



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

28  
28

**"ESTUDIO VIAL PARA PASO A DESNIVEL  
EN AV. CENTRAL Y AV. 412, DELEGACION  
GUSTAVO A. MADERO"**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
**P R E S E N T A :**  
**RUFINO JOAQUIN BARRIOS CARDENAS**

**MEXICO, D.F.**

**1983**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

## I N D I C E

I.- ANTECEDENTES .....	1
1.- Localización .....	1
2.- Características Geométricas .....	2
3.- Inventario del Uso del Suelo .....	4
4.- Investigación de Otras Condiciones de Desarrollo .....	4
II.- ESTUDIOS DE TRANSITO .....	7
1.- Inventario de Señalamiento .....	8
2.- Inventario de Semáforos .....	8
3.- Aforos Vehiculares .....	9
4.- Aforos Direccionales .....	13
5.- Aforos Peatonales .....	14
6.- Inventario de Rutas de Transporte Público .....	14
7.- Estudio de Velocidades y Tiempos de Recorrido ..	15
8.- Estudio de Colas .....	26
9.- Inventario de Estacionamiento .....	28

III.- ANTEPROYECTO .....	29
1.- Análisis de los Datos	
a) Capacidad y Niveles de Servicio .....	29
b) Velocidades y Demoras .....	37
c) Longitud de Colas .....	42
d) Volúmenes Horarios de Proyecto .....	47
2.- Alternativas de Solución .....	52
IV.- PROYECTO .....	56
1.- Proyecto Geométrico .....	56
2.- Evaluación de Proyectos .....	59
3.- Proyecto de Señaforos .....	69
4.- Señalamiento .....	84
V.- CONSTRUCCION .....	85
1.- Estatigrafía .....	86
2.- Criterios para Seleccionar la Cimentación	
Optima .....	89
3.- Terracerías .....	90
4.- Pruebas de Laboratorio .....	92
VI.- CONCLUSIONES .....	95
Bibliografía .....	98

# ESTUDIO VIAL PARA PASO A DESNIVEL EN AV. CENTRAL Y AV. 412, DELEGACION

GUSTAVO A. MADERO

## CAPITULO I

### ANTECEDENTES

#### 1.- Localización

Dado el crecimiento del área urbana de la Ciudad de México, el incremento de la población y el gran número de vehículos han surgido numerosos planes para la regulación del crecimiento de la ciudad, la adecuación de los servicios y el acondicionamiento de la vialidad para dar mayor facilidad a la necesidades de movilización.

Dentro de la clasificación vial urbana se encuentran dos grandes grupos, uno pertenece a las vías primarias y otro a las vías secundarias.

Las vías primarias son aquellas que se construyen para alojar grandes volúmenes de tránsito y cuentan con un gran desarrollo, para efectuar largos recorridos. Es en esta clasificación donde se puede ubicar a la Av. Central con la Av. 412 y el cruce existente con la vía del ferrocarril a Los Reyes; el cual presenta características físicas y operacionales que acusan la necesidad de modificación para satisfacer, dar seguridad y mejorar las condiciones físico-operacionales en beneficio de los usuarios.

La Av. Central comunica el extremo noreste de la ciudad, como son las colonias San Juan de Aragón, Valle de Aragón, Bosques de Aragón, Impulsora, Cd. Azteca y el Chamizal, entre otras, con la red ortogonal de ejes viales, por lo que representa una importante vía de acceso a la ciudad. Mueve un volumen de tránsito de más de 3 000 vehículos por hora en ambos sentidos.

La Av. 412 que se ubica dentro de la zona de influencia de este crucero forma parte de la red ortogonal de ejes viales y es la comunicación directa hacia el poniente de la ciudad.

La comunicación hacia el sur o centro de la ciudad se realiza a través de la Av. 608, la cual también es parte de la red ortogonal de ejes viales y del crucero en estudio. Ver. Plano No. 1-A.

Por lo tanto, el crucero en estudio representa un punto importante en la red vial de la ciudad y se ubica en el límite del Distrito Federal y el Estado de México.

## 2.- Características Geométricas

La Av. Central, también llamada Carlos Hank González, cuenta con dos sentidos de circulación, tiene su sección mayor al norte del crucero, en la cual se alojan cinco carriles de circulación en ambos sentidos, incluidos los de la calle lateral y un camellón central de 37 metros de ancho. Al llegar al crucero con la Av. 412 cambia de alineamiento horizontal.



