitad de cuadra, así como la relación de la clasificación funcional de las calles involucradas.

En un archivo de ubicación manual, la recuperación de los expc-

dientes, para preparar los diagramas de colisión o tabulación especiales, es relativamente simple. Algunas veces se requiere la información detallada de los accidentes a mitad de cuadra, pero el costo de la preparación de los diagramas de este tipo de colisiones con frecuencia no se justifican. Un método manual, para tabular datos a mitad de cuadra, se ilustra en la fig 5-2. El método para tabular accidentes a mitad de cuadra se muestra en la primera sección de la fig. 5-3 titulada como fig. 5-3a.

Los datos de los accidentes de tránsito a mitad de la cuadra, son útiles para determinar la necesidad de prohibir el estacionamiento, la construcción de un camellón central, para no permitir los movimientos de vuelta izquierda o de retorno, la identificación de obstáculos fijos, peñascos, etc.

#### SELECCIONES DE INVENTARIO

Existen dos tipos generales para la ubicación:

- 1.-Un punto específico, tal como una intersección o un puente corto.
- 2.-Un tramo de vía, que puede ser tan corto como 15 m o tan largo como 16 km.

Cuando se está elaborando las secciones del inventario es importante darse cuenta que los datos de tramos cortos, pueden sumarse rápidamente, mientras que la subdivisión de secciones de longitud excesiva, es mucho más difícil. Obviamente que una sección que experimenta un accidente al año, difícilmente puede calificarse como una sección deseable para inventariar, debido a que el análisis estadís-

**PROCEDIMIENTO DE TABULACION DE  
ACCIDENTES A MEDIA CUADRA**

1. **Orden** —Se emplea el expediente a media cuadra y la relación de calles, en el mismo orden alfabético que tienen las carpetas, ordenados, de acuerdo con la clasificación funcional. (Ver mapa de clasificación y percatarse de que zonas pueden tener calles con diferente clasificación.)

M —Ruta principal  
C —Calle colectora  
L —Calle local.

2. **Nombre de la calle** —Cuando hay que graficar una serie de accidentes sobre una calle dada sólo se requiere ingresar el nombre de la misma, al inicio de la tabla.  
3. **Domicilio** —Si no se conoce la dirección exacta, ingresarlo con una aproximada, usando un renglón para cada accidente.  
4. **Uso del suelo** —anotar la clase para el uso específico del suelo, o en el caso de una entrada, el uso del predio servido.

R —Residencial  
P —Público (escuela, iglesia, biblioteca, parque, etc.)  
ES —Estación de servicio  
CC —Centro comercial  
B —Banco  
T —Tienda de abarrotes  
M —Miscelánea (comercio en pequeña escala).

5. **Fecha** —Emplear el día y el mes primero y luego el año en forma abreviada: 18 En. 78.  
6. **Hora** —Indicar la hora del accidente en el sistema de 24 horas ejem.: 0915 y 2115.  
7. **Noche/día** —Utilizar la columna correcta para indicar si el accidente fue durante la noche o en el día.  
8. **Entradas** —Existen dos columnas para los accidentes en entradas.  
**Movimiento** —Debe emplearse una de las 5 columnas para indicar la maniobra que realizaba el vehículo; ya sea entrando por la izquierda; por la derecha; saliendo por la izquierda, por la derecha o en reversa.  
**Objeto golpeado** —Utilizar una columna para indicar cuantos vehículos fueron involucrados (veh); o cuantos peatones (peat) o ciclistas (Bic), golpeados. La otra columna es para el tipo de accidente en la entrada, tal como choque con objeto fijo; se si golpea un vehículo estacionado, entonces se tabulará bajo el rubro de *estacionamiento*.  
9. **Estacionamiento** —Si en un accidente estuvo involucrado un vehículo estacionado, deteniéndose para estacionarse en una acera o saliendo de un estacionamiento, esto se indicará en la columna respectiva.  
10. **Otros a media cuadra** —Cualquier otro accidente que no involucre estacionamiento o entradas, deberá anotarse en la columna respectiva para vehículos, peatones, ciclistas u objetos fijos (OF).

Método para tabular accidentes a media cuadra.

5.2  
FIGURA

FALLA DE ORIGEN



## TABLA DE ACCIDENTES PARA USO DEL INGENIERO DE TRANSITO

	Sin colisión	Vehículo que golpea				Vehículo en la calle	TOTAL
		Pedones	Autos de secundarias	Van en acceso o paso	Objeto fijo		
<b>INTERSECCION</b>							
<b>PRINCIPAL-PRINCIPAL</b>		<b>CALLES PRINCIPALES</b>					
Señal de alto en 2 accesos							
Señal de alto en 4 accesos							
Semáforo							
Oficial de tránsito							
<b>PRINCIPAL-SECUNDARIA</b>							
Señal de alto en 2 accesos							
Sobre arteria o calle principal							
Sobre calle secundaria							
Oficial de tránsito							
Subtotal							
A mitad de la cuadra							
Total en la calle principal							
<b>INTERSECCIONES</b>		<b>CALLES SECUNDARIAS</b>					
Sin control							
Señal de ceda al paso							
Señal de alto en 2 accesos							
Señal de alto en 4 accesos							
Subtotal							
<b>A MITAD DE LA CUADRA</b>							
Total en la calle secundaria							
En callejones							
Cruce con FF.CC.							
<b>TOTAL</b>							

Ejemplo de forma para tabular los accidentes de tránsito ocurridos en ciudades pequeñas.

FIGURA 5.3

# FALLA DE ORIGEN

## EXPLICACION DE LOS SIMBOLOS DE UNA TABULACION DE ACCIDENTES

### Columnas

- "No Co." No colisión (accidentes que no involucran contacto entre vehículos, objetos fijos, peatones o animales).
- "Peat. Bic." Peatón o ciclista.
- "Veh/Est." Vehículo estacionado, golpeado por otro vehículo en maniobra de estacionarse o dejar el estacionamiento.
- "Veh @ E" Vehículo entrando o saliendo a un callejón o acceso a propiedad.
- "O.F." Objeto Fijo.
- "Veh. en C." Colisión de dos vehículos en circulación.

### Renglones

- "Calles Principales" se refieren a aquellas vías con volúmenes de más de 2000 vehículos por día, en las que se establece prioridad, por medio de señales de alto en las calles transversales.
- "Calles Secundarias", se incluyen todas las calles, residenciales, industriales y colectoras.
- "Intersección Principal", se refiere a las formadas por dos calles principales y los 4 renglones sirven para indicar el tipo de control.
- "Intersección Intermedia", se refiere a la formada por una calle principal y una o más secundarias.
  - Quando un vehículo sale de una calle secundaria y se involucra en un accidente con el tránsito de la calle principal, se tabula como accidente con señal de alto.
  - Un accidente en que sólo esté involucrado el tránsito de la vía principal (tal como alcance), se tabula como sobre vía principal.
- "Accidente a media cuadra", se refiere a los que suceden entre intersecciones; pero que éstas no tienen ninguna participación en el hecho.  
Las tablas para accidentes en calles secundarias son similares a las correspondientes a las calles principales.
- "En privadas", se refiere a los accidentes que suceden en calles privadas; pero quedan incluidos aquellos en que el hecho, es de un vehículo que sale de la privada a una vía pública. Estos últimos se clasifican como accidentes en entradas.
- "Cruce de Ferrocarril", se circunscribe a los accidentes entre un tren y vehículos, ciclistas o peatones que crucen las vías férreas.

Figura 3. Descripción de la simbología para una tabla de accidentes.

tico de un solo accidente no puede ser significativo.

Existen cuatro sistemas generales para identificar los lugares mas peligrosos en una nueva carretera:

1.-Método del número: Se selecciona a los lugares que sobrepasan un numero mínimo de accidentes, por unidad de longitud de carretera.

2.-Índice de accidentes: Se selecciona a los lugares con base a su peligrosidad por tramos de camino, empleando el numero de accidentes por 100 MVI y para las intersecciones o puntos, se utiliza el número de accidentes por MVE.

3.-Índice del control de calidad: Se utiliza una prueba estadística para determinar la probabilidad del índice por 100 MVK o MVE que sea significativamente mayor que el promedio, para lugares similares.

4.-Índice numérico: En este método se emplean ambos, el número y el índice de accidentes. Por ejemplo, en algún lugar se escoge un puente o una intersección para un estudio, cuando el número de accidentes es mayor de cuatro años y el índice por 100 MVE excede de 150. Así también un tramo de vía se escoge para estudio, cuando los accidentes por kilómetro pesan de 1.5 y los accidentes por 100 MVK exceden de 280 por año.

El mapa de frecuencia de accidentes se utiliza para resaltar los lugares en mayor concentración de los mismos y es de gran valor para estudios de situaciones especiales. Se incluirán los accidentes a los peatones especialmente cuando estén relacionados con las condiciones de iluminación y con base al día y la noche, y los ocurridos a vehículos estacionados.

Para fines de la ingeniería de tránsito, el mapa de frecuencia de

accidentes debe realizarse sobre el trazo de la red vial, clasificada funcionalmente (autodistas, calles principales, calles colectoras, calles locales, etc.).

Se utilizan alfileres de colores para representar los diferentes tipos y gravedad de los accidentes. Para los lugares con alta frecuencia de accidentes se utilizan alfileres "multiplicadores" donde un tipo de alfiler representa por ejemplo 10 accidentes.

#### ANÁLISIS DETALLADO DE LOS ACCIDENTES.

##### CASOS GENERALES.

El procedimiento deseable para el examen detallado de un lugar, con alto índice de accidentes, se describe a continuación:

- 1.-Obtener copias de los reportes de accidentes durante los años. Si se está efectuando un estudio de "antes y después", de las mejoras al tránsito es deseable tener al menos la información correspondiente a 2 años para el periodo de "antes" y por lo menos 12 meses (de referencia 24 a 36 meses) para el periodo de "después".

- 2.-Preparar un diagrama de colisiones que muestre gráficamente los detalles importantes de cada accidente.

- 3.-Preparar un diagrama de los accidentes existentes o en caso necesario, un esquema con el inventario. El diagrama de las condiciones existentes es un dibujo a escala, que muestra la planta, anchos y pendientes de los ramales de la intersección, localización de cualquier obstáculo visual y los dispositivos para el control del tránsito, así como las condiciones del estacionamiento.

4.-Obtener otros datos pertinentes del tránsito:

a) Aforos de los volúmenes, horarios máximos direccionales en las intersecciones.

b) Verificación de la velocidad en los accesos, si este puede ser un factor.

c) Estudios del cumplimiento de los usuarios o violación a los dispositivos para el control, si así lo indica el patrón de los accidentes.

5.-Si una intersección no controlada, las colisiones en ángulo recto son frecuentes, llevar a cabo un análisis de velocidad segura en el acceso.

6.-Revisión en el lugar, la visita al lugar de estudio es básica para detectar algunos peligros que no aparecen en el diagrama de condiciones existentes, o que no identifican con claridad las trayectorias de los accidentes; para percatarse de flujos del tránsito anormales o para verificar la visibilidad y ubicación de los dispositivos para el control. En intersecciones controladas con semáforos, es importante la sincronización y programación de los semáforos. Es deseable realizar una observación nocturna, para verificar la visibilidad de los obstáculos y la reflejancia de los dispositivos para el control del tránsito.

7.-Utilizar la información para seleccionar el tránsito más adecuado del lugar, tomando en consideración los fondos disponibles y la importancia relativa.

8.-Después de que se han realizado las mejoras verificar, por medio de un estudio de "antes y después".

Los accidentes en una intersección, deben mostrarse en el diagrama de la situación actual. Este diagrama no se elabora a escala, y si ocurre una colisión por alcance en una intersección controlada, al final de la cola de vehículos, se dibuja como si hubiera ocurrido en la intersección.

La consideración principal es que la gráfica debe mostrar la dirección original del recorrido, acoplada con una curva en la línea del acceso, para representar el inicio de la trayectoria que seguiría un vehículo al dar la vuelta.

Si un peatón es atropellado, debe dibujarse la ubicación general del cruce de peatones y la dirección del recorrido. Igualmente, una colisión con un objeto fijo, debe de mostrar a este en el cuadrante correcto de la intersección.

Otro factor importante, se refiere a los vehículos o peatones no involucrados o que no sufrieron contacto. En este caso "no involucrados" significa que la unidad de tránsito no fue físicamente golpeada; de ahí que el recorte del accidente no se identifica directamente, pero motivo la acción que origino las circunstancias del accidente. Un ejemplo de lo anterior, es el de un conductor, que se detiene para dar vuelta en una entrada o calle transversal. El siguiente conductor obtiene su vehículo con seguridad, pero es golpeado, en la parte posterior, por un tercer vehículo. Alternativamente, el segundo conductor puede elegir el cambio de carril al percance de la maniobra del vehículo que le antecede y verse involucrado en una colisión lateral con un tercer vehículo.

Este tipo de accidentes puede evitarse, si se construye un carril

exclusivo para vuelta a la izquierda que desplace o minimiza los conflictos. Sin embargo, si los datos del vehículo no involucrado no se muestran en el diagrama del accidente (o no los reporta el policía, en el informe original); entonces el accidente será registrado con un simple alcance. Los métodos de tratamiento para las colisiones típicas de un alcance, difieren substancialmente de los empleados para conflictos entre vehículos que dan vuelta y los que les siguen.

La fig 5-4 muestra los 6 tipos más comunes de accidentes de vehículos no involucrados. Se ha empleado una línea punteada para indicar la trayectoria probable de la unidad no involucrada, aun cuando haya o no iniciado el movimiento. Tomando los ejemplos de vuelta izquierda, un carril exclusivo de vuelta izquierda podría tender a eliminar los accidentes tipo 1 y 2. El tipo 3 puede seguir ocurriendo, pero podría prevenirse, separando la fase de vuelta izquierda, si la intersección tiene semáforos.

En los ejemplos de vuelta derecha, los tipos 4 y 5 pueden ser reducidos o eliminados, proporcionando un carril exclusivo para dicha vuelta. Sin embargo, esto no podría eliminar necesariamente un accidente del tipo 6, que es producido por: A) una vuelta derecha amplia o B) una vuelta izquierda amplia, por el vehículo opuesto.

Los accidentes tipo 1 y 2, de vehículo no involucrado son en alto grado, los más prevalentes en las áreas urbanas. Por faltas de bahías que separen la vuelta izquierda, en la intersección de dos vías principales, no es raro que el 25 % del total de los accidentes, sea de este tipo.

El tipo 7 muestra un peaton "no involucrado" (indicado por la x)

## VEHICULOS O PEATONES CAUSANTES INDIRECTOS DE UN ACCIDENTE

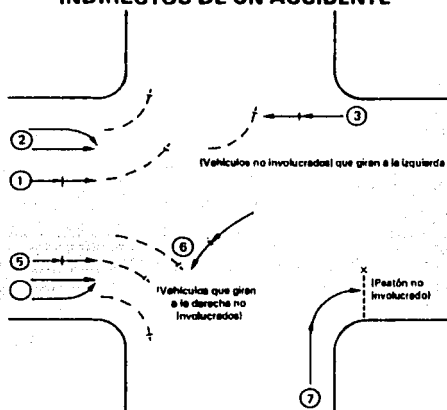


Figura 4-7. Diagrama de los 6 casos típicos de vehículos o peatones que son causantes indirectos de un accidente.

5-11

FALLA DE ORIGEN



donde dos vehículos que giran a la derecha se ven envueltos en una colisión por alcance, debido a que el primer vehículo se detuvo para que cruzara el peatón.

La fig 5-5 muestra un diagrama de colisión para una intersección urbana. En cada línea de un accidente se anotan los datos: la hora, el día de la semana, el mes y el año, así como, algunas indicaciones atmosféricas o del pavimento. Si el accidente ocurre durante la noche es necesario anotarlo.

Los datos descriptivos para los accidentes en ángulo recto pueden mostrarse a partir de cualquiera de las líneas del acceso del vehículo.

Algunas dependencias tienen como práctica indicar con línea transversal, corta, en cada línea del accidente; si no hubo muerto o lesionado. Esta es una forma de comprobar que la persona que hace un diagrama, verificó el reporte de la gravedad del accidente. Un accidente con heridos o muertos se registra con un círculo o punto, tal como se muestra en la simbología del diagrama.

#### CALCULO DEL INDICE DE ACCIDENTES.

Hay tres tipos básicos de comparaciones:

- 1.-Estudio paralelo (entre diferentes lugares o áreas, para el mismo periodo).
- 2.-Estudio de "antes y después" (entre periodos diferentes, del mismo lugar o área).
- 3.-Estudio de las condiciones (entre las características físicas de la vía sin considerar la ubicación o la hora en que ocurrió).

## DIAGRAMA DE COLISIONES TIPO

Fecha \_\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_ Estado del tiempo \_\_\_\_\_ Dirección \_\_\_\_\_  
 Edo. del pavimento \_\_\_\_\_ Distancia base elegida \_\_\_\_\_  
 Observador \_\_\_\_\_

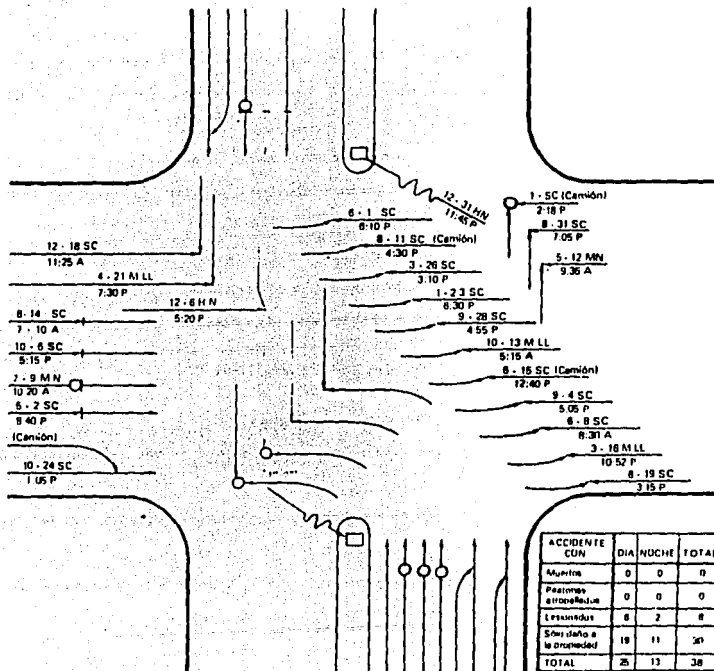


Figura 1 Diagrama de colisiones tipo

Al hacer comparaciones, una medida de cualquier cambio en el riesgo, debe ser incorporada. La base del índice de accidentes usada para el cálculo del riesgo es típicamente una de las siguientes:

- 1.-Por MVE (por millón de vehículo que entran).
- 2.-Por MVK (por 100 millones de vehículos kilometro de recorrido).
- 3.-Por 10,000 vehículo registrado.
- 4.-Por 100,000 habitantes.

La ecuación normal para el cálculo del índice de accidentes es:

$$\text{Índice} = \frac{\text{Num. de accidentes} \times (\text{base})}{\text{Riesgo}} \quad (4-1)$$

Algunos estudios han demostrado que el índice de accidentes de tránsito, aumenta a veces con el volumen, así que una autopista de 6 carriles con 100,000 vehículos diarios, puede tener un número mayor de accidentes por MVK que una autopista de cuatro carriles en la que transitan únicamente 20,000 vehículos diarios. El índice de accidentes es una medida pero no es una expresión absoluta.

#### ÍNDICE DE INTERSECCIONES.

El cálculo del índice en una intersección o en un punto se indica a continuación:

$$\text{Índice por MVE} = \frac{\text{Num. de accidentes (lesionados o muertos) en un año} \times 1 \text{ millón}}{\text{volumen de vehículos que entran en la intersección durante 24 horas} \times 365 \text{ días.}}$$

#### ÍNDICE DE SECCION DE VIA.

La ecuación normal que se utiliza para el cálculo de los índices de lo largo de un tramo de vía, se indica a continuación:

$$\text{Índice por MVI} = \frac{\text{Num. accidentes (lesionados o muertos) x 100}}{\text{millones}}}{\text{Total de vehículos-kilómetros de recorrido}}$$

#### FACTOR DE GRAVEDAD.

Los índices, en cualquier base dada, pueden calcularse también, por un factor de peso relacionado con la gravedad. Estos factores asumen arbitrariamente alguna relación de importancia entre el tipo básico de accidentes SDM (solo daños materiales) al cual se le da un peso de 1 y para los accidentes con lesionados y muertos, los factores pueden relacionarse alternativamente con el número de personas muertas o lesionadas.

## 2.6 ESTACIONAMIENTO.

El estacionamiento es uno de los tres elementos esenciales del transporte urbano. Generalmente, al final de cada viaje los automovilistas y camiones deben estacionarse, por lo menos temporalmente. En las grandes áreas urbanas se puede esperar un incremento en el uso del automóvil como medio de transporte, en relación con otros modos (tales como el transporte colectivo).

Hay dos tipos generales de estacionamiento:

1.-El privado, donde el propietario proporciona las facilidades de estacionamiento en casas, departamentos, centros comerciales, edificios industriales y oficinas. Se incluye aquí al estacionamiento en la vía pública, donde puede permitirse sin control con estacionómetros.

2.-El estacionamiento público que es "comercial", e incluye lotes o edificios privados, donde se cobra pensión y en los de paga, como los estacionómetros en la vía pública o los lotes y edificios públicos fuera de la calle.

Comunmente los estudios de estacionamiento se llevan a cabo con dos propósitos:

1.-Para establecer la demanda de espacios para estacionamiento (para determinar zona o desarrollo específico).

2.-Para verificar las necesidades físicas, para revisión o incremento de la oferta de espacio existentes.

La mayoría de los estudios de estacionamiento se llevan a cabo, para incrementar el estacionamiento existente, sin embargo, existe

una gran necesidad de más estudios especiales del tipo de generadores, sobre los cuales basan los requerimientos reales de estacionamiento fuera de la vía pública, para nuevos desarrollos.

En el pasado la mayoría de los estudios de las condiciones existentes de estacionamiento se referían al centro de la ciudad, por lo que la gran parte de material de este capítulo se refiere a este tipo de estudios, en los cuales se pueden utilizar todas las técnicas descritas. El estudio típico del centro de una localidad, tiene como resultado la recopilación de grandes cantidades de información, que pueden manejarse mejor con equipo electrónico de procesamiento de datos.

Otras áreas, como las zonas comerciales de una colonia, desarrollos industriales antiguas y las áreas densamente pobladas, pueden requerir también de estudios especializados de mayor magnitud. De igual manera, las rutas principales pueden requerir de un estudio detallado, en relación con alguna modificación o retiro del estacionamiento en la vía pública.

El estacionamiento en la vía pública crea serios problemas en la mayoría de las áreas urbanas. En las ciudades, hasta la quinta parte de los accidentes son causados directa o indirectamente por el estacionamiento en las calles. Los efectos más conocidos del estacionamiento en la vía pública son los congestionamientos del tránsito. El uso de un carril para estacionamiento tiene un efecto drástico en la capacidad de una vía. Además este efecto se extiende al carril adyacente, el cual puede quedar bloqueado en ciertos momentos por las maniobras para estacionarse o dejar de estacionamiento.

Es de mayor precaución el estacionamiento en batería, que es permitido todavía en algunas localidades y tiene una influencia directa o indirecta de 12 m. aproximadamente, en el centro de la calzada.

## INVENTARIO DE ESTACIONAMIENTO.

### DESCRIPCION Y USO.

Este inventario es una recopilación de información acerca de la ubicación, capacidad y otras características pertinentes de espacios existentes para estacionarse en y fuera de la vía pública, incluyendo callejones y espacios entre los edificios. Debe identificarse cualquier espacio legal para estacionarse ya sea público o privado.

La información comúnmente requerida es la siguiente:

- 1.-Capacidad (número de espacios para estacionamiento).
- 2.-Limite de tiempo y horas para estacionamiento.
- 3.-Prioridad (tales como público, privado o destinado a empleados o clientes de un edificio determinado).
- 4.-Tarifas (si hay alguna) y método usado para cobrarlas.
- 5.-Tipo de restricción en los espacios de la vía pública (zona de pasajeros, zona de taxi, zona de autobuses).
- 6.-Tipo de estacionamiento (lote o edificio).
- 7.-Grado probable de permanencia poco formal en los estacionamientos con escaso mantenimiento, que son de naturaleza temporal y pueden esperarse que sean reemplazados por construcciones nuevas, en un futuro próximo.

El inventario de estacionamiento es un requisito esencial en

FALLA DE ORIGEN

cualquier estudio de estacionamiento. Este inventario debe actualizarse periódicamente, por lo menor, cada cinco años.

#### UBICACION DEL ESTUDIO.

Si el área del inventario es el centro de una localidad (ZCC), el estudio debe incluir el corazón comercial principal, el anillo secundario de tiendas y oficinas, alrededor del corazón principal y el área adyacente en el cual se espera se estacione la mayoría de los empleados. En el área de negocios de una zona habitacional, se puede esperar que el estacionamiento se realice de 150 metros de los límites de la zona comercial. Debe llevarse a cabo una inspección en el campo para determinar la probable extensión de este estacionamiento y los límites del estudio se ajustan de acuerdo con lo observado. Igualmente, cuando se trate de un generador especial, por ejemplo un edificio industrial, un estadio, etc: se deben realizar revisiones previas en el campo, para determinar el límite del área en estudio. Este límite puede ser un radio de 300 m o más, medido a partir del generador.

Si el estudio incluye un área congestionada es preferible seleccionar límites naturales, como ríos, vías de ferrocarril o vías principales, a lo largo de las cuales su tienen cambios en el uso del suelo. En este último caso, el traslado de diferentes tipos de demanda de estacionamiento, es un factor que puede aislarse, ya que la demanda residencial máxima ocurre después de que los centros comerciales han cerrado.

Si el estudio se realiza a lo largo de una vía principal, es ne-



cesario que se incluye una franja de 100 a 150 m. de ancho a ambos lados de la vía, ya que son ubicaciones potenciales para que se estacionen los vehículos desplazados por las restricciones en la vía principal.

#### METODO.

Un requisito previo para efectuar un inventario de estacionamiento, es establecer un sistema maestro de claves. A cada manzana se le da un número de identificación. A las manzanas muy grandes se les puede dar un mismo número y destino o de transporte en el área, en los que ya se tengan numeradas las manzanas en que se puede estudiar el estacionamiento, es recomendable usar una misma numeración. Desafortunadamente en la mayoría de los estudios de transporte se le da una clave para varias manzanas, abarcando un área muy grande, para un análisis detallado de estacionamiento.

Una vez que se han numerado las manzanas, se procede a identificar las aceras de cada manzana numerándolas del 1 al 4, en el sentido de las manecillas del reloj (fig. 6-1). Cuando se tenga manzanas irregulares, se determina aquella con el mayor número de lados. Si se sabe que la manzana más irregular cuenta con cinco aceras, se reserva el número 5 para esta quinta acera. Esto permite que del 6 en adelante se utilicen para identificar los lugares de estacionamiento de cada manzana. Es importante considerar las áreas de estacionamiento en callejones, detrás de los edificios, así como los lugares susceptibles de utilizarse como tal. Cada manzana tendrá su propia numeración.

Por lo general, al iniciar el inventario se desconoce el número

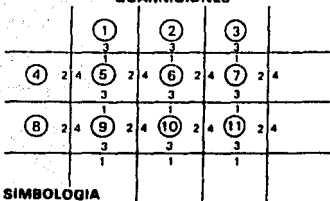
de cajones para estacionarse fuera de la vía pública de cada manzana por lo que la numeración la asignará el personal que va a efectuar el inventario. Para ello se deberá disponer de un plano base, con las manzanas y aceras numeradas. Estos datos, se vacían en plano a escala 1:2000, inventariado cada estacionamiento con un número. Los datos inventariados se anotan en un plano de trabajo de escala grande o tabulador, facilitando su referencia, con el empleo del número de la manzana seguido de la instalación ó-B como se indica en la fig 6-2.

El inventario de estacionamiento en la vía pública debe incluir la identificación específica del ángulo de estacionamiento (en cordón o en batería); número de estacionómetros, con sus límites de tiempo, tarifas, horas de operación y las zonas donde se prohíbe el estacionamiento (incluyendo las horas en que no se permite, cuando no es una restricción total). Deben indicarse las entradas de autos, poniéndoles algún símbolo a aquellas que no estén en servicio (por construcción, bardas o casa deshabitadas).

Si los cajones para estacionarse en las áreas no están marcados en el pavimento, habrá que medir la longitud de la acera, descontando 6.0 m en cada extremo (esto será para aquellas cuadras que no tengan entradas de auto, hidrantes contra incendio o prohibición de estacionamiento). Lo más común es encontrar varias restricciones en una cuadra y entonces habrá que medir cada tramo, en el que se permita el estacionamiento. Si las restricciones de estacionamiento pueden identificarse claramente en una fotografía aérea, las mediciones de campo pueden eliminarse.

Una vez que se conoce la longitud de la acera o la longitud del

**SISTEMA DE NUMERACION DE MANZANAS Y GUARNICIONES**

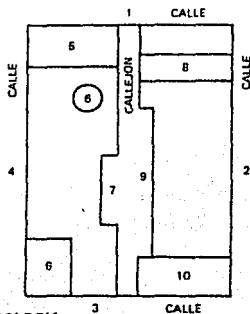


**SIMBOLOGIA**

- ① NUMERO DE MANZANA
- 3 NUMERO DE LA GUARNICION

Figura Sistema de numeración de manzanas y guarnición.

**numeración de las instalaciones para estacionamiento**



**SIMBOLOGIA**

- ⑥ NUMERO DE MANZANA
- 1 AL 4 NUMERO DE GUARNICION
- 5 A 10 NUMEROS DE CADA INSTALACION FUERA DE LA CALLE

Figura Numeración de las instalaciones para estacionamiento.

FALLA DE ORIGEN

tramo en el cual se permita el estacionamiento, puede calcularse el número de cajones disponibles usando las siguientes normas:

Estacionamiento en cordón = 6.0 m. por vehículo.

Estacionamiento en batería: a 30° = 4.80 m.

a 45° = 3.40 m.

a 60° = 2.80 m.

a 90° = 2.40 m.

Estas dimensiones para cajones que no están marcados en el pavimento dan, por resultado una capacidad menor que cuando están pintados.

Para determinar el número de cajones disponibles en lotes o estacionamientos fuera de la vía pública, se puede hacer el conteo individual de espacio con mediciones lineales. Si el estacionamiento fuera de la vía pública en particular o comercial con choferes acomodadores, se dificulta más la determinación de la capacidad, ya que en el área asignada para un solo cajón pueden acomodar dos o tres vehículos. En general la capacidad de un estacionamiento de este tipo será máxima, cuando solo se ha dejado espacio suficiente para permitir las maniobras de entrada y salida (incluyendo el estacionamiento temporal de vehículos, en áreas en las que hay que moverlos, para permitir el acceso de otros vehículos).

Por naturaleza la determinación de la capacidad es subjetiva, ya que dos personas distintas pueden llegar a capacidades ligeramente diferentes. Las diferencias ligeras no deben afectar adversamente la validez del estudio de estacionamiento.

Puede ser necesaria la ayuda policial para poder obtener los da-

tos de un lote privado o de los operadores de un estacionamiento, para lo cual, será necesario tener en el campo a los entrevistadores cuidadosamente seleccionados.

El número de espacios disponibles para estacionarse se resume y tabula independientemente de la ubicación de áreas en estudio. Este resumen se hace para cada manzana, agrupándolos de la manera siguiente:

1.-En la vía pública (calles y callejones)

Controlado

Libre

Especial

2.-Fuera de la vía pública (lote)

Público

Privado

3.-Fuera de la vía pública (edificio)

Público

Privado

Los resúmenes de cada cuadra se tabulan en forma de inventario, como la que se muestra en la figura 6-3. Bajo las columnas de "Cajones" en calles y cajones, se pueden identificar, por separado, los tipos individuales de cajones (como aquellos con límite de tiempo o con restricción especial como zona de carga). Con frecuencia se emplean mapas para ilustrar los datos recopilados en un estudio de estacionamiento; como muestra en la figura 6-4.

El estacionamiento privado, en lotes o edificios, es aquí reservado para uso exclusivo de residentes o inquilinos de un edificio:



Para taxis y camiones o para cualquier otro uso que no sea el público en general. Las pensiones que se rentan semanalmente o mensual, aún cuando el espacio se rente a un individuo, se considera como estacionamiento público, ya que ese espacio puede ser rentado en el futuro a otro miembro del público en general. Los espacios para empleados no agrupan bajo este encabezado, porque no puede usarse por el público en general.

En el inventario de estacionamientos se puede incluir la recopilación de datos sobre lotes vacíos o edificios viejos, que pueden demolerse y convertirse en estacionamiento. Deben incluirse además algunos elementos de control de tránsito, como calles y callejones con un solo sentido y las restricciones para vueltas izquierda o derechas en las intersecciones, ya que estos aspectos influyen en el establecimiento de las rutas, cuando el estudio se realiza por medio de un vehículo; así como en el acceso a ubicaciones potenciales para el desarrollo de nuevos estacionamientos.

Los inventarios de áreas pequeñas a lo largo de vías principales siguen el formato general de los inventarios en una zona comercial en el centro excepto que en estos casos se hace uso de fotografías aéreas y planos en larguillo.

#### ESTUDIOS DE UTILIZACIÓN DEL ESTACIONAMIENTO.

Existen dos tipos generales de estudios de utilización:

- 1.-generación y acumulación.
- 2.-registro por el número de las placas.

Estos estudios involucran verificaciones de campo que generalmen-

te se lleva a cabo sin publicidad o sin conocimiento del público. Los estudios más especializados requieren del contacto directo con los usuarios. Estos estudios de "encuesta", se describen en la parte siguiente de este capítulo.

La verificación de acumulación u ocupación de estacionamiento de duración y de rotación son particularmente útiles, para determinar que mejoras se pueden hacer al estacionamiento en la vía pública, para incrementar su capacidad. El análisis de la duración indica en donde los usuarios, que se estacionan por largo tiempo, hacen uso del espacio de manera ineficiente; proporcionando, además una medida relativa de la eficiencia del uso del estacionamiento en la vía pública al comparar el índice de rotación horaria, con otro índice ya conocido como indicador de uso eficiente. Este análisis revela las tácticas o restricciones que contribuyen al uso antieconómico del espacio en la vía pública, por ejemplo:

1.-El estudio puede mostrar la necesidad de vigilancia policíaca, para evitar que se estacione más tiempo del permitido.

2.-Puede indicar que el límite de tiempo establecido es muy largo o muy corto. Una tendencia a permanecer estacionado 30 minutos en una zona de 15 minutos, nos indicará la necesidad de revisar la restricción. Consecuentemente, si la tendencia a permanecer estacionados es de 30 min., en una zona de 2 horas, no indicará con certeza la necesidad de reducir el límite a 60 min. o menos (si se desea incrementar la rotación).

3.-Pueden detectarse zonas de estacionamiento peligroso. También se puede saber si para el cumplimiento de las restricciones de esta-



cionamiento es necesario tener vigilancia policiaca o serán aceptado voluntariamente.

La verificación de la ocupacion es útil en la determinacion de las necesidades de mejoras para el servicio de camiones que recogen y entregan a domicilio, ya que se puede detectar donde hay estacionamientos de vehiculo de carga en doble fila a pesar de la existencia de zonas exclusivas para carga y descarga, e indica la necesidad de vigilancia policiaca o la cooperación voluntaria de los choferes para que sus maniobras sean realizadas en los lugares establecidos, ya sea en o fuera de la vía pública. Por otra parte, el estacionamiento de camiones en doble fila, puede indicar la necesidad de zonas adicionales para carga y descarga.

En los casos en que las áreas de carga y descarga sean bloqueadas continuamente por automóviles, a pesar del señalamiento restrictivo, puede ser necesario establecer vigilancia policiaca.

Los datos de ocupación son muy útiles para determinar cambios en el control de una calle. Para proponer restricciones al estacionamiento, será necesario tomar en consideración la demanda en las horas del día durante las cuales será efectiva la prohibición. Igualmente, si se requiere cambiar el estacionamiento en cordón, instalar estacionamientos ubicar paradas de autobus o zona de carga y descarga, es útil un estudio de la situación del estacionamiento en la vía pública.

#### ESTUDIO DE GENERACION Y ACUMULACION.

Estos datos se toman a intervalos relativamente frecuentes, en diferentes días de la semana para determinar las variaciones horarias y la máxima demanda de estacionamiento. En el centro de la ciudad, los datos se pueden tomar en periodos de una o dos horas, de las 05:00 a las 20:00. En estas áreas se deben identificar el horario de compras al menudeo y si las tiendas permanecen abiertas solo algunas noches, es importante recopilar datos, tanto por los días en que se cierra temprano, como para aquellos en que se cierra tarde. Igualmente estas áreas comerciales pueden generar horas de máxima actividad, los sábados por la mañana o por la tarde, especialmente en poblaciones pequeñas. Cuando se a definido el día de la semana en que se tiene las horas de máxima demanda de estacionamiento (en las áreas comerciales estas horas se representan generalmente por la mañana y a media tarde), se debe repetir la investigación en las horas de máxima demanda de cada día de la semana.