PLANO No. 1-A  
LOCALIZACION

TESIS PROFESIONAL

RUFINO JOAQUIN BARRIOS CARDENAS

La continuación hacia el sur de la Av. Central es la calle 608, la cual tiene una sección de cuatro carriles por sentido y una faja separadora central de 8 metros.

La Av. 412, que es la continuación del Eje 5 Norte, cuenta en su rama poniente con cinco carriles de circulación en ambos sentidos y un camellón central de 3.80 metros. La rama oriente se compone de tres carriles por sentido y una faja separadora central de 14.80 metros.

Las secciones típicas de este crucero y su zona de influencia se muestran en el Plano No. 3.

En la misma intersección y sobre la acera poniente de la Av. Central desemboca la Av. 418; ésta opera con dos sentidos de circulación con tres carriles cada uno y un camellón central de 3 metros.

Las condiciones del crucero en lo referente a su irregularidad en el alineamiento de las calles y avenidas que inciden en el lugar, así como a la amplitud del mismo originan que las líneas de alto para los vehículos y pasos peatonales tengan trazos irregulares.

La circulación está controlada mediante semáforos de tiempo fijo y señalamiento, pero frecuentemente se ve afectada la circulación por el paso de los convoyes del ferrocarril a Los Reyes, lo cual ocurre generalmente a la hora de máxima demanda vehicular, ocasionando colas que llegan a obstruir las ramas que forman la intersección de Av. 412 y Av. Central.

### 3.- Inventario del Uso del Suelo

La zona de influencia del cruce se encuentra rodeada en su mayor parte por unidades habitacionales unifamiliares, como lo son San Juan de Aragón, Valle de Aragón y Bosques de Aragón; y otra parte por zonas recreativas formadas por el Bosque de San Juan de Aragón. Aunándose a esto el centro comercial, dos cines y la proximidad del Centro de Estudios Superiores ENEP-ARAGON.

Al tratarse de una zona marcadamente habitacional es bajo el porcentaje de negocios y comercios existentes. Al sureste de la intersección, sobre la calle 608, se localiza una planta de tratamiento de desechos sólidos.

### 4.- Investigación de Otras Condiciones de Desarrollo

A partir de la divulgación del Plan Nacional de Desarrollo Urbano, todos los centros de población en el país se dieron a la tarea de producir los instrumentos destinados a regular, normar y orientar su crecimiento durante los próximos 20 años.

Con tal motivo y siguiendo los lineamientos que marca el citado - Plan, las autoridades del D.B.F., elaboraron el Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, cuya meta al año 2 000 se pretende lograr mediante la organización territorial de tres áreas perfectamente definidas. La primera comprende las superficies susceptibles de desarrollo logradas mediante la redensificación e integración de actividades complementarias. La segunda consiste en áreas de amortiguamiento destinadas a la recreación y servicios con baja densidad de construcción y por último las zonas de preservación o de reservas.

El Plan se ha desarrollado mediante Planes Parciales correspondientes a cada Delegación en las que está dividida la ciudad; para nuestro caso nos interesa el de la Delegación Gustavo A. Madero.

a) Plan Parcial de Desarrollo Urbano

El Plan contempla tres etapas de desarrollo:

- Corto plazo (1982).- Prioridades
- Mediano plazo (1982-1988).- Para cambios y ajustes de la etapa anterior.
- Largo plazo (1988-2000).- Integrará todas las proposiciones del desarrollo para alcanzar la imagen al año 2000 del Plan Parcial.

En el renglón de vialidad a partir del mediano plazo propone completar el sistema primario.

En cuanto al transporte: se propone reestructurar las rutas del transporte colectivo de superficie, ampliación de la cobertura del metro y ampliación del transporte no contaminante de superficie.

A largo plazo, en cuanto a la vialidad, propone adecuar la red de calles secundarias y locales al Sistema Vial Primario. En cuanto al transporte se propone ampliar la cobertura del metro y del transporte no contaminante de superficie.

- 7 -

Dentro de este Plan Parcial, se contempla una línea del metro que vaya por la calle 608 y continúe por la Av. Central; asimismo otra que iría por la Av. 412 en su rama oriente para continuar por la Av. 418, de tal manera que se genere una estación de transbordo en el cruce de estas dos líneas, precisamente en la intersección de Av. Central con Av. 412. Ver Plano No. 4 de Vialidad y Transporte del Plan Parcial de Desarrollo Urbano de la Delegación Gustavo A. Madero.

## CAPITULO II

### ESTUDIOS DE TRANSITO

#### 1.- Inventario de Señalamiento

El señalamiento horizontal con que cuenta el cruce y su área de influencia consiste básicamente en marcas en el pavimento como son: los pasos peatonales, líneas de alto y rayas separadoras de carriles. En la rama poniente de la Av. 412 se tiene un carril exclusivo para el transporte público de superficie, además, se cuenta con flechas que indican los sentidos de circulación y rayas canalizadoras. Sin embargo, todo éste tipo de dispositivos se encuentran en pésimas condiciones ya que están prácticamente borradas y por lo tanto su visibilidad es nula.

El señalamiento vertical está integrado por señales preventivas, restrictivas e informativas. Dentro del grupo de las señales informativas se cuenta con leyendas de decisión y confirmativas, cu yos tableros están colocados en bandera y las unidades de soporte múltiple (USM) instaladas en los ejes viales 4 y 5.

Las señales restrictivas prácticamente consisten en tableros de prohibición de estacionamiento, prohibición de vueltas izquierdas y prohibición del paso de peatones, las cuales se encuentran instaladas en soportes propios o en USM. El Señalamiento preventivo consiste únicamente en señales de pasos de peatones y cruce de ferrocarril.

## 2.- Inventario de Semáforos

El cruce de la Av. Central con la vía del ferrocarril cuenta con un semáforo de destello accionado por el paso del convoy que empieza a funcionar desde el momento en que se aproxima un tren en cualquier dirección hasta que la parte posterior del mismo ha salido de la influencia del cruce.

La intersección de la Av. Central con la Av. 412 está controlada por semáforos para vehículos de tiempo fijo. El ciclo normal de los semáforos es de 75 segundos, sin embargo, en las horas de máxima demanda se aumenta la duración del ciclo, asignándole a cada fase un tiempo que está a juicio del policía que lo maneja; generalmente supera los 75 segundos.

El flujo vehicular está dividido en tres fases, correspondientes a cada movimiento en la intersección: La primera fase le da luz verde a la Av. Central y a la calle 608 simultáneamente y mantiene el alto a la Av. 412 en sus dos ramas. La segunda fase permite el flujo de la Av. 412 en su rama poniente, permitiendo la - - vuelta izquierda y mantiene en alto a la Av. Central, la calle 608 y la rama oriente de la Av. 412. La tercera fase da luz verde al flujo oriente de la Av. 412, permitiendo también la vuelta izquierda y mantiene en alto a la Av. Central, la calle 608 y la Av. 412 en su rama poniente.

### 3.- Aforos Vehiculares

Para conocer el número de vehículos que circulan en la intersección se efectuaron aforos cinco días representativos de la semana durante 16 horas continuas en cada uno de los accesos del cruce, resultando los días miércoles y viernes los de máxima demanda.

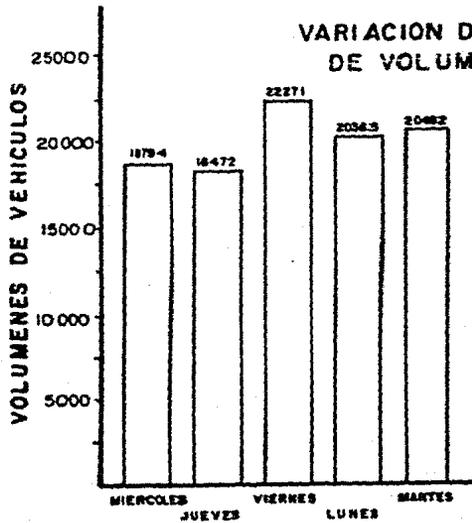
Ver las figuras Nos. 1 y

Tomando como base el comportamiento vehicular para el día viernes se determinó la variación horaria para cada una de las ramas componentes de la intersección observándose la hora de máxima demanda de 7 a 8, para la cual se obtuvo un conteo de 5086 vph, con un tránsito vehicular máximo de 2032 vph en el acceso norte de la Av. Central.