Si los estudios de acumulación se efectuaron para un generador en particular, como un edificio de oficinas, la hora de máxima demanda de estacionamiento se puede esperar en la mañana del lunes. En este caso se tomarán registros antes de la apertura de las oficinas, durante el día e inmediatamente después de la hora de cerrar. En las plantas industriales que operan más de un turno, necesitan registros de estacionamiento en las horas de cambio de turno. Es común, que el personal de oficina y administrativo, tenga un horario diferente al de los obreros de la fábrica, por lo que puede ser necesario un estudio por separado, para determinar estas demandas de estacionamiento.

A lo largo de las vías principales, es necesario tomar registros durante las horas de máxima demanda por la mañana (de 06:30 a 09:30), durante varias veces el medio día y durante la hora máxima de la tarde, a partir de las 15:30 a las 18:00. Si hay propiedades residenciales colindando con la vía principal, también habrá que tomar registros durante la noche. En los casos de las zonas residenciales a la hora de mayor acumulación de estacionamiento ocurre entre las 01:00 y las 05:00. Como la demanda es relativamente constante en este periodo, bastará con tomar un solo registro nocturno.

Generalmente, el ingeniero de tránsito está más interesado en las horas de máxima demanda de estacionamiento y su relación con las ofertas disponibles. En el caso de un estudio en vía principal, las horas de máxima demanda matutina o vespertina es importante contar con datos de estos periodos.

Como regla general, se desea prohibir el estacionamiento totalmente, a lo largo de una vía principal, ya que es la manera más efectiva de dedicar toda la superficie de rodamiento al transporte de personas y mercancías y de aumentar al máximo la seguridad del público. Por lo tanto, los registros de estacionamiento a lo largo de vías principales, incluyen no solo las horas de máxima, sino también las otras horas. En todos los estudios de estacionamiento, es importante evitar las condiciones de restricción temporal del mismo; como para barrer la calle, hacer reparaciones o quitar algún obstáculo. Normalmente, en las zonas comerciales no se toman datos durante periodos de demanda anormal, como por ejemplo en Navidad. Los efectos de las principales actividades deportivas deberá considerarse en el área de

FALLA DE ORIGEN

tales generadores, por lo que se requiere de estudios específicos, para determinar las necesidades máximas de estacionamiento.

Si los estudios de acumulación se hacen para determinar las demandas máximas de estacionamiento por generadores tipo para desarrollar una clasificación por zonas, entonces, se debe buscar primero la información de los administradores de la zona y de otras fuentes dignas de confianza, sobre las características de las demandas máximas determinando las horas, los días y los meses de mayor demanda. También debe conocerse otros factores como la variación de las horas de visita en los hospitales y guarderías, así como los periódicos de cambio de turno. En este tipo de estudio es esencial conocer la ocupación o utilización de las instalaciones a la hora de estudio. En los hospitales y guarderías se incluye el número de camas ocupadas, relacionando como un porcentaje del total de camas disponibles. En este caso de la subdivisión o edificios de departamentos, obviamente se incluye el número de habitación ocupadas. En oficinas, plantas industriales y centros comerciales se usa la cantidad de metros cuadrados alquilados y que estén ocupados, como un porcentaje total rentable.

Una segunda precaución en la realización de estudios de generación es la necesidad de identificar los vehículos estacionados, en relación con establecimientos específicos. Cuando el estacionamiento está mezclado con otros, puede ser necesario realizar un estudio del tipo "entrevistas" o hacer observaciones específicas del patrón de actividades, para asegurar la obtención de datos reales.

La necesidad de estacionamientos de generadores específicos varía

con frecuencia, de una zona a otra dentro del área urbana. Un factor importante en estas variaciones es la disponibilidad de transporte público: por ejemplo si hay un edificio de oficinas dentro de una Z.C.C., en la que hay servicio de transporte público, tendrá una demanda menor de espacios para estacionarse, que si el edificio estuviera localizado en el área circundante, sin el servicio de transporte público. Las cifras de un estudio de generación, calculadas para una zonas, no podrá aplicarse arbitrariamente a otra área.

Los estudios de acumulación de estacionamiento pueden generalmente realizarse mejor empleando mapas que muestren el control de las diferentes instalaciones para estacionarse y de áreas muy grandes, se pueden necesitar varios mapas por zonas. Para realizar el estudio de ocupación se trabaja bien, usando un vehículo con un chofer / un observador que empleará lápices de colores para anotar el número de vehículos estacionados en cada instalación, utilizando un color diferente para cada período de registro.

La parte del estudio de acumulación se realiza durante período de congestiónamiento de tránsito, es importante que el estudio se planee cuidadosamente. Este incluye una revisión preliminar del tiempo necesario para cubrir las diferentes áreas y así poder establecer el plan de recorrido más eficiente. En estudios de acumulación más complicados, como en la ZCC, en donde la ruta puede quedar involucrada en el congestionamiento de tránsito, es conveniente hacer recorridos de prueba para que los tripulantes se familiaricen completamente en el patrón de recorrido. En alguna de las áreas más congestionadas, puede ser necesario que el personal que lleva a cabo los

registros de acumulación a pie. En el caso de los estacionamientos en edificio, no es práctico el recorrido en un vehículo, por lo que tales datos se obtienen de los operadores, o bien, por conteos físicos en la instalación.

En algunos estacionamientos, el análisis de acumulación se puede hacer, contando en forma continua la entrada y salida de vehículos. Para ello se requiere conocer el número de vehículos que están dentro del estacionamiento al iniciar el conteo y al finalizar se registrará el número de vehículos que se quedan, para verificar la exactitud del resultado. Este tipo de estudio puede incluir la anotación de los números de las placas.

Los estudios de acumulación de estacionamiento residencial son engañosos, por la imposibilidad de determinar el número de vehículos que están estacionados dentro de cocheras privadas. Por lo tanto, dichos registros, frecuentemente, se limitan a vehículos observados en las entradas de coches y en la vía pública, por lo que es importante informar a las personas que van a emplear tales datos, de la determinación de los mismos.

Los datos de acumulación obtenidos en estudios de un área específica se graficará de manera que se puede ver la variación horaria de la demanda.

Los datos de acumulación proporcionan la información del número de vehículos estacionados, por área o manzana, pero no producen información sobre el tiempo que cada vehículo permanece estacionado, ni tampoco el destino de cada conductor. La información del tiempo de estacionamiento y el número de veces que es utilizado cada espacio

## ESTUDIO DE ORIGEN Y DESTINO

### HOJA DE CAMPO

Ubicación \_\_\_\_\_ Dirección del tránsito \_\_\_\_\_  
 Hora: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ Condiciones atmosféricas \_\_\_\_\_ Estación No. \_\_\_\_\_

Placa No. (1)	Hora	Camión o autobús	Fuera del estado

Placa No. (1)	Hora	Camión o autobús	Fuera del estado

Fecha \_\_\_\_\_ Investigador: \_\_\_\_\_  
 Registrar los tres últimos dígitos del número de la placa.

64

1  
 Forma para registrar el número de las placas en estudios pequeños, sólo se anotan los tres últimos dígitos de las placas.

# FALLA DE ORIGEN

Para estacionarse durante el día (rotación), se obtiene de un registro del número de las placas.

#### REGISTRO POR EL NÚMERO DE LAS PLACAS.

Estos registros se usan para estudiar detalladamente el estacionamiento en la vía pública. El propósito principal, es determinar el índice de rotación, el cual se define como el número promedio de vehículos estacionados por día, en el período de estudio, en cada espacio sobre la calle, de una manzana dada. La ecuación para calcular el índice de rotación es:

$$R = \frac{\text{Número de vehículos que se estacionaron}}{\text{Número de espacio para estacionarse}}$$

Acemás con los registros del número de las placas, se obtienen datos exactos sobre la longitud de la duración, la acumulación, el estacionamiento ilegal y la vigilancia policiaca (que hace necesaria una rotación especial al expedir la información a un vehículo estacionado ilegalmente).

La mayoría de estudios de registro del número de las placas se realizan con personal a pie. Dado que el estudio es relativamente costoso, se emplea normalmente un procedimiento de muestreo, para lo cual se escogen varias aceras, del área en estudio, que representen los diferentes límites de tiempo de estacionamientos detectados en ella. Esto es, se hacen registros en dos o tres cuadros que verge

FALLA DE ORIGEN





una hora de estacionamiento, otras dos o tres con dos horas, etc. Las horas recomendadas para el estudio son de las 07:00 a las 10:00.

En la fig 6-5 se muestra una forma de campo para un estudio en la vía pública y está integrada por la identificación de la instalación, tanto por el número clave como por los nombres de las calles. La columna "Espacio y Restricción" debe contar con espacio para anotar estacionamiento legal e ilegal. La columna "Espacio" de la forma de la figura 6-5 puede emplearse bien como hoja para inventario en la vía pública.

Como se indica en la figura se anota parte del número de la placa de cada vehículo estacionado, en el renglón apropiado. Sin embargo cuando el empleado encuentre el mismo vehículo, en recorridos subsecuentes, no repite el número, sino que lo marca con una paloma en la columna correspondiente.

En la misma forma de la figura 6-5 se puede hacer otras anotaciones típicas de un estudio por placas, como indicar los estacionamientos descompuestos, vehículos sin placas, indicando con colores y en caso de que sea un camión, también debe anotarse.

Los vehículos estacionados en doble fila se identifican poniendo una diagonal en el cuadro de la columna. El número de la placa del vehículo estacionado junto a la guardación, se pone en la parte superior del cuadro y el número de la placa del vehículo, estacionado en doble fila, se pone debajo de la diagonal en el mismo cuadro.

#### ENTREVISTAS PERSONALES.

Las entrevistas personales a los usuarios, se pueden hacer en la

via pública o dentro del estacionamiento. También pueden hacerse a la entrada o salida de un generador específico, como una tienda departamental, un edificio de oficinas o un hospital. Las preguntas varían, dependiendo de si la entrevista se realiza en el origen o en el destino, del que se estaciona en el momento en que se estaciona o en el momento en que abandona el estacionamiento.

La fig 6-6 nos muestra una forma tipo que se utiliza cuando la entrevista se está llevando a cabo al momento de estacionarse o de abandonar el lugar. Las preguntas incluyen el propósito del viaje y su destino. En las entrevistas en el estacionamiento de una unidad habitacional, se podría agregar "reside aquí" como propósito del viaje. Se podría preguntar al conductor una estimación del tiempo estacionado. La forma mostrada en la fig 6-6, no incluye el espacio para el origen del viaje, sin embargo, esto puede agregarse fácilmente.

Las entrevistas personales pueden llevarse a cabo durante todo el día, durante varias horas del día o únicamente durante la hora de máxima demanda. El trabajo no solo es costoso, sino que requiere cierta calidad personal. Es esencial tener cuidado al seleccionar a los investigadores por lo que es muy conveniente contar con personas con previa experiencia en la toma de datos de censos.

#### TABULACION.

El cálculo de la duración del estacionamiento y la distancia caminada, se llevarán a cabo en la oficina. La distancia caminada no es siempre una línea recta, sino que se determina siguiendo las direc-



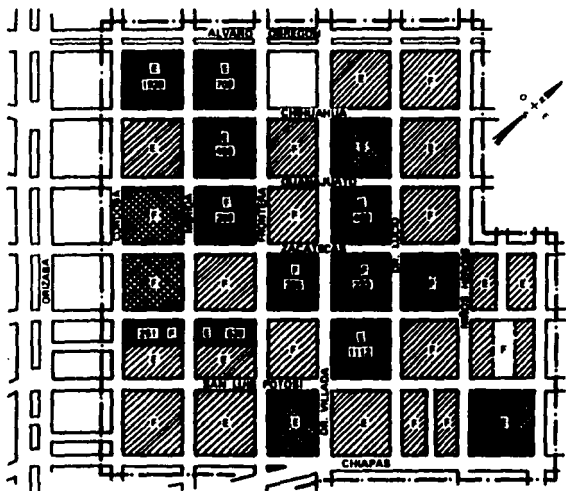
ciones de las aceras disponibles hasta la entrada o salida mas próxima del edificio como destino.

Cuando se van a tabular los resultados de destino de un generador específico, como una tienda de ventas al menudeo o edificios de oficinas, es recomendable asignar los números clave. Esto puede hacerse manzana por manzana, utilizando series de números, empezando con el 100 (para distinguir claramente entre lugares para estacionarse y generadores peatonales). Sin embargo, en la mayoría de los casos, todos los destinos de estacionamiento se consolidan dentro de una manzana dada. Esto es para determinar los espacios, hora en excesos y las deficiencias. Tales datos pueden ilustrarse en mapas como se muestra en la fig o-7.

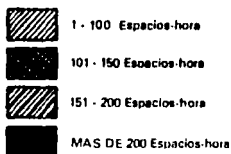
Tambien es necesario tabular otro tipo de información como el propósito del viaje relacionado con el tiempo que permanecen estacionados, y la distancia caminada, relacionada con el propósito del viaje y el lugar donde se estacionaron. Esta información adicional dependera del propósito del estudio, tal como el desarrollo de un reporte de la factibilidad de construir nuevos edificios rentables para estacionamiento; para lo cual será necesario determinar por manzana el numero de usuarios del estacionamiento, de acuerdo con el propósito del viaje y por el tiempo estacionado.

Se puede usar una variedad de formas especiales.

## ESPACIOS DE ESTACIONAMIENTO-HORA EXCEDENTES Y FALTANTES



### SIMBOLOGIA



0 60 120  
metros

### NOTA:

DIA TIPICO VIERNES POR LA NOCHE  
18:00-22:00 Hrs.

E - Excedente    F - Faltante

Figura 12-7. Para determinar los excedentes y faltantes de espacio de estacionamiento-hora pueden emplearse varios métodos. Estos datos pueden utilizarse en mapas similares al de este ejemplo, también será necesario contar con listas de información para lo cual se sugieren las formas especiales indicadas en las figuras 12 a, b y c.

**CAPITULO 3**  
**CAPACIDAD VIAL.**

FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 3.

### 3.1 DEFINICIONES.

#### CAPACIDAD.

Capacidad de un cambio, o de un carril, es el número máximo de vehículos que pueden circular por él durante un período de tiempo determinado y bajo condiciones prevalecientes, tanto del propio camino como de la operación del tránsito.

La capacidad, normalmente no puede ser excedida sin cambiar una o más de las condiciones prevalecientes. Al expresar la capacidad, es esencial plantear cuáles son las condiciones prevalecientes del camino y del tránsito.

#### CONDICIONES PREVALECIENTES.

La capacidad de un camino depende de un cierto número de condiciones: La composición del tránsito, los lineamientos horizontal y vertical, y el número y ancho de los carriles, son unas cuantas de estas condiciones que, en conjunto, pueden designarse como condiciones prevalecientes.

Las condiciones prevalecientes pueden dividirse en dos grupos generales:

- 1) Condiciones establecidas por las características físicas del camino.
- 2) Condiciones que dependen de la naturaleza del tránsito en el camino.

Las condiciones prevalecientes del camino no pueden ser cambiadas a menos que se lleve a cabo una reconstrucción del camino. Las condi-



ciones prevaletientes del tránsito pueden cambiar o ser cambiadas de hora en hora, o durante varios periodos del día.

Ademas de las condiciones del camino y del tránsito están las condiciones ambientales, como son el frío, el calor, la lluvia, la nieve, los vientos, la niebla, la visibilidad, etc., condiciones que afectan la capacidad de un camino; sin embargo, debido a que los datos disponibles son limitados, la cuantificación de su efecto en la capacidad no será discutida en este capítulo.

#### NIVEL DE SERVICIO.

Nivel de servicio es un termino que denota un número de condiciones de operación diferentes que pueden ocurrir en un carril o camino dado, cuando aloja varios volúmenes de tránsito. Es una medida cualitativa del efecto y una serie de factores, entre los cuales se pueden citar: la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la libertad de manejo, la seguridad, la comodidad y los costos de operación.

Un determinado carril o camino puede proporcionar un rango muy amplio de niveles de servicio. Los diferentes niveles de servicio de un camino específico son función del volumen y composición del tránsito, así como de las velocidades que pueden alcanzarse en ese camino.

Un carril o camino proyectado para un determinado nivel de servicio, en realidad operara a muchos niveles, conforme varia el volumen durante una hora o durante diferentes horas del día, durante días de la semana, o durante periodos del año, y aún durante diferentes

años, con el crecimiento del tránsito.

#### VOLUMEN DE SERVICIO.

A cada nivel de servicio le corresponde un volumen de tránsito, al cual se le llama Volumen de Servicio para ese nivel. Por lo tanto, puede definirse el volumen de servicio, como el máximo número de vehículos que pueden circular por un camino durante un período de tiempo determinado, bajo las condiciones de operación correspondientes a un seleccionado nivel de servicio. El volumen de servicio máximo equivalente a la capacidad, y lo mismo que esta, los volúmenes de servicio se expresan normalmente como volúmenes horarios.

#### CAMINOS SEGUN SU FUNCION.

A) CONTROL TOTAL DE ACCESOS.-Significa que se le da preferencia al tránsito de paso, y que solo existen conexiones con otros caminos en puntos seleccionados de la autopista, prohibiéndose además, las intersecciones a nivel y los accesos directos a propiedades privadas.

B) 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 a nivel y accesos directos a propiedades privadas.

C) CAMINO DIVIDIDO.-Camino con circulación en dos sentidos, en el cual el tránsito que circula en un sentido es separado del tránsito que circula en sentido opuesto, por medio de una faja separadora central. Tales caminos pueden estar constituidos por dos o más carriles en cada sentido.

**1) CAMINO NO DIVIDIDO.**.-Camino sin faja separadora central, que separa los movimientos de sentido opuesto.

**2) ARTERIA URBANA.**.-Camino principal en zona urbana, para el tránsito de paso, generalmente sobre una ruta continua.

**3) CAMINO DE DOS CARRILES.**.-Camino no dividido, con circulación en ambos sentidos, que tiene un carril destinado a cada sentido de circulación.

**4) CAMINO DE TRES CARRILES.**.-Camino no dividido, con circulación en ambos sentidos, que tiene un carril central destinado para maniobras de "pase", en el cual se puede circular en los dos sentidos y los otros dos carriles están destinados cada uno, para el uso exclusivo del tránsito que circula en sentidos opuestos.

**5) CAMINO DE CARRILES MULTIPLES.**.-Camino no dividido, con circulación en ambos sentidos, que tiene cuatro o más carriles para el tránsito.

**6) VIA RAPIDA.**.-Camino dividido destinado al tránsito de paso, con control total o parcial de accesos y generalmente con pasos a desnivel en intersecciones importantes.

**7) AUTOPISTAS.**.-Vía rápida con control total de accesos.

#### CAMINOS SEGUN LA CONFIGURACION DEL TERRENO.

El termino, tal como se usa en este capítulo, se refiere en general a caminos que se construyen en tres tipos de terrenos, a saber: plano, lomerío y montañoso. Estos tres tipos representan combinaciones de características geométricas en grado variable, que se refieren principalmente a las pendientes y a la sección transversal. Reflejan

el efecto sobre la capacidad de las características de operación de los vehículos pesados, en relación con las características de operación de los vehículos ligeros, bajo las diferentes condiciones geométricas.

A) CAMINO EN TERRENO PLANO.-Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que permita a los vehículos pesados mantener una velocidad semejante a la de los vehículos ligeros.

B) CAMINO EN TERRENO DE LOMERIO.-Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obligan a los vehículos pesados a reducir su velocidad debajo de la de los vehículos ligeros, en algunos tramos de la carretera.

C) CAMINO EN TERRENO MONTANOSO.-Se refiere a cualquier combinación de los alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a operar con velocidades muy bajas, en distancias considerables y a intervalos frecuentes.

#### CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL TRANSITO.

A) FACTOR DE CARGA.-Es la relación del número total de intervalos con luz verde del semáforo que se utilizan completamente por el tránsito durante la hora de circulación máxima, al número total de intervalos verdes para ese acceso durante el mismo periodo de tiempo. El valor máximo que puede alcanzarse es uno.

B) FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA.-Es la relación entre el volumen registrado en la hora de máxima demanda y el valor máximo de la circulación durante un periodo de tiempo dado dentro de dicha hora.

na, multiplicado con el número de veces que ese periodo cabe en una hora. Es una medida de las características del tránsito durante los periodos máximos; el valor más alto de esta relación es uno. El término así descrito debe limitarse para un periodo corto dentro de la hora, considerándose generalmente de cinco o seis minutos en las autopistas y de 15 minutos en las intersecciones.

**CIRCULACION CONTINUA.**-Es la condición del tránsito por la cual un vehículo que recorra un tramo de camino, no se ve obligado a detenerse por cualquier causa externa a la corriente de tránsito, si bien, dicho vehículo puede verse obligado a detenerse por causas propias de la corriente del tránsito por la que circula.

**CIRCULACION DISCONTINUA.**-Es la condición del tránsito por la cual un vehículo que recorra un tramo de camino, se ve obligado a detenerse por causas que no sean propias de la corriente del tránsito, tales como señales o semáforos en una intersección. Las paradas de vehículos causadas por los obstáculos e interferencias dentro de la corriente de tránsito no se consideran como circulación discontinua.

### 3.2 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO.

#### CAPACIDAD PARA CONDICIONES DE CIRCULACION CONTINUA.

Los volúmenes máximos observados, junto con los resultados del análisis de las características del tránsito, han servido de guía para establecer valores numéricos de la capacidad para diferentes tipos de caminos bajo condiciones ideales. La capacidad de un camino determinado variará en la medida en que sus características geométricas y de operación difieran de las condiciones ideales. Las condiciones ideales se definen como sigue:

- 1.-Circulación continua, libre de interferencias tanto de vehículos como de peatones.
- 2.-Únicamente vehículos ligeros en la corriente del tránsito.
- 3.-Carriles de 3.55 m de ancho, con acotamientos adecuados y sin obstáculos laterales en 1.80 m a partir de la orilla de la calzada.
- 4.-Para caminos rurales, alineamiento horizontal y vertical adecuado para velocidades de proyecto de 110 km/h o mayores y sin restricciones en la distancia de visibilidad de rebase, en caminos de dos carriles.

Algunas autopistas modernas satisfacen con bastante aproximación los requisitos de las condiciones ideales, pero la mayor parte de los caminos se alejan, en mayor o menor grado, de ellas.

Es importante hacer énfasis en que las condiciones ideales no implican, por sí mismas, una buena operación. Aunque las condiciones ideales sí producen mayores volúmenes, la operación puede no ser sa-

satisfactoria.

A) Capacidad bajo condiciones ideales en carreteras de carriles múltiples. En este tipo de caminos, el mayor número de vehículos que pueden circular por un solo carril, bajo condiciones ideales, oscila entre 1900 y 2200 vehículos ligeros por hora. Estos valores son el promedio de los volúmenes en todos los carriles y representan un tránsito sostenido durante una hora. En varios estudios se han observado volúmenes más altos en carriles específicos o en cortos de tiempo alcanzando cifras del orden de 2400 a 2500 vph, pero no representan volúmenes sostenidos en todos los carriles. Para fines de cálculo, se considera que la capacidad de una carretera de carriles múltiples, bajo condiciones ideales, es de 2000 vehículos ligeros por hora y por carril, sin tomar en cuenta la distribución del tránsito entre carriles.

### 3.3 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD Y EL VOLUMEN DE SERVICIO.

Cuando las condiciones de un camino son ideales, la capacidad o el volumen de servicio a un nivel dado, son máximos. A medida que las condiciones del camino se alejan de las ideales, la capacidad o el volumen de servicio, se reducen. En consecuencia, en la mayoría de caminos se tienen que aplicar factores de ajuste a la capacidad o al volumen de servicio, en condiciones ideales. Estos factores pueden dividirse en dos categorías: factores relativos al camino y factores relativos al tránsito.

Los factores mencionados reflejan la influencia de ciertos elementos en la capacidad, e indirectamente reflejan su efecto en la seguridad del camino, pues casi siempre que un elemento reduce el volumen de servicio es causa potencial de accidentes. No obstante, existen otros elementos que sin reducir el volumen, afectan la seguridad.

A la fecha, no se han evaluado todos los factores que afectan a la capacidad o el volumen de servicio, ni se ha determinado su influencia con exactitud.

#### FACTORES RELATIVOS AL CAMINO.

Los factores relativos al camino son todos aquellos elementos físicos, propios del diseño geométrico, que tienen influencia directa o indirecta en la capacidad y en el volumen de servicio. Estos factores son: el ancho de carril, los obstáculos laterales, los acotamientos, los carriles auxiliares, las condiciones de la superficie de rodadura y las características de los alineamientos horizontal y ver-



tical.

**AVANCHO DE CARRIL.**—Los carriles mas angostos que 3.65 m tienen menor capacidad en condiciones de circulacion continua, que los carriles de esa dimension acotados como ideales. En caminos de dos carriles, un vehiculo realiza una maniobra de rebase tienen que invadir el carril izquierdo en un periodo mas largo si los carriles son angostos que cuando son anchos, con la consiguiente reduccion en la capacidad. En las carreteras de varios carriles, un mayor número de vehiculos invade o sobrepasa las líneas de carril, cuando los carriles son angostos, ocupando dos carriles en vez de uno, reduciendo la capacidad por carril.

**OBSTACULOS LATERALES.**—Los obstaculos laterales, tales como muros, postes, arboles, señales, estribos de pasos a desnivel, parapetos de puentes y vehiculos estacionados, que se encuentran a menos de 1.60 m de la orilla de un carril de tránsito, reducen el ancho efectivo de ese carril. Los obstáculos con 0.20 m o menos de altura, como las guarniciones, no tienen influencia significativa en el ancho del carril.

Cuando los obstaculos laterales no son continuos en toda la longitud del camino, una obstrucción aislada puede constituir un estrangulamiento. Sin embargo, esta condición ocurre para altos volumenes de tránsito; a volumenes bajos, el mismo obstáculo no produce ningun efecto. Por otra parte, cuando el obstáculo lateral persiste en un tramo largo de carretera, el conductor llega a acostumbrarse a él, de tal manera que despues de un tiempo, el efecto del obstáculo en el ancho del carril es menor. Es importante analizar cada caso en espe-

cial, teniendo en mente el volumen de servicio, la altura del obstáculo y la longitud del mismo. Cabe hacer notar que la distancia de 1.80 m a los obstáculos laterales, considerada ideal desde el punto de vista de la capacidad, no necesariamente es la ideal desde el punto de vista de la seguridad.

C) COMBINACION DEL ANCHO DE CARRIL Y LA DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES. Dado que los obstáculos laterales producen el mismo efecto que el ancho de carril, en la práctica puede considerarse el efecto combinado de ambos elementos. En las tablas 3-D, 3-J y 3-L se muestra el efecto combinado del ancho de carril y de la distancia a obstáculos laterales en uno o en ambos lados de la calzada, para los diferentes tipos de camino. Cuando los obstáculos laterales existen en ambos lados pero a diferente distancia, se promedian los factores correspondientes.

D) ACOTAMIENTOS. En ninguna ocasión son más necesarios los acotamientos de ancho suficiente, que cuando se están usando carriles a toda su capacidad. Si no se tiene lugar de refugio fuera de los carriles de tránsito, un vehículo que se descomponga puede reducir la capacidad del camino en más de lo que corresponde a la capacidad de un carril, especialmente si los carriles son de un ancho menor de 3.65 m. El vehículo averiado obstruye el carril por el ocupado y además, reduce la capacidad de los carriles adyacentes, puesto que los demás vehículos deben circular en menos carriles y con velocidades más bajas que la prevista. En estas condiciones, una avería secundaria de otro vehículo que reduzca la velocidad aun más, puede causar el congestionamiento total del camino.

NIVEL DE SERVICIO	VOLUMEN DE SERVICIO EN LA AUTOPISTA EN UNA DIRECCION (veh/h)			VOLUMEN DE SERVICIO EN EL PUNTO DE VERIFICACION (veh/h)		
	4 CARRILES 2 para cada sentido	6 CARRILES 3 para cada sentido	8 CARRILES 4 para cada sentido	CONVULGENCIA <sup>b</sup>	DIVERGENCIA <sup>c</sup>	ENTRECruzAMIENTO <sup>d</sup>
A	1400	2400	3400	1000	1100	800
B	2000	3500	5000	1200	1300	1000
FACTA EN LA FORMA MASIVA DE BRANCO	0 77 0 81 0 91 1 00	0 77 0 81 0 91 1 00	0 77 0 81 0 91 1 00	0 77 0 81 0 91 1 00	0 77 0 81 0 91 1 00	0 77 0 81 0 91 1 00
C	2300 2500 2750 3000	3700 4000 4250 4500	5100 5500 6000 6400	1300 1400 1550 1700	1400 1500 1650 1800	1100 1200 1350 1450
D	1800 2000 2200 2400	3150 3500 3900 4300	4400 5000 5600 6200	1100 1250 1450 1600	1200 1400 1550 1700	1400 1500 1650 1800
E <sup>e</sup>	< 2000	< 3000	< 4000	< 1000	< 2000	< 2000
F						

- a.- Para usarlo en verificaciones del volumen de servicio en la autopista entre enlaces sucesivos.  
b.- Representa el volumen de servicio constituido por la suma del volumen calculado para el carril número 1, mas el volumen en el enlace de acceso.  
c.- Representa el volumen de servicio en el carril número 1, inmediatamente antes de un enlace de salida, incluye vehiculos de paso y vehiculos con probabilidad de usar el enlace de salida.  
d.- Representa el volumen de servicio en puntos equidistantes a cada 150 m entre enlaces de entrada y salida.  
e.- Capacidad.

TABLE 2-A. VOLUMENES DE SERVICIO Y CAPACIDAD EN LOS EXTREMOS DE LOS ENLACES (TRANSITO MIXTO EN VEHICULOS POR NOVA, EN UNA DIRECCION, SUPONIENDO TRAFICO A NIVEL Y UN PORCENTAJE DE CANNONES NO MAYOR DEL 5%)

VOLUMEN TOTAL DEL TRANSITO DE PASO, EN UN SENTIDO (VPH)	PORCENTAJE DEL TRANSITO DE PASO QUE CIRCULA EN EL CARRIL N° 1		
	AUTOPISTA DE 8 CARRILES 4 EN CADA SENTIDO	AUTOPISTA DE 6 CARRILES 3 EN CADA SENTIDO	AUTOPISTA DE 4 CARRILES 2 EN CADA SENTIDO
6500 y más	10	—	—
6000 - 6499	10	—	—
5500 - 5999	10	—	—
5000 - 5499	9	—	—
4500 - 4999	9	10	—
4000 - 4499	8	14	—
3500 - 3999	8	10	—
3000 - 3499	8	6	40
2500 - 2999	8	6	33
2000 - 2499	8	6	30
1500 - 1999	8	6	25
Hasta 1499	8	6	20

TABLE 3-6. PORCENTAJE DEL TRANSITO DE PASO QUE CIRCULA EN EL CARRIL N° 1, EN LAS ZONAS DE CONEXION DE LOS ENLACES A UN NIVEL DE SERVICIO D

Ademas de mantener la capacidad de la carretera proporcionando refugio a los vehiculos descompuestos, los acotamientos pueden incrementar el ancho efectivo del camino. Para carriles con anchos menores de 3.65 m los acotamientos con un ancho de 1.20 m o más, incrementan el ancho efectivo de los carriles adyacentes en 0.30 m.

E) CARRILES AUXILIARES. Un carril auxiliar es la parte adicional a la calzada, en una longitud limitada, que se usa para: estacionamiento momentaneo; cambios de velocidad; entrecruzamiento, vueltas, separacion de vehiculos lentos en pendientes ascendentes, y otros fines que auxilien a la circulación del tránsito de la via principal.

Los carriles auxiliares se diseñan para permitir la utilizacion efectiva de la carretera y mejorar el nivel de servicio de los carriles principales de tránsito, evitando los congestionamientos. En consecuencia, no tienen un efecto directo en la capacidad de la via principal.

F) ESTADO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO.—El deterioro de la superficie de rodamiento afecta adversamente el nivel de servicio, sobre todo en lo referente a la velocidad, comodidad, economia y principalmente, seguridad. No obstante, en las carreteras con altos volúmenes de tránsito, es raro que la conservación sea tan deficiente que no puedan obtenerse velocidades de 50 km/h, velocidad aproximada a la cual se alcanza la capacidad.

A la fecha, no se han podido determinar factores que reflejen el efecto del estado de la superficie de rodamiento, cuando este deteriorada; la velocidad de operación es menor a aquella que se obtendría con una superficie en buen estado, a menos que con sacrificio de

NIVEL DE SERVICIO	FLUJO DE TRÁNSITO		VOLUMEN DE SERVICIO MÁXIMO				VOLUMEN DE SERVICIO MÁXIMO PARA CIRCULACIÓN CONTINUA											
	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD DE OPERACIÓN (km/h)	VOLUMEN MÁXIMO PARA VELOCIDAD DE PROYECTO NOMINADA DE 110 km/h		VOLUMEN MÁXIMO PARA VELOCIDAD DE PROYECTO NOMINADA DE 90 km/h		4 CARRILES		6 CARRILES		8 CARRILES							
			4 CARRILES (km/h)	6 CARRILES (km/h)	4 CARRILES (km/h)	6 CARRILES (km/h)	4 CARRILES (km/h)	6 CARRILES (km/h)	8 CARRILES (km/h)	Para cada carril (km/h)								
A	FLUJO LIBRE	≥ 90	2000	2000	2000	—	—	1400	2100	3400	1000							
B	FLUJO SEMI-LIBRE	≥ 80	2000	2000	2000	2000	—	2000	3100	5000	1500							
FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA (FHMDP)							0.77	0.81	0.81	1.00*	0.77	0.81	0.81	1.00*	0.77	0.81	0.81	1.00*
C	FLUJO ESTABLE	≥ 60	2000	2000	2000	2000	—	1300	1700	2700	3000	3500	4000	4300	4500	4800	5000	
D	FLUJO SEMI-ESTABLE	≥ 50	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	
E	FLUJO INESTABLE	20-50*	—				4000*	6000*		8000*		2000*						
F	FLUJO PARADO	< 50	NO SIGNIFICATIVO				MUY VARIABLE (desde cero hasta la capacidad)											

- \*1 - La capacidad de circulación y la velocidad en los niveles de servicio A y B son máximas teóricas, basadas en un flujo de vehículos que circulan en un espacio restringido del nivel de servicio.
- \*2 - La capacidad de circulación de flujo libre para 4 carriles es de 2000 veh/h y de 3000 veh/h para 6 carriles.
- \*3 - El factor de hora de máxima demanda para autopistas de 4 carriles es de 0.77 y para 6 carriles es de 0.81. Para un flujo de flujo libre que circula en un espacio restringido del nivel de servicio B, el factor de hora de máxima demanda es de 1.00.
- \*4 - Un factor de hora de máxima demanda de 1.00 significa que el flujo de vehículos que circula en un espacio restringido del nivel de servicio B es de 2000 veh/h para 4 carriles y de 3000 veh/h para 6 carriles.
- \*5 - El factor de hora de máxima demanda de 1.00 significa que el flujo de vehículos que circula en un espacio restringido del nivel de servicio B es de 2000 veh/h para 4 carriles y de 3000 veh/h para 6 carriles.
- \*6 - El factor de hora de máxima demanda de 1.00 significa que el flujo de vehículos que circula en un espacio restringido del nivel de servicio B es de 2000 veh/h para 4 carriles y de 3000 veh/h para 6 carriles.

TABLA 3-C NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MÁXIMOS PARA AUTOPISTAS Y VÍAS RÁPIDAS BAJO CONDICIONES DE CIRCULACIÓN CONTINUA

Distancia desde la orilla del carril al obstáculo (en m)	Factor de ajuste, W, por ancho de carril y distancia a obstáculos laterales							
	Obstáculos a un lado de un sentido de circulación				Obstáculos a ambos lados de un sentido de circulación			
	Carriles en metros				Carriles en metros			
	3.65	3.35	3.05	2.75	3.65	3.35	3.05	2.75
Carretera dividida de 4 carriles								
1.80	1.00	0.97	0.91	0.81	1.00	0.97	0.91	0.81
1.20	0.99	0.96	0.90	0.80	0.98	0.95	0.89	0.79
0.60	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76
0.00	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66
Carretera dividida de 6 y 8 carriles								
1.80	1.00	0.96	0.89	0.78	1.00	0.96	0.89	0.78
1.20	0.99	0.95	0.88	0.77	0.98	0.94	0.87	0.77
0.60	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75
0.00	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70

TABLA 3-D EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y DE LA DISTANCIA A OBSTÁCULOS LATERALES SOBRE LA CAPACIDAD Y LOS VOLUMENES DE SERVICIO EN AUTOPISTAS Y VÍAS RÁPIDAS CON CIRCULACIÓN CONTINUA

la seguridad se conserve a una velocidad alta.

**6) ALINEAMIENTO.** Los alineamientos horizontal y vertical de un camino afectan en gran medida la capacidad y el nivel de servicio del mismo. En general, los alineamientos están diseñados en base a la velocidad de proyecto; sin embargo, como esta puede variar a lo largo del camino debido a la configuración del terreno, lo que se utiliza es un promedio ponderado, que refleja con mayor veracidad las condiciones requeridas para el nivel de servicio.

En el alineamiento vertical, las restricciones a las distancias de visibilidad de rebase se consideran a través del porcentaje de la longitud del tramo de camino en estudio, que tiene distancias de visibilidad menores que la distancia de visibilidad de rebase, la cual para efectos de capacidad, se ha considerado de 500 m. Las restricciones a estas distancias de visibilidad tienen efecto solamente en los caminos de dos carriles.