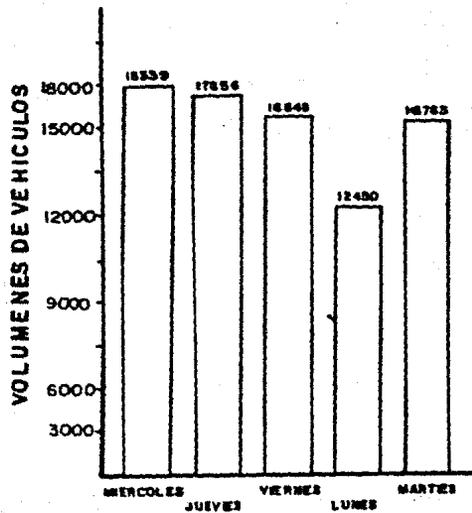
El comportamiento de la circulación vehicular durante el día se presenta en la figura No. 4, en donde se puede observar en forma objetiva, que el volumen vehicular en ningún momento es menor de 500 vph por rama.

Para las calles comprendidas en la zona de influencia del presente estudio como son: Av. 418, calle 1561, calle Anillo Periférico, calle Villa Motolinia y calle Villa Tenochtitlán, también se tomaron aforos vehiculares durante cinco días resultando el miércoles el día de máxima demanda; sin embargo, para éstas calles secundarias se consideró el comportamiento vehicular observado en la intersección de Av. Central con la Av. 412 para obtener la variación horaria y de esta manera los flujos máximos horarios, de donde se detectó que la hora de máxima demanda no coincide con la observa-

FIGURA 1

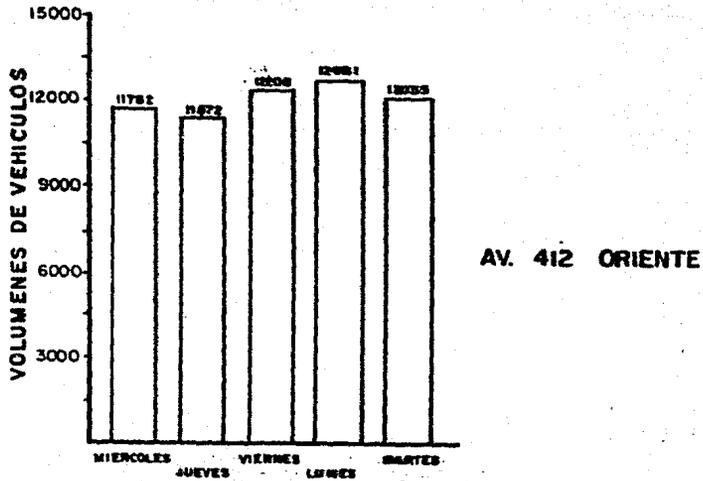
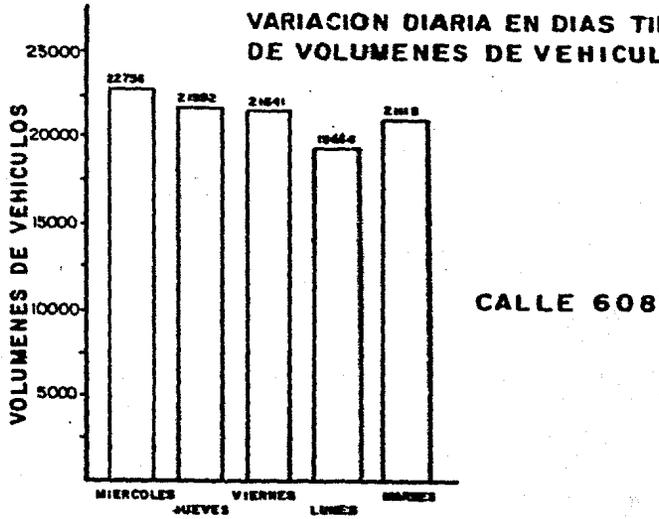