El efecto de la velocidad de proyecto ponderada y de la distancia de visibilidad de rebase, está considerado en los valores de la relación  $v/c$  de las tablas de cálculo correspondientes (3-C, 3-I y 3-K) citadas más adelante.

Los alineamientos tienen su efecto principal en el volumen de servicios; sin embargo, también afectan a los volúmenes de servicio en las siguientes formas:

- 1.- Reduciendo la distancia de visibilidad de rebase, en caminos de dos carriles.
- 2.- Reduciendo o aumentando las distancias de frenado en pendientes ascendentes o descendentes respectivamente, lo cual ocasiona

PENDIENTE (%)	EQUIVALENCIA EN VEHICULOS LIGEROS <sup>a</sup> E <sub>3</sub>	
	Niveles de servicio A, B y C	Niveles de servicio D y E
0-4 <sup>b</sup>	1,6	1,6
5 <sup>c</sup>	4	2
6 <sup>c</sup>	7	4
7 <sup>c</sup>	12	10

a - Para todas las porcentajes de autobuses

b - Todas las longitudes

c - Sólo cuando la longitud de las pendientes sea mayor de 800 m

TABLE 3-15 VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES POR AUTOBUS EN SUBTRAMOS O PENDIENTES ESPECIFICAS DE AUTOPISTAS, VIAS RAPIDAS Y CARRETERAS DE CARRILES MÚLTIPLES

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO DESCRIPCION	VELOCIDAD DE OPERACION <sup>a</sup> (km/h)	VOLUMEN DE SERVICIO-CAPACIDAD (v/c)			VOLUMEN DE SERVICIO MAXIMO BAJO CONDICIONES IDEALES, INCLUYENDO VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 km/h (Total de vehiculos ligeros por hora en un sentido)		
			VALOR LIMITE PARA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE 110 km/h	VALOR APROXIMADO PARA UNA VELOCIDAD DE PROYECTO PONDERADA DE		CARRERA DE 4 CARRILES (2 CARRILES POR SENTIDO)	CARRERA DE 6 CARRILES (3 CARRILES POR SENTIDO)	CADA CARRIL ADICIONAL
				95 km/h	80 km/h			
A	FLUJO LIBRE	≥ 95	≥ 0.30	— <sup>b</sup>	— <sup>b</sup>	1200	1800	600
B	FLUJO ESTABLE (Velocidad superior del rango)	≥ 90	≥ 0.50	≥ 0.20	— <sup>b</sup>	2000	3000	1000
C	FLUJO ESTABLE	≥ 70	≥ 0.75	≥ 0.50	≥ 0.25	3000	4500	1500
D	APROXIMACION AL FLUJO INESTABLE	≥ 55	≥ 0.90	≥ 0.85	≥ 0.70	3600	5400	1800
E <sup>c</sup>	FLUJO INESTABLE	50 <sup>d</sup>	≥ 1.00			4000	6000	2000
F	FLUJO FORZADO	< 50 <sup>d</sup>	NO SIGNIFICATIVO <sup>e</sup>			MUY VARIABLE (Flujo de vehículos instables)		

a - La velocidad de operacion y su relacion con los vehiculos independientes del nivel de operacion, ver Tabla 3-14 y Tabla 3-15.

b - La velocidad de operacion superior para este nivel no se alcanza con v. todos los vehiculos.

c - Capacidad

d - Aborcimientomaximo

e - La relacion volumen de vehiculos-capacidad puede exceder el valor de 1.00 (relacion que fue utilizada)

TABLE 3-16 NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA CARRETERAS DE CARRILES MÚLTIPLES, BAJO CONDICIONES DE CIRCULACION CONTINUA

DESDE LA GRILLA DEL CARRIL AL OBSTACULO (m)	DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES									
	CARRILES EN METROS					CARRILES EN PIES				
	3.65	3.35	3.05	2.75	3.65	3.35	3.05	2.75		
Carretera no dividida de 6 u 8 carriles.										
1.80	1.00	0.95	0.85	0.77	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1.20	0.90	0.84	0.80	0.76	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.80	0.85	0.82	0.86	0.75	0.94	0.91	0.86	NA		
0.00	0.88	0.85	0.80	0.70	0.81	0.78	0.74	0.68		
Carretera no dividida de 6 y 8 carriles.										
1.80	1.00	0.95	0.85	0.77	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1.20	0.90	0.84	0.80	0.76	NA	NA	NA	NA	NA	NA
0.80	0.85	0.82	0.86	0.75	0.98	0.92	0.85	NA		
0.00	0.84	0.80	0.83	0.72	0.81	0.87	0.81	0.70		

- a. Los mismos valores se aplican para la capacidad y niveles de servicio.  
 b. Su uso se restringe solo cuando el carril no divide esta carretera. Normalmente, en las condiciones, por obstrucciones laterales como barreras, cercas, muros, o elementos de borde a nivel, más cercanas de lo que estaría el terreno adyacente.  
 c. N.A. = no aplicable; usarse el ajuste para obstrucciones en el lado derecho.

TABLE 3-1. EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y DE LA DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES SOBRE LA CAPACIDAD Y LOS VOLUMENES DE SERVICIO EN CARRETERAS DE CARRILES MÚLTIPLES CON CIRCULACION CONTINUA

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO		VELOCIDAD DE OPERACION (mi/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE (ft)	VOLUMEN DE SERVICIO (VEHICULOS/HORA)		VOLUMEN DE SERVICIO MAXIMO (VEHICULOS/HORA)
	DESCRIPCION	VELOCIDAD DE OPERACION (mi/h)			VELOCIDAD DE OPERACION (mi/h)	VELOCIDAD DE OPERACION (mi/h)	
A	FLUJO LIBRE	VI 95	100	0.20	—	—	400
			80	0.18	—	—	
			60	0.15	—	—	
			40	0.12	—	—	
			20	0.08	—	—	
			0	0.04	—	—	
B	FLUJO ESTABLE (Velocidad superior del rango)	VI 80	100	0.35	0.40	—	900
			80	0.42	0.35	—	
			60	0.38	0.30	—	
			40	0.34	0.24	—	
			20	0.30	0.18	—	
			0	0.24	0.12	—	
C	FLUJO ESTABLE	VI 65	100	0.70	0.66	0.54	1400
			80	0.68	0.61	0.53	
			60	0.65	0.56	0.47	
			40	0.62	0.51	0.38	
			20	0.59	0.45	0.28	
			0	0.54	0.38	0.18	
D	FLUJO PROXIMO AL INESTABLE	VI 55	100	0.85	0.83	0.70	1700
			80	0.84	0.81	0.72	
			60	0.81	0.74	0.69	
			40	0.77	0.70	0.66	
			20	0.71	0.61	0.44	
			0	0.60	0.46	0.30	
E <sup>a</sup>	FLUJO INESTABLE	50 <sup>b</sup>	NA <sup>c</sup>	—	—	—	2000
F	FLUJO FORZADO	<50 <sup>b</sup>	NA <sup>c</sup>	—	—	—	NO APPLICABLE

- a. La velocidad de operación se refiere a la velocidad de diseño. Los valores de capacidad y volumen de servicio se refieren a la capacidad y volumen de servicio de diseño.  
 b. Cuando el volumen de tráfico es menor que el volumen de servicio de diseño, el nivel de servicio es "E".  
 c. Cuando el volumen de tráfico es mayor que el volumen de servicio de diseño, el nivel de servicio es "F".  
 d. Cuando el volumen de tráfico es menor que el volumen de servicio de diseño, el nivel de servicio es "E".  
 e. Cuando el volumen de tráfico es mayor que el volumen de servicio de diseño, el nivel de servicio es "F".

TABLE 3-2. NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES BAJO CONDICIONES DE FLUJO CONTINUO



DISTANCIA DESDE LA ORILLA DEL CARRIL AL OBSTACULO (m)	FACTORES DE AJUSTE <sup>a</sup> $w_L$ Y $w_C$ POR ANCHO DE CARRIL Y DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES															
	OBSTACULO EN UN SOLO LADO <sup>b</sup>								OBSTACULO EN AMBOS LADOS <sup>b</sup>							
	CARRILES EN METROS															
	3.65		3.35		3.05		2.75		3.65		3.35		3.05		2.75	
	NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL		NIVEL	
	B	E <sup>c</sup>	B	E <sup>c</sup>	B	E <sup>c</sup>	B	E <sup>c</sup>	B	E <sup>c</sup>	B	E <sup>c</sup>	B	E <sup>c</sup>	B	E <sup>c</sup>
1.80	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76	1.00	1.00	0.86	0.88	0.77	0.81	0.70	0.76
1.20	0.96	0.97	0.83	0.85	0.74	0.79	0.68	0.74	0.92	0.94	0.79	0.83	0.71	0.76	0.65	0.71
0.60	0.91	0.93	0.78	0.81	0.70	0.75	0.64	0.70	0.81	0.85	0.70	0.75	0.63	0.69	0.57	0.65
0.00	0.83	0.88	0.73	0.77	0.66	0.71	0.60	0.66	0.70	0.76	0.60	0.67	0.54	0.62	0.49	0.58

a- Factores de ajuste,  $w_C$  para el nivel "E" (Capacidad) y  $w_L$  para nivel "B", interpolar para otros niveles

b- Incluye el efecto del tránsito en sentido contrario

c- Capacidad

TABLA 3-1. EFECTO COMBINADO DEL ANCHO DE CARRIL Y DE LA DISTANCIA A OBSTACULOS LATERALES SOBRE LA CAPACIDAD Y LOS VOLUMENES DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES BAJO CONDICIONES DE CIRCULACION CONTINUA

FALLA DE ORIGEN

PENDIENTE (%)	LONGITUD DE LA PENDIENTE (mts)	VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES														
		1000 kg			1500 kg			2000 kg			2500 kg					
		PESO POTENCIA + 10 km/h	PESO POTENCIA + 20 km/h	PESO POTENCIA + 30 km/h	PESO POTENCIA + 10 km/h	PESO POTENCIA + 20 km/h	PESO POTENCIA + 30 km/h	PESO POTENCIA + 10 km/h	PESO POTENCIA + 20 km/h	PESO POTENCIA + 30 km/h	PESO POTENCIA + 10 km/h	PESO POTENCIA + 20 km/h	PESO POTENCIA + 30 km/h			
1 - 2	1000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	2000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3000															
	4000															
	5000															
	6000															
	8000															
3	1000	4	2	2	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	2000	4	2	2	4	5	2	11	11	8						
	3000	4	2	2	7	6	2	16	16	13						
	4000	5	3	2	8	7	3	18	18	15						
	5000	5	3	2	9	8	4	17	21	21						
	8000	5	3	2	10	9	5	18	22	22						
4	1000	5	3	2	10	9	5	19	24	24						
	2000	5	3	2	10	9	5	19	24	24						
	3000	6	4	2	7	6	2	11	11	8						
	4000	7	6	2	10	10	7	18	22	22						
	5000	7	7	2	12	12	10	22	26	26						
	8000	7	7	2	13	13	12	24	31	31						
5	1000	8	6	3	16	16	14	25	34	34						
	2000	8	6	3	16	16	14	25	34	34						
	3000	8	6	3	16	16	14	25	34	34						
	4000	8	6	3	16	16	14	25	34	34						
	5000	8	6	3	16	16	14	25	34	34						
	8000	8	6	3	16	16	14	25	34	34						
6	1000	10	10	7	19	17	16	26	31	31						
	2000	10	10	7	19	17	16	26	31	31						
	3000	10	10	7	19	17	16	26	31	31						
	4000	10	10	7	19	17	16	26	31	31						
	5000	10	10	7	19	17	16	26	31	31						
	8000	10	10	7	19	17	16	26	31	31						
7	1000	12	12	10	21	21	20	32	38	38						
	2000	12	12	10	21	21	20	32	38	38						
	3000	12	12	10	21	21	20	32	38	38						
	4000	12	12	10	21	21	20	32	38	38						
	5000	12	12	10	21	21	20	32	38	38						
	8000	12	12	10	21	21	20	32	38	38						
8	1000	14	14	12	20	24	24	35	42	42						
	2000	14	14	12	20	24	24	35	42	42						
	3000	14	14	12	20	24	24	35	42	42						
	4000	14	14	12	20	24	24	35	42	42						
	5000	14	14	12	20	24	24	35	42	42						
	8000	14	14	12	20	24	24	35	42	42						

TABLA 3 - N VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES POR CAMION, PARA SUBTRAMOS O PENDIENTES ESPECIFICAS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES

FALLA DE ORIGEN

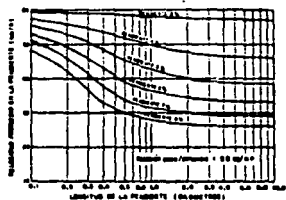
espaciamientos más cortos entre vehículos que están subiendo una pendiente, o bien, aumenta el espaciamiento entre vehículos que descienden, ya que estos tienen que mantener una distancia de seguridad.

3.-Reduciendo la velocidad de los vehículos pesados en pendientes ascendentes, interfiriendo a los vehículos ligeros.

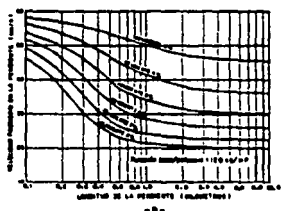
En lo que concierne al análisis de la operación del camino, lo que interesa conocer es el efecto de las pendientes sobre la velocidad de los vehículos pesados y la influencia que tiene esta reducción de velocidad en los volúmenes y niveles de servicio del camino.

Por lo general, los vehículos pesados inician el ascenso de una pendiente a la mayor velocidad que les permite el alineamiento horizontal y el estado de la superficie de rodamiento. A medida que van subiendo van reduciendo su velocidad, efecto que se hace más marcado en pendientes pronunciadas. Cualquier reducción en la velocidad de los caminos afecta el nivel de servicio pero la capacidad no se ve afectada mientras la velocidad no sea menor a 50 Km/h. Luego, existe una longitud de pendiente más allá de la cual se empieza a reducir la capacidad.

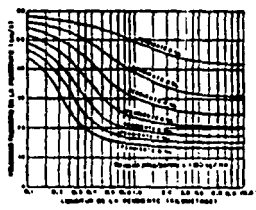
Sin embargo, en las aplicaciones a problemas de capacidad, en la práctica lo que se necesita no son las características específicas de la velocidad media en diferentes pendientes entre, las longitudes de las mismas. Las relaciones correspondientes entre la velocidad media, pendientes y sus longitudes, están representadas por las curvas de las figuras 3.2-A, 3.2-B y 3.2-C: estas curvas han sido desarrolladas considerando relaciones peso/potencia, de 50, 120 y 180 Kg/HP, repre-



- A -



- B -



- C -

FIGURA 3.02 VELOCIDAD PROMEDIO DE LOS VEHICULOS PESADOS EN DIFERENTES PENDIENTES

serativos de los vehículos pesados de provector de dos ejes, tres ejes y cuatro o más ejes, respectivamente.

El conocimiento del efecto de una pendiente particular en la velocidad de los camiones, no es suficiente por si mismo para determinar su efecto en la capacidad. Es necesario conocer tambien el efecto que tienen los camiones y autobuses en el volumen y el efecto de cada uno, en terminos equivalentes de vehículos ligeros o "vehículos ligeros equivalentes". En consecuencia, para determinar el efecto de la pendiente en la capacidad, la información presentada aqui, se aplica en combinacion con la señalada en el inciso 3.5.2, correspondiente a "Factores relativos al tránsito", especificamente en el apartado A), relativo a camiones.

**CARRILES AUXILIARES DE ASCENSO.** La mayor diferencia entre la velocidad de un vehículo pesado y la de un vehículo ligero, ocurre en pendientes fuertes y sostenidas. En estos tramos el número de vehículos ligeros equivalentes por vehículo pesado es superior al equivalente para terrenos planos, lo cual se traduce en volúmenes de servicio mas bajos.

Los carriles auxiliares de ascenso constituyen una solución para mejorar la capacidad y el nivel de servicio en pendientes sostenidas fuertes, pues se reduce substancialmente el efecto de los vehículos pesados en la carretera. En general, suele proporcionarse un carril auxiliar de ascenso cuando el tránsito sea tal, que si no se contara con el carril adicional, el nivel de servicio seria inferior al deseado.

No puede establecerse un criterio general para su uso, pues en

CADA CASO LA LOCALIZACION DEL CARRIL ADICIONAL TIENE UNA INFLUENCIA DECISIVA.

### 1.3.1. FACTORES RELATIVOS AL TRANSITO.

LOS FACTORES RELATIVOS AL TRANSITO SON TODOS AQUELLOS QUE TIENEN INFLUENCIA EN LA CAPACIDAD Y EL VOLUMEN DE SERVICIO DE UN CAMINO, TALES COMO LA COMPOSICION, DISTRIBUCION Y VARIACION DEL TRANSITO Y LOS HABITOS Y DESEOS DEL CONDUCTOR. LOS FACTORES PRINCIPALES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD Y/O EL VOLUMEN DE SERVICIO SON: LOS CAMIONES, LOS AUTOMOVILES, LA DISTRIBUCION POR CARRIL, LA VARIACION EN EL VOLUMEN DE TRANSITO Y LAS INTERVENCIONES DEL MISMO.

A) CAMIONES. LOS CAMIONES REDUCEN LA CAPACIDAD DE UN CAMINO EN TERMINOS DEL TOTAL DE VEHICULOS QUE CIRCULAN POR HORA. CADA CAMION DESPLAZA A VARIOS VEHICULOS LIGEROS EN LA CIRCULACION; A ESTE NUMERO DE VEHICULOS, COMO VA SE MENCIONO ANTERIORMENTE, SE LE LLAMA "VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES". EN TERREROS PLANOS DONDE LOS CAMIONES CIRCULAN A VELOCIDADES SEMEJANTES A LA DE LOS VEHICULOS LIGEROS, UN CAMION EQUIVALE A DOS VEHICULOS LIGEROS EN CARRETERAS DE VARIOS CARRILES Y A DOS O TRES EN CARRETERAS DE DOS CARRILES. DEPENDIENDO DEL NIVEL DE SERVICIO, ESTOS VALORES SON APROPIADOS PARA CONDUCTAS DESCENDENTES.

EN PENDIENTES ASCENDENTES, EL NUMERO DE VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES VARIA AMPLIAMENTE, DEPENDIENDO DE LO PRONUNCIADO Y DE LA LONGITUD DE LA PENDIENTE, ASÍ COMO DEL NUMERO DE CARRILES.

PARA UN ANALISIS APROXIMADO DE LA OPERACION ES SUFICIENTE CON USAR UN SOLO NUMERO DE VEHICULOS EQUIVALENTES; SIN EMBARGO UN ANALISIS DETALLADO REQUERIRA ENCLASAR EL NUMERO DE VEHICULOS LIGEROS EQUI-

valores para cada pendiente, de acuerdo con su longitud y magnitud.

1.-CAMINOS DE DOS CARRILES.- En caminos de dos carriles, el número de vehículos ligeros equivalentes puede determinarse obteniendo las velocidades y espaciamientos de los vehículos a diversos volúmenes de tránsito en carreteras con diferentes alineamientos, obteniéndose un valor medio de la equivalencia de vehículos ligeros para cada condición. Si la determinación se realiza con mayor detalle, pueden obtenerse los vehículos ligeros equivalentes por cada tipo de camión, clasificándolos por grupos de acuerdo a su velocidad.

El número de vehículos ligeros equivalentes, para niveles de servicio B y C en tramos de gran longitud, que incluyan tanto pendientes ascendentes como descendentes combinadas con tramos a nivel, es de cinco para caminos de lomerío y diez para caminos en terreno montañoso. En los niveles de servicio D y E son de cinco y doce respectivamente.

La equivalencia de vehículos ligeros para cualquier nivel de servicio en una pendiente ascendente sostenida, se incrementa conforme disminuye la velocidad de los camiones, debido a que es mayor la diferencia entre la velocidad de los camiones, debido a que es mayor la diferencia entre la velocidad normal de los vehículos ligeros y la de los camiones. La equivalencia se incrementa mucho más a niveles de servicio más bajos, a que el rebase se dificulta cada vez más, hasta que finalmente se hace imposible. Sin embargo, en caminos de dos carriles, el equivalente de vehículos ligeros aparentemente cambia muy poco si no es que nada, con un cambio en el porcentaje de camiones, cuando las características geométricas del camino se mantienen cons-

tantes.

La figura 3.1 muestra la forma en que varía la equivalencia de vehículos ligeros, con la variación de la velocidad media de los camiones, cuando estos circulan en cualquier pendiente de un camino de dos carriles.

Con las velocidades medias de los camiones en las pendientes, indicadas en las curvas de las figuras 3.2-A, 3.2-B y 3.2-C y las curvas de equivalencias de la figura 3.3, se han obtenido los valores de vehículos ligeros equivalentes por camión, representativos de los vehículos de proyectos cuyas relaciones peso/potencia son de 90, 120 y 180 Kg/HF. Estos valores se muestran en las tablas 3-N.1, 3-N.2 y 3-N.3.

Cualquier volumen de tránsito mixto puede convertirse en vehículos ligeros equivalentes, multiplicando por el factor de ajuste de camiones:  $(100 - Pr + Et Pr)/100$ , en donde Pr es el porcentaje de camiones y Et los vehículos ligeros equivalentes a un camión.

Análogamente, cualquier volumen de vehículos ligeros puede convertirse a tránsito mixto, multiplicándolo por el factor:  $100/(100 - Pr + Et Pr)$ .

3.-CAMINOS DE CARRILES MÚLTIPLES. En caminos de varios carriles, el efecto de los camiones en la capacidad, presenta aún más incertidumbre que para caminos de dos carriles, debido a que no está bien definido el efecto que produce la distribución del tránsito por carril, las maniobras de rebase entre camiones y los factores psicológicos de los conductores. Estas influencias hacen que la obtención de los vehículos ligeros equivalentes por los métodos usados para cami-



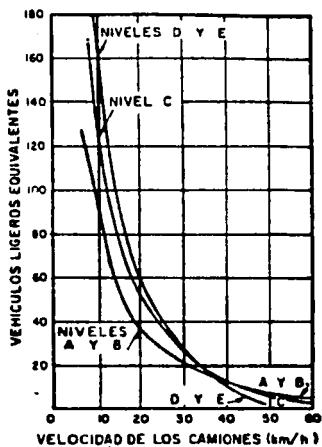


FIGURA 3.63 VEHICULOS LIGEROS EQUIVALENTES POR CAMION, PARA DIFERENTES VELOCIDADES MEDIAS DE LOS CAMIONES EN CARRETERAS DE DOS CARRETERAS

nos de dos carriles, se convierta en una tarea mucho más compleja.

La investigación en este campo ha sido bastante limitada y la que se ha llevado a cabo ha sido restringida principalmente al nivel de servicio B. La figura 3.4 muestra los resultados de esta investigación. Los vehículos ligeros equivalentes, que se usaran más adelante en la determinación de capacidades y volúmenes de servicio en carreteras de carriles múltiples han sido obtenidos tomando como base la investigación antes citada para el nivel de servicio B, racionalizando los valores para otros niveles.

El número de vehículos ligeros equivalentes que se ha considerado para niveles de servicio de B a E es de cuatro para caminos en terreno de lomerío y de ocho para caminos de terreno montañoso. En la obtención de estas equivalencias no se hace distinción entre autopistas y caminos de carriles múltiples.

Para aquellos casos en que el análisis involucre subtramos específicos o pendientes pronunciadas sostenidas, las equivalencias de vehículos ligeros por camión que deben aplicarse se indican en la tabla 3-6.

De la misma manera que para caminos de dos carriles, el volumen de servicio en vehículos ligeros puede convertirse a tránsito mixto y vice versa.

**B. AUTOBUSES.** Los autobuses foráneos afectan la capacidad o volumen de servicio de manera semejante a los camiones, pero en menor grado. Los estudios disponibles permiten suponer que el número de vehículos ligeros equivalentes por autobuses es de uno punto seis, tres y cinco, para caminos de carriles múltiples, y de dos, cuatro y seis,

para caminos de dos carriles, en terreno plano, en lomerío y montañoso, respectivamente.

En la práctica rara vez se toma en cuenta el efecto de los autobuses y por lo general se consideran como camiones, sin embargo, es necesario considerarlos cuando el volumen de autobuses es importante o se encuentran fuertes pendientes. El factor de ajuste para convertir el tránsito mixto a vehículos ligeros se obtendrá de la siguiente expresión:  $(100 - P_6 + E_6 \cdot F_6) / 100$ , en donde  $F_6$  es el porcentaje de autobuses en la corriente del tránsito y  $E_6$  es el número de vehículos ligeros equivalentes por autobús.

**DISTRIBUCION POR CARRIL.** En las carreteras de carriles múltiples no todos los carriles llevan el mismo volumen de tránsito y su distribución por carril es un factor que debe tomarse en cuenta en la determinación de la capacidad. Sin embargo, no es necesario hacer un ajuste especial, porque en donde este problema es importante, como por ejemplo en los enlaces y en los entrecruzamientos, su efecto está considerado en el diseño de estos elementos.

**VARIACIONES EN EL VOLUMEN DE TRANSITO.** En general, el volumen horario de proyecto se determina aplicando un porcentaje al tránsito promedio diario anual.

Esta determinación considera implícitamente la variación del volumen horario durante las horas de todo un año. Sin embargo, en algunas carreteras o elementos de ellas, no basta considerar la fluctuación del volumen horario en el año, sino que se requiere conocer la fluctuación en intervalos de tiempo menores de una hora. Esta fluctuación en intervalos de tiempo menores de una hora, esta fluctua-

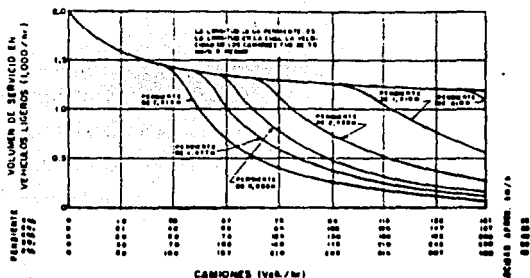
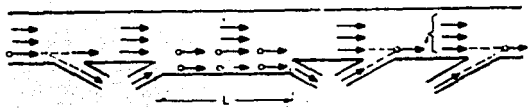


FIGURA 3.04 VOLUMENES DE SERVICIO EQUIVALENTES POR CAMION EN FUNCION DE LAS PENDIENTES EN CAMINOS CON DOS CARRILES EN UN SENTIDO DE CIRCULACION, A NIVEL DE SERVICIO B



○ — Punto de verificación del volumen  
 L — Longitud en la que se deberá verificar el entrecruzamiento  
 Verificación en los carriles de la autopista

FIGURA 3.05 PUNTOS CRITICOS DE VERIFICACION

FALLA DE ORIGEN

cion se considera a través del "Factor de la Hora de Máxima Demanda", que es la relación entre el volumen de tránsito en la hora de máxima demanda y la máxima proporción de flujo durante un intervalo de tiempo dentro de esa hora. Este intervalo se considera de cinco minutos para autopistas y de quince minutos para intersecciones. El factor de hora de máxima demanda en autopistas varía usualmente entre 0.70 y 0.95; en intersecciones el valor de factor varía alrededor de 0.85. Se hace notar que cuando el factor de la hora de máxima demanda se acerca a la unidad (valor máximo), el flujo de tránsito tiende a ser uniforme.

EXINTERRUPCIONES EN EL TRANSITO. Existen elementos en el camino con alguna frecuencia pueden interrumpir la circulación del tránsito, afectando el nivel de servicio. Cuando el nivel de servicio es alto, una interrupción momentánea en la circulación del tránsito no será grave. Sin embargo, cuando el volumen de servicio se acerca a la capacidad, la misma interrupción podrá ocasionar que se formen grandes colas, con el consiguiente congestionamiento.

Se han dividido las interrupciones del tránsito en dos grandes categorías: las ocasionadas por intersecciones a nivel y otras interrupciones.

Las intersecciones a nivel constituyen el tipo más común de interrupción y el más difícil de eliminar, ya que implica que dos corrientes de tránsito diferentes tengan que compartir una área común del camino. Su influencia sobre los volúmenes de servicio es tan grande, que en la mayoría de los casos donde existen, gobiernan la determinación de la capacidad y no pueden ser tratadas como ajustes.

al flujo continuo. Entre las otras interrupciones están las casetas de cobro, puentes levadizos, e intersecciones a nivel con ferrocarril. Estas interrupciones involucran necesariamente un tiempo de espera del tránsito continuo, originando la formación de colas de vehículos cuyos efectos pueden repercutir en puntos críticos del camino antes de la interrupción.

## D.4. ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y VOLUMENES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES A NIVEL CONTROLADAS CON SEMÁFOROS.

La intersección a nivel es uno de los elementos más importantes del sistema vial, que limitan y a menudo interrumpen la circulación del tránsito.

La cantidad de vehículos que puede 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 percepción y acciones del conductor, de las características de la corriente del tránsito y de las medidas para el control del tránsito.

### FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD Y LOS NIVELES DE SERVICIO EN UNA INTERSECCIÓN A NIVEL.

#### A) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE OPERACIÓN.

1.- ANCHURA DEL ACCESO. La anchura del acceso, más bien que el número de carriles, es el elemento con mayor influencia en la capacidad. Por consiguiente, los procedimientos que se describen en este capítulo, están basados en las anchuras de los accesos y no en el número de carriles. Entendiéndose por acceso la parte de la zona utilizada con el tránsito que llega a la intersección.

2.- ESTACIONAMIENTO. Debido a que el estacionamiento en un acceso tiene un efecto muy pronunciado en la capacidad, se considera que su presencia o ausencia es una condición básica que debe ser definida desde un principio, antes que se haga la evaluación de otros factores.

res, ya que la eliminación del estacionamiento proporciona un incremento considerable de la capacidad. Si se suprime el estacionamiento en uno o en ambos lados de un acceso, la capacidad deberá evaluarse para cada condición.

La condición "Sin estacionamiento", se refiere a que no hay vehículos que permanezcan o se detengan en el acceso, a excepción del ascenso y descenso ocasional de pasajeros. "Con estacionamiento", significa que los vehículos permanecen o se detienen durante cierto periodo de tiempo en el acceso.

Como regla práctica, se considera que aquellos accesos en donde se permite estacionarse a menos de 75 m de la intersección, deberán considerarse dentro del grupo "Con estacionamiento".

3.- OPERACIÓN EN UNO O EN DOS SENTIDOS. Existen, obviamente, diferencias importantes entre la operación en un sentido y la operación en dos sentidos, las cuales se reflejan en la capacidad y en los volúmenes de servicio que pueden alcanzarse. Por ejemplo, en los accesos de calles con un sentido de circulación, las vueltas a la izquierda pueden hacerse con más facilidad, debido a la ausencia de tránsito en sentido contrario. Cuando las calles transversales son también de un sentido, los conflictos ocasionados por movimientos de vuelta, son menores que si hubiera dos sentidos.

Debido a las diferencias antes señaladas, los procedimientos de análisis, y los factores de ajuste para estas dos condiciones se llevarán a cabo por separado.

CONDICIONES AMBIENTALES. Los factores por condiciones ambientales representan aquellas características de la demanda, que se refle-



jan en la corriente del tránsito, las cuales no pueden cambiarse aunque se modifique el proyecto, o se alteren los dispositivos de control de la intersección. Estos factores incluyen: el factor de carga, el factor de la hora de máxima demanda, la población del área metropolitana y la ubicación dentro de la ciudad.

1.-FACTOR DE CARGA. El factor de carga es una medida del grado de utilización del acceso a una intersección, durante una hora de flujo máximo. Es la relación entre el número de fases verdes que están cargadas, o totalmente utilizadas por el tránsito (usualmente durante la hora máxima), y el número total de fases verdes disponibles para ese acceso durante el mismo periodo de tiempo.

El término "Fase cargada" se usa con frecuencia para describir el grado de utilización del acceso de una intersección. Puede considerarse que la fase de luz verde de un acceso está cargada, cuando se tienen las siguientes condiciones: a) Hay vehículos en todos los carriles listos para cruzar la intersección cuando se prenda la luz verde y b) Mientras sigue prendida la luz verde, siguen entrando vehículos a la intersección, sin tiempo desperdiciado o espaciamientos demasiado largos entre vehículos, debido a la ausencia de tránsito, ya sea que esta ausencia se deba a la falta de demanda o a interferencias y interrupciones antes de la intersección.

2.-FACTOR DE LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA. Normalmente, las variaciones de la demanda dentro de una hora pueden producir el arribo de volúmenes máximos en periodos cortos de tiempo durante la hora, los cuales exceden considerablemente el promedio. Este elemento debe tomarse consideración con el fin de asegurar que no se formen colas

largas de vehículos, durante ciertos períodos de la hora, aun cuando la capacidad en la hora no sea excedida.

3.-POBLACION DEL AREA METROPOLITANA. Se ha observado que los accesos a intersecciones ubicadas en ciudades grandes, tienen mayor capacidad que los accesos a intersecciones con características geométricas similares, ubicadas en ciudades mas pequeñas.

En general, lo anterior probablemente se deba a que los conductores en ciudades muy populosas tienen mas experiencia con situaciones de altas densidades y congestionamientos de tránsito, que aquellos que operan en ciudades mas pequeñas. En el procedimiento de analisis para determinar la capacidad y los volúmenes de servicio, se incluyen nueve grupos que abarcan un rango muy amplio del tamaño de la población, dependiendo del número de habitantes.

Por conveniencia, en la solución de problemas, el efecto del número de habitantes del area metropolitana y el del factor de la hora de maxima demanda, se han combinado en un solo factor de ajuste.

#### 4.-UBICACION DE LA INTERSECCION DENTRO DEL AREA METROPOLITANA.

Para propósitos de analisis, se considera que dependiendo de la ubicación de la intersección dentro del área metropolitana, el efecto es distinto sobre la capacidad de la intersección. En el procedimiento de analisis, se incluyen factores de ajuste para cuatro diferentes condiciones de la ubicación, a saber: zona comercial en el centro de la ciudad; zona circundante al centro de la ciudad, donde existen entre otras cosas bodegas de almacenes, industria ligera y núcleos con alta densidad de población; zona comercial fuera del centro; y zona residencial.

## C) CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO.

1.-MOVIMIENTOS DE VUELTA. No obstante que los movimientos de vuelta están directamente relacionados con las características del tránsito, estos pueden ser controlados con frecuencia en forma deliberada. Algunos movimientos en intersecciones aisladas pueden eliminarse totalmente, o bien, estudiarse con las técnicas de la Ingeniería de Tránsito, con el fin de lograr un incremento de la capacidad.

Debido al gran número de interrelaciones de los movimientos de vuelta con otros movimientos del tránsito y de los peatones en el área de la intersección, muchas de las cuales no se han estudiado en detalle, no es posible aún establecer un criterio definido, sobre el efecto que se tiene con esos movimientos.

A)A continuación se incluye una lista de las características de los efectos sobre la capacidad de los movimientos de vuelta a la izquierda, los cuales han sido tomados como base para determinar los factores de ajuste que se emplean en los procedimientos de cálculo.

- El efecto por vehículo en el acceso de una intersección es menor, cuando dos o más vehículos sucesivos dan vuelta a la izquierda, que cuando vehículos aislados efectúan ese mismo movimiento.

- En calles de dos sentidos, el efecto de los vehículos que dan vuelta a la izquierda se relaciona con el número de vehículos que circulan en sentido contrario.

- El efecto de una vuelta a la izquierda está relacionado con los conflictos que ocasiona la circulación de peatones.

Un vehículo esperando para efectuar una vuelta a la izquierda

causa una reducción de capacidad más grande, en una calle estrecha que en una calle ancha o en una que tenga una isleta separadora, con un carril especial para dar vuelta a la izquierda.

- La anchura de la calle transversal afecta a la velocidad de los vehículos que dan vuelta. En una calle ancha, las velocidades son más altas, debido a que los radios de giro son mayores y hay más espacio para alojar a los vehículos que dan vuelta a la izquierda.

B) Las vueltas a la derecha influyen también en la capacidad, dependiendo de las condiciones en la intersección. Aun cuando en este caso el tránsito en sentido contrario no tiene ningún efecto, las influencias son muy parecidas a las de las vueltas a la izquierda, y son:

- Dos o más vehículos sucesivos dando vuelta, tienen mayor efecto que si dieran la vuelta aisladamente.

- Los movimientos de vuelta a la derecha se ven afectados por los movimientos de peatones. Algunas veces, el efecto es mayor que en el caso de vueltas a la izquierda, debido a que el conflicto se produce a menudo con grupos grandes de peatones que intentan cruzar la calle.

- Un vehículo que da vuelta a la derecha causa una reducción de la capacidad, más grande en una calle ancha que en una calle estrecha.

- La influencia de la anchura de la calle transversal angosta puede ser mayor para vueltas a la derecha que para vueltas a la izquierda, debido a que el radio de giro disponible es menor. Por otra parte, cuando la interferencia de peatones es pequeña y existe un radio de giro adecuado, o donde se permite la vuelta continua a la

derecha, existe un aumento en la capacidad al incrementarse el número de vueltas a la derecha, particularmente cuando la calle transversal es ancha y los vehículos que dan vuelta a la derecha libran la intersección más rápidamente que los vehículos que van de frente.

2.-VEHICULOS PESADOS. Para propósitos de análisis, dentro de esta categoría quedan comprendidos los camiones y autobuses foráneos.