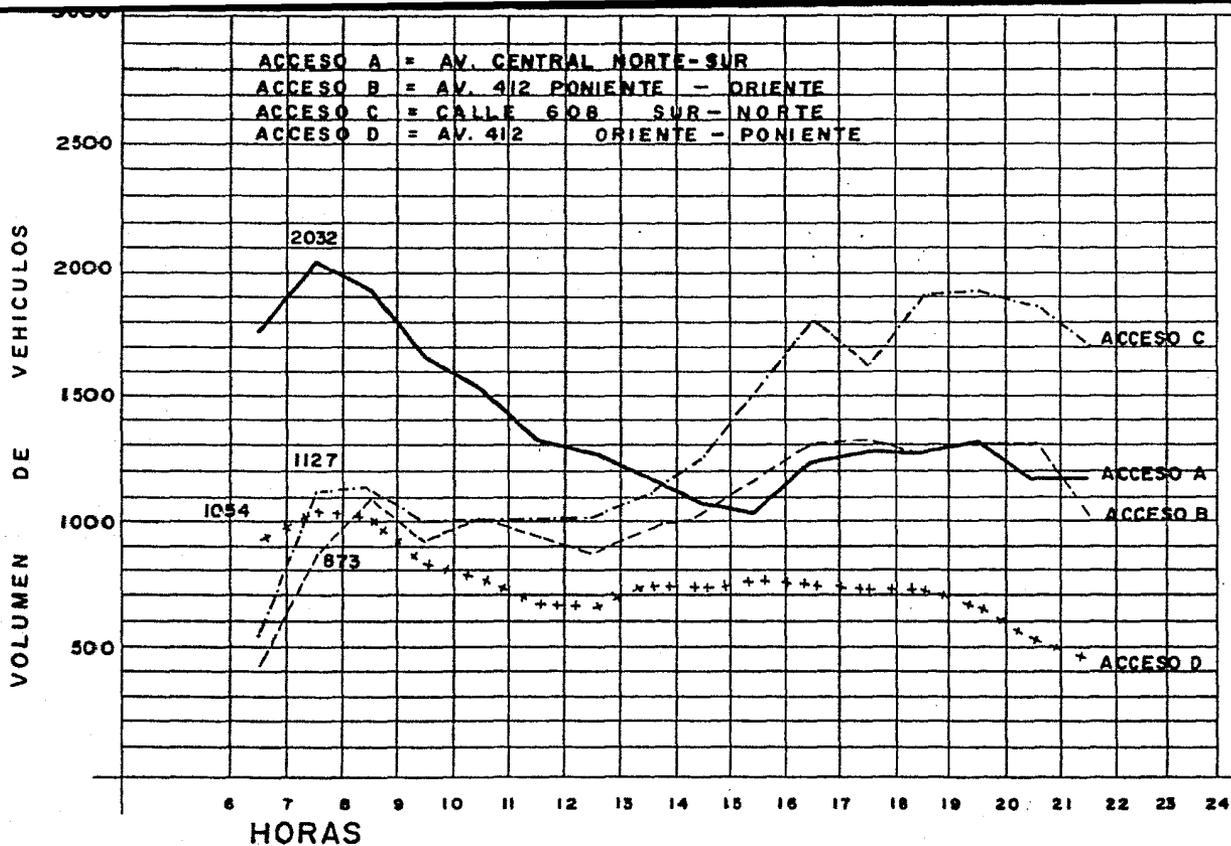
AV. CENTRAL NORTE



AV. 412 PONIENTE

FIGURA 2





- 13 -

FIGURA 4

INTERSECCION AV. CENTRAL / AV. 412  
 ACCESO \_\_\_\_\_ FECHA 29-1-82

da en la intersección en estudio, sino que hay una variación diferente para cada una de ellas.

#### 4.- Aforos Direccionales

Conocidas las horas en las cuales se presentan los volúmenes máximos de tránsito mixto, se realizó el recuento de vehículos identificándolos de acuerdo a su movimiento y a su clasificación. Para efectuar dichos recuentos, se utilizaron formas especiales en donde se llevaron a cabo registros en períodos de cinco minutos, clasificándolos en:

- A = Automóviles de uso público y particular, camionetas y motocicletas.
- B = Los utilizados para el transporte público de pasajeros.
- C = Los vehículos utilizados para el transporte de carga con más de cuatro llantas.