La presencia de vehículos pesados tiende a reducir las capacidades de los accesos de una intersección, debido a que aceleran más lentamente, además de ocupar mayor espacio que los vehículos ligeros. La magnitud del efecto es muy variable, dependiendo del tipo de vehículos, de su relación peso-potencia y en particular, de su tamaño y su radio de giro.

Sin embargo, debido a que existen pocas investigaciones detalladas en este campo, en los procedimientos de cálculo se proporcionan únicamente factores de ajuste aproximados.

3.-AUTOBUSES URBANOS. Los autobuses urbanos tienen un efecto completamente diferentes sobre la capacidad de las calles de la ciudad que el producido por los autobuses foráneos, considerados como camiones.

El efecto específico que los autobuses urbanos tienen sobre la capacidad de una intersección en particular, depende de la zona de la ciudad en donde se encuentre ubicada la intersección, del ancho de la calle, de las condiciones de estacionamiento, del número de autobuses y de la ubicación de la parada de autobuses.

En general, cuando el volumen de autobuses urbanos es apreciable, las paradas de autobuses localizadas en la esquina antes de llegar a

la intersección, tener un efecto más desfavorable en la capacidad, que una parada ubicada pasando la intersección. En los procedimientos de cálculo que se indican en las siguientes páginas, se incluyen los métodos para hacer los ajustes necesarios, en las dos condiciones antes mencionadas.

D) MEDIDAS DE CONTROL: Estas incluyen:

1.-SEMAFOROS. El semáforo ordinario regula la circulación del tránsito, a través de la siguiente secuencia de indicaciones: luz verde (siga), luz ámbar (preventiva), y luz roja (alto). En el caso más simple, los tiempos de duración de cada una de las indicaciones de la secuencia es fija, no existiendo interconexión con otros semáforos. Por otra parte, en instalaciones complejas, cada movimiento puede ser gobernado por su propia serie específica de indicaciones; el tiempo de duración de cada indicación puede ser variable y el semáforo probablemente esté interconectado con otros semáforos.

Prácticamente, cualquier semáforo despliega indicaciones periódicas de luz roja, durante las cuales los vehículos dejan de circular. Obviamente, estos periodos de rojo reducen la cantidad de tránsito que puede pasar por el acceso de una intersección durante una hora, en proporción aproximada al porcentaje del tiempo total. Por consiguiente "vehículos por hora", refiriéndose a la hora efectiva, no es una medida adecuada de la circulación, en una intersección controlada con semáforo. La medida normalmente usada es "vehículos por hora de luz verde del semáforo".

La influencia principal de un semáforo en la capacidad de un acceso particular, en términos de vehículos por hora de luz verde,

radica en el grado en el cual detiene a los vehículos en movimiento. Por una parte, si todos los vehículos haciendo uso del acceso son detenidos antes de entrar en la intersección, como puede ocurrir en un semáforo aislado, muy difícilmente pueden pasar a través de la intersección más de 1500 vehículos por hora de luz verde, por carril. Por otra parte, si ningún vehículo es detenido, como puede ser el caso de un sistema debidamente sincronizado, puede obtenerse una capacidad de 2000 vehículos por hora de luz verde, por carril. Los volúmenes por hora efectivos serán, desde luego, menores en ambos casos.

A) PROGRAMACION DEL SEMAFORO. El tiempo que se proporciona a cada una de las indicaciones de luz del semáforo en una intersección simple tiene una gran influencia en el número de vehículos que puede alojar cada uno de los accesos de la misma. No obstante que el elemento de cálculo que se usa en el análisis, es la parte de la hora en que el semáforo está en luz verde para el acceso en estudio, deben considerarse otros aspectos de la programación que afectan a la capacidad.

B) LONGITUD DEL CICLO. Es el tiempo total requerido para una secuencia completa de las indicaciones de luz del semáforo (verde + amarillo + rojo). En general la longitud del ciclo deberá mantenerse tan corta como sea posible, sin dejar de satisfacer la demanda de cada uno de los movimientos vehiculares necesarios para la operación total de la intersección. Las longitudes típicas del ciclo durante periodos fuera de los máximos, varían entre 50 y 60 seg. Rara vez es factible operar con longitudes del ciclo menores de 40 segundos o con tiempos de luz verde para movimientos individuales menores de 15 segundos.

Longitudes del ciclo mayores de 60 segundos se requieren a veces para acomodar movimientos múltiples en intersecciones complicadas, con el fin de proporcionar tiempos de luz verde más largos en aquellos accesos con volúmenes de tránsito altos, o para operar varias intersecciones simultáneamente. Sin embargo, los ciclos largos tienden a incrementar la demora total en la intersección (principalmente al formarse colas demasiado largas en la calle secundaria).

La máxima eficiencia se logra fundamentalmente con la menor longitud posible del ciclo. En la práctica, sin embargo, puede llegar en algunos casos a ser bastante largo, lo que hace necesario hacer un análisis cuidadoso para elegir la longitud del ciclo y la división del mismo, de manera tal, que se logre una utilización balanceada y efectiva del tiempo de luz verde en todos los accesos.

C) RELACION TIEMPO DE LUZ VERDE AL CICLO (RELACION G/C). Este es un factor importante que se emplea en el cálculo de la capacidad, para convertir vehículos por hora de luz verde, a vehículos por hora efectiva. Con excepción de los semáforos accionados por el tránsito, la longitud del ciclo y/o la división del mismo, no sufre modificaciones dentro de los periodos máximos, de tal manera que el intervalo de luz verde para una fase cualquiera dividido por la longitud del ciclo, proporciona la relación G/C, para los vehículos del acceso que se mueven durante ese intervalo.

2.- NÚMERO DE CARRILES POR ACCESO. Como ya se mencionó con anterioridad, el ancho del acceso ha probado tener mayor influencia en la capacidad que el número de carriles; sin embargo, se han determinado algunas relaciones entre el número de carriles y la capacidad.



En la siguiente tabla se indica el número de carriles necesarios de acuerdo con el ancho del acceso, para alojar volúmenes óptimos de tránsito.

ANCHO DEL ACCESO EN METROS	NUM. DE CARRILES
Hasta 5.00	1
5.50 a 7.50	2
8.00 a 12.00	3
12.50 a 16.50	4

#### CAPACIDAD, VOLUMENES DE SERVICIO Y NIVELES DE SERVICIO.

Aunque para la mayor parte de los elementos de un camino se emplea la velocidad de los vehículos como una medida del nivel de servicio, tratándose de intersecciones a nivel como semáforos, su uso es poco práctico, debido a que estos dispositivos provocan altos intencionalmente. En este tipo de intersecciones, la mejor medida para el nivel de servicio es el factor de carga, por ser este el más evidente para el conductor promedio.

Las condiciones de operación en este tipo de intersecciones para cada nivel de servicio son las siguientes:

En el nivel de servicio A, no hay fases cargadas (el factor de carga es 0.0) y sólo unas cuantas fases se acercan a esta condición. Ninguna fase del acceso es totalmente utilizada por el tránsito y no

los vehículos que esperan más de una indicación de luz roja del semáforo.

En el nivel de servicio B, la operación es estable, con un factor de carga no mayor de 0.1; ocasionalmente se utiliza totalmente una fase del acceso y un número importante de estas se aproxima a la utilización total.

En el nivel de servicio C, continúa la operación estable. La carga de las fases es todavía intermitente, aunque más frecuente, con factores de carga que varían entre 0.1 y 0.3. Ocasionalmente algunos conductores tendrán que esperar más de una indicación de luz roja, pudiendo formarse algunas colas de los vehículos que van a dar vuelta. Muchos conductores se sienten restringidos en cierto modo, pero sin presentar objeciones. Este es el nivel de servicio que normalmente se utiliza para fines de proyecto en zonas urbanas.

En el nivel de servicio D, las restricciones son cada vez mayores aproximándose a la inestabilidad en los límites donde el factor de carga alcanza el valor de 0.70. Las demoras de los vehículos que se aproximan pueden ser mayores durante cortos periodos dentro del periodo máximo, pero ocurren suficientes ciclos con poca demanda que permiten la disipación de colas.

En el nivel de servicio E, se alcanza la capacidad o sea, el mayor número de vehículos que puede alojar cualquier acceso de la intersección. Cuando teóricamente la capacidad equivale a tener un factor de carga de 1.0, en la práctica rara vez se produce una total utilización de las fases. Un factor de carga de 0.7 a 1.0 es por consiguiente más realista. Se recomienda el uso de un factor de

carga de 0.65.

En el nivel de servicio F, el congestionamiento es total. La formación de colas después de la intersección, o en la calle transversal, puede restringir el movimiento de vehículos fuera del acceso que se está considerando; de ahí que no puedan predecirse los volúmenes que puede alojar la intersección. En este caso no puede establecerse un valor para el factor de carga.

En la tabla U se sintetiza el criterio de niveles de servicio descrito anteriormente:

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERISTICAS DE LA CIRCULACION	FACTOR DE CARGA
A.....	Libre.....	0.0
B.....	Estable.....	0.1
C.....	Estable.....	0.3
D.....	Poco estable.....	0.7
E (capacidad)	Inestable.....	1.0
F.....	Forzada.....	No aplicable

TABLA U NIVELES DE SERVICIO Y FACTORES DE CARGA PARA INTERSECCIONES A NIVEL, AISLADAS, CONTROLADAS CON SEMAFORO.

### 3.5 ANALISIS DE CAPACIDAD Y VOLUMENES DE SERVICIO EN ARTERIAS URBANAS Y SUBURBANAS.

Para propósitos de análisis, las arterias urbanas y suburbanas se consideran como avenidas localizadas fuera de la zona comercial del centro de la ciudad, las cuales se caracterizan bien sea por la existencia de intersecciones controladas con semáforo a una distancia promedio de 1500 m. o menos, o bien, porque las velocidades límites de 60 Km/h o menores, como consecuencia del desarrollo urbano adyacente.

La capacidad de las arterias urbanas depende principalmente de la capacidad de las intersecciones a nivel que se encuentran a lo largo de la arteria, analizadas en forma aislada. Sin embargo, cuando se desea conocer el nivel de servicio que puede suministrar la arteria, es necesario hacer el análisis considerándola en toda su longitud.

#### NIVEL DE SERVICIO.

Primeramente debe investigarse el efecto que tienen las interrupciones y las intersecciones sobre la operación del tránsito, debiendo analizarse después la arteria en toda su longitud, para determinar un valor promedio de la relación volumen-capacidad (relación v/c). Esto permitirá conocer la naturaleza verdadera de las condiciones operacionales que encuentran los conductores.

La velocidad usada en el análisis es la velocidad global, debido a que la velocidad de operación es difícil de definir donde existe una variedad de interrupciones.

Las velocidades globales están en función de factores tales como límites de velocidad, números de intersecciones y conflictos a la mitad de la cuadra y en las intersecciones; el efecto de estas interrupciones es mayor a medida que aumentan los volúmenes de tránsito. La calidad del alineamiento, por otra parte, tiene un efecto relativamente pequeño sobre la velocidad, excepto en lugares especiales como el caso de pasos a desnivel.

La relación que existe entre la velocidad global y la relación  $v/c$ , se emplea en este caso, para analizar el nivel de servicio en forma similar a como se hizo para las carreteras. La figura 3.5 muestra esta relación para arterias urbanas y suburbanas.

La curva I representa condiciones de circulación continua en arterias suburbanas sin control de semáforos, en las que el límite máximo de la velocidad es de 60 km/h o en arterias urbanas controladas con semáforos, en las que existe una progresión razonablemente buena de los semáforos.

La curva II representa condiciones de circulación discontinua. Los semáforos están espaciados normalmente a distancia de 800 m o menos, sin que exista interconexión entre ellos. La velocidad bajo condiciones de circulación continua, está representada por la velocidad que se alcanza a la mitad de la cuadra, la cual está gobernada muchas veces por el límite máximo de velocidad (40 km/h para el ejemplo ilustrada con la curva II).

La curva III representa una progresión perfecta con grupos de vehículos circulando a la velocidad de la progresión, la cual para el ejemplo es igual a 50 km/h.

La capacidad aquí, representa fundamentalmente la máxima utilización de la arteria en aquellos intervalos de la hora en que hay indicación de luz verde, o bien, cuando la arteria está libre de otras interrupciones predecibles. Una avenida puede llegar a alojar volúmenes de tránsito cercanos a los que se encuentra bajo condiciones de circulación continua, cuando el tránsito está moviéndose con la indicación de la luz roja, o bien, cuando el espaciamiento entre grupos de vehículos es muy grande en los casos de sistemas progresivos, la capacidad en vehículos por hora es mucho menor que bajo las condiciones de circulación continua.

Cuando en un tramo de arteria urbana, con características geométricas más o menos uniformes, haya varias intersecciones controladas con semáforo y no existan diferencias radicales en la programación de ellos, es posible obtener condiciones promedio del nivel de servicio aplicables a todo el tramo (excepto para el nivel E). Sin embargo, cuando se consideran condiciones de volumen máximo (nivel E, o capacidad), no debe excederse la capacidad del punto más crítico.

Los niveles de servicio en arterias urbanas pueden analizarse de manera semejante a la de los otros caminos, usando como criterio en este caso, la velocidad global y la relación v/c. Lo anterior implica que se analicen los niveles de operación de todos los puntos potenciales de restricción de un análisis del tramo en su conjunto.

Aun cuando los puntos críticos son normalmente los accesos a las intersecciones, estos pueden presentarse también en lugares a mitad de la cuadra.

En la tabla Y se muestran los niveles de servicio, relacionados

en forma aproximada con el factor de carga y con el factor de la hora máxima demanda; sin embargo, debe hacerse notar que teóricamente el factor de la hora de máxima demanda puede ocurrir a cualquier nivel de servicio, ya que este depende más bien del grado de demanda que de su magnitud. En la tabla se muestra, además de la calidad del flujo y de los límites de las velocidades globales, la escala de valores de la relación  $v/c$  para cada uno de los niveles.

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO				VOLUMEN DE SERVICIO capacidad a,b (v/c)
	DESCRIPCION	VELOCIDAD GLOBAL a (Km/h)	FACTOR DE CARGA	FACTOR DE LA HORA DE MAXIMA DEMANDA b	
A	FLUJO LIBRE	≥50	0.0	≤0.70	≤0.60 (0.80)
B	FLUJO ESTABLE	≥40	≤0.1	≤0.80	≤0.70 (0.85)
C	FLUJO ESTABLE	≥30	≤0.3	≤0.85	≤0.80 (0.90)
D	CERCANO AL FLUJO INESTABLE	≥20	≤0.7	≤0.90	≤0.90 (0.95)
Ed	FLUJO INESTABLE	20	≤1.0 (0.85) <sup>c</sup>	≤0.95	≤1.00
F	FLUJO FORZADO	<20	*	*	* *

TABLA Y NIVELES DE SERVICIO PARA CALLES URBANAS Y SUBURBANAS

\* No significativo.

a.-La velocidad global y la relación  $v/c$  son medidas independientes del nivel de servicio; deben satisfacerse ambos límites en cual-

quier determinación de niveles de servicio, con la debida consideración al hecho de que estos son racionalizaciones en su mayor parte. El factor de carga que es una medida de nivel de servicio en intersecciones, puede usarse como criterio suplementario cuando sea necesario.

b.-Los valores entre parentesis se refieren a una progresión casi perfecta.

c.-Un factor de carga de 1.00 no se encuentra con frecuencia, aún bajo condiciones de operación a la capacidad, debido a las fluctuaciones inherentes al flujo de tránsito.

d.-Capacidad.

e.-La relación volumen de demanda-capacidad puede exceder 1.00, indicando sobrecarga.



### 3.2 ANALISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO EN LAS CALLES DE LA ZONA COMERCIAL DEL CENTRO DE LA CIUDAD.

En la zona comercial del centro de la ciudad, existen muchas calles importantes cuya función principal es dar al tránsito generado por los negocios locales. En este caso, dar servicio eficiente al tránsito de paso viene a ser de importancia secundaria, aunque en ocasiones algunas calles del centro que se encuentran estratégicamente localizadas, pueden operar durante las horas de máxima demanda en forma similar a como lo hacen las arterias. Normalmente, el flujo de tránsito es más bien de movimientos circulatorios internos que de movimientos directos a través del centro: existen, además, gran cantidad de conflictos entre los volúmenes usualmente fuertes de peatones y el gran número de vehículos que dan vuelta.

Hoyavía no es posible desarrollar gráficas o curvas que representen las relaciones básicas velocidad-volumen, en tramos largos de calles del centro de la ciudad formados por varias cuadras. Con el conocimiento limitado que se tiene de las relaciones complejas que gobiernan al flujo de tránsito en el centro de la ciudad, ni siquiera ha sido posible obtener relaciones típicas v/c. Las capacidades de las calles del centro aparentemente similares, pueden variar bastante debido a las diferencias en las condiciones ambientales.

Las operaciones del tránsito en el centro de la ciudad, puede caer en un nivel de servicio F, si se comparan con la escala de niveles de servicio de las arterias urbanas de primer orden descritas en el inciso 12.

La operación en tramos largos de calles del centro de la ciudad, no debe relacionarse con las escalas de niveles de operación de otras calles urbanas.

Para el análisis de las calles del centro de la ciudad, en la actualidad no es posible proporcionar procedimientos para determinar el nivel de servicio con base en el volumen de demanda. Sin embargo, se sugiere una escala de niveles de servicio para diferentes flujos del tránsito, en la calle en estudio. Esta escala se muestra en la tabla I, la cual representa el grado de aceptación del conductor, a varios niveles de operación; la tabla está basada enteramente en las velocidades globales, no habiéndose hecho el intento de relacionarlas con los volúmenes de tránsito, debido al gran número de factores que intervendrían.

Se recomienda, para fines de determinación de la capacidad y del volumen de servicio, hacer el análisis de intersección por intersección, por medio de los procedimientos descritos en el inciso II correspondiente a intersecciones controladas con semáforo. Conociendo los tiempos de recorrido y por consiguiente las velocidades globales a lo largo del tramo, ve la tabla 2 puede obtenerse un nivel de servicio general, relacionado con el rango de niveles que se encuentran normalmente en la zona comercial del centro de la ciudad.

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO	
	DESCRIPCION	VELOCIDAD GLOBAL (km/h)
A	Flujo libre	≥ 40
B	Flujo estable	≥ 30
C	Flujo estable	≥ 25
D	Aproximándose al flujo inestable	≥ 15
Ea	Flujo inestable	menor que 15
F	Flujo forzado	Paradas frecuentes

TABLA 2 NIVELES DE SERVICIO PARA CALLES DEL CENTRO DE LA CIUDAD

a) El nivel E para la calle en su conjunto, no puede considerarse como capacidad; la capacidad está gobernada por las de las intersecciones críticas o por la de otras intersecciones críticas o por la de otras interrupciones.

### 3.7 ANALISIS DE CAPACIDAD Y VOLUMENES DE SERVICIO EN VIAS DE ENLACE.

Una vía de enlace es aquella que permite al tránsito cambiar de un camino a otro. En intersecciones es conocida como aquella que une dos ramas de la intersección.

La influencia de la operación de una vía de enlace puede aplicarse a todos los caminos que tengan varios carriles y, por supuesto, que tengan enlaces. Como las autopistas son los caminos que siempre cumplen con las condiciones citadas, en lo sucesivo para hacer más simple la redacción, se hará referencia a este tipo de camino.

Las características de operación en los enlaces puede afectar directamente la eficiencia del movimiento del tránsito en los carriles de una autopista; un proyecto deficiente de las vías de enlace limita seriamente el volumen de tránsito que puede entrar a una autopista. El diseño y ubicación apropiados de los enlaces en caminos con altos volúmenes de tránsito revisten, por consiguiente, gran importancia si el propósito que se persigue es el de ofrecer una operación rápida, segura y eficiente.

#### CONSIDERACIONES GENERALES.

A continuación se describen algunos de los conceptos más importantes en relación con el proyecto y la operación del tránsito en los enlaces: debiéndose señalar que al no tomar en consideración cualquiera de estos conceptos, existe la posibilidad de tener reducciones

consideraciones en el volumen de servicio. Bajo condiciones de altos volúmenes de tránsito.

A) ENTRECruzAMIENTO ENTRE ENLACES SUCESIVOS. Cuando existe una distancia relativamente corta entre un enlace de entrada y uno de salida, usualmente se presenta una situación de entrecruzamiento de un solo lado. Como ya se indicó al tratar lo relativo a entrecruzamientos, los procedimientos de análisis que se proponen aquí, son más apropiados para la determinación de la capacidad y de los volúmenes de servicio en los entrecruzamientos que se producen en un solo lado de la autopista.

B) CONSIDERACION DE PERIODOS DE VOLUMENES MAXIMOS. En ningún otro punto del camino es tan importante conocer el volumen de tránsito durante intervalos de tiempo dentro de los periodos máximos, como lo es en los enlaces. En muchos casos, los datos del volumen horario pueden ser inadecuados debido a que el flujo máximo en el enlace puede ocurrir en un intervalo deferente dentro de la hora, que el flujo máximo en la autopista. Al aplicar los procedimientos de análisis para enlaces a la solución específica de problemas operacionales, las características de los máximos dentro de la hora son los críticos, por lo que deberán usarse volúmenes horarios, basados en estos periodos de tiempo más cortos que el de una hora.

C) INFLUENCIA DEL DISEÑO. Los procedimientos de cálculo que se incluyen más adelante para los diferentes niveles de servicio, están basados en diseños modernos y adecuados. Actualmente, se llevan a cabo investigaciones para proporcionar un conocimiento más específico, del efecto que tiene la ausencia de carriles de aceleración y poder

FALLA DE ORIGEN

contar con factores de ajuste, que puedan aplicarse a proyectos de esta índole.

D) FACTORES QUE CONTROLAN LA CAPACIDAD. La capacidad de un enlace de una autopista se determina por el menor de los tres siguientes valores: 1) La capacidad en el extremo que conecta con la autopista. 2) La capacidad del enlace propiamente dicho, y 3) La capacidad en el extremo que conecta con el camino secundario.

La capacidad de un enlace de un solo carril, puede alcanzar bajo condiciones ideales 2,000 vph; sin embargo, las restricciones en las características geométricas de la mayor parte de los enlaces, tales como pendientes, curvatura y otras semejantes, ocasionan que el valor anterior sea considerablemente más bajo.

En los extremos de los enlaces que conectan con las autopistas, el volumen de tránsito en el carril exterior de la autopista (Carril Núm. 1) tiene un efecto notable en las operaciones de entrada y salida, y usualmente es el elemento que controla los volúmenes de servicio y la capacidad que puede alcanzarse en el enlace.

E) CONEXIONES DE LOS ENLACES DE ENTRADA. En los extremos de los enlaces de entrada que conectan con la autopista, generalmente el conductor que circula por el enlace y se dispone a entrar a la autopista, tiene necesidad de hacer una evaluación de la corriente del tránsito y hacer los ajustes necesarios de velocidad, para poder lograr incorporarse en el espacio escogido entre vehículos.

Resulta de lo anterior, que el elemento crítico para evaluar la capacidad en los extremos de los enlaces de entrada, es la disponibi-

lidad de suficiente espacio en la corriente del tránsito en el carril Núm. 1.

En otras palabras, que el factor esencial en la determinación del volumen de servicio y de la capacidad, depende de la estimación que se haga del volumen en el área de maniobra donde convergen el tránsito del carril Núm. 1 de la autopista y el del enlace, conocidos los volúmenes de la autopista, la separación de los enlaces adyacentes y los volúmenes de tránsito en ellos.

F) CONEXIONES DE LOS ENLACES DE SALIDA. En el caso de enlaces de salida, el factor esencial que influye en la determinación de la capacidad y de los volúmenes de servicio, es la estimación del volumen en el área de maniobra donde divergen el tránsito del carril Núm. 1 de la autopista y el del enlace, debido a que en esta área el volumen en el carril Núm. 1 tiene un efecto considerable en el nivel de servicio que proporciona la autopista.

#### NIVELES DE SERVICIO EN LOS EXTREMOS DE LOS ENLACES.

Como ya se mencionó con anterioridad, cuando se trata con volúmenes de servicio y capacidades de elementos específicos del camino, en los cuales la operación es diferente a la de tramos del camino abierto, el propósito es lograr, en esos puntos, condiciones de operación que estén en armonía con el nivel de servicio elegido para el camino. De ahí que el volumen de servicios en los extremos de conexión en los enlaces, deba relacionarse con el volumen de demanda en el carril Núm. 1 de la autopista, si es que se desean mantener las condiciones de equilibrio.

Existen tantos arreglos posibles y espaciamentos de enlaces sucesivos en autopistas, con o sin carriles auxiliares, que no es posible definir todos los niveles de servicio para cada combinación específica; los niveles de servicio que se describen a continuación, se refieren a conexiones simples en donde enlaces de un solo carril conectan con una autopista, sin que haya cambio en el número de carriles de la autopista.

En los puntos de entrada o salida a la autopista, el nivel de servicio A representa una operación sin restricciones. A este nivel, bajo condiciones, el volumen de convergencia (vehículos en el carril Núm. 1, más vehículos que entran por el enlace) no exceda de 1,000 vph a una velocidad aproximada de 100 Km/h.

En el nivel de servicio B, aparecen algunos conflictos en las entradas de los enlaces. Bajo condiciones ideales, el volumen de convergencias no exceda de 1200 vph a una velocidad aproximada de 90 Km/h.

El nivel de servicio C representa el límite en que se puede asegurar una circulación continua. Los conductores están conscientes de que se encuentran operando en el área de un entronque y están preparados para hacer los ajustes necesarios. El volumen máximo de convergencia varía de 1,300 a 1,550 vph bajo condiciones ideales. El volumen de divergencia (vehículos en el carril Núm. 1, más vehículos que se utilizarán en el enlace de salida) tiene un límite máximo de 1,400 a 1,550 vph, dependiendo del factor de la hora de máxima demanda.

El nivel de servicio D representa una condición que se acerca a la inestabilidad y a un principio de congestionamiento. La formación



de colas en el enlace ocurre ocasionalmente cuando el volumen que aloja es relativamente alto. El flujo en los cinco minutos más altos, equivalente a un máximo de 1,800 vph, puede circular a velocidades de 65 Km/h, aproximadamente. Si el diseño geométrico del enlace es bueno, este podrá acomodar satisfactoriamente un volumen de divergencia de 1,900 vph como máximo.

La capacidad establecida en las conexiones de un enlace de salida o de entrada es de 2,000 vph. La operación a este volumen corresponde al límite del nivel de servicio E, con velocidades en el rango de 30 a 50 Km/h. Si el acceso está ya operando a la capacidad, un aumento del número de vehículos en el enlace de entrada traerá como consecuencia el congestionamiento total.

El nivel F representa el flujo forzado, que sigue al congestionamiento de la entrada a la autopista. Prácticamente, todo el tránsito en el carril Núm. 1 y el tránsito en el enlace de entrada, están sujetos a paradas continuas.

En la descripción anterior de niveles de servicio, se supone que no existe un ancho adicional de la calzada del camino en ningún punto a través de las zonas de entrada y de salida. En la práctica, un carril auxiliar puede mejorar grandemente las operaciones en lugares en donde un enlace de salida se encuentra a poca distancia de uno de entrada. De hecho, este elemento es la clave para mantener el nivel de servicio balanceado en todo el camino.

NIVEL DE SERVICIO	VOLUMEN DE SERVICIO EN LA AUTOPISTA EN UNA DIRECCION vnp											
	4 CARRILES 2 para cada sentido				6 CARRILES 3 para cada sentido				8 CARRILES 4 para cada sentido			
A	1400				2400				3400			
B	2000				3500				5000			
factor de hora maxima demanda	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00
C	2300	2500	2750	3000	3700	4000	4350	4800	5100	5500	6000	6600
D	2800	3000	3300	3600	4150	4500	4900	5400	5600	6000	6600	7200
E	≤ 4000				≤ 6000				≤ 8000			
F	-----											
NIVEL DE SERVICIO	VOLUMEN DE SERVICIO EN LA AUTOPISTA EN UNA DIRECCION vph											
	CONVERGENCIA <sup>b</sup>				DIVERGENCIA <sup>c</sup>				ENTRECRUZAMIENTO <sup>d</sup>			
A	1000				1100				800			
B	1200				1300				1000			
factor de hora maxima demanda	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00	0.77	0.83	0.91	1.00
C	1300	1400	1550	1700	1400	1500	1650	1800	1100	1200	1350	1450
D	1400	1500	1650	1800	1500	1600	1750	1900	1400	1500	1650	1800
E	≤ 2000				≤ 2000				≤ 2000			
F	-----											

TABLA 3-A VOLUMENES DE SERVICIO Y CAPACIDAD EN LOS EXTREMOS DE LOS ENLACES (TRANSITO MIXTO EN VEHICULOS POR HORA, EN UNA DIRECCION, SUPONIENDO TERRENO A NIVEL Y UN PORCENTAJE DE CAMIONES NO MAYOR DEL 5%)

## DETERMINACION DE LA CAPACIDAD Y EL VOLUMEN DE SERVICIO EN EL EXTREMO DEL ENLACE QUE CONECTA CON LA AUTOPISTA.

Los procedimientos para determinar los volúmenes aceptables en los extremos de los enlaces, se basan en la premisa de que si el volumen de demanda no excede al volumen de servicio en ciertos puntos críticos, como los que se muestran en la figura 3.05 se tendrán buenas condiciones de operación tanto en la autopista como en el enlace, sin requerirse un mayor análisis.

Existen dos procedimientos para la determinación de volúmenes de servicio, dependiendo del nivel de servicio por analizar.

### CALCULO DE VOLUMENES DE SERVICIO PARA NIVELES A, B Y C.

Para propósitos de proyecto, donde se deseen condiciones de circulación continua, como las proporcionadas por un nivel de servicio C o mejor, el procedimiento empleado requiere del uso de ecuaciones, en las cuales están involucrados los siguientes conceptos:

- a) El volumen de tránsito en el enlace en estudio.
- b) El volumen de tránsito en la autopista, inmediatamente antes de que conecte el enlace.
- c) Las distancias entre enlaces adyacentes y los volúmenes de tránsito en ellos antes y después de su conexión con la autopista.

Estas ecuaciones han sido obtenidas por medio de técnicas de regresión múltiple y se emplea para calcular los volúmenes de tránsito probable en el carril Núm. 1, en puntos de verificación seleccionados.

dos.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Establezcanse las características geométricas del lugar en estudio, incluyendo el número de carriles de la autopista y la ubicación y tipo de los enlaces adyacentes.

2. Establezcanse los volúmenes de demanda para todos los movimientos vehiculares.

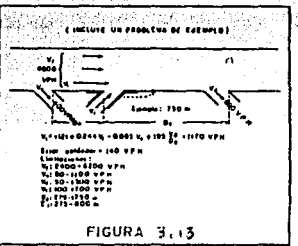
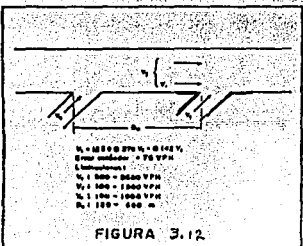
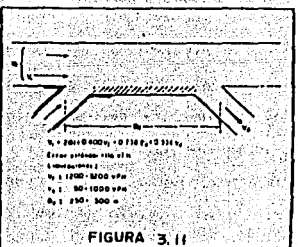
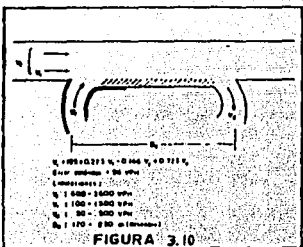
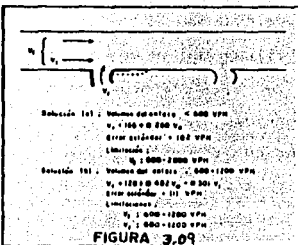
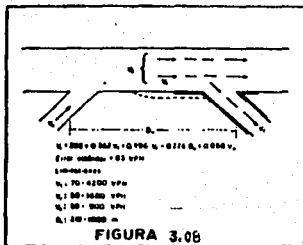
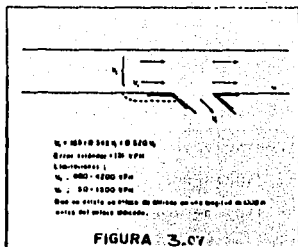
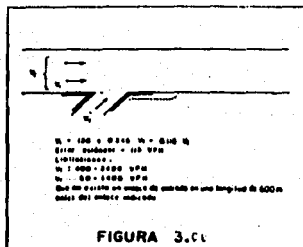
3. Elijanse de entre los diferentes casos mostrados en las figuras 3.06 a 3.24, la ecuación apropiada de acuerdo con las características geométricas y de operación involucradas, y con esta calcúlese el volumen de tránsito probable en el carril Núm. 1, en el punto o los puntos de verificación necesarios.

4. Analícese el criterio señalado en los puntos anteriores, de la manera siguiente:

a) En el punto de convergencia, el volumen que entra por el enlace se suma al volumen calculado en el carril Núm. 1. Este volumen total que llega al punto de convergencia después de la salida, se compara con el volumen de servicio que se da en la tabla 3-A correspondiente al punto de convergencia que se está verificando.

b) En el punto de divergencia, el volumen calculado en el carril Núm. 1 (que incluye a los vehículos de paso que circularan en este carril y a los vehículos a punto de salir), se compara con los volúmenes de servicio en el punto de divergencia, señalados en la tabla 3-A.

c) Cuando existen carriles auxiliares, entre un enlace de entrada y uno de salida, se calculan los volúmenes en el carril auxiliar y en



FALLA DE ORIGEN

el carril Num. 1, en puntos seleccionados entre los dos enlaces. Estos volúmenes se comparan con los volúmenes de servicio de convergencia o de divergencia de la tabla 3-A dependiendo de la ubicación de los puntos de verificación.

d) Cuando exista entrecruzamiento entre enlaces espaciados a corta distancia, en la tabla 3-A se indicaran los volúmenes máximos de entrecruzamiento admisibles, con los cuales hay que comparar la suma de los volúmenes de los enlaces. En caso necesario deben efectuarse verificaciones del entrecruzamiento, en puntos a cada 150 m.

e) En el caso de enlaces de dos carriles, los diferentes volúmenes de convergencia y de divergencia por verificar, se comparan con los volúmenes de servicio de convergencia y de divergencia de la tabla 3-A.

f) El volumen total de tránsito en la autopista, se compara con el volumen de servicio de la tabla 3-A. En este procedimiento, los carriles auxiliares no cuentan como carriles de la autopista.

5. Evalúense e interpreten los resultados del análisis efectuado en el punto 4, de la manera siguiente:

Los volúmenes de servicio para un nivel de servicio particular, no deberán ser excedidos en ningún caso por los volúmenes de demanda si se desea mantener una armonía completa en el proyecto. Si no son excedidos, el proyecto se considera satisfactorio para la operación del tránsito al nivel de servicio elegido. Si los volúmenes de servicio son excedidos en uno o más puntos de verificación, es recomendable hacer lo siguiente:

a) En el caso de un diseño nuevo, rediseñese o aceptese un nivel

de servicio más bajo.

b) En el caso de una obra existente, considerese la reconstrucción o aceptese un nivel de servicio restringido.

La meta usual, si se decide reconstruir o rediseñar, es la de reducir los volúmenes en los puntos de verificación, de tal manera que queden dentro del rango de volúmenes de servicio correspondiente al nivel de servicio elegido. Los siguientes son ejemplos de posibles soluciones:

- Agregar otro carril auxiliar.
- Aumentar la distancia entre enlaces.
- Distribuir entre dos enlaces los volúmenes altos de un enlace.
- Aumentar el número de carriles de la autopista.

**AVARIABLES CONSIDERADAS.** La serie de ecuaciones mostradas en las figuras 3.0a a 3.23, involucran un cierto número de factores y variables, aun cuando no todos ellos se utilizan en una sola ecuación.

**ELEMENTOS ADICIONALES QUE REQUIEREN CONSIDERACION.** Uso de carril auxiliar. Las figuras 3.10, 3.11, 3.12, 3.16 y 3.21, se usan para el análisis de los enlaces de entrada, cuando existe un carril auxiliar que se prolonga hasta un enlace de salida inmediato posterior. La presencia de carriles auxiliares cambia, en cierto modo los procedimientos de cálculo que se usan en situaciones comunes de convergencia y divergencia. La mayor oportunidad de entrecruzamiento o de cambio de carril que ocurre entre el carril Núm. 1 y el carril auxiliar, hace necesario el cálculo del volumen en puntos seleccionados entre las narices de los enlaces; debiéndose verificar también, el volumen de entrecruzamiento en puntos situados a cada 150 m.

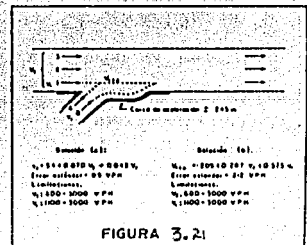
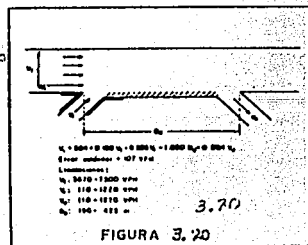
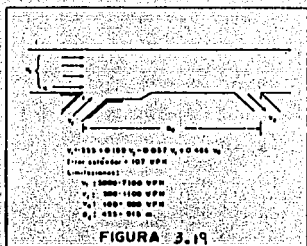
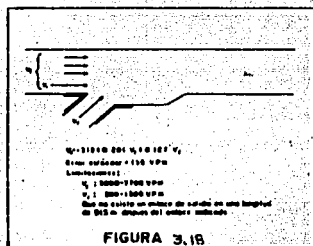
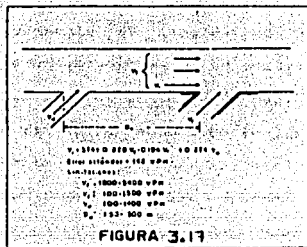
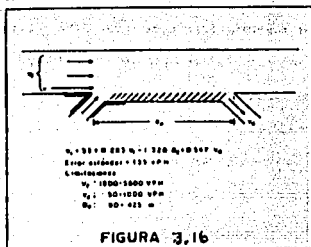
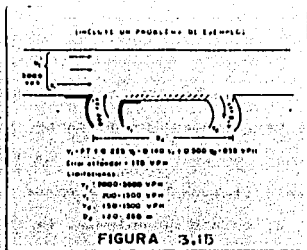
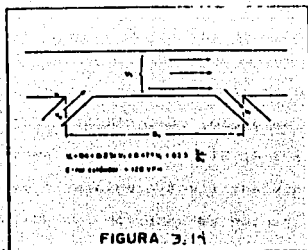
El cálculo de los volúmenes en el carril Núm. 1 y en el carril auxiliar, deben verificarse por separado, comparándolos con los volúmenes de servicio de la tabla 3-A. Si los puntos de verificación están situados a la mitad de la distancia entre enlaces o más cercanos al enlace de entrada, la comparación se hace con los volúmenes de servicio de convergencia; si el punto se encuentra más cercano al enlace de salida, la comparación deberá hacerse con los volúmenes de servicio de divergencia. Para una verificación de volúmenes en todos los carriles de la autopista, no deberá incluirse dentro del volumen total, el volumen en el carril auxiliar.

Para el análisis de situaciones donde existe un carril auxiliar se emplean las curvas de la figura 3.24 junto con las ecuaciones correspondientes; su uso permite el análisis de los movimientos de cambio de carril que se producen en un momento dado, en cualquier punto a lo largo del carril auxiliar. El procedimiento de cálculo es el siguiente:

a) Determinese el volumen en el carril Núm. 1, usando la ecuación apropiada al caso (figuras 3.10, 3.11, 3.15, 3.16 y 3.21). Este volumen en el carril Núm. 1 se compone de los vehículos que van de paso y de los que van a dejar la autopista por medio del enlace de salida. Al calcular el tránsito de paso de carril Núm. 1, se considera que el 100 por ciento de los vehículos que van a salir, permanecen en el carril Núm. 1 desde el enlace de entrada.

b) Restese el volumen en el enlace de salida, del volumen calculado en el carril Núm. 1 para obtener el volumen que va de paso en el carril Núm. 1 (Volumen que va de paso  $V_1 - V_r$ ).





Hagense varias verificaciones de volúmenes en el carril Núm. 1 y en el carril auxiliar en puntos situados entre enlaces. Estos volúmenes se determinan como sigue:

Volumen en el carril Núm. 1 = vehículos en el carril Núm. 1 que van de paso + vehículos en el carril Núm. 1 provenientes del enlace de entrada, fuera del carril auxiliar (curva superior de la figura 3.24) + vehículos que usaran el enlace de salida pero que todavía se encuentran en el carril Núm. 1 (deducido de la curva inferior de la figura 3.24).

Volumen en el carril auxiliar = vehículos provenientes del enlace de entrada, que todavía se encuentran en el carril auxiliar (deducido de la curva superior de la figura 3.24) + vehículos que usarán el enlace de salida y que se han movido al carril auxiliar (de la curva inferior de la figura 3.24).

Usualmente puede determinarse el punto más crítico entre los enlaces, al observar los volúmenes de cada enlace y la forma de las curvas de la figura 3.24. Al examinar la curva superior, se nota que el movimiento más fuerte que pasa del carril auxiliar al carril Núm. 1 en la distancia disponible, ocurre en el tramo comprendido entre 0.3 y 0.6 de esta distancia.

Asimismo, se puede observar en la curva inferior, que los vehículos que van a salir tienden a permanecer en el carril Núm. 1 hasta una longitud igual a 0.5 de la distancia disponible, después de la cual, se desplazan hacia el carril auxiliar hasta una longitud igual a 0.8 de la distancia. Lo anterior sugiere que la parte más usada del carril Núm. 1 es la comprendida entre 0.5 y 0.6 de la longitud del

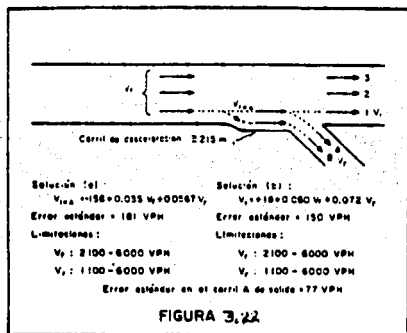


FIGURA 3.22

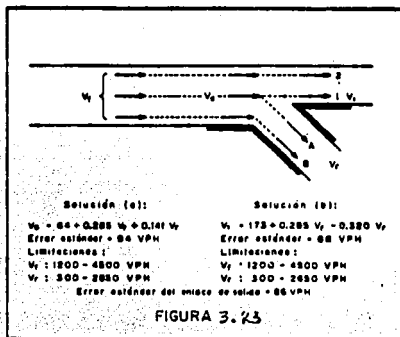


FIGURA 3.23

carril auxiliar. Si la suma del volumen al 150 por ciento del volumen de servicio de convergencia indicado en la tabla 3-A, será suficiente, como regla práctica, verificar el volumen en un punto situado a 0.5 de la distancia disponible.

**Ajuste por camiones.** Los procedimientos descritos están basados en volúmenes de tránsito mixtos con 5 % de camiones y condiciones de terreno a nivel; aun cuando no se requieren correcciones cuando el porcentaje de camiones es inferior al 5 %, el procedimiento considera un factor de seguridad de 1.10, es decir 1/0.91, en donde 0.91 corresponde al factor de ajuste para 5 % de camiones.

Cuando el porcentaje de camiones sea superior, o las pendientes sean importantes, deberá hacerse un ajuste por camiones, el cual se lleva a cabo empleando la figura 3.25 en esta figura se muestra el porcentaje del total de camiones en un solo sentido, que probablemente circulará por el carril Núm. 1. Con este porcentaje se obtiene el número de camiones en el carril Núm. 1 y, por consiguiente, el porcentaje de camiones en función del volumen de tránsito de este mismo carril. Conocido el porcentaje de camiones en el carril Núm. 1, se puede determinar la equivalencia de vehículos ligeros y, por consiguiente, el factor de ajuste, de acuerdo con el procedimiento indicado: multiplicando el volumen en el carril Num. 1 por el factor 0.91 (factor de ajuste real por camiones), se obtiene el equivalente de vehículos ligeros, quedando implícito el cálculo, el 5 % que se toma como base en el procedimiento.

#### CALCULO DE VOLUMENES DE SERVICIO PARA EL NIVEL D.

La tabla 3-B y la figura 3.2b, son los principales elementos que se emplean para reflejar el comportamiento del conductor a un nivel de servicio D. La tabla 3-B da el porcentaje del tránsito de paso que circula en el carril Núm. 1 en las zonas de conexión de los enlaces a un nivel de servicio D, y la figura 3.2b da los porcentajes del tránsito que van a entrar a la autopista y del tránsito que va a salir, con probabilidades de circular en el carril Núm. 1 en la zona entre enlaces, así como los del tránsito que va a circular en el carril auxiliar en caso de que este exista.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

a) Establezcanse las características geométricas del lugar en estudio, incluyendo el número de carriles de la autopista, y los carriles auxiliares en el caso de que existan; ubiquense todos los enlaces comprendidos entre 1200 m antes y 1200 m después del enlace punto de estudio.

b) Establezcanse los volúmenes de demanda para todos los movimientos involucrados.

c) Determinense los volúmenes por carril en los puntos críticos indicados en la figura 3.05 y los volúmenes de entrecruzamiento en puntos a cada 150 m; verifíquese estos volúmenes con los valores de control de la tabla 3-A, de la manera siguiente:

1. El volumen de convergencia en cualquier punto del carril Núm. 1 o del carril auxiliar, no debe exceder al valor mostrado en la tabla 3-A, correspondiente al nivel de servicio D; este valor varía entre

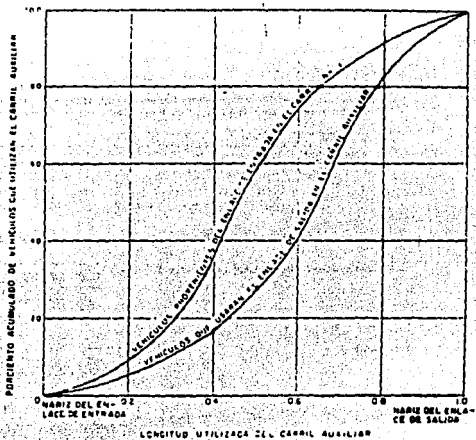


FIGURA 3,24 USO DEL CARRIL AUXILIAR ENTRE ENLACES DE ENTRADA Y SALIDA ADYACENTES

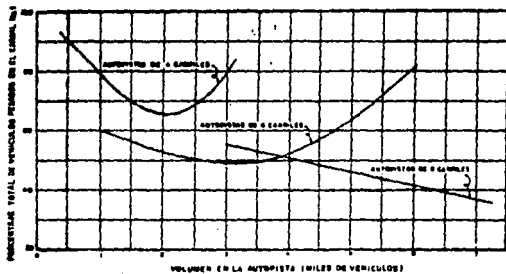
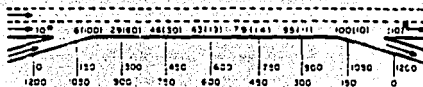


FIGURA 3,25 PORCENTAJE TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS EN EL CARRIL N.º 1 DE AUTOPISTAS DE 4, 6 Y 8 CARRILES INMEDIATAMENTE ANTES DE LOS ENLACES DE ENTRADA, O EN EL PUNTO DE DIVERGENCIA INMEDIATAMENTE ANTES DE LOS ENLACES DE SALIDA

**CASO I.- ENLACES DE ENTRADA Y SALIDA DE UN SOLO CARRIL, SIN CARRIL AUXILIAR**  
 (Este croquis puede emplearse independientemente del estacionamiento entre enlaces de entrada y salida, pero como se indica abajo debe usarse con precaución).



**CASO II.- ENLACES DE ENTRADA Y SALIDA DE UN SOLO CARRIL, CON CARRIL AUXILIAR**

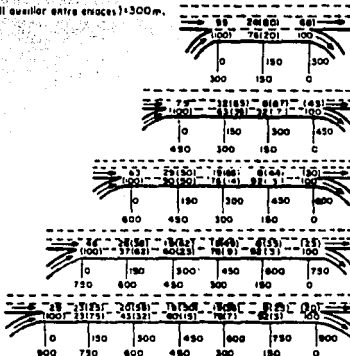
L = (Longitud del carril auxiliar entre enlaces) = 300 m.

L = 450 m

L = 600 m

L = 750 m

L = 900 m



Los valores encerrados en paréntesis indican el porcentaje del tránsito del enlace de entrada en el carril Núm. 1. Los valores que no están encerrados en paréntesis indican el porcentaje del volumen del enlace de salida en el carril Núm. 1. (El tránsito remanente está sobre el carril o carriles a la izquierda del carril Núm. 1.)

Estos porcentajes no son necesariamente los correspondientes a condiciones de circulación continuas o bajos volúmenes de tránsito en el enlace sino bajo condiciones de altos volúmenes de tránsito en el carril Núm. 1 en el punto a considerar y con espacio libre disponible en los otros carriles.

El porcentaje mínimo en el carril Núm. 1 debe ser igual o mayor que el correspondiente al tránsito de paso en el mismo carril, determinado de la tabla 7-T.

**FIGURA 3.16. DISTRIBUCION EN POR CIENTO DE LOS TRANSITOS DE LOS ENLACES DE ENTRADA Y SALIDA CON PROBABILIDAD DE CIRCULAR EN EL CARRIL NUM. 1 Y EN EL CARRIL AUXILIAR**

VOLUMEN TOTAL DEL TRANSITO DE PASO, EN UN SENTIDO (VPH)	PORCENTAJE DEL TRANSITO DE PASO QUE CIRCULA EN EL CARRIL NUM. 1		
	AUTOPISTA DE 8 CARRILES 4/cada sentido	AUTOPISTA DE 6 CARRILES 3/cada sentido	AUTOPISTA DE 4 CARRILES 2/cada sentido
6500 y más	10	--	--
6000 - 6499	10	--	--
5500 - 5999	10	--	--
5000 - 5499	9	--	--
4500 - 4999	9	18	--
4000 - 4499	8	14	--
3500 - 3999	8	10	--
3000 - 3499	8	6	40
2500 - 2999	8	6	35
2000 - 2499	8	6	30
1500 - 1999	8	6	25
hasta 1499	8	6	20

TABLA 3-B PORCENTAJE DEL TRANSITO DE PASO QUE CIRCULA EN EL CARRIL NUM. 1, EN LAS ZONAS DE CONEXION DE LOS ENLACES A NIVEL DE SERVICIO D

1400 y 1650 vph, dependiendo del factor de la hora máxima demanda que se utilice. De manera similar, el volumen de divergencia en un punto sobre el carril Num. 1 o en el punto sobre el carril auxiliar, no puede exceder al valor mostrado en la tabla 3-A para el nivel D; este valor varía entre 1500 y 1750 vph, dependiendo también del factor de la hora de máxima demanda. Los volúmenes en los puntos críticos que



se muestran en la figura 3.05 deberán compararse con estos valores. La figura 3.26 será ayuda para determinar dónde existen otros puntos críticos.

2. Para mantener un flujo balanceado, el volumen de tránsito en la autopista, en la zona donde conecta con los enlaces (excluyendo el volumen de los carriles auxiliares en caso de existir), no debe exceder el valor que se da en la tabla 3-A para el nivel de servicio establecido.

3. El volumen de entrecruzamiento no debe exceder de 1400 a 1650 vph, en un segmento cualquiera de 150 m. dentro de la zona de entrecruzamiento.

d) Evalúense los resultados obtenidos en el punto c). En caso de no ser satisfactorios, considérense las posibles medidas de corrección.

**CAPITULO 4**  
**VIALIDAD URBANA.**

## CAPITULO 4.

### 4.1 URBANISMO.

Nuestra lengua provee un par de sinonimos para designar una misma actividad que ha creado un equivoco cuando, artificialmente, se quiere hacer una distinción entre ambos terminos. En otros idiomas no existe tal dilema desde que se emplea una u otra palabra exclusivamente. Así en Frances se habla de urbanisme, en italiano de urbanistica, en Inglés de Town Planning (en Inglaterra) o de City Planning (en los Estados Unidos), significando absolutamente lo mismo, salvo, claro está, la peculiar tradición y modalidad adoptada en cada país. Entre nosotros, que somos destinatarios de influencias tan diversas, se comenzó a usar originalmente el termino urbanismo como consecuencia de que fueron francesas las corrientes que rigieron el despertar de esta actividad. A partir de la segunda guerra mundial, la influencia inglesa se hace presente y se generaliza el empleo de planeamiento urbano para designar lo mismo.

Sin ánimo de querer dictar una norma al uso de uno u otro término conviene, no obstante, aventar el fantasma que una distinción bizantina --muy corriente-- ha querido establecer entre ambas palabras. Según este parecer, se trataría de dos conceptos diversos y sucesivos teniendo como punto de partida el urbanismo en su aceptación más próxima a la estética edilicia, a la obra pública urbana y a la provisión de los servicios urbanos, conforme a los primeros tratados de fines de siglo anterior y comienzos de este.

B) la referida distinción vale para caracterizar dos momentos, en dos países distintos --como Francia sobre el filo del siglo e Ingla-

terra a partir de la década de los años cuarenta-- , no hay inconveniente en aceptarla. Pero si se rige en regla que de ahora en adelante cada vocablo va a quedar congelado en esa acepción, la distinción es impropcedente desde el urbanismo francés ha evolucionado y el planing ingles paso también por etapas incipientes.

Lo que sí ha de aclararse es que el uso indistinto de urbanismo o planeamiento urbano debe implicar el sentido prospectivo en el primero y la naturaleza espontanea de los fenomenos urbanos en el segundo. Los riesgos del urbanismo --o del planeamiento urbano-- se polarizan tambien en dos direcciones: el formalismo puro y la eficiencia cruda.

Personalmente nos inclinamos al uso del termino urbanismo por razones que vale la pena explicar. Primero porque en el la rica raiz urbs aparece como carácter de esencia y no simplemente como atributo de una acción (planear) que no es privativa de ningún dominio de la conducta humana. Luego, porque supone la valorización de un concepto eminentemente cultural en lugar de una mera técnica un tanto en boga. En tercer lugar, porque el exclusivo énfasis en el planeamiento va en detrimento de la esencia de lo urbano como marco físico, como naturaleza especial o geográfica activa del medio urbano y se pierde fácilmente entre las innumerables concomitancias con el planeamiento integral (económico, social y político), que es algo así como decir la utopia de la organización.

Si algo caracteriza al urbanismo es su esencia cualitativa, que lo distingue de la mera técnica, y su leit-motiv, que consiste en armonizar, justamente, las enormes posibilidades prácticas de la civilización con un sistema de valores de tipo cultural. Si el urbanis-

mo fuera una mera instrumentación accesoria, una especialidad de la ingeniería o una excrecencia de la economía, perdería todo aquello que, en los hechos, ha logrado o intentado cabalmente alcanzar.

El gran riesgo del urbanismo es, cada vez más, en la medida en que la ciudad se masifica, quitara la dosis de misterio, de informalidad, de imprevisto, que tiene la naturaleza misma o las ciudades que nutren su estilo propio en la naturalidad con que han evolucionado. Una de las formulas de arranque del urbanismo ha sido la conciliación de lo natural con lo cultural y su manifiesta aversión a las soluciones artificiales, porque, la ciudad es en cierto modo el reverso del campo, no debe necesariamente conformarse con su mera negación sino crear valores de sustitución.

## 4.2 LA CIUDAD.

El crecimiento de una ciudad no se verifica únicamente por el aumento de su superficie edificada. Todos los fenómenos urbanos tienen por característica principal su diversidad cualitativa antes que su volumen cualitativo; de allí el grado de complicación que asumen los problemas urbanísticos.

Por su propia razón de ser, la ciudad, desde su origen, se manifiesta como polo de una serie de actividades que ocurren a su alrededor, particularmente la agrícola, y genéricamente la explotación del medio natural. La teoría económica semeja toda la ciudad a un mercado de la producción del entorno y en cierta forma esa es la función que análogamente cumple en todos órdenes de actividad que desarrolla a su alrededor. La ciudad absorbe las energías circundantes y las devuelve --transformadas-- bajo diversas envolturas, delimitando así lo que bien se llama su área de influencia.

Esta área de influencia que, según se trate de una ciudad costera o mediterránea, se conviene universalmente en denominar hinterland o umland, siempre ha existido. Es impensable una ciudad como isla absoluta, sin relación con lo que la rodea, tanto desde el punto de vista económico como social.

El hecho de que asistamos a un indudable proceso de hipertrofia urbana, en un mundo que multiplica con rapidez inusitada la escala y la población de sus ciudades, indica, a no dudarlo, que también se agranda el círculo de influencia de esas grandes metrópolis. Y si bien no se trata de un hecho nuevo --ya Roma y las capitales de impe-

rios coloniales habían trasladado sus fronteras Allende sus límites políticos-- asume caracteres inéditos por la compleja densidad con que hoy se manifiesta. El área de influencia de Londres en el siglo XIX llegaba a los cuatro extremos de la tierra, de manera que un distrito como la City hubiera sido impensable sin que la metrópolis desempeñara el papel de capital financiera del mundo.

Las grandes aglomeraciones contemporáneas, empero, acentúan su gravitación masiva sobre una región inmediata a causa de la mayor complejidad y capacidad de los dispositivos de transporte y comunicación, del creciente volumen de los bienes materiales y de la densidad de población. Esa región, tan estrechamente unida a la ciudad, se ha dado en llamarla región urbana porque, aunque incluya físicamente espacios rurales, funcionalmente se comporta como un todo.

Hay quienes hablan, en este contexto, de redes urbanas o de constelación de ciudades, ya que por su alcance y complejidad la región urbana abarca, o incluye, otros centros urbanos de menor jerarquía que le son subsidiarios. De tal manera, la consideración de los problemas urbanos, hoy, supone exceder los límites físicos de una aglomeración --cosa, por otra parte, no simple de deslindar-- e incorporar así una vasta zona de influencia gradual cuya fijación es parte de ese mismo problema.

Una definición de región implícitamente aceptada por el consenso general, habla de un espacio territorial con caracteres y funciones homogéneas, dotado de un centro principal y otros secundarios. Esta idea estructural de la región, no como simple y llana continuidad territorial, revela una red a base de líneas de vínculo que se entrela-

zan en nodos, uno de los cuales, el de mayor relevancia en el conjunto, podemos llamar centro. Y bien, cuando se analiza ese centro, es inevitable que, más allá de su temática estrictamente local, deba uno referirse al sistema que integra; eso no es sino la región urbana o la región en función de la ciudad. De allí que no exista ninguna oposición entre la ciudad y la región, o mejor dicho, y su región, sino que, por una necesaria complementariedad, es imprescindible considerarla juntas.

Una de las características del urbanismo contemporáneo es haber incorporado decididamente los problemas de tipo regional a los específicamente urbanos, motivo por el cual, en ese aspecto, hay un cierto planeamiento regional que es de la absoluta competencia del urbanista. Todo plan urbano, por tanto, no puede desentenderse de la región de la cual y para la cual la ciudad vive, así como todo plan regional incluye ciudades y no puede soslayarlas en beneficio del medio rural exclusivamente.



#### 4. EL PLANO REGULADOR.

##### 1.- DEFINICIONES.

Es abreviatura de la expresión: Plano Regulador de la extensión de una ciudad, nombre con que se designó hace ya casi un siglo a la serie de reglamentos de aplicación municipal, para encauzar el desarrollo expansivo o pausado que las ciudades europeas venían experimentando, adquiriendo esas leyes y reglamentos, características de época y medio social, de una variedad extrema, pues mientras unos se hicieron para embellecer, otros se hacían para sanear o higienizar, todos para evitar y prevenir accidentes (tuego, inundación, defensa) y casi ninguno para circular, lo que provocó que al popularizarse el empleo del automóvil, las ciudades carentes de facilidades viales, hubieran de procurarse u organizar sistemas efectivos, llevando al urbanismo de emergencia a confundirlo con esa actividad de ampliación de calles y demolición que cubre una etapa del proceso urbano y haciendo que el término regulador, aplicado al plano de la ciudad, se confundiera con los que se derivan de regir y reglar, volviendo a los trazos de figuras geométricas sobre el papel.

Es en el plano regulador, ahora, la forma más conocida de planificación regional, sujeta a un plan que frecuentemente se le menciona como rector, es decir, plan rector: distintos del lenguaje que no nos detendremos a comentar.

##### GENERALIDADES.

Las directrices del estudio de un plan regulador se pueden des-

prender de los conceptos siguientes:

Artículo 75 de la Carta de Atenas: El interés privado estará subordinado al interés colectivo.

Sir Patrick Abercrombie, dice:

"Toda reforma que no forme parte de un plan general, es mejor no hacerla: perjudicaría después cualquier plan de conjunto que quiera acometerse".

Ebernezer Howard:

"El principio es no dejar crecer indefinidamente la ciudad, sino crear pequeñas ciudades satélites en comunicación directa con el núcleo central. En ellas quedando previstos residencias y zonas industriales para que la ciudad tenga vida propia".

Thomas Adams:

"El problema de la congestión del centro es una consecuencia de la desorganización y del mal planeamiento de esta, no de la centralización misma".

Lo que originalmente fué en efecto un plano, regulador de la extensión de una ciudad, es ahora todo un sistema, pues además de la pluralidad de planos, estos se complementan con múltiples documentos técnicos que nace de aquel principio, un ideal remoto y de ninguna manera una meta por alcanzar, en lo que se refiere a querer contener dentro de un solo documento gráfico la representación de argumentos, tesis, proposiciones que se derivan de cálculos, presupuestos, calendarios de obra, jerarquías, instalaciones técnicas, estudios económicos, financiamientos, reglamentos, leyes aplicables, excepciones, etcétera, que son la materia misma del plano regulador y que se ven, no

pueden tener una representación objetiva en un solo plano.

El formular un plano regulador, demanda una investigación y la presentación gráfica de esta constituye los antecedentes, con los cuales hay que tener cuidado de saber para que se hacen y desprender de ellos las consecuencias lógicas, sin confundir estos antecedentes, documentación pasada, material de archivo, con lo esencial que en todos los casos serán las proposiciones.

El primer problema que debe resolver el plano regulador es limitar la extensión y es esta naturalmente su primera gran dificultad, tanto, que todo cuanto se ha intentado hacer por detener el crecimiento demográfico y la extensión de la superficie urbana, jamás ha tenido resultados positivos.

El siguiente paso en un plano regulador será zonificar, lo que definiremos como señalar uso de la tierra para cada zona, atendiendo al mismo tiempo a mantener un orden idealmente concebido entre necesidades y satisfactores para el número de habitantes en la zona.

El siguiente aspecto que debe resolver el plano regulador es el de vialidad, cuya importancia ya lo hemos dicho, llegó a tomarse como tema exclusivo. Sin negar la importancia capital que tiene ese aspecto dentro de la ciudad, no es, sin embargo, el único y mucho menos el principal.

TABLA SISTEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA TENDIENTE A LA  
PROPÓSICIÓN DEL PLANO REGULADOR.

EL MEDIO.

Debe quedar definido en cinco aspectos: el físico geográfico, el biológico, el económico, el político y el social.

El físico geográfico se define por los datos de latitud, longitud, altura sobre el nivel del mar, plano topográfico (con curvas de nivel), temperaturas, soleamiento, insulación teórica y real, régimen de lluvias, nubados, nebladas, isoterma, vientos dominantes, velocidad del viento, temblores, etcetera.

El biológico referido exclusivamente al hombre, se define por los datos de natalidad, defunciones, incremento de población y su origen, edades media y límites de las económicamente activas, formación familiar y sus tendencias, enfermedades típicas, causas principales de defunción, alimentación, desnutrición, abrigo. Como dato complementario a la alimentación, menciónese la matanza en el rastro.

El económico se relaciona con los incisos 11, 15 y 16; se definen por el régimen de propiedad, salarios, miembros que concurren al mantenimiento de la familia, clasificación de la población en: infantes, escolares, industriales, obreros, campesinos propietarios y jornaleros, comerciantes, burocratas, militares, servidumbre, transportadores, pensionados, ancianos, invalidos y antisociales. Establecimientos industriales: industria extractiva incluyendo aspecto agropecuario y derivados; industria de transformación dividida en: pesada, media, pequeña y artesanías.

Establecimientos comerciales: alimentación y abastos, ropa y muebles, materiales y combustible, divididos a su vez en producción y consumo, bancos y su movimiento.

El político se relaciona con los incisos 15 y 16, bastando seña-

lar aquí, la categoría del poblado, tipo de autoridades y división existente y racional.

El social se relaciona con el inciso 14, señalando aquí solamente los agrupamientos legales y extra-legales en dos aspectos fundamentales: la familia y el sindical o de defensa social. Religiones, festividades y ferias. Criminalidad, asistencia, vicios. Características raciales y culturales.

#### USO DE LA TIERRA.

Aspecto rural: se expresa por medio de planos de áreas cultivables, de repartición ejidal y pequeñas propiedades y sus cultivos, de productividad en \$ (pesos) por hectárea, cultivada en un período agrícola o al año, de análisis químico de la tierra no confundiendo con la formación geológica, de efectos de la lluvia y de los vientos, de cultivos propicios, de heladas, de inundaciones, de humedad, sequía, irrigación y proyectos, de bosques, pantanos, arenales, rocas y lava superficial, medanos, pastos.

Aspecto industrial: representación de las zonas ocupadas por las industrias extractivas y de transformación, clasificadas de la manera antes citada. Influencia de su ubicación para el desarrollo del núcleo urbano.

Aspecto comercial: tiene dos enfoques, el de ubicación en la comarca con sus ligas comerciales y de transporte con otros núcleos y el puramente local cuya clasificación mínima ya se señaló.

Aspecto residencial: se liga con el inciso 12, bastando en este punto la indicación de las zonas.

Aspecto educativo: inventario de los establecimientos existentes, solución local, relación con otros núcleos.

Aspecto administrativo: situación de los establecimientos de gobierno, administrativo y de defensa social.

Aspecto asistencial: zona hospitalaria, servicios públicos y privados, gratuitos y de paga.

Aspecto recreativo: moral, religioso, cultural y deportivo.

#### VOLUMEN CONSTRUIDO Y ESPACIOS ABIERTOS.

Se basa en un plano de repartición predial urbano y rural.

El urbano debe contener: la repartición predial, manzanas típicas tipos de habitación, relación de habitantes por hectárea, plano de población, zonas en que es preponderante la construcción sobre el terreno, en que se equilibran y de construcción dispersa, localización de edificios públicos, zonas estériles por sombras, humo, gases, ruido, etcétera, sitúa de la construcción, monumentos históricos y artísticos que deben respetarse, construcciones recientes, edad de los edificios y estado de conservación, conveniencia de conservación por razones físicas y estéticas. Plano de valores de: calles o de terrenos, rentabilidad, casas habitadas por sus propietarios, hoteles, casas de huéspedes, teatros, cines, deportes, tributación fiscal, jardines y parques públicos, jardines y huertos privados, áreas cultivadas, árboles y paseos públicos.

El rural se expresa por plano de lotificación o aparceramiento, régimen de propiedad y productividad por familia, entendida en función de la tierra y no del individuo.

lar aquí, la categoría de poblado, tipo de autoridades y división existente y racional.

El social se relaciona con el inciso 14, señalando aquí solamente los agrupamientos legales y extra-legales en dos aspectos fundamentales: la familia y el sindical o de defensa social. Religiones, festividades y ferias. Criminalidad, asistencia, vicios. Características raciales y culturales.

#### USO DE LA TIERRA.

Aspecto rural: se expresa por medio de planos de: áreas cultivables, de repartición ejidal y pequeñas propiedades y sus cultivos, de productividad en \$ (pesos) por hectárea, cultivada en un período agrícola o al año, de análisis químico de la tierra no confundiendo con la formación geológica, de efectos de la lluvia y de los vientos, de cultivos propicios, de heladas, de inundaciones, de humedad, sequía, irrigación y proyectos, de bosques, pantanos, arenales, rocas y lava superficial, médanos, pastos.

Aspecto industrial: representación de las zonas ocupadas por las industrias extractivas y de transformación, clasificadas de la manera antes citada, influencia de su ubicación para el desarrollo del núcleo urbano.

Aspecto comercial: tiene dos enfoques, el de ubicación en la comarca con sus ligas comerciales y de transporte con otros núcleos y el puramente local cuya clasificación mínima ya se señaló.

Aspecto residencial: se liga con el inciso 12, bastando en este punto la indicación de las zonas.

Aspecto geográfico: inventario de los establecimientos existentes, solución local, relación con otros núcleos.

Aspecto administrativo: situación de los establecimientos de gobierno, administrativo y de defensa social.

Aspecto asistencial: zona hospitalaria, servicios públicos y privados, gratuitos y de paga.

Aspecto recreativo: moral, religioso, cultural y deportivo.

#### COLUMEN CONSTRUIDO Y ESPACIOS ABIERTOS.

Se basa en un plano de repartición predial urbano y rural.

El urbano debe contener: la repartición predial, manzanas típicas tipos de habitación, relación de habitantes por hectárea, plano de población, zonas en que es preponderante la construcción sobre el terreno, en que se equilibran y de construcción dispersa, localización de edificios públicos, zonas estériles por sombras, humo, gases, ruido, etcetera, altura de la construcción, monumentos históricos y artísticos que deben respetarse, construcciones recientes, edad de los edificios y estado de conservación, conveniencia de conservación por razones físicas y estéticas. Plano de valores de: calles o terrenos, rentabilidad, casas habitadas por sus propietarios, hoteles, casas de huéspedes, teatros, cines, deportes, tributación fiscal, jardines y parques públicos, jardines y huertos privados, áreas cultivadas, árboles y paseos públicos.

El rural se expresa por plano de lotificación o aparceramiento, régimen de propiedad y productividad por familia, entendida en función de la tierra y no del individuo.



## EQUIPO.

Lo interpretamos como instalaciones, y comprenden dos grupos: del territorio y del volumen construido, divididos a su vez en fijo y móvil.

Las instalaciones o equipo fijo del territorio, contamos a: presas y sistemas de riego, plantas de energía eléctrica, depósitos de combustibles y refinerías, muelles, ferrocarriles, carreteras y caminos, aeropuertos, estaciones de radio, televisión, teléfonos, correo y telegrafía, agua potable, drenaje, pavimentos, alumbrado, vigilancia, estacionamientos, estudio de la invasión de calles por puestos y estacionamientos, sistema vial, secciones de calle, corrientes circulatorias.

El equipo móvil del territorio lo constituyen como ejemplos: estaciones de maquinaria agrícola, cuerpo de bomberos, líneas de tranvías, de camiones de pasajeros y de carga, locales y foráneos, rutas y frecuencias, personas y carga transportada, eficiencia.

Para el volumen construido, lo fijo no necesita explicación.

Lo móvil, lo fundamos en el número de vehículos en circulación: automóviles particulares, de alquiler, camionetas, camiones de pasajeros locales y foráneos, de carga, transportes especializados, ejemplo: ambulancias, repartidores de gasolina, carne, basura, etcétera, motocicletas, bicicletas, carretas, etcétera; horarios y sentidos del movimiento, accidentes de tránsito.

## ETICA / ESTETICA.

Lo ético religioso, su expresión local.

Lo etico general, tribunales, centros de reeducacion, sistemas penitenciarios.

Lo estetico pasado, precortesiano, virreynal, formas y sistemas, contribucion cultural, conservacion, subsistencia recomendable y sus razones, turismo extranjero y peregrinaciones.

Lo estetico contemporaneo; realizaciones.

El paisaje y las características regionales, fuentes de folklore, costumbres, recreacion.

#### INFLUENCIAS SOCIALES Y ECONOMICAS.

Zona de influencia (Hinterland).

Estructura familiar, estructura social, influencias politicas, sistemas bancarios, instituciones para fomento de la industria, de la agricultura y de la habitacion, capacidad económica de los sectores sociales.

#### LEGISLACION.

Restricciones ganaderas y forestales, vedas, leyes de protección a recursos agrícolas y ganaderos; al trabajador: jornadas legales, despido, vacaciones, asistencia medica, invalidez, jubilación; a la industria por excepciones de impuestos, cargas fiscales, proteccionismo, zonificación; a la habitabilidad por congelación de rentas, limitación de alturas construidas, Areas de reserva, zonas no edificables particulares y generales, públicas y privadas, Reglamentos de construcción y de lotificación, anuncios, invasión de espacios, paracaidismo, replantación de inversiones.

#### FINANCIAMIENTO.

Formas factibles en uso o de aplicación racional que permitan llevar a cabo la obra en proyecto, tipos de interés, recuperación del capital, plazos.

#### ETAPAS DE REALIZACIÓN.

Escalonamiento razonado de las fases de la obra, base física y apoyo financiado.

#### DIVERSOS.

Materiales: locales y de fuera, sistemas constructivos, costos, aspecto tradicional, materiales usados en su estado natural y artificiales.

#### Proposiciones legales.

#### Fomento al turismo.

Toda la investigación no tiene objeto si no es para aplicarse en la formación del:

PLANU REGULADOR.

#### 4.4 EL URBANISMO EN MEXICO.

Para la década de 1930 la ciudad de México tenía poco más de un millón de habitantes, el crecimiento se había triplicado en solo 30 años y la ciudad se había conurbado con muchas de las poblaciones periféricas como la Villa, Azcapotzalco, Tacuba, Tacubaya, Mixcoac, Coyoacán y San Ángel. El área urbana se aproximaba a Naucalpan, Santa Fe, Huipulco, Tlalpan, Xochimilco e Iztapalapa.

El centro de la ciudad cobró mayor fuerza con el aumento de la demanda de los centros comerciales y administrativos de los poblados conurbados mantuvieron sus instalaciones y servicios.

La capital del país centralizó el comercio, los negocios, la industria, los espectáculos y el poder público y las comunicaciones establecidas radialmente, fomentaron aún más esta centralización. Las actividades comerciales, de oficinas finanzas, educación superior y salud se agruparon en la capital.

A partir de 1940 se inició un acelerado proceso de urbanización en el Distrito Federal y la ciudad creció hacia las delegaciones periféricas, ocupando en el inicio de los años cincuenta los municipios colindantes de Naucalpan y Tlalnepantla del Estado de México. En el periodo entre 1950 y 1980, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ocupó territorio de las 16 Delegaciones del Distrito Federal y 12 Municipios del Estado de México.

La concentración de actividades en la zona central de la ciudad de México, originó problemas de grandes recorridos entre este gran centro de servicios y el área urbana, pérdida de tiempo, congestión

namiento de tránsito, contaminación, falta de estacionamiento de vehículos y otros más, lo cual ha venido gestionando que el núcleo central se venga abandonando y las nuevas instalaciones se localicen en la periferia o en otros centros más alejados.

El momento fue propicio para que se iniciara el establecimiento de las cadenas grandes de almacenes, que de acuerdo a sus análisis de mercado, localizaron sus instalaciones en lugares estratégicos fuera de esta zona. Asimismo, los principales centros de salud y enseñanza se han localizado fuera del centro urbano, como el Centro Médico, el Hospital la Raza y la Ciudad Universitaria.

La ausencia de un programa firme en cuanto a la polarización de núcleos de actividad, permitió que éstos se fueran ubicando en forma natural, de acuerdo a la costumbre, en sus formas típicas: el gran centro comercial, las zonas de mayoreo, las cadenas de comercio sobre las avenidas principales, los nuevos centros comerciales y los centros de antiguas poblaciones conurbadas como San Ángel y Coyoacán en el DF y Tlalnepantla en el Estado de México, por citar algunos.

Las nuevas concentraciones de servicios se localizan de acuerdo a la conveniencia de sus promotores, en función de obtener un mayor mercado, que en relación a las conveniencias de servicio. Se ubican sobre vialidades importantes y sus cruces, generalmente en lotes reducidos, en calles poco apropiadas, lo cual produce una disposición física inconveniente para el funcionamiento urbano y la comodidad y seguridad del usuario, problemas que han venido incrementando a medida que aumenta la expansión de la ciudad.

Los núcleos de servicio metropolitano, son las zonas en donde se

concentran las actividades de trabajo, comercio, recreación, educación, salud y transporte principalmente, reconociendo que estas concentraciones están integradas en forma diferente, tienen distinta magnitud y área de influencia de servicio.

Los centros urbanos de servicio, por las características especializadas de las actividades que generan, y por su ubicación geográfica y económicamente estratégica, han influido en el ordenamiento territorial, ya que por una parte concentran fuentes de empleo y por la otra concentran servicios para la población, todo lo cual produce concentración de población y lugares estratégicos de destino para el transporte.

Los núcleos están integrados por instalaciones muy diversas, con altos costos de inversión y demandan constantemente suelo urbano e infraestructura para su expansión.

Actualmente la ZMCM se han detectado 82 núcleos de servicio, localizados 47 de ellos, en las delegaciones del D.F. y 35 en los 17 municipios conurbados del Estado de México. Sus características de funcionamiento no obedecen a un patrón uniforme en cuanto a origen, tamaño, estratos económicos atendidos y a su relación con los sistemas de vialidad y transporte público.

Por su origen el 75 % han surgido en forma espontánea sobre los centros de antiguos poblados; el 15 % se han desarrollado en corredor y únicamente el 10 % ha sido planeado expreso.

El área en que se desarrollan los centros metropolitanos es considerable, el 36 % abarca una superficie no mayor a 50 ha. y el 32 % restante se asientan en superficies entre 30 y 60 ha. De estos últi-

mos, el 70 % corresponden a núcleos de servicio ya consolidados, como San Ángel en el Distrito Federal y el 30 % se ubica en los municipios del Estado de México.

De los 47 centros metropolitanos del DF, el 12 % proporcionan atención a estratos económicos bajos, el 56 % prestan atención a estratos medios y bajos (de 1.5 a 4 vsm) y el 32 % atiende a estratos medios y altos (con ingresos de más de 4 vsm).

En el Estado de México el 35 % de los 35 núcleos de servicio, están destinados a dar servicio a la población de estratos bajos; el 62 % atienden a estratos medios y bajos y únicamente el 3 % atiende a estratos medios y altos.

La falta de planeación de los núcleos de servicio, ha propiciado que el 65 % de las actividades comerciales, de servicios y de equipamiento urbano, sigan estando concentradas en los núcleos de servicios del D.F., lo cual ha provocado que los viajes que realizan los habitantes, resulten de longitud y de duración excesivas, agudizándose principalmente la tendencia de movilidad de la población de los 17 Municipios conurbados del Estado de México hacia el Distrito Federal estimando que más del 50 % de los viajes en los municipios conurbados, son de conexión con el Distrito Federal.

Las vías de comunicación terrestre en la ZMCM, han jugado un papel muy importante en la localización de los centros de servicio y su desarrollo se ha venido realizando sobre las vías principales, aprovechando el mayor tránsito de peatones y de vehículos. Esto ha repercutido directamente en la saturación de las vías y la reducción de su nivel de servicio. El 85 % de los núcleos de servicio de la ZMCM, se

localizan sobre las vías más importantes.

Los núcleos de servicio guardan una estrecha relación con el sistema de transporte en la ZMCM, debido en gran parte a que el surgimiento de estos núcleos se ha generado en torno de las áreas de transbordo de las líneas de transporte urbano, suburbano e interurbano.

Las estaciones de transbordo del Metro, han sido factor importante en el desarrollo de los núcleos de comercio y servicio que han aprovechado las concentraciones de población. En la ciudad el 56 % de los centros urbanos contiene una estación o terminal de transbordo de transporte público, el 44 % que corresponde en su mayoría a núcleos planeados o en corredor, son recorridos por líneas de transporte público y el 27 % contienen estación del Metro.

Las terminales y estaciones de transporte suburbano de la ZMCM, se han localizado en forma natural en los centros de los poblados antiguos, que forman las cabeceras municipales de los Municipios conurbados. Estos centros, se han desarrollado apoyados por los sistemas de transporte, conformando un patrón que ha fomentado una mayor concentración de actividades en los centros comerciales y de servicios, y a su vez, a generado un mayor tránsito entre las zonas de habitación y los núcleos.

Los núcleos de servicio han surgido en forma natural, de acuerdo a la demanda de mercado, mediante una disposición física no planeada, que ha fomentado largos recorridos entre el núcleo y la población, y ha generado mayor concentración en la zona central de la ciudad, en donde es más redituable establecerse debido a que la localización



central permite captar mayor población.

El balance apropiado de los núcleos, para dotar de servicios a la población dentro de límites de distancia razonables, promueve el arraigo de los habitantes en sus comunidades y elimina su dependencia con el gran centro del Distrito Federal.

La distribución de los centros urbanos debiera formar un sistema tal, que los núcleos prestaran servicio eficiente a comercio y servicios de zonas de servicio limitadas, cuyo tiempo de recorrido de transporte público de las áreas de vivienda a las que sirve, no fuera mayor a 10 minutos.

La ZMCM cuenta en junio de 1990 con una población de 21.8 millones de habitantes y para el año 2010 se estima que tendrá entre 28.2 y 31 millones, con un incremento de población de 6.4 a 9.2 millones en 20 años.

De acuerdo a las tendencias de crecimiento por Unidades Funcionales se observa para el año 2010, la Ciudad Central tendrá un decremento de 391,022 habitantes; las Delegaciones contiguas tendrán un incremento de 762,305 habitantes; las Delegaciones Sur observarán un incremento poblacional de 673,739 habitantes y los Municipios Conurbados y Metropolitanos se incrementarán en 6 501,197 y 1 597,177 habitantes respectivamente.

En los próximos años las mayores presiones demográficas y en consecuencia las mayores demandas de comercios y de servicios, se tendrán en los municipios conurbados y metropolitanos del Estado de México y en menor proporción en las Delegaciones Contiguas y Sur del Distrito Federal (Vease esquema de Unidades Funcionales de la ZMCM).

ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.

UNIDADES FUNCIONALES.

LOS NUEVOS CENTROS DE SERVICIO DEBERAN planearse como un sistema estructurador del crecimiento, atendiendo a la población esperada en el territorio (Unidades Funcionales) y dosificando su desarrollo a medida que aumenta la población en cada área de la metrópoli.

El propósito de este trabajo, fue entre otros determinar los sitios donde se desarrollan los núcleos de servicio existentes y la proposición del establecimiento de nuevos centros, en función de los escenarios previstos para el desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Esta perspectiva permite orientar el desarrollo de los núcleos en función del mejoramiento de los servicios, su dosificación apropiada y localización para evitar traslados largos y en algunos casos el uso del transporte.

Las condicionantes para determinar los centros de servicio en la ZMCM al año 2010 fueron entre otras, las siguientes:

a) El esquema de ordenamiento territorial de la ZMCM elaborado por la Comisión de Conurbación del Centro del País en 1988.

b) Los programas de crecimiento establecidos en el área conurbada del Estado de México, mediante el programa "pinte su raya" y las reservas territoriales del Plan Director de Desarrollo Urbano del DDF 1985.

c) Las estimaciones de población por Delegación y Municipio, y por unidades funcionales en la ZMCM, con objeto de conocer las zonas donde se tendrán las mayores presiones demográficas y las mayores demandas de servicios.

d) Desarrollo de los centros de servicio en los municipios conurbados de la ZMCM que requieren rápida implementación por el aumento

de población que está experimentando el territorio. El crecimiento al nor-este, este y sureste, mediante asentamientos de estratos económicos débiles y al poniente, de estratos medios y altos.

Los escenarios que se presentan en el esquema de la ZMCM son diversos. Uno de ellos contempla una disposición metropolitana abierta, polinuclear, en donde el área urbana se mezcla con áreas libres destinadas a diversos usos, algunos de alta productividad como las zonas de riego para agricultura y otros de preservación del medio natural.

En este escenario, al seleccionarse los terrenos apropiados y establecerse áreas libres intermedias, la zona Metropolitana ocupa mayor extensión y las distancias entre los asentamientos aumentan, sin embargo al estructurarse las diversas áreas urbanas con los respectivos núcleos de servicio y empleo, los viajes se reducen y también disminuyen las distancias de recorrido.

Los núcleos de población que se contemplan son: Hushuetoca, Tizayuca, Teoloyucan, Tecamac, San Martín de las Pirámides, Texcoco, Tezoyuca, Chicocapán, La Paz, Intapaluca, Chalco, Tlalmanalco y Amecameca principalmente, los cuales contendrían sus servicios propios y fuentes de empleo. En este escenario el transporte suburbano sería el elemento estructurador con apoyo en el tren suburbano.

En el escenario descrito, que es la alternativa seleccionada, se plantea un esquema con un sistema de 35 centros de servicio para el año 2010, distribuidos en 30 unidades político administrativas para la ZMCM, cuyos requerimientos de suelo son los siguientes:

CIUDAD CENTRAL. No presenta requerimientos.

DELEGACIONES CONTIGUAS. Se requiere una superficie de 89 Ha al

año 2000 y de 5 adicionales al año 2010, distribuida en 5 centros de servicio.

DELEGACION SUR. Requiere de una superficie de 55 Ha al año 2000 y 25 adicionales al año 2010, distribuida en 4 centros de servicio.

MUNICIPIOS CONURBADOS. Presentan los mayores requerimientos a los años 2000 y 2010 con 535 Ha y 90 Ha respectivamente, distribuidas en 19 centros de servicio.

MUNICIPIOS METROPOLITANOS. Sus requerimientos son de 85 Ha y 65 Ha a los años 2000 y 2010 respectivamente, las cuales se distribuyen en 7 centros de servicios.

La superficie requerida al año 2010 para el Distrito Federal es de 174 Ha; para el Estado de México de 775 Ha con un total para la ZMCM, de 549 Ha distribuidas en 35 centros de servicio Metropolitano.

Para integrar un sistema de centros de servicio en la ZMCM, deberán contemplarse a corto, mediano u largo plazos, acciones concentradas sobre reservas territoriales, viabilidad y transporte, e impulsar programas de estímulos a las actividades comerciales y de servicios locales. En las reservas territoriales deberá asegurarse el suelo necesario para el establecimiento de los centros de servicio en las zonas estratégicas de las nuevas Áreas y prever su relación con los centros de servicios vecinos.

Las acciones a realizar para la implementación de los centros de servicio, se han clasificado en tres grupos, en función de la factibilidad de reservar y/o adquirir el suelo necesario, y de la velocidad de crecimiento de la mancha urbana continua.

El programa "Pinte su Raya" establecido por el gobierno del Esta-

SISTEMA DE CENTROS DE SERVICIO METROPOLITANO AL AÑO 2010.

ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO REQUERIMIENTOS  
DE SUELO PARA CENTROS DE SERVICIO DE NIVEL METROPOLITANO  
EN LOS MUNICIPIOS METROPOLITANOS DEL ESTADO DE MEXICO.

UNIDADES FUNCIONALES	REQUERIMIENTOS DE SUELO		CENTROS DE SERVICIO No.
	ANO 2000 Ha	ANO 2010 Ha	
<b>MUNICIPIOS METROPOLITANOS</b>			
Tlalmanalco	20	10	1
Cocotitlan			
Tehuacan			
Tehuacan del Norte			
Amecameca			
Juchitepec			
Tenexihpa			
Ozumba			
Atlixco			
Ecatzingo			
San M. de las Piramides	10	10	1
Huixtla			
Ayapusco			
Ozumba			
San Juan Teotihuacan			
Tixyuca	10	20	1
Tehuacan			
Zumpango			
Jaltenco			
Nextlalpan			
Huixtla	25	15	1
Tehuacan	10	--	1
Govotepic			
Govotepic			
Tehuacan			
Tehuacan	10	--	1
Acuilman			
Chicuncua			
Chicuncua			
Atlixco			
Papalotla			
Tehuacan			
Amecameca	--	--	1
Subtotal	65	65	7
Subtotal Estado de Mexico	679	120	28
TOTAL DE LA ZMCM	744	185	35

ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO.  
CENTROS DE SERVICIO METROPOLITANOS AL AÑO 2010.

UNIDAD POLITICO ADMINISTRATIVA	CENTROS No.
1. Gustavo A. Madero	1
2. Azcapotzalco	1
3. Alvaro Obregón	1
4. Coyoacán	1
5. Iztapalapa	1
6. Cuajimalpa	1
7. Magdalena Contreras	1
8. Tlalco	1
9. Xochimilco	1
10. Chalco	1
11. Ixtapaluca	1
12. La Paz	1
13. Chicoloapan	1
14. Texcoco	2
15. Ecatepec	4
16. Tecamac	1
17. Coacalco	1
18. Cuautitlán de Romero Rubio	1
19. Cuautitlán Izcalli	1
20. Atizapán de Zaragoza	2
21. Nicolás Romero	1
22. Tlalnepantla	1
23. Naucalpan	1
24. Tlalmanalco	1
25. San M. de las Pirámides	1
26. Tizayuca	1
27. Huenuetoca	1
28. Teoloyucan	1
29. Tezoyuca	1
30. Amecameca	1

RESERVAS TERRITORIALES AL AÑO 2010.

LOCALIZACION	AÑO 2010 HA	CENTROS DE SERVICIO No.
A "Frente su Raya"	420	13
B Distrito Federal	174	9
zonas urbanas en el Estado de México	115	3
C Futuro crecimiento polarizado en el Estado de México	240	10
TOTAL	949	35



de México, ha destinado 20,000 hectáreas en las que se realizan acciones de saturación de baldíos (9,000 Ha); incremento de la densidad de población de 112 Hab/Ha a 135 Hab/Ha en áreas urbanizadas (14,900 Ha); y finalmente la adquisición de 6,200 Ha para reserva territorial.

Se recomienda reservar y/o adquirir 420 Ha que significan el 6 % del total de la reserva territorial (6,200 Ha), las que deberán localizarse en las localidades enunciadas en el cuadro posterior, para el establecimiento de 13 nuevos centros de servicio.

Los centros de servicio prioritarios, debido a los incrementos de población esperados son: Ecatepec, Atizapán de Zaragoza y Cuautitlán Izcalli, por lo que en dichos centros, las acciones de reserva de suelo deberán ser inmediatas.

Deberán realizar los proyectos de factibilidad y de diseño de cada uno de los centros de servicio, previendo que el sistema de transporte apoye su desarrollo.

La reserva territorial requerida en las zonas urbanizadas de los municipios mencionados en el Estado de México y de las delegaciones Gustavo A. Madero, Magdalena Contreras y Coyoacán en el Distrito Federal, es de difícil adquisición debido a la falta de suelo disponible.

Se deberá realizar un análisis a nivel urbano, con objeto de determinar si es factible obtener las reservas territoriales en los sitios requeridos. En caso contrario, será necesario prever y adquirir las reservas en las zonas más cercanas a la unidad político administrativa donde se requieran.

A. RESERVAS TERRITORIALES Y No. DE CENTROS DE SERVICIO REQUERIDOS  
DENTRO DE LA SUPERFICIE DENOMINADA "FINTE SU RAYA" AL AÑO 2010.

LOCALIDAD	AÑO 2010 Ha.	CENTROS DE SERVICIO No.
Intabaluca	30	1
La Paz	30	1
Chicolapan	30	1
Ecatepec	90	3
Tecimac	30	1
Coacalco	30	1
Cuautitlán de Romero Rubio	35	1
Cuautitlán Izcalli	45	1
Huixtapan de Zaragoza	45	1
Nicolás Romero	30	1
Naucalpan	25	1
<b>TOTAL</b>	<b>420</b>	<b>13</b>

B. RESERVAS TERRITORIALES Y No. DE CENTROS DE SERVICIO REQUERIDOS  
EN EL DISTRITO FEDERAL AL AÑO 2010.

DELEGACION	AÑO 2010 Ha.	RESERVA TERRITORIAL SERVICIOS (1)	CENTRO DE SERVICIOS No.
Gustavo A. Madero	30	31.76	1
Azcapotzalco	10	20.09	1
Alvaro Obregón	12	91.25	1
Coyoacán	12	11.08	1
Iztapalapa	30	197.33	1
Cuajimalpa	5	69.34	1
Magdalena Contreras	20	8.26	1
Tlalpan	30	47.70	1
Xochimilco	25	66.19	1
<b>TOTAL</b>	<b>174</b>	<b>543.20</b>	<b>9</b>

Para el Estado de Mexico, podran preverse las 115 hectareas requeridas en Ecatepec, Atizapan de Zaragoza y Tlalnepantla, dentro de las reservas destinadas al programa "Frente su Raya".

En el programa General de Desarrollo Urbano de Distrito Federal 1967-1968, se han determinado 605.11 hectareas para reserva territorial de servicios; sin embargo, como se observa en el cuadro anterior en la Delegacion Magdalena Contreras existen previsiones unicamente para 8.26 Ha de servicios, por lo que existiria un deficit de 12 Ha aproximadamente. Para cubrir el deficit mencionado, se debera realizar un analisis urbano que permita determinar los predios factibles a urbanizar, no obstante, queden fuera de la ubicacion deseada, como serian las delegaciones colindantes de Alvaro Obregon y Tlalpan, las cuales cuentan con reservas territoriales suficientes para servicios. De esta manera se evitaria desequilibrar los centros de servicios existentes.

Las Delegaciones de Coyoacán y Gustavo A. Madero, se recomienda reservar las 12 y 30 Ha requeridas respectivamente, y proceder a realizar los proyectos de factibilidad y de diseño de cada centro de servicio pre-veiendo que el sistema de transporte apoye su desarrollo.

De acuerdo con el Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de Mexico, y de los planes de Centros de Poblacion de las localidades mencionadas en el cuadro anterior, deberan realizarse los analisis de localizacion de las reservas requeridas, en funcion de la estrategia de crecimiento futuro de la ZMCM.

En el futuro crecimiento polarizado al año 2010 para la ZMCM, las

localidades de Texcoco, Chalco y Huehuetlaca, tendrían un comportamiento mayor de crecimiento, por lo que dichas localidades, los análisis de localización de reservas territoriales, deberán realizarse prioritariamente.

En el programa de núcleos de servicio metropolitanos, deberán integrarse y coordinarse las acciones de participación, tanto del sector público como del privado.

Correspondería al sector público promover las inversiones para desarrollar los núcleos de servicio, a través de los programas de apoyo correspondientes a: reservas territoriales, vialidad; introducción de las redes de servicio y construcción del equipamiento urbano, principalmente el que corresponde a salud educación, comercio, abasto, y servicios públicos, lo cual propiciará un ambiente de seguridad a la inversión privada.

Al sector privado le correspondería participar a través de inversiones enfocadas a la dotación de oficinas y servicios privados, como comercio, recreación, estacionamientos públicos, transporte y fundamentalmente, como aportación de la tierra.

Con la participación de ambos sectores, ya sea en forma independiente o mixta, se estima que la inversión para el Programa de Núcleos Metropolitanos en el periodo 1986-2000, asciende aproximadamente a un total de 2,925 billones de pesos, lo que representa una inversión anual de 244,000 millones de pesos. Estas inversiones en su casi totalidad serán realizadas por los sectores privado y social, con la guía del programa de Ordenamiento Territorial.

La operación del programa requiere de la concertación entre la

federación, el estado y los municipios, para la creación de una Comisión Metropolitana de Ordenamiento Territorial, que facilite las acciones en los diferentes ámbitos de Gobierno y en forma coordinada.

El esquema propuesto deberá presentar las modalidades necesarias que permitan promover la desconcentración comercial, de servicios y de equipamiento urbano, hacia los núcleos de servicios metropolitanos estratégicos, considerando las siguientes propuestas:

Promover la participación de la comunidad poseedora de la tierra, integrándola al mercado inmobiliario, para brindar a los inversionistas las posibilidades de un acceso seguro al suelo.

Promover la participación de la empresa a través de concurso, para el desarrollo y construcción de los núcleos de servicio.

Otorgar a los inversionistas privados, las facilidades necesarias para la obtención de las licencias de uso del suelo y construcción.

Dar facilidad a los inversionistas privados, para obtener recursos económicos a través de la creación de créditos especiales, emisión de bonos y demás modalidades de financiamiento.

Finalmente, el apoyo gubernamental a las inversiones, a través de programas de introducción de redes de servicio, vialidad y transporte y de incentivos impositivos.

B. RESERVAS TERRITORIALES Y No. DE CENTROS DE SERVICIO  
 REQUERIDOS EN ZONAS URBANIZADAS EN EL ESTADO DE MEXI-  
 CO AL AÑO 2010.

MUNICIPIO	AÑO 2010 Ha.	CENTROS DE SERVICIO No.
Ecatepec	30	1
Atzacapan de Zaragoza	45	1
Tlalnepantla	40	1
TOTAL	115	3

C. RESERVAS TERRITORIALES Y No. DE CENTROS DE SERVICIO  
 REQUERIDOS EN FUNCION DEL FUTURO CRECIMIENTO POLARIZA-  
 DO AL AÑO 2010.

LOCALIDAD	AÑO 2010 Ha.	CENTROS DE SERVICIO No.
Chalco	30	1
Texcoco	60	1
Tlalmanalco	30	1
San M. de las Piramides	20	1
Tizayuca	30	1
Huehuetoca	40	1
Teoloyucan	10	1
Tecoyuca	10	1
Amecameca	10	1
TOTAL	240	10

#### 4.5 NUESTRO FUTURO URBANISTICO.

Los medios de transporte y las vías de comunicación han influido de manera determinante en el desarrollo, carácter e imagen de la Ciudad de México.

En torno a los grandes lagos, ubicados en las partes más bajas de la cuenca de México, se conformó un sistema de ciudades edificadas por diferentes migraciones indígenas que constituyeron señoríos y reinos. La ciudad de México asentada en un islote, estaba surcada por canales con salida a los lagos que servían de comunicación entre las ciudades ribereñas. El transporte lacustre fue determinante en el desarrollo de las actividades comerciales, sociales y políticas en la región y facilitó la conformación de un sistema urbano interdependiente.

A partir de la conquista, los españoles introdujeron el caballo y el carruaje, y aun cuando el transporte lacustre subsistió hasta el siglo XVIII, los cuerpos de agua fueron disminuyendo al progresar el desague del Valle, para evitar inundaciones.

La caballería requirió de caminos y de calles anchas y rectas para la defensa de la ciudad, la traza urbana se hizo de acuerdo a la costumbre de la época, en forma reticular, y con el tiempo, se destruyeron los canales para dar paso a caminos de tierra.

En el siglo XIX aparecieron la máquina de vapor y el ferrocarril, que conectó la periferia urbana. Primero a la Villa de Guadalupe y más tarde, al sur de Coyoacán y San Ángel. Este medio volvió a unir las poblaciones cercanas y estableció nuevos derechos de vía, rectos

y largos que en su mayor parte fueron utilizados mas tarde como caminos.

El servicio por ferrocarril resulto antieconomico por los costos de operacion para el transporte urbano, y fue sustituido por el tranvia de mulitas, cuyas vias se multiplicaron en la ciudad y conectaron poblados circunvecinos. Durante las ultimas decadas del siglo XIX estas vias fueron determinantes en la traza de la via publica de la ciudad.

La fisionomia urbana sufrio un cambio considerable, que se acentuo con la aparicion del tranvia electrico a principios del siglo XX. La ampliacion de calles y cruceros para alojar el radio de giro de estos transportes fue significativo. Aparecieron los cables colgantes a mitad de las calles, los paraderos, y los modelos de tranvia se multiplicaron para servir a pasajeros y carga.

A medida que crecia la ciudad se extendio la red de los tranvias entre el centro de la ciudad y las nuevas colonias, construidas a partir de la mitad del siglo XIX. En los albores del siglo XX, el area urbana tenia unos 10 Km<sup>2</sup>, con 2 Km de radio. La ciudad podia cruzarse a pie en media hora; las fuentes de empleo se ubican en el centro de la ciudad y las fabricas en la periferia, de tal forma que las distancias entre las zonas de habitacion y los servicios y fuentes de empleo eran reducidas, y la concentracion de actividades no era problema para los traslados.

A principios del siglo XX aparecio el vehiculo de motor a gasolina, que modifico en forma bruta la estructura de la ciudad y promovio el crecimiento rapido del area urbana. A partir de los años



Entonces, el automóvil y el autobús, penetraron con facilidad a todos los puntos de la ciudad y conectaron las poblaciones circunvecinas, desplazando al tranvía, que tuvo menos flexibilidad para cubrir con eficiencia el crecimiento urbano.

El camión de carga también desplazó al ferrocarril para el transporte entre poblaciones cercanas, al evitar el transbordo de las mercancías del ferrocarril al transporte urbano.

El automóvil y el autobús sustituyeron a los tranvías y generaron una continua demanda para la ampliación de la vía pública, los espacios de estacionamiento y la construcción de vías rápidas.

Las autoridades del Departamento del Distrito Federal, al igual que en otras ciudades del mundo, apoyaron el desarrollo del automóvil y el autobús, ejerciendo gran parte del presupuesto en pavimentos, y en la prolongación y ensanchamiento de la vía pública.

Durante los años treinta se inició la ampliación de las calles del centro de la ciudad: entre 1933 y 1936 se abrió la avenida 20 de Noviembre y entre 1933 y 1938 se amplió la de San Juan de Letrán y se propuso la ampliación de otras muchas más.

El resultado más crítico de la política de abrir calles en el área urbana se presentó al aprobarse el Plano Regulador para el Distrito Federal en 1951, en el cual se afectó indiscriminadamente la ciudad, con el ensanchamiento y la prolongación de las avenidas.

La posibilidad de llegar a la periferia urbana con mayor rapidez y la construcción de caminos, promovió la ampliación de la ciudad, facilidad que se conjugó con el fenómeno socio-demográfico de la urbanización, que concentró la población del campo a las ciudades. El

área urbana aumentó entre 1940 y 1970 de 115 a 600 Km<sup>2</sup>. Los viajes se multiplicaron y las distancias de recorrido se hicieron más largas.

La ausencia de una red vial primaria integral y el desorden con que operaban los concesionarios de rutas de autobuses, provocó entre otras razones, un transporte deficiente y peligroso. En los años sesenta, la población empleaba cotidianamente hasta cuatro horas en los traslados de ida y regreso entre su casa y los lugares de trabajo. Ante las cuantiosas pérdidas de tiempo y de recursos, el DDF determinó en 1968 la construcción del Sistema de Transporte Público Metro y apoyó la construcción de la red vial primaria de vías rápidas para automóviles y autobuses. Se construyeron el Circuito Interior, las vías radiales y el sistema de ejes viales mediante un patrón ortogonal, que a la fecha cubre el área central inscrita en el Circuito Interior. En esa red se organizaron las rutas de autobuses urbanos en el Distrito Federal (Ruta 100).

En el territorio del Estado de México, la red vial primaria era aún más reducida, constituida casi únicamente por los accesos carreteros de Puebla, Pachuca, Querétaro y Toluca.

#### 4.6 ESTRUCTURA METROPOLITANA.

Entre 1930 y 1990, la ciudad de México aumentó de uno a quince millones de habitantes. El área urbana de 80 a 1400 Km<sup>2</sup> y el radio de la superficie urbana de 5 a 40 Km.

El patrón de crecimiento del centro a la periferia, ha generado la concentración del 70 % de los servicios y de las fuentes de empleo en el núcleo; entre las actividades se encuentran el comercio, ofici-

nas. finanzas, gobierno, educación, salud y recreo. La población localizada en las zonas habitacionales periféricas tienen que acudir al centro, ubicado en el territorio de las Delegaciones Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Benito Juárez y Venustiano Carranza. La concentración de actividades de trabajo, servicios y recreo establece un patrón vial radial de viajes, que promueve aún más la concentración de actividades.

A medida que la metrópoli crece, aumenta el área del núcleo central y se abandona el centro del mismo (Centro Histórico), debido entre otros factores: a la vejez de las instalaciones, lo estrecho de las calles, la congestión del tránsito, la falta de estacionamiento, el ruido y la contaminación atmosférica. Este comportamiento se presenta en muchas de las grandes ciudades del mundo. Las instalaciones comerciales con mayores recursos, se reubican en la periferia del núcleo central y las familias que habitan el centro, emigran a la periferia urbana en busca de mejores lugares para vivir. Las áreas que se quedan vacías en el corazón del centro son ocupadas por instalaciones y familias de menores recursos, lo cual promueve más su deterioro.

Las zonas de habitación periféricas, demandan servicios y fuentes de empleo cercanas, lo cual promueve que nuevas instalaciones de servicio se localicen en las zonas de habitación y principalmente sobre los trayectos más importantes del transporte, en las avenidas más transitadas. El número y la magnitud de los núcleos periféricos de servicio, aun no logran reducir los viajes al núcleo central metropolitano.

Además del núcleo central en la metrópoli la otra gran zona de

"destino" promotora de viajes en la ciudad, es la zona industrial, que se concentra al norte, sobre las salidas carreteras hacia Queretaro y Pachuca, que ocupa parte de las Delegaciones de Azcapotzalco, Gustavo A. Madero y los municipios conurbados de Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec, Cuautitlan y Cuautitlán Izcalli.

Por su parte las zonas de habitación se extienden en toda el area urbana. Las mas densamente pobladas se localizan al oriente y norte de la ciudad y están constituidas en gran parte, por asentamientos irregulares, en donde habitan familias de estratos económicos débiles. Las zonas de habitación de estratos económicos medios y altos, (propietarios de automoviles), se localizan principalmente al poniente de la ciudad.

A medida que el área metropolitana se extiende, los suburbios quedan mas alejados y los viajes al centro y a la zona industrial son mas largos, se multiplica el tiempo en transporte, el número de transbordos y el costo.

Para mejorar las condiciones de traslado de la población en los años setenta, las autoridades del Distrito Federal determinaron construir un sistema de vias rápidas, y ampliar la red del Metro, sin embargo el desarrollo de la red vial y del Metro, no han disminuido el número de viajes o los largos recorridos, debido a que no se han desconcentrado suficientemente los dos grandes núcleos de actividad en subcentros que disminuyan los recorridos entre estos y las zonas de habitación.

En los años setenta, el DDF realizó el estudio para desconcentrar el gran núcleo central de actividad comercial y de negocios de la mu-

RED VIAL PRIMARIA DE LA Z.M.C.M.

tropoli y en 1976 se aprobó el esquema para apoyar el desarrollo de núcleos de actividad distribuidos en el área urbana. Mas tarde, el proyecto se incluyó en los planes de 1983 y de 1987 del Distrito Federal y en el plan de 1985 en los municipios conurbados del Estado de México, sin embargo al desarrollo del sistema no se ha llevado a cabo.

El establecimiento de caminos y carreteras realizado por el Sector Federal de Comunicaciones, ha jugado un papel importante en la determinación del crecimiento urbano y la ocupación territorial, sin embargo, la localización de las carreteras no ha tenido relación estrecha con el planeamiento territorial de la metrópoli.

#### ORIGEN Y DESTINO EN LA ZONA METROPOLITANA Y LA REGION CENTRO.

Los estudios de origen y destino, elaborados por el Departamento del Distrito Federal y el Estado de México de 1983 y actualizados en 1985, para el Distrito Federal, el área conurbada (17 municipios del Estado de México), y la Región Centro, indican que el 69.3 % de los viajes se realizan en la zona central de la ciudad. El 14.7 % en forma radial, entre la zona central y la zona conurbada. Los viajes circulares, en la zona conurbada sin tocar el centro representan el 3.54 % y los viajes circulares en la Región Centro sin tocar la ciudad el 3.1 %. Los viajes radiales de la metrópoli a las ciudades de la Región Centro el 1.33 %.

## MOVILIDAD DE LA POBLACION.

Un fenomeno significativo en la movilidad de la poblacion en las ciudades, es que a medida que estas se desarrollan, aumentan las actividades manufactureras, las comerciales y los servicios y tambien aumenta la frecuencia con la que viajan los habitantes. En la ciudad de Paris, entre 1965 y 1990 el promedio de viajes por persona al dia aumento de 1.8 a 2.4. En ese mismo periodo, en la Ciudad de Nueva York los viajes diarios por persona aumentaron de 2.9 a 3 y en la ciudad de Mexico de 1.2 a 2. Segun estimaciones de la Comision de Transporte del DDF, en el area metropolitana de la ciudad de Mexico, el promedio de viajes por persona al dia, aumentara a 2.2 para el año 2000 y a 2.3 para el año 2010.

En 1985 se efectuaron en el Area Metropolitana de la Ciudad de Mexico 22 millones de viajes-persona-dia. Se estima que los viajes para 1990 aumentaron a 31 millones diarios, que para el año 2000 aumentaran a 40 millones y para 2010 a 77 millones. La magnitud de estas estimaciones permite visualizar la muy significativa demanda de transporte que tendra en el futuro proximo el area metropolitana.

## MOTORIZACION.

A partir de 1950, los automoviles se multiplicaron en el mundo. En 1980 habia 350 millones de automoviles y se estima que para 1990 habia 660 millones. El aumento de vehiculos ha superado al crecimiento de poblacion. Durante la decada de los ochenta, la tasa anual de crecimiento de vehiculos en el mundo fue del 17 % en tanto que la po-

biacion crecio con un promedio anual de 2.5 %. En 1960 habia un vehiculo por cada 19 personas en el mundo; en 1980 descendio a 14.3 y para 1990 a 9 personas por vehiculo. En los Estados Unidos de Norteamerica en 1980 el indice de motorizacion era de 2 personas por vehiculo.

En el Distrito Federal, el indice de motorizacion tambien ha aumentado. En 1950 era de 41 habitantes por vehiculo y para 1990 se estima que es de 2.7 habitantes por vehiculo. (vease el cuadro siguiente). Los aumentos de las actividades comerciales e industriales continuan generando vehiculos de carga, y el crecimiento de la clase media genera la adquisicion de automoviles.

En la Zona Metropolitana el 80 % de los vehiculos automotores son automoviles y transportan solo el 20 % de los viajes que se realizan en la zona, lo cual demuestra su ineficiencia. El 80 % de los viajes diarios son efectuados en transporte colectivo que representa solo el 5 % de los vehiculos del area metropolitana. El uso del automovil ha demandado de una constante ampliacion de la red vial en la metropoli, con altos costos, sin embargo su baja eficiencia como medio de transporte no compensa las erogaciones de infraestructura que paga la poblacion.

#### LA RED VIAL PRIMARIA.

La red vial primaria esta constituida con las arterias principales del area metropolitana que interconectan la ciudad; las vias secundarias prestan servicio a zonas especificas de la ciudad y las



Las terciarias tienen funciones de comunicación local.

El rápido crecimiento de la ciudad, a partir de los años cuarenta supuso la capacidad de la administración pública para proveer y construir una red vial primaria adecuada para la metrópoli. El aumento de la densidad de población y de la intensidad del uso del suelo, gestiona y continúa gestionando que las vías de circulación primaria se congestionen, paralizándose en horarios críticos, la circulación en la ciudad. Este problema se agrava con los frecuentes cambios del uso del suelo y el aumento de la densidad de población a límites inconvenientes.

Las vías primarias más significativas son los accesos carreteros a Querétaro, Pachuca, Puebla, Cuernavaca y Toluca, el anillo Periférico Poniente, el Anillo Interior, el sistema de vías Radiales, el de Ejes Viales construidos en su porción inscrita en el Circuito Interior y otras calzadas que comunican a la ciudad. En la zona conurbada la viabilidad primaria es reducida, las vías principales son radiales y como única vía circular periférica se extiende la López Portillo, en un arco que va de la carretera de Querétaro a la de Puebla.

El continuo crecimiento incontrolado de la ciudad, sobre todo en la zona conurbada, requiere de nuevas vías primarias que tienen que abrirse paso sobre áreas ya construidas. El crecimiento del área urbana en la periferia metropolitana es muy considerable y la demanda de red vial primaria aun no está constituida.

A medida que se desarrolla la zona metropolitana, la necesidad de aumentar su comunicación con el exterior también es mayor. En la Región Centro se desarrolla un sistema de ciudades que tienen cada día

mayor interdependencia. Toluca, Cuernavaca, Puebla, Toluca y otras ciudades menores forman parte de la Megalopolis del Centro. La construcción de carreteras promueve el desarrollo del área urbana y del área exterior. A los lados del camino se ensancha la ciudad y se establecen nuevos asentamientos no previstos en zonas más alejadas.

#### EL SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE.

En los años setenta, el DDF elaboró el plan para operar el sistema intermodal de transporte, constituido por el Metro, trolebuses, autobuses, minibuses y taxis colectivos. Este sistema se viene estableciendo de acuerdo a los recursos económicos del propio Departamento, otorgando prioridad al sistema Metro, las líneas de autobuses y al sistema vial primario.

Debido a la mala experiencia obtenida en la concesión de rutas de autobuses, el Departamento optó por establecer el Metro y las líneas de trolebuses y autobuses (Ruta 100), como empresas dependientes del gobierno urbano, otorgando concesiones solo a microbuses y taxis colectivos. Los permisos de operación de las unidades se otorgan en forma aislada a propietarios individuales y no hay un organismo privado que garantice los servicios de las rutas concesionadas.

El sistema de transporte público en la zona conurbada del Estado de México se integra con los servicios de autobuses, minibuses, taxis colectivos y taxis. En el territorio no existen los sistemas del Metro o de trolebus. Los transportes están concesionados a la empresa privada. Otra pequeña porción del servicio la presta COTREM, con au-

HABITANTES POR VEHICULO EN EL DISTRITO FEDERAL.

(Índice de Motorización)

ANO	POBLACION D.F.	VEHICULOS DE MOTOR	HABITANTES POR VEHICULO
1920	1'229,576	31,944	38.5
1940	1'757,000	43,134	40.7
1950	3'050,442	74,327	41.0
1960	4'870,875	248,040	19.6
1970	6'874,000	717,672	9.6
1980	8'831,075	1'869,608	4.7
1990	8'236,160	3'000,000	2.7
2000	10'778,764 (1)	4'400,000	2.4
2010	11'183,533 (1)	6'270,000	1.8

DISTRIBUCION DE VIAJES DIARIOS Y NUMERO DE UNIDADES EN EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO EN LOS DISTINTOS MEDIOS DE TRANSPORTE ESTIMADO PARA 1995.

SISTEMA	No. DE VIAJES DIARIOS		No. DE VEHICULOS	
METRO	8'526,000	26%	2,404	0.03%
TROLEBUS	882,000	3%	1,316	0.03%
AUTODUS URBANO (1)	8'644,000	26%	7,136	0.18%
AUTODUS SUBURBANO (2)	4'116,000	14%	7,503	0.18%
TAXI	2'646,000	9%	170,000	4.48%
AUTOMOVIL	5'400,000	19%	3'611,641	95.05%
TOTAL	29'400,000		3'800,000	

total de empresa estatal. El servicio de transporte en la zona conurbada es de mala calidad e insuficiente.

La organización del transporte en cada entidad (Distrito Federal y conurbada de Estado de México), es independiente y se maneja con planes, programas y recursos separados. Las líneas de servicio de una y otra entidad se suspenden en la zona fronteriza, haciendo transbordos.

Las políticas para establecer las tarifas son diferentes en el D.F. y la zona conurbada. El DDF otorga subsidios al transporte colectivo para mejorar las condiciones económicas de los estratos económicos debiles, en tanto que en el Estado de México no existen recursos y la operación de compañías privadas fijan tarifas más altas.

Aun cuando se han realizado acciones para coordinar los planes y programas para establecer un sistema de vialidad primaria y un sistema intermodal integral para el área metropolitana, no se ha llegado a conformar una política sólida para el transporte metropolitano.

#### DISTRIBUCION MODAL DE VIAJES EN EL AREA METROPOLITANA.

Se estima que en la Zona Metropolitana en 1985 se realizaron unos 25 millones de viajes por persona diariamente. De ellos el 81 % se efectuaron en unidades de transporte colectivo (Metro, autobús, trolebus y taxi) y sólo el 19 % en automóvil. El número de unidades de transporte en el área metropolitana para la misma fecha fue de 3 600,000 de los cuales 3 011,041 eran automóviles, que representaron el 95 % del total de vehículos y 183,359 unidades de autotransporte de pasajeros incluyendo el Metro, que representa solo el 5 % (vease

el cuadro anterior.

Para 1988 el parque vehicular de autobuses y trolebuses en la Zona Metropolitana era de 15,955 unidades y transportaba el 43 % de los viajes diarios. El número de unidades ya muy reducido, disminuyó a 13,472 en 1990, debido al deterioro de las unidades y a la falta de recursos para su reposición. La diferencia en el servicio de autobús y trolebus, obliga a los usuarios, cada vez en mayor medida, a recurrir al microbus y los taxis colectivos, que son más costosos.

#### CONTAMINACION ATMOSFERICA.

Los problemas de contaminación atmosférica se encuentran relacionados en un 90 % con los procesos de consumo energético y la combustión de hidrocarburos. El transporte es el consumidor más importante de energía y representa casi el 50 % de la demanda de hidrocarburos en el área metropolitana de la ciudad de México, la industria consume un 25 % y las termeléctricas el 14 %. Entre los energéticos de mayor consumo en el área metropolitana destacan la gasolina con el 35 %, el gas natural con 20 % y el diesel con 14 %.

El alto consumo de hidrocarburos del transporte metropolitano se debe a la gran cantidad de automóviles en circulación y a la ausencia de orden en la estructura urbana.

La manera de disminuir la contaminación atmosférica originado por el transporte, debe enfocarse por una parte a disminuir el número de vehículos que consumen hidrocarburos principalmente gasolina, y por la otra, a disminuir el grado de contaminación de los hidrocarburos durante la combustión.

Entre las finalidades establecidas por el Departamento del Distrito Federal y del Estado de México, están: aumentar el parque vehicular movido por energía eléctrica (Metro y trolebus); disminuir el número de taxis colectivos en favor de minibuses y autobuses; disminuir el número de automóviles en circulación (un día sin auto) y mejorar la calidad de la gasolina para aminorar el grado de contaminación durante la combustión.

#### ADMINISTRACION DEL TRANSPORTE.

Los planes y programas para el transporte en la ZMCM, se establecen en dos ambitos territoriales por separado: el Distrito Federal y los Municipios conurbados del Estado de México. En la región Centro del País que comprende a la Zona Metropolitana y el Sistema de Ciudades Ferriéricas, el transporte es organizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal.

En el Distrito Federal, el Departamento maneja el transporte a través de la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, creado en 1980. El primer plan integral de transporte se realizó en 1982 con el nombre del Plan Rector de Vialidad y Transporte del Distrito Federal, que fue revisado en 1985. Para administrar los servicios de transporte propiedad del Departamento se han establecido los organismos: Sistema de Autobuses Ruta 100, Sistema de Transporte Eléctrico y Sistema de Transporte Colectivo Metro. Más tarde, se creó la Coordinación General de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal.

El DDF concesiona los servicios de microbús, combi, taxis colectivos y taxis a la empresa privada.

En el Estado de México se constituyó en 1975 la Comisión de Transporte del Estado de México, COTREM, encargada de realizar proyectos, programas y otras para el transporte en el Estado y maneja las concesiones o permisionarios de autobuses, microbuses, combis, taxis colectivos, taxis y camiones de carga en el Estado y en la zona conurbada de la Ciudad de México. COTREM administra la empresa de autobuses del Estado que presta servicio en la zona conurbada.

Para establecer la coordinación entre los territorios en 1990 se estableció la Comisión Metropolitana de Comunicaciones y Transportes, entre DDF y el Estado de México. Esta Comisión tiene autoridad limitada a concentrar acuerdos para mejorar comunicaciones y transportes entre los territorios pero, hasta la fecha no se encarga de la planeación y desarrollo integral del transporte metropolitano.

Aún cuando los acuerdos para ajustar los dos sistemas, alivian algunos problemas, trae consigo inconvenientes significativos como el de los transbordos. En la frontera territorial se genera altos costos y pérdida de tiempo para los usuarios. Es necesario crear una Comisión de Comunicaciones y Transportes Metropolitanos con autoridad para planear y conducir el desarrollo del sistema de transporte metropolitano y de la Región Centro.

Entre los aspectos de mayor relevancia deben determinarse la red vial primaria, la red metropolitana del Metro, la política que define la conveniencia de manejar el sistema de transporte de propiedad pública, privada o mixta y el proyecto del sistema de transporte intermodal.

#### ASPECTO FINANCIERO.

Las finanzas del transporte publico de pasajeros depende de la posibilidad de que las tarifas y el volumen de pasajeros sean capaces de costear las erogaciones del servicio.

Las cuotas del servicio de transporte incluyen la recuperacion del costo de las instalaciones y de la operacion, y en el caso de transportes en via propia, el costo de las vias y los derechos de via. Las erogaciones que origina el sistema de transporte, determinan las tarifas, si se desea establecer planes financieros sanos y hacer rentable la operacion. De plantearse operaciones sanas es posible que el Estado o la empresa privada opere financieramente el servicio mediante una administracion apropiada.

En la Ciudad de Mexico la capacidad de pago de transporte por los usuarios es reducida, debido a la pobreza de la mayor parte de sus habitantes. Este factor ha motivado que la politica de gobierno, se incline por otorgar subsidio al transporte colectivo. Esta politica ha determinado en gran medida la adquisicion del transporte de tran-  
sias, la constitucion de los organismos Ruta 190 y del Metro.

En la Ciudad de Mexico el 70 % de la poblacion economicamente activa percibe ingresos inferiores a 1.5 veces el salario minimo. Como es sabido, el salario minimo representa teoricamente un ingreso de subsistencia para la familia, y a partir de la crisis economica nacional de 1982, ha sufrido un deterioro significativo. El gobierno federal se ha inclinado a subsidiar alimentos basicos, servicios urbanos en la ciudad de Mexico (agua, drenaje, energia electrica y



transporte, regularización de la propiedad de la tierra, y otros que en su conjunto se estima pueden significar un 50 % del salario mínimo como ingreso adicional.

En la administración del transporte esta situación ha acarreado condicionantes desfavorables. Se ha centralizado el servicio del transporte en el DDF lo cual restringe las inversiones a los recursos propios del Departamento y no aprovecha la inversión privada; la ampliación de los servicios supereditada a los recursos que tiene el Departamento para subsidiar más unidades que es muy reducida; las finanzas no son claras debido a que los resultados no requieren presentar números balanceados sin pérdidas.

En el caso del Metro las cuantiosas inversiones de construcción y la adquisición de la mayor parte del equipo, no han sido tomadas en cuenta para fijar las tarifas, aun cuando en algunos informes se menciona que quizá se recuperen a muy largo plazo (80 ó 100 años).

Actualmente las tarifas del transporte público de pasajeros, que maneja el DDF está subsidiado, sin que se pueda precisar en que medida, debido a que las inversiones significativas no se toman en cuenta. Los recursos para el subsidio se obtienen del presupuesto anual del Departamento, que proviene de los fondos federales. Esto ha producido protesta por parte de la población en otras ciudades, sin embargo, habrá que recordar, que el crecimiento de la metrópoli, se debe en gran parte a la migración de población del campo que busca empleo y mejores condiciones de vida, y proviene de cualquier parte del territorio nacional.

Por otra parte, habrá que tomar en cuenta, que los recursos fe-

derales se otorgan en función de la cantidad de población y la producción económica y la metrópoli genera el 37 % del producto interno bruto nacional, en ella se concentra el 56 % de los empleos fabriles, el 40 % de los empleos de comercio y el 32 % de empleos federales. Estas actividades dependen en gran medida del buen funcionamiento del transporte metropolitano que debiera evitar a toda costa la pérdida de tiempo en los traslados.

El servicio de transporte colectivo en la zona conurbada en el Estado de Mexico es diverso al de Distrito Federal. En esta porción del territorio metropolitano, el transporte no está subsidiado debido a que los recursos del Estado no lo permiten. El transporte colectivo de pasajeros se otorga en conexión a la empresa privada, y las tarifas se fijan para hacer inversiones redituables.

La política de subsidio a los servicios públicos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Mexico, es contradictoria a los objetivos que se persiguen para descentralizarla y disminuir su crecimiento, ya que la oferta del agua, drenaje, luz, transporte, tierra, educación y servicios de salud, con menor costo que en otras partes del país promueve la inmigración y el arraigamiento de la población a la ciudad.

Los subsidios crean dependencia de la población al gobierno, que no es sana para la vida democrática del país, y para la economía, representa un freno significativo al no promover la autoindependencia de la población.

Las finanzas del transporte metropolitano deben plantearse integralmente en el ámbito territorial, evitando los estancos que actualmente representan las entidades federativas. Los recursos públicos

... proyectos deben aprovecharse en forma combinada para prestar el servicio estratégico de transporte que constituye el eje para el funcionamiento de la metrópoli.

#### 4. MATERIAS.

##### CLASIFICACION Y DEFINICIONES.

De arterias Principales. Destinado al movimiento de tránsito entre zonas y a través de la ciudad y de acceso directo a los límites de la circunscripción sujeto a un control necesario de entradas y salidas y otras facilidades.

##### CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS.

Los principales factores que se incluyen en el diseño de los sistemas de calles son:

- a) Deseos de viaje.
- b) Necesidades de acceso a las zonas en desarrollo.
- c) Red local existente.
- d) Uso actual y futuro de la tierra.

##### ARTERIAS PRINCIPALES.

Debe servir como red principal para dar fluidez al tránsito de paso. Por lo tanto, las arterias principales deben seleccionarse para unir zonas de generación de tránsito y los caminos rurales importantes que entren a la ciudad. Estas calles deben estar coordinadas con los sistemas de vías rápidas existentes y los propósitos para distribuir y recoger el tránsito de paso a y desde los sistemas colectores locales.

La continuidad de las rutas es importante ya que de otra manera los movimientos de tránsito de paso, se retardan. El sistema de arte-

rias principales disenadas racionalmente, sera de suma ayuda para definir la zonificacion de la ciudad. Con objeto de asegurar que, las calles locales y colectoras sirvan su proposito primario, de proporcionar accesos y circulacion local, las arterias principales no deben ser mas de 1,500 mts.

(INCL. II)

#### PROPUESTAS DE LONGITUDES DE CALLES

POBLACION	PORCIENTO DE KILOMETRAJE EN CADA SISTEMA		
	VIAS RAPIDAS	ARTERIAS PRINCIPALES Y CALLES COLECTORAS	CALLES LOCALES
Menos de 25,000	•	25-35	65-75
25,000 a 150,000	•	20-30	70-80
150,000 a 500,000	•2-5	20-25	75-80
Arriba de 500,000	•5-6	20-25	75-80

Tabla N° 2

RESUMEN DE CRITERIOS PARA CLASIFICACION DE CALLES

Funcion tipo de servicio	Vias Rapidas	Arterias Principales	Colectores	Locales
Incubiento	Primario	Primario	Igual	Secundario
Accesos	Ninguno	Secundario	Igual	Primario
Localidad de origen principal	Mas de 4,5 kms.	Mas de 1,5 kms.	Menos de 1,5 kms.	Menos de 750 mts.
Uso para el tránsito	Rápido	Regular	Regular	Ninguno
Uso de tierra	Generadores principales y centro de la Ciudad	Generadores secundarios y centro de la Ciudad	Areas Locales	Zonas Individuales
Carinos	Nacionales y Estatales Primarios	Estatales Primarios y Secundarios	Caminos Municipales	Ninguno
Separacion	1,5 a 4,5 kms.	1,5 kms.	750 mts.	-----
Porcentaje de Sistemas	0 - 8		20-35	65-80

En la mayoría de las ciudades se podrá desarrollar velocidades de 40 a 60 km/h si el sistema de arterias principales está provisto para proporcionar un adecuado servicio. Deberán obtenerse velocidades de 40 km/h en las horas de máxima demanda.

El uso de los carriles para estacionamiento, para carga y descarga de mercancía, se podrá permitir solo si se puede mantener las velocidades mencionadas. Cuando estas necesidades se convierten más importantes que las de movimiento, cuando las necesidades de acceso deben satisfacer en detrimento del movimiento, este sistema no debe clasificarse como arteria principal.

Fuente que el sistema aloja las rutas de transporte masivo, debe tomarse las provisiones para el ascenso y descenso de pasajeros.

La capacidad en valor promedio no puede ser mayor que 350 vehículos por hora, cuando el estacionamiento este prohibido por cada 3.30 mts. de ancho en las horas de máxima demanda. Las arterias principales con un sistema eficiente de regulación del tránsito, incluyendo semáforos sincronizados y circulación en un solo sentido, la capacidad debe de ser ceder de 600 vehículos por hora por cada 3.30 metros de ancho de quiebravías a quiebravías, cuando el estacionamiento este prohibido. En las arterias con este sistema deben de tener un mínimo de 4 carriles, de quiebravías a quiebravías, excepto cuando se utilice un solo sentido.

Las tasas de accidentes para arterias principales no deben de exceder de 3.0 o de 1.0 accidentes mortales o con heridos respectivamente por cada 100 millones de vehículos kilómetros en secciones divididas y de 3.75 o 1.25 respectivamente, para secciones no divididas.

TABLA N° 3  
 CARACTERISTICAS DE OPERACION MINIMAS DESEABLES

TIPO DE CALLES	VELOCIDAD (K/H)		ACCIDENTES POR CADA 100	
	NOVA MAXIMA	MO MAXIMA	MILLONES DE VEHICULOS	
Vías Rurales			(Mortal)	(Lesiones)
Accesos controlados	55	55-60	1 a 1.25	30-37.5
Accesos parcialmente controlados	55	55-80	1.25-2.0	37.5-62.5
Accesos no controlados				
CALLE DE CARRETERA				
Distrito	40	40-55	1.25-3.0	47-94
Suburbano	40	40-55	2.0-3.75	62.5-125
Centenario	30	30-40	1.25-2.5	37.5-50
CALLE LOCAL				
Residencial	15	15-30	0.0-0.6	3.0-12.5
Industrial	15	15-30	0.0-0.6	0.6-12.5
Residencial	15	15-30	0.0-0.6	0.3-6.3

#### DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL.

Corregir las deficiencias del diseño geométrico es más difícil y costoso en áreas urbanas que en las rurales. Como regla general, los espacios disponibles para incrementar el ancho de la superficie de pavimento o cambiar otra característica del diseño está seriamente limitada por el comercio, la industria y otros desarrollos de uso de tierra. Por lo tanto, es más importante proporcionar anchos adecuados, pendientes, curvaturas, distancias de visibilidad y otros



elementos geométricos en todas las nuevas construcciones.

#### SECCION TRANSVERSAL.

##### NUMERO DE CARRILES.

El número de carriles dependerá de los volúmenes actuales y futuros, de los requisitos de movimiento tanto de frente como en vueltas así como las necesidades de acceso. Usualmente, estos factores no son de principal importancia en las calles locales residenciales de habitaciones unifamiliares.

En los sistemas de arterias principales el número de carriles recomendados es un máximo de 6. Cuando los volúmenes de tránsito indican la necesidad de incrementar, es deseable considerar el desarrollo de una vía paralela en lugar de la arteria principal aunque tenga excedentes de control parcialmente controlada.

##### ANCHOS DE CARRIL.

La seguridad y la eficiencia, tanto como la capacidad, de una calle se proporciona cuando se dan anchos adecuados a los carriles. Los anchos que se requieren dependen del tipo y tamaño de los vehículos, los volúmenes de tránsito y las velocidades de recorrido.

Los anchos mínimos recomendables para cada sistema de calles se dan en la tabla #4. Estos deben de ser considerados como los mínimos e incrementables, cuando sea posible, 30 cms.

TABLA N° 4  
 RECOMENDACIONES MINIMAS EN EL DISEÑO  
 GEOMETRICO DE VIAS URBANAS.  
 SECCION TRANSVERSAL

SISTEMA DE CALLES						
ELEMENTO	VIAS RAPIDAS		COLECTORAS		LOCALES	
	ARTERIAS		DENSIDAD		DENS.	
	PRINCIPALES		BAJA	ALTA	BAJA	ALTA
No. de carriles	4 o mas	4-6	3	4	2	2-4
Ancho del vta.						
Carriles de coleccion	3.50	3.30	3.00	3.30	3.00	3.30
Carriles aux- iliares	3.00	3.00	3.00	3.00	2.40	3.00
Carrilero central	3.00	3.00	-	-	-	-
Banquetas (1)	4.50 (2)	3.50	3.00	2.40	3.00	2.40
Derecho de via	30.0	30-35	18	24	15-19	15-24

(1) Incluye las zonas verdes entre guarnición y andador en su caso.

(2) Acotamiento.

Quando se emplean carriles auxiliares en las intersecciones para las vueltas a la izquierda o a la derecha, estos deben ser por lo menos de 3 mts. de ancho.

Un conductor permite un claro lateral de aproximadamente 90 cms.

entre su vehículo y los vehículos estacionados, las barreras, o cualquier otro objeto que se encuentre cerca de la orilla del pavimento. Por lo tanto, es deseable agregar 60 cms. a cada carril de guarnición a guarnición para tomar en cuenta los obstáculos laterales. Esto permitirá a cada conductor operar en el medio de los carriles auxiliares.

#### BANQUETAS.

En los sistemas de calles que se justifique, la banqueta incluye un andador para peatones y una zona libre entre la orilla exterior del andador y la guarnición que se puede destinar como zona verde.

Esto tiene las ventajas siguientes:

- 1.-Proporciona seguridad para los niños que juegan o caminan a cada lado.
- 2.-Se elimina el conflicto que representa a los peatones los botes de basura que se dejan esperando a que sean recogidos, ya que la zona verde le sirve de almacenamiento temporal.
- 3.-Las obras de acceso a las cocheras ya que este ancho adicional permite pendientes de acceso más suaves.
- 4.-Se disminuyen los peligros de colisión o atropellamiento por la colocación del andador distante de la guarnición y por las plantaciones que pudiera haber en el área verde.
- 5.-Los peatones tienen una menor posibilidad de que sean salpicados al paso de los vehículos.
- 6.-Se proporciona una área ideal para todo tipo de instalaciones, ya sea aéreas o en el subsuelo (ductos telefónicos, se-

maforos, etc.)

#### CAMELIONES.

Deben de ser por lo menos de 6 mts. de ancho. A lo largo de puentes cuando estos son extensos o en las zonas donde el terreno es muy costoso, se pueden utilizar camellones centrales mas angostos, pero su ancho nunca debiera ser menor de 3.00 mts. a menos que se proporcione una division tipo barrera. En las vias de acceso rapido o en otras calles que se encuentran divididas con intersecciones a nivel, el ancho preferible del camellon en intersecciones principales es de 6 mts. y no menor de 3.60, con objeto de permitir carriles especiales dentro del camellon para dar las vueltas.

#### DISTANCIA DE VISIBILIDAD.

Un aspecto primario en el diseño de calles urbanas es el control de las pendientes, curvaturas y construcciones en las intersecciones para asegurar una distancia de visibilidad adecuada para una operacion segura y eficiente. Existen tres formas de distancia de visibilidad: de parada para el rebase de vehículos y para las intersecciones. Las distancias de visibilidad minimas de parada para variar velocidades de diseño se dan en la tabala 5. Se han derivado de un tiempo de percepcion reaccion de 2.5 segundos y un coeficiente de friccion que varie de .38 a 30 kms. por hora a .30 a 96 km/h.

TABLA N° 5

DISTANCIAS MINIMAS DE VISIBILIDAD, EN METROS

Velocidades en km/h.	30	40	50	60	70	80	100
Distancia de visibilidad de parada (horizontal).	20	30	40	60	80	100	150
Distancia de visibilidad de rebase (2 carriles).	150	200	280	350	450	500	600
Distancia de visibilidad de rebase (3 carriles).	-	-	-	250	300	350	400

En intersecciones controladas con semáforos no se requiere más que la distancia de visibilidad que proporciona la calle, sin embargo, en intersecciones no controladas y en aquellas controladas solamente por la señal de alto, debe de establecerse distancia de visibilidad adecuada que permita detenerse y cruzar con seguridad.

En una intersección donde el tránsito está controlado por la señal de alto en la calle secundaria, es necesario por razones de seguridad, que el conductor del vehículo que se detiene vea lo suficiente de la calle principal para que esté en condiciones de cruzar antes que un vehículo alcance la intersección aun cuando este vehículo lleve a su vista precisamente cuando el vehículo parado inicia su maniobra de cruce. Las distancias de visibilidad que se requieren

a lo largo de caminos principales se dan en la tabla 6.

TABLA N° 6

DISTANCIAS DE VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES

	Distancia a lo largo de la calle principal desde la interseccion para permitir que los vehiculos de la calle lateral crucen con seguridad. (metros)								
	Velocidad de diseño 48 k/h			Vel. de diseño 64 k/h			Vel. de diseño 80 k/h		
	Ancho del pavimento			Ancho del pav.			Ancho del pav.		
	2 carr	4 carr	6 carr	2	4	6	2	4	6
Vehiculos de pasajeros (autom.)	70	105	120	120	135	150	150	180	195
Autobuses y camiones sencillos	120	143	158	165	188	210	202	233	255
Camiones combinados	158	180	195	210	233	263	255	292	323

CURVATURA.

FALLA DE ORIGEN

La curvatura horizontal está relacionada con la velocidad de diseño y la sobreelevación. Sobreelevaciones muy altas son impracticables en áreas densamente construidas o donde la nieve o el hielo crean situaciones críticas. Relaciones máximas de 0.06 a 0.08 son las más comunes. La curvatura no es un elemento del diseño tan importante de las calles continuas urbanas como lo es en los caminos rurales, sin embargo, en el diseño de vías rápidas y en algunas calles principales la curvatura máxima y mínima para el uso de longitudes mínimas de espiral deben de estar de acuerdo con los requisitos de la velocidad de diseño. La tabla 7 da los grados máximos de curva y la sobreelevación para diferentes velocidades de diseño.

TABLA N° 7

RADIOS Y GRADOS DE CURVATURA MÁXIMOS

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	PENDIENTE TRANSVERSAL MÁXIMA			
	e = 0.08		e = 0.06	
	G	R	G	R
30	58	19.76	55	20.83
40	28	40.93	26	44.07
50	16	71.62	15	76.39
60	10	114.59	9	127.32
70	7	163.70	6.5	183.34
80	5	229.18	4.5	254.65
90	4	286.48	3.5	327.40
100	3	381.97	2.75	416.69

Radios de curvatura adecuados son importantes de establecer en el diseño a fin de que las operaciones de giros en las intersecciones se realicen en forma segura y eficiente. En las calles colectoras y arterias principales, es necesario proporcionar una curvatura en las esquinas con un radio de 4.50 a 7.50 mts. para vehiculos de pasajeros y de 9.0 a 15.0 mts. en las calles donde usualmente se movilizan camiones de carga y autobuses.

#### PENDIENTES MAXIMAS Y MINIMAS.

La proximidad de las intersecciones y la necesidad para los cambios frecuentes de velocidad y las paradas, hacen deseable usar pendientes muy ligeras en las áreas urbanas siempre que sea posible.

Tanto en arterias principales como en las vias rapidas, las máximas pendientes serán de 3 al 4 % particularmente dentro de la zona de influencia de las intersecciones o de los intercambios. Pendientes del 5 y 6 % pueden aceptarse en forma ocasional si son en distancias cortas. Los mismos valores se aplican generalmente a las rampas aunque en casos especiales pueden aceptarse pendientes de subida del 7 % y del 8 en las bajadas.

Para garantizar un drenaje adecuado, las pendientes mínimas no serán menores de 0.5 %.

La tabla B resume las recomendaciones para el diseño geométrico en las vias urbanas en sus características longitudinales.



TABLA N° 8

RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS.  
 CARACTERISTICAS LONGITUDINALES.

	VIAS RAPIDAS	ARTERIAS PRINCIPALES	COLECTORAS	LOCALES
Velocidad de diseño (km/h)	80	60	40-55 (1)	30-50 (1)
Pendiente máxima (%)	3	4	8	12
Pendiente mínima	0,5			
Longitud máxima de calles cerradas (m)	-	-	- 100-200 (2)	
Radio mínimo del retorno en calles cerradas (m)	-	-	-	15
Anchura de vía				

(1) Varía conforme al tipo de terreno y densidad de construcción.

(2) 200 metros para bajas densidades de construcción y 100 metros las

demás casos.

#### 4.2 OPERACION DEL TRANSITO.

A) Las señales restrictivas, por regla general, se colocaran en el punto mismo donde existe la restriccion o prohibicion. Debe estudiarse cuidadosamente su colocacion para evitar señales innecesarias.

B) Las señales informativas se colocaran en donde un estudio previo indique las necesidades de su uso. Cuando en una interseccion de importancia las señales informativas de destino se usen en conjunto con una preventiva, se colocara una informativa despues de la decision. El manual incluye, varios ejemplos de señales para diferentes tipos de intersecciones o situaciones en el camino.

Las señales informativas se situaran de tal manera que esten cuando menos a una distancia minima de 60 m de otra, aunque en zona urbana deben hacerse ajustes en ciertos casos de espacio muy limitado.

Las señales informativas de Servicios se podran colocar en caminos de alta velocidad y autopista en general a 5 km, a 1 Km, a 500 m, 250 m y en el lugar de salida o acceso.

#### DISTANCIA LATERAL.

La distancia lateral entre la orilla del pavimento y el extremo inmediato del tablero se determinara como sigue:

A) Para caminos con acotamientos menores de 2.40 m, en terraplenes de 0 a 1 m. Contando el desnivel entre el homero y el 0 del talud, el poste se colocara en el talud o en el terreno natural, de manera que la orilla interior de la señal quede a 2 m de la carpeta. Para terraplenes mayores de 1 m de alto, la señal na-

tural, de manera que la orilla interior de la señal quede a 2 m de la carpeta. Para terrapienes mayores de 1 m de alto, la señal se colocara de modo que su orilla interior coincida con la vertical del hombro; cuando el camino este en corte, el poste debera colocarse en el talud al nivel del hombro.

B) En zonas urbanas, la distancia entre la orilla del tablero y la orilla de la banqueta debera ser de 30 cm.

C) En señales elevadas el poste o soporte de ella debera estar de 2 a 3 m de la orilla de la carpeta y en autopistas preferentemente fuera del acotamiento de 2.40 m o mas, el poste se colocara en el hombro; si la señal lleva dos postes, el interior ira en el hombro.

#### ALTURA.

En caminos, la parte inferior del tablero de la señal quedara a 1.50 m sobre el hombro y en calles a 2.00 m sobre el nivel de la banqueta. La altura de las señales elevadas sera de 4.50 m sobre el nivel del pavimento.

#### ANGULO DE COLOCACION.

El tablero de las señales debera quedar siempre en posicion vertical, a 90° con respecto al eje del camino. En señales elevadas conviene darle cierta inclinacion hacia abajo, de 5°.

#### LETREADO EN EL REVERSO DE LAS SEÑALES.

Todas las señales, excepto las señales elevadas, llevaran, en la parte posterior encerrado en un rectangulo de 15 por 8 cm, con letras negras el texto que figura a continuacion:

NO DANAR.

Se impondran de 15 días a 2 años de prision, o multa al que de cualquier modo destruya, inutilice, apague, quite o cambie una señal establecida para la seguridad de las vias generales de comunicacion o medios de transportes, Art. 535 de la Ley de Vias Generales de Comunicacion.

#### COLOR DE LOS POSTES Y REVERSO DE LAS PLACAS.

Independientemente de los colores caracteristicos de cada tipo de señales, todas llevaran el poste y el reverso pintados en color aluminio.

#### SENALES PREVENTIVAS.

##### DEFINICION.

Las señales preventivas tienen por objeto advertir al usuario la existencia y naturaleza de un peligro en el camino.

##### USO.

En cuanto a su objeto, las señales preventivas se usaran en los siguientes casos:

- A) Cambios de alineamiento horizontal.
- B) Intersecciones de caminos o calles.
- C) Reduccion o aumento en el numero de carriles.
- D) Cambios del ancho del pavimento.
- E) Fendientes peligrosas.
- F) Condiciones deficientes en la superficie de rodamiento.
- G) Esacuelas y cruces de peatones.
- H) Cruces de ferrocarril a nivel.
- I) Accesos a vias rápidas.

Imposibilidad de encontrar ganado en el camino.

Proximidad de un semáforo.

Cualquier otra circunstancia que pueda representar un peligro en el camino.

FORMA.

Los letreros de las señales preventivas serán cuadrados y se colocarán con una diagonal vertical. Se fijarán en postes colocados a un lado del camino o sobre la banqueta. Dichos soportes deberán llenar condiciones necesarias de resistencia, durabilidad y presentación.

TAMAÑO.

Los tamaños de las señales preventivas, ya sea que lleven caja perimetral, doblada o sea placas planas en caja, tendrán las siguientes dimensiones en centímetros.

DIMENSIONES	LAMINA COMERCIAL CONVENIENTE PARA UN DESFERDICIO MINIMO	USO
60 x 60 (sin caja)	122 x 244	Caminos estatales y urbanos.
71 x 71 (con caja)	152 x 305	Caminos federales y vías rápidas urbanas.
86 x 86 (con caja)	91 x 187	Caminos de alta velocidad y autopista.
117 x 117 (con caja)	122 x 244	Caminos de alta velocidad y autopista.

COLOR.

Los colores de las señales preventivas serán como sigue: amarillo, para el fondo y negro para los símbolos, caracteres y filete. En caminos de tipo especial, en vías de acceso controlado y en protec-

cion de obras, el fondo de la señal sera siempre reflejante. Para los caminos secundarios y para las zonas urbanas, el fondo reflejante sera opcional. El color del material reflejante debera aproximarse lo mas posible al color amarillo transito.

### SENALES RESTRICTIVAS.

#### DEFINICION.

Las senales restrictivas son las que tienen por objeto indicar al usuario, tanto en zona rural como urbana, la existencia de ciertas limitaciones fisicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el transito en las mismas.

#### USO.

Las senales restrictivas se usaran para reglamentar los siguientes casos:

A) El tipo de paso.

B) El ancho y lo largo del camino.

C) Los movimientos direccionales.

D) Las limitaciones de dimensiones y peso de vehiculos.

E) La prohibicion de paso a ciertos vehiculos.

F) Las restricciones a peatones.

G) Las restricciones de estacionamiento.

H) Restricciones diversas.

#### FORMA.

Las senales restrictivas, excepto las senales de ALTO Y CEDA EL PASO, seran de forma rectangular, con su mayor dimension en sentido vertical, o bien circulares. Estas ultimas en los casos de prohibi-

cion absoluta que no requieren explicacion adicional. La señal de ALTO sera en forma octagonal y la de CEDA EL PASO tendra la forma de un triangulo equilatero con un vertice hacia abajo.

**TAMANO.**

Los tamanos de las señales restrictivas, ya sea que lleven caja perimetral oculta o sean placas sin caja, tendran las siguientes dimensiones:

DIMENSIONES	LAMINA COMERCIAL CONVENIENTE PARA UN DESPERDICIO MINIMO	USO
60x60 (sin caja)	122x244	ALTO. Caminos estatales y urbanos.
71x71 (con caja)	152x305	ALTO. Caminos federal.
70x70x70 (sin caja)	122x305	CEDA EL PASO. Caminos estatales y vias urbanas.
65x65x65 (con caja)	122x305	CEDA EL PASO. Caminos federales.
45x60 (sin caja)	91x183	Camino estatales y urbanos.
56x76 (con caja)	122x244	Camino federales y vias rapidas urbanas.
36x117 (con caja)	91x244	Camino federales de alta velocidad y autopistas.
Diámetro de 70 (con caja)	152x305	Camino federales de alta velocidad y autopistas.
Diámetro de 50 (sin caja)	152x305	Camino estatales y zonas urbanas.

**COLOR.**

La señal ALTO llevara fondo rojo en acabado mate con letras y filete blancos. La señal CEDA EL PASO llevara fondo blanco, franja perimetral roja y leyenda en negro. Preferentemente serán reflejantes. Los colores de las otras señales restrictivas serán: el fondo blanco, el filete negro, el anillo rojo, las letras, números y simbolos en negro.

Quando estas señales indiquen una prohibición, el anillo llevará una franja diametral del mismo ancho que el anillo, inclinada a 45° y siempre bajando hacia la derecha.

En la parte inferior de la señal, bajo el anillo, se pondrá una leyenda complementaria del significado de la señal, en forma breve pero fácil de comprender.

En caminos de tipo especial y en vías de acceso controlado, tanto rurales como urbanas, los colores blanco y rojo serán reflejantes. En los demás caminos y en las calles, la pintura reflejante será opcional.

#### SENALES INFORMATIVAS.

##### DEFINICION.

Las señales informativas son aquellas que sirven para guiar al usuario a lo largo de su itinerario e informarle sobre las calles o caminos que encuentre y los nombres de poblaciones, lugares de interés, etc., y sus distancias; también le proporcionaran ciertas recomendaciones que debe observar.

##### CLASIFICACION Y USO.

Las señales informativas se clasifican en cuatro grandes grupos:

**A-DE IDENTIFICACION.** Se usaran para identificar los caminos según el número que les haya sido asignado. Tendrán forma de escudo, pudiendo este ser pintado sobre una placa rectangular o recortado según la silueta correspondiente. El escudo será de dos formas, según sea camino federal o estatal.

Las flechas complementarias se usaran en conjunto con los escudos



Debe indicar el sentido que sigue el camino. Estos conjuntos de escudo y flecha podrán usarse en zona urbana, para indicar el trayecto que debe seguir el usuario para no salirse de su ruta.

**SEÑAL DESTINO.** Se usará para indicar al usuario el nombre de las poblaciones que encuentre sobre la ruta, el número de esta y la dirección que deberá seguir. Podrán usarse en repetición y en este caso se llaman previas, de decisión y confirmativas, según su posición, a saber: antes de la intersección, en el lugar de la decisión y después de la intersección.

**SEÑAL SERVICIOS.** Son aquellas que identifican lugares donde se prestan servicios generales, como gasolineras, puestos de socorro, teléfonos, etc.

**SEÑAL INFORMACION GENERAL.** Son las que identifican lugares, ríos, puentes, poblaciones, nombre de calles, sentidos del tránsito, deflecciones, postes de kilometraje, etc.

**FORMA.**

Las señales informativas serán de forma rectangular, con su mayor dimensión horizontal, excepto los escudos, las señales de servicios y los postes de kilometraje que tienen su mayor dimensión vertical.

**TAMANO.**

Las señales informativas, ya sea que lleven caja perimetral dorada o que sean sin caja, tendrán las siguientes dimensiones, incluyendo soportes, las que por facilidades de montaje se forman con un tamaño adicional:

DIMENSIONES DE LAS PLACAS INDIVIDUALES	LAMINA COMERCIAL CONVENIENTE PARA UN DESPERDICIO MINIMO	USO
<b>Caminos federales</b>		
Letras de 17.5 centímetros excepto donde se indica otra altura.		
30x40 (sin caja)	91x244	Numero de Carretera (escudo)

DIMENSIONES DE LAS PLACAS INDIVIDUALES	LAMINA COMERCIAL CONVENIENTE PARA UN DESPERDICIO MINIMO	USO
45x150 (sin caja)	91x305	Limite de Estados. Dos renglones
45x190 (sin caja)	91x183	Idem. Para mayor longitud de texto.
45x250 (sin caja)	91x183	Servicios. Zonas Urbanas.
50x80 (sin caja)	122x244	Servicios. Caminos estatales y zonas urbanas.
50x150 (sin caja)	122x305	Varias. Dos renglones.
50x150 (sin caja)	91x305	Varias. Tres renglones.

Una vez escogida tentativamente la serie de letras, se recurre a las "Tablas de Anchura y Espaciamientos", con las que se ajustara la longitud de la leyenda. Para complementar el proyecto de la señal, se observaran las siguientes recomendaciones:

- A) El radio de curvatura para redondear las esquinas de las placas rectangulares sera de 4 cm.
- B) Las distancias de la orilla de la placa al filete, así como el ancho de este mismo, serán iguales y de 1 cm como minimo y 2 cm como maximo.
- C) La distancia de la orilla interior del filete a los limites superior e inferior de los renglones inmediatos, en general, sera

DIMENSIONES DE LAS PLACAS INDIVIDUALES		LAMINA COMERCIAL CONVENIENTE PARA UN DESPERDICIO MINIMO	USO
40x56	(con ceja)	91x183	Idem. Para mayor longitud de texto.
45x60	(sin ceja)	91x183	Idem. Para mayor longitud de texto.
24x30	(sin ceja)	122x244	Flechas.
40x147	(con ceja)	91x366	Entronque a poblado con ramal de poca importancia.
40x178	(con ceja)	91x366	Idem. Para mayor longitud de texto.
40x178	(con ceja)	91x183	Cruce. Tres tableros.
40x239	(con ceja)	91x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
40x178	(con ceja)	91x183	Entronque. Dos tableros.
40x239	(con ceja)	91x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
40x147	(con ceja)	91x305	Confirmacion de ruta. Un tablero.
40x178	(con ceja)	91x183	Idem. Para mayor longitud de texto.
40x239	(con ceja)	91x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
50x117	(con ceja)	122x244	Lugar. Dos renglones, letras de 15 cm.
50x147	(con ceja)	122x305	Idem. Para mayor longitud de texto.
60x244	(sin ceja)	122x244	Elevadas. Un renglón con letras de 25 cm.
60x305	(sin ceja)	122x305	Idem. Para mayor longitud de texto.
60x366	(sin ceja)	122x366	Idem. Para mayor longitud de texto.
122x244	(sin ceja)	122x244	Elevadas. Dos renglones con letras de 25 cm.
122x305	(sin ceja)	122x305	Idem. Para mayor longitud de texto.
122x366	(sin ceja)	122x366	Idem. Para mayor longitud de texto.
122x486	(sin ceja)	122x244 y 122x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
91x366	(sin ceja)	91x366	Elevadas. Un renglón con letras de 30 cm o 35 cm.
91x486	(sin ceja)	91x244 y 91x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
91x549	(sin ceja)	91x244 y 91x305	Idem. Para mayor longitud de texto.

DIMENSIONES DE LAS PLACAS INDIVIDUALES	LAMINA COMERCIAL CONVENIENTE PARA UN DESPERDICIO MINIMO	USO
122x366 (sin ceja)	122x366	Elevados. Dos renglones con letras de 30 cm.
122x488 (sin ceja)	122x244 y 122x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
122x549 (sin ceja)	122x244 y 122x305	Idem. Para mayor longitud de texto.
152x366 (sin ceja)	152x366	Elevadas. Dos renglones con letras de 35 cm.
152x488 (sin ceja)	152x244 y 152x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
152x549 (sin ceja)	152x244 y 152x305	Idem. Para mayor longitud de texto.
30x86 (con ceja)	152x183	Sentido de tránsito, avenidas principales y caminos.
56x147 (con ceja)	122x305	Límite de estados.
56x178 (con ceja)	122x183	Idem. Para mayor longitud de texto.
56x76 (con ceja)	122x244	Servicios.
86x117 (con ceja)	91x244	Servicios. Camino alta velocidad.
56x147 (con ceja)	122x305	Varias. Letras de 15 cm.
86x147 (con ceja)	91x305	Dos renglones.
30x120 (sin ceja)	91x244	Varias. Letras de 15 cm.
CAMINOS ESTATALES Y ZONAS URBANAS LETRAS DE 12.5 CENTIMETROS.		
30x40 (sin ceja)	91x244	Indicador de peligro.
45x60 (sin ceja)	91x183	Numero de carretera. Escudo.
24x30 (sin ceja)	122x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
30x150 (sin ceja)	91x305	Flechas.
30x180 (sin ceja)	91x183	Intersección. Uno, dos o tres tableros. Camino estatal o zona urbana sin numero de carretera.
30x180 (sin ceja)	122x305	Idem. Para mayor longitud de texto.
40x150 (sin ceja)	122x305	Intersección. Uno, dos o tres tableros. Zona urbana con numero de carretera.
20x50 (sin ceja)	122x244	Lugar. Dos renglones.
20x50 (sin ceja)	122x183	Nomenclatura. Letras de 10 cm.
20x60 (sin ceja)	122x244	Idem. Para mayor longitud de texto.
20x60 (sin ceja)	122x244	Sentido del tránsito.

de 0.50 a 0.75 de la altura de las letras mayúsculas.

D) La distancia entre renglones será de 0.50 a 0.75 de la altura de las letras mayúsculas.

E) La distancia de la orilla interior del filete a la primera o a la última letra del renglón más largo será de 0.5 a 1.0 de la altura de las letras mayúsculas.

F) La distancia entre palabras será de 0.5 a 1.0 de la altura de las letras mayúsculas.

G) Cuando haya números, la distancia mínima horizontal entre palabras y número será igual a la altura de las letras mayúsculas.

H) Cuando haya flechas, la distancia mínima entre palabra y flecha será de 0.5 de la altura de las letras mayúsculas.

I) En señales elevadas, la distancia máxima entre flecha y escudo será de 0.5 de la altura de las letras mayúsculas.

J) La altura del cuerpo de las letras minúsculas será de 0.72 de la altura de las mayúsculas o números del renglón.

K) La anchura y separación de las letras mayúsculas y minúsculas será de acuerdo con las tablas incluidas.

L) El modelo de flecha es el mismo para sus tres posiciones: horizontal, vertical, y diagonal. Se usará una en cada renglón y su longitud será de 1.5 veces la altura de la letra mayúscula. Su forma y dimensiones se determinarán de acuerdo con la figura.

M) La separación entre la orilla interior del filete y la punta de la flecha horizontal será de 0.3 de la altura de la letra mayúscula y de 0.5. Se exceptúan los casos en que de un mismo lado de la señal quedan dos flechas, una encima de otra y en distinta po-

sición, en cuyo caso se proporcionará para la que de mayor dimensión horizontal, centrando la otra con esta.

N) Los escudos incluidos en las señales informativas de intersección y confirmación de ruta serán 38 cm de altura por 28 cm de anchura, quedando al nivel del filete que enmarca la leyenda, la flecha y el número, en su caso. Horizontalmente quedará separado 1 cm de la orilla de la placa y del filete, excepto en las señales elevadas. Las señales de intersección en los caminos secundarios no llevarán escudo.

O) Las señales informativas en ningún caso llevarán más de tres renglones de leyenda. Las confirmativas no llevarán flecha.

P) En las señales elevadas no se pondrán más de dos renglones de leyenda.

#### COLORES.

Las señales informativas deben de ser, en general, de fondo blanco en acabado mate, con filete, leyenda, flechas y números en negro. En autopistas y otras arterias importantes, el fondo blanco será reflejante, de preferencia. Las señales informativas elevadas serán de fondo verde mate y filete, leyenda, flechas y números en blanco reflejante. Las señales de servicios tendrán marco azul y símbolo negro, dentro de un cuadro blanco, excepto la SI-25 PRIMEROS AUXILIOS, que llevará símbolo rojo. Cuando la señal lleve la distancia o flecha en la parte inferior, esta será blanca sobre fondo azul, en cuyo caso el cuadro blanco irá desplazado hacia la parte superior.

#### ILUMINACION.

La iluminación de una señal se hará necesaria en aquellos casos

en que la altura de la misma sea de más de 4 m y ciertas condiciones especiales hagan insuficiente el reflejo de los faros del vehículo.

A) Una fuente de luz detrás de la señal, que ilumine el fondo, el símbolo o la leyenda, o una combinación determinada de éstos a través de un material traslúcido.

B) Una fuente de luz montada al frente sobre la señal, destinada a dar una iluminación uniforme.

C) Cualquier artefacto como tubos luminosos, que sigan el contorno, el símbolo o la leyenda, o cualquier efecto luminoso que haga visible la señal durante la noche.

#### LEYENDA.

La leyenda, en términos generales, deberá tener un máximo de tres palabras por renglón, pero ningún caso más de tres renglones. La separación y distribución dentro del tablero de la señal quedará de acuerdo con lo ya recomendado. La separación entre letra será determinada, sin perjuicio de que dicha separación pueda variarse por una mejor presentación del conjunto. Cada destino ocupará solamente un renglón de texto y no se dividirán palabras pasando a un segundo renglón.

#### TIPO DE LETRAS.

El tipo de letras MAYÚSCULAS, MINÚSCULAS Y NÚMEROS, se encuentran series de diversas proporciones, para hacer la selección en tal forma que las leyendas resulten con letreros de altura apropiada y quepan en los tableros cuyas dimensiones aquí se recomiendan en términos generales.

#### LETRAS MINUSCULAS.

Las letras minúsculas se emplearán para las palabras complementarias de los nombres de destino, debiendo ser mayúscula la primera letra de cada frase o palabra aislada, excepto abreviatura de unidades. La altura del cuerpo de las letras minúsculas será de 0.72 de la altura de las mayúsculas o números de un letrero con letras minúsculas deberán ser de la altura de las mayúsculas.



## SEÑALES RESTRICTIVAS



SR-6



SR-7



SR-8



SR-9



SR-10



SR-11



SR-12



SR-13



SR-14



SR-15



SR-16



SR-17



SR-18



SR-19



SR-20



SR-21



SR-22



SR-23



SR-24



SR-25



SR-26



SR-27



SR-28



SR-29



SR-30



SR-31



SR-32



SR-33



SR-34

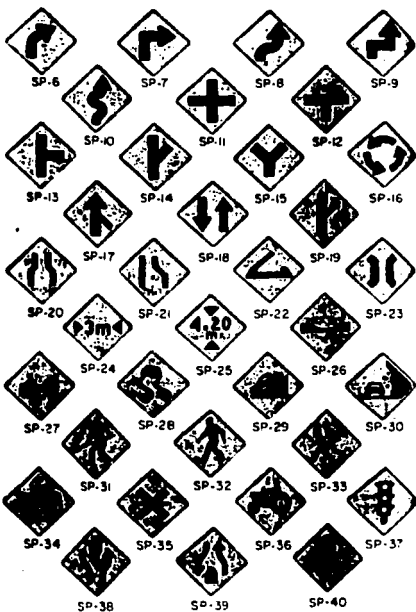


SR-35



SR-36

## SEÑALES PREVENTIVAS



# SEÑALES INFORMATIVAS

NOGALES 105  
SI-18

TAMPICO  
PANUCO  
SI-16

LUIS MOYA  
MINCON DE ROSOS  
TEPEZALA  
SI-15

REFORMA  
INSURGENTES  
SI-19

SAN LUIS POTOSI  
DOLORES HIDALGO  
S. LUIS DE LA PAZ  
SI-15



SI-20

SI-14

TEPEJILTE  
SI-17

SI-23

REYES  
SI-22

CELAYA Luoto  
S. LUIS POTOSI  
SI-21

TERMINO VERACRUZ  
PRINCIPAL TABASCO  
SI-24

TRAMO EN  
REPARACION  
A 150 m  
DP-18

MONTERREY  
1000000 hab  
SI-19

DESVIACION  
DP-21

QUALESLA CUERNAVACA  
SI-21

DESVIACION  
A 150 m  
DP-22

PUEBLA CUAUTLA  
SI-21

CONCEDE CAMBIO  
DE LUCES  
SI-42

SI-21

SI-25



SI-26

SI-27

SI-28

SI-29

SI-30

SI-31

SI-32

SI-33



SI-34

SI-35

SI-36

SI-37

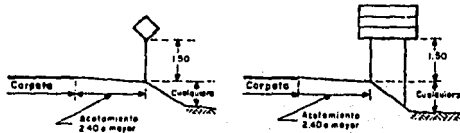
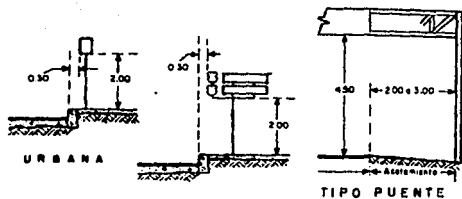
SI-38

SI-39

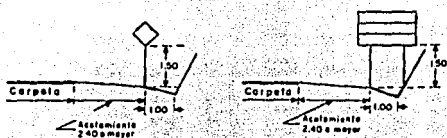
SI-40

SI-41

## ALTURA Y DISTANCIA LATERAL DE LAS SEÑALES



### EN TERRAPLEN



### EN CORTE

NOTA - Dimensiones en metros

FALLA DE ORIGEN

## SEMAFOROS.

### GENERALIDADES.

#### DEFINICION.

Los semáforos son dispositivos eléctricos que sirven para regular y dirigir el tránsito de vehículos y peatones en calles y caminos.

#### UTILIDAD.

Antes de poner a funcionar los semáforos, será necesario que un técnico efectúe un estudio completo de las características de la intersección y del tránsito. Cuando el sistema haya empezado a funcionar, deberá comprobarse que la instalación efectuada y la subdivisión de los tiempos de las diversas fases, satisficgan eficazmente las necesidades del tránsito y, en su caso, efectuar los ajustes que procedan. Esta revisión es útil como experiencia para elegir los equipos y sistemas de operación más convenientes. El equipo siempre deberá adquirirse pensando en lo futuro. El que tenga una mayor duración será, a la larga, el más económico, aunque su costo inicial resulte honoroso.

Los semáforos, si se instalan y funcionan correctamente, aportarán una serie de ventajas siguientes:

- A) Interrumpir periódicamente el tránsito intenso en una vía, para permitir el paso de vehículos y peatones en otra.
- B) Regular el tránsito en una ruta determinada y, en ciertos casos, aumentar la capacidad de los carriles de circulación.
- C) Disminuir la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- D) Mantener la circulación continua --o casi continua-- a una velocidad constante en una ruta determinada.

Ademas, en la mayoría de los casos, los semáforos representan una economía considerable respecto de indicaciones manuales. Sin embargo, no son la solución de todos los problemas de tránsito.

Instalar semáforos con exceso o cuando no se requieren, resulta inoperante.

Muchas instalaciones, aunque necesarias, se han proyectado mal y funcionan y se conservan deficientemente, de lo que resultan pérdidas excesivas de tiempo, desobediencia de las indicaciones y preferencia por rutas alternas menos convenientes y --con frecuencia-- más accidentes.

Existen requisitos distintos para zonas urbanas y rurales, en consideración a las diferentes características del tránsito.

#### UNIFORMIDAD.

Es indispensable que haya uniformidad en la preferencia, instalación y funcionamiento de los semáforos. Ubicación, secuencia de operación y visibilidad, son requisitos básicos. Las indicaciones --en ningún caso-- deberán dar lugar a dudas de interpretación. El conductor deberá tener el tiempo suficiente para ver las indicaciones y reaccionar oportunamente.

#### AUTORIDAD.

Los semáforos serán instalados por la autoridad competente y complementados con un control efectivo para hacer respetar sus indicaciones.

#### CLASIFICACION.

La clasificación de los semáforos se basa en el mecanismo de operación de sus controles, principalmente es:

A) Semáforos para regular el tránsito de vehículos.

1. Semáforos de tiempo fijo.

2. Semáforos accionados por el tránsito.

a) Totalmente accionados por el tránsito.

b) Semiaccionados por el tránsito.

c) Adaptables a variaciones del tránsito.

B) Semáforos para peatones.

C) Semáforos especiales.

1. De destello.

2. De control de circulación por carriles.

3. De control de tránsito en accesos a puentes levadizos.

4. Semáforos y barreras para pasos de ferrocarril a nivel.

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS SEMÁFOROS DE TIEMPO FIJO Y DE LOS SEMÁFOROS ACCIONADOS POR EL TRÁNSITO.

##### GENERALIDADES.

Las características principales: ubicación, proyecto, indicaciones, etc., son idénticas en ambos tipos de semáforos, la única diferencia radica en el mecanismo de operación.

##### INSCRIPCIONES EN LENTES.

En ningún caso se usaran inscripciones en las lentes de los semáforos para vehículos. La costumbre de incluir palabras como ALTO y SIGA, reduce su efectividad y ha caído en desuso.

##### ILUMINACIÓN - VISIBILIDAD DE LENTES.

Cada lente se iluminará independientemente. Las indicaciones de los semáforos deberán distinguirse claramente desde una distancia mínima de 300 m en todas las condiciones atmosféricas, excepto niebla

denea.

Los conductores de vehículos que se aproximen a un semáforo con flecha directiva, podrán distinguir la indicación desde una distancia mínima de 50 m.

Las caras de los semáforos se orientarán en el ángulo de mayor efectividad para el tránsito que se aproxima, colocando los semáforos a la distancia que permita al conductor ver las indicaciones, reaccionar y detenerse, partiendo de la velocidad normal de operación.

En los cruces irregulares podrán necesitarse varios semáforos orientados en posiciones diversas, y, en ese caso, las caras de los semáforos deberán cubrirse con viseras, aletas o persianas verticales a fin de que el conductor que se aproxima sólo vea la indicación que le corresponde.

#### SEÑALES COMPLEMENTARIAS.

Cuando se necesitan señales complementarias de los semáforos, estas serán reflejantes. De preferencia estarán iluminadas y se colocarán cerca de los semáforos. Las señales complementarias se proyectarán e instalarán de tal manera que el semáforo sobresalga y se evite el deslumbramiento.

#### ESPORTES PARA SEMÁFOROS.

Son los siguientes:

A) Ubicados a un lado del camino.

1. Postes.
2. Mensulas cortas.

B) Ubicados dentro o sobre el camino.

1. Mensulas largas sujetas a postes laterales.



2. Suspensión de cables.

3. Postes o pedestales en isletas.

Los soportes de las caras de los semáforos permitirán ajustes angulares, verticales y horizontales.

NUMERO DE CARAS.

Como mínimo habrá dos caras para cada acceso y, en su caso, se complementarán como semáforos para peatones ubicados en los extremos de cada paso de peatones.

UBICACION DE CARAS DE SEMAFOROS PARA VEHICULOS.

En cada acceso los semáforos se instalarán como sigue:

A) Cuando los semáforos sean del tipo de poste, habrá, como mínimo dos en el lado más lejano de la intersección.

B) Si solo hay un semáforo de poste, se situará en el lado más lejano del cruce y, además, se instalará otro colgante para control del mismo acceso.

C) Cuando, por exigencias de visibilidad o por otras condiciones, se requiera más de un semáforo colgante, por lo menos una de las caras deberá orientarse a la dirección del acceso correspondiente.

Las caras de los semáforos se ubicarán de tal manera que proporcionen a los conductores y a los peatones que se aproximan, indicaciones claras y precisas sobre el derecho de paso.

Los semáforos colgantes serán útiles en los siguientes casos:

A) Cuando haya la posibilidad de que los semáforos laterales no atraigan la atención del conductor.

B) En los cruces rurales aislados.

C) Al entrar una vía de alta velocidad a zona urbana.

D) Cuando los anuncios luminosos u otra iluminación interfieran la visibilidad de los semáforos laterales.

Los semáforos colgantes, poco efectivos para peatones, se complementarán con semáforos especiales, colocados sobre postes y ubicados en el paso de los transeúntes.

Los semáforos sobre postes dentro de la calle, se ubicarán en isletas protegidas con señales complementarias iluminadas.

#### ALTURA DE SEMÁFOROS PARA VEHÍCULOS.

La parte inferior del semáforo tendrá una altura libre de:

A) Para semáforos de postes:

Altura mínima 2.40 m.

Altura máxima 4.50 m.

Estas alturas se miden desde el nivel de la guarnición, o en su defecto, del centro de la vía.

B) Para semáforos suspendidos:

Altura mínima 4.50 m.

Altura máxima 5.20 m.

La altura se mide desde el eje del camino.

Las consideraciones determinantes para fijar la altura son:

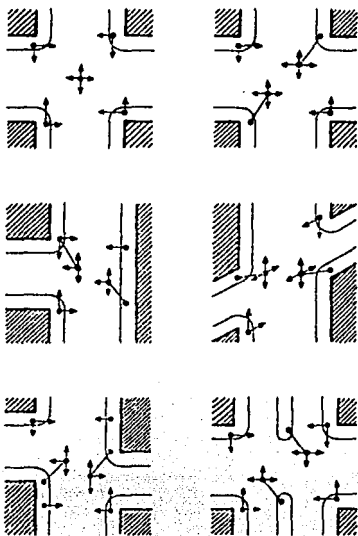
Máxima visibilidad - altura libre adecuada, aunque también pueden influir las pendientes de los accesos.

#### UBICACION TRANSVERSAL DE SEMÁFOROS PARA VEHÍCULOS.

En caso de conocerse el alineamiento de la guarnición, el semáforo quedará a una distancia medida a su parte más saliente, de 60 cm del paramento de la guarnición. Si no hay guarnición, el semáforo

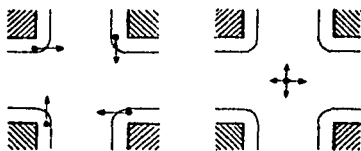
**UBICACION DE SEMAFOROS**  
**NÚMERO RECOMENDABLE DE CARAS**

**ZONAS RURAL Y URBANA**

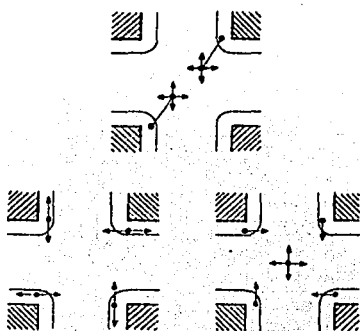


**UBICACION DE SEMAFOROS**  
**NUMERO MINIMO DE CARAS**

**ZONA RURAL**



**ZONA URBANA**



COLOR

INDICACION

ROJO

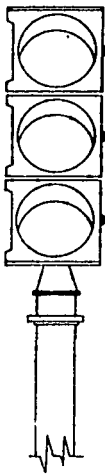
ALTO

AMBAR

TRANSICION






VERDE


SIGA



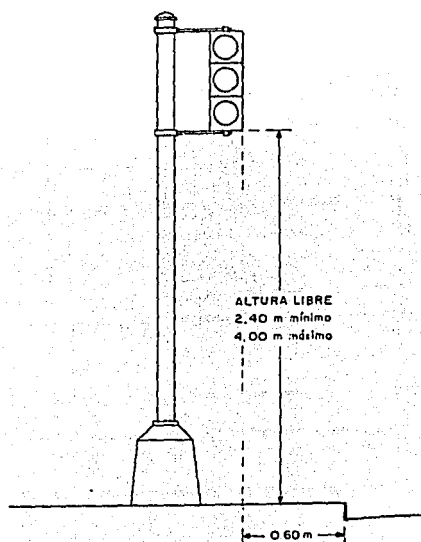
POSICION DE LENTES EN  
UN SEMAFORO DE 3 LUCES

## POSICION DE LENTES SEMAFORO VERTICAL DE 5 LENTES

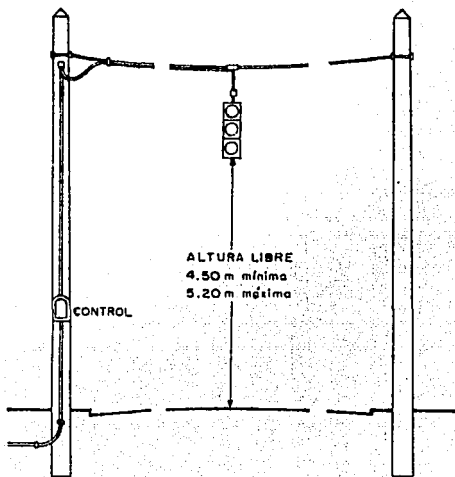
<u>COLOR</u>		<u>INDICACION</u>
ROJO		ALTO
AMBAR		TRANSICION
VERDE		SIGA DE FRENTE
VERDE		VUELTA A LA IZQUIERDA
VERDE		VUELTA A LA DERECHA



## SEMAFORO MONTADO EN MENSULA CORTA



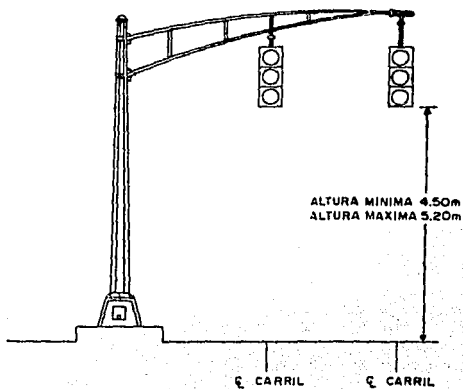
S E M A F O R O      C O L G A N T E S



FALLA DE ORIGEN



SEMAFOROS MONTADOS  
EN MENSULA LARGA



quedará a una distancia no mayor de 3.00 m de la orilla del pavimento siempre que no constituya un obstáculo para utilizar el acotamiento para fines autorizados.

#### LIMITE DE LA ZONA CONTROLADA POR UN SEMAFORO.

Los semaforos solo regularán el tránsito en la intersección en que están instalados. No es aconsejable usar semaforos distantes para regular cruces intermedios, ya que esto podría ser peligroso, obligando a invadir el cruce de peatones para poder ver el semaforo siguiente.

#### 4.9 ELEMENTOS DE DISEÑO.

La imagen urbana está integrada por diversos elementos físico-espaciales que deben estar estructurados para que en conjunto transmitan al observador una perspectiva legible, armónica y con significado.

La imagen urbana está compuesta de un solo concepto, sino que es resultado de la articulación de varios elementos y de imprimirles alguna relevancia dentro del contexto urbano o ante la comunidad. Algunos de los conceptos más utilizados son los siguientes:

##### ESTRUCTURA VISUAL.

Percepción un medio ambiente urbano es crear una hipótesis visual, o construir una imagen mental organizada, basada en la experiencia y propósito del observador, así como en los estímulos alcanzables por su vista. Al construir esta organización, se tendrán en cuenta características físicas tales como: continuidad, diferenciación, predominancia o contraste de una figura sobre un campo, simetría, orden de repetición o simplicidad de una forma. Se pueden usar también repeticiones rítmicas tales como la aparición de espacios abiertos o masas predominantes en intervalos regulares; algunas partes pueden estar relacionadas para mantener una escala común de espacios y masas, o simplemente estar agrupadas por similitud de formas, materiales, colores o detalles, o bien por materiales comunes en los edificios o superficies de pavimentos homogéneos. Las partes pueden revelar un propósito común o el impacto de una fuerza dominante, como el clima, o el de una cultura altamente organizada.

## CONTRASTE Y TRANSICION.

Las variaciones de las formas constituyen tambien un modo de relacionar las partes, si estas tienen continuidad, forma o caracter entre ellas. Por ejemplo, una calle estrecha y oscura se relaciona con la amplitud de la avenida en que desemboca; o bien la tranquilidad de un parque se opone a la intensa actividad del centro comercial que esta enfrente. Esta relacion de contraste, vista en secuencia, presenta la esencia de un hecho y pone al alcance del usuario una riqueza de experiencias. Lo que esta cercano puede relacionarse con la distancia entre el objeto y el observador; lo familiar diferenciarse de lo extraño, lo luminoso de lo oscuro, lo lleno de lo vacío, lo antiguo de lo nuevo, etc. La continuidad, por lo tanto, dependerá de transiciones relevantes, como son las juntas entre casa y casa, las esquinas, los puentes o el perfil de edificios contra el cielo; en fin, las transiciones se vuelven mas notables en la escala del espacio exterior, debiendo ser lo mas articuladas posible si se busca que los espacios sean vistos coherentemente. La arquitectura clasica lo entendió con cornisas, fustes, bases de columnas y molduras en las puertas, escalones y entradas importantes.

## JEARQUIA.

La estructura principal del diseño de un medio ambiente urbano se encuentra siempre en su jerarquia, predominancia, o centralización. Por tanto, pueden existir espacios centrales a los cuales todos los demás elementos se subordinan y relacionan; o bien un elemento dominante que establece muchos otros menores. Será preciso acostumbrarse a encontrarlo o a proponerlo para tener un elemento de referencia que

tenga o le de un gran sentido de lugar al espacio. Sin que éste sea la única manera de establecer jerarquías, sobre todo para sitios de cambios grandes y complejos en cuanto a su paisaje, el diseñador podrá buscar enfatizar elementos visuales fijos y entrelazarlos con las partes que cambian, o bien buscar ofrecer secuencias múltiples que no determinen un comienzo o un final.

#### CONGRUENCIA.

La estructura perceptual deberá ser congruente con el uso actual del suelo y su ecología. Las rasantes visuales deberán corresponder a los lugares de mayor significado de actividad, las secuencias principales deberán ir a lo largo de las vías de circulación más importantes; o sea, que los aspectos básicos de organización del sitio, localización de actividades, circulaciones y la forma, deberán funcionar juntos y tener una estructura formal similar.

#### SECUENCIA VISUAL.

La orientación en la circulación es importante, así como la aparente dirección hacia una meta o la claridad de entradas y salidas en los espacios. Una sucesión de etapas, como las gradas de una escalera, será más interesante que el logro de un simple acercamiento aislado. Cada suceso prepara al observador para el siguiente y éste siempre los recibe como un nuevo y reciente descubrimiento. El medio ambiente urbano debe de tener una forma tal que sea capaz de revelar novedades de organización cada vez que se inspecciona con curiosidad. Tal movimiento podría ser directo o indirecto, fluido o energético, delicado o brutal, divergente o convergente; pero siempre que los objetos estén dispuestos de tal modo para conducir en sentido visual

del movimiento y hacerlo más placentero. Aquí el movimiento potencial se torna importante: una carretera sugiere dirección y el ojo la recorre tratando de anticipar movimientos próximos; las escaleras amplias aparecerán más suaves e invitarán a ser usadas más que aquellas estrechas y con pendientes.

#### PROPORCIÓN - ESCALA.

Los espacios difieren en carácter de acuerdo con su forma y sus proporciones: siendo las proporciones una relación dimensional interna entre los edificios circunvecinos.

Los espacios se juzgan también por su escala con respecto a los objetos que los circundan y con respecto al observador. El observador utiliza su dimensión para relacionarse con el espacio, del que tendrá sensaciones en relación con su escala. Si el espacio es reducido se sentirá importante y central; si el espacio es grande se sentirá insignificante.

#### RELACION DE LA EDIFICACION CON EL SITIO.

Las interrelaciones entre edificios se vuelven complicadas cuando hay que coordinar el diseño de una estructura individual con el del medio ambiente urbano considerado como un todo. Las estructuras tienen un patrón de uso, circulación y forma visual que conforman el medio ambiente urbano. Por ejemplo, la circulación interna de un edificio tiene a ser una continuación del exterior, la forma de los edificios es un elemento fundamental de la configuración del espacio exterior, o el carácter del edificio se relaciona con el sentido de identidad del espacio exterior, razón por la cual la arquitectura y el diseño urbano deberían tratarse conjuntamente.

del movimiento y hacerlo más placentero. Aquí el movimiento potencial se torna importante: una carretera sugiere dirección y el ojo la recorre tratando de anticipar movimientos próximos; las escaleras amplias aparecerán más suaves e invitarán a ser usadas más que aquellas estrechas y con pendientes.

#### PROPORCIÓN Y ESCALA.

Los espacios difieren en carácter de acuerdo con su forma y sus proporciones: siendo las proporciones una relación dimensional interna entre los edificios circunvecinos.

Los espacios se juzgan también por su escala con respecto a los objetos que los circundan y con respecto al observador. El observador utiliza su dimensión para relacionarse con el espacio, del que tendrá sensaciones en relación con su escala. Si el espacio es reducido se sentirá importante y central; si el espacio es grande se sentirá insignificante.

#### RELACION DE LA EDIFICACION CON EL SITIO.

Las interrelaciones entre edificios se vuelven complicadas cuando hay que coordinar el diseño de una estructura individual con el del medio ambiente urbano considerado como un todo. Las estructuras tienen un patrón de uso, circulación y forma visual que conforman el medio ambiente urbano. Por ejemplo, la circulación interna de un edificio viene a ser una continuación del exterior, la forma de los edificios es un elemento fundamental de la configuración del espacio exterior, o el carácter del edificio se relaciona con el sentido de identidad del espacio exterior, razón por la cual la arquitectura y el diseño urbano deberían tratarse conjuntamente.

#### CONFIGURACION DEL TERRENO.

En un área urbana el espacio puede definirse por las estructuras hechas por el hombre. En un medio ambiente natural se definirán por los componentes básicos, como son la tierra, las rocas, el agua, y la vegetación que la cubre.

De cualquier manera, el suelo en el que estamos apoyados juega un papel predominante en el diseño: con una pequeña inspección revelará puntos básicos de la forma de la tierra, sus alturas, y las vistas dominantes que deberán ser explotadas. Estos aspectos son de importancia para el diseñador como problemas por resolver y oportunidades que presenta el terreno para ser consideradas y asegurar el éxito de un buen diseño.

#### TEXTURAS DEL PAVIMENTO.

La textura puede proveer carácter visual y escala como fondo armónico que unifica la escena urbana, o puede ser una superficie dominante que comunique los principales patrones y direcciones de un desarrollo. La textura juega un papel importante al guiar y controlar actividades, distinguiendo carreteras de vías peatonales, vías de ciclistas de calles para automóviles, áreas de juego, superficies de drenado o plazas para descanso y reuniones dependiendo del tipo de pavimento empleado. Si la textura del suelo cobra tal importancia, se debe poner especial atención y cuidado al manejarla, siempre en concordancia con las actividades por desarrollar.



## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

LA INFORMACION AQUI RECOPIADA NOS DESMUESTRA QUE LA INGENIERIA DE TRANSITOCOSTA CON TODOS LOS REQUISITOS NESESARIOS PARA PODER HACER UNA BUENA PLANEACION,ES NECESARIO QUE LAS AUTORIDADES PONGAN MAS ATENCION A ESTOS ESTUDIOS PARA PODER TENER URBANISACIONES MAS DEACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DEMOGRAFICOS DE LA POBLACION DE CADA CIUDAD.

LA SITUACION POR LA QUE ESTAATRAVESANDO EL PAIS ES MUY DURA PARA INVERTIR EN METODOS DE AFORO MUY CAROS POR TAL MOTIVO SE TIENEN QUE IMPLEMENTAS INVESTIGACIONES CON EL MINO DE PERSONALPARA PODER MINIMIZAR LAS INVERSIONES Y TENER DATOS CONFIABLES QUE SON NECESARIOS PARA TENER UNA BUENA INGENIERIA DE TRANSITO.

FALLA DE ORIGEN

## **BIBLIOGRAFIA**

**BIBLIOGRAFIA**

**MANUAL DE PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS  
SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS  
PRIMERA EDICION 1977**

**CUADERNO DE URBANISMO  
ENRIQUE CERVANTES BANCHEZ  
SEGUNDO SEMESTRE 1991**

**MANUAL DE ESTUDIOS DE INGENIERIA DE TRANSITO  
PAUL C. BOX  
JOSEPH C. OPPLANDER  
CUARTA EDICION 1985**

**VIAS DE COMUNICACION  
CRESCO VILLALBA CARLOS  
SEGUNDA EDICION 1988**

**INGENIERIA DE TRANSITO  
SEXTA EDICION 1990**

**TESIS ESTUDIO DE FACTIBILIDAD  
ALFREDO DUARTE ARANDA  
1990**

**COORDINACION GENERAL DE TRASPORTE  
SCT.  
1990**

**COORDINACION GENERAL DE TRASPORTE DE POLICIA Y TRANSITO  
SCT  
1990**