La representación gráfica y la tabla resumen de éstos datos aparecen en el Plano No. 6. Como se puede observar, la demanda de - vueltas izquierdas sobre la Av. 412 es elevada, así como la necesidad de cruce norte-sur donde los movimientos de vuelta izquierda son menores. También se aprecia que el porcentaje de vehículos pesados es alto.

## 5.- Aforos Peatonales

El peatón es un factor importante en cualquier problema de circulación urbana especialmente porque requiere de protección, pues es más renuente a obedecer las leyes del tránsito; por dicha causa un gran porcentaje de las personas muertas en accidentes de tránsito son peatones.

Por tal razón se realizaron aforos peatonales durante 16 horas de un día representativo, obteniéndose los máximos volúmenes entre las 13 y 15 horas, que van desde 134 peatones por sentido en el cruce de la calle 608 a un mínimo de 17 peatones en el cruce de la Av. 412, para la hora de máxima demanda.

Fuera del área de influencia de la intersección, se observaron flujos peatonales ligeramente más altos, los cuales ocurren en el cruce de la Av. 418.

En el Plano No. 6 de volúmenes direccionales y movimientos peatonales, se resumieron los dos flujos combinando las horas máximas para cada uno de ellos.

## 6.- Inventario de Rutas de Transporte Público.

Las rutas de autobuses que dan el servicio de transporte al público a la zona en estudio, pertenecen a varias empresas particulares y al Departamento del Distrito Federal.

La frecuencia de paso de los autobuses, en todas las rutas es muy variable. En el Plano No. 7, se indican los movimientos que realizan los transportes públicos y los espacios utilizados para ascenso y descenso de los usuarios. Puede observarse que las paradas son antes de cruzar la intersección, lo que ocasiona que se obstruya el carril a pesar de tener luz verde.

Se registro una ruta de taxis colectivos, con ruta Vallejo-Aragón: con sitio en la Av. 418 y que opera a lo largo de la Av. 412 hacia el poniente.

#### 7.- Estudio de Velocidades y Tiempos de Recorrido

En los sistemas de vialidad urbana, una medida de la calidad del flujo son las velocidades vehiculares; y una forma de medirlas es por medio de un estudio de tiempos de recorrido a lo largo de un tramo de la vía. En este caso, por tratarse de una intersección, se efectuaron observaciones en dos lugares diferentes: uno al aproximarse a la intersección pero fuera del área de influencia de las colas y otro para el cruce en sí, de la propia intersección.

##### a) Estudios de Velocidades y Tiempos de Recorrido de Aproximación

Con este estudio se trata de determinar la velocidad media, en cada una de las ramas, que desarrollan los vehículos al aproximarse a la intersección.

Para realizar el estudio, se utilizó el método de la velocidad de punto y se seleccionó un tramo de tal manera que la influen

cia de la intersección fuera mínima. La distancia base para este caso fue de 25 metros. Al utilizar éste método se recopilaron los tiempos de recorrido que invertían los conductores en recorrer esa longitud y de esta manera poder determinar su velocidad. Estas observaciones se realizaron en la hora de máxima demanda.

El tamaño de la muestra fue mayor de 150 vehículos, para cada una de las ramas muestreadas, lo cual queda dentro de los límites marcados por las Especificaciones del Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito.

Las observaciones se agruparon en intervalos de clase, anotándose en cada una su frecuencia respectiva. A continuación se presentan las tabulaciones para cada acceso.

T A B L A No. 1  
Calle 608  
Dirección: Sur-Norte  
Acceso: Sur  
Longitud Base = 25 m

<u>TIEMPOS DE RECORRIDO</u>			<u>VELOCIDADES</u>		
Intervalo de Clase (seg)	No. de Vehículos		Intervalo de Clase (km/h)	No. de Vehículos	
2.2	2.5	36	16.0	20.0	4
2.6	2.9	15	21.0	25.0	7
3.0	3.3	80	26.0	30.0	89
3.4	3.7	80	31.0	35.0	15
3.8	4.1	1	36.0	40.0	30
4.2	4.5	0	41.0	45.0	6
4.6	4.9	1			
5.0	5.3	3			
<b>S U M A</b>			<b>S U M A</b>		
	151			151	

T A B L A No. 2

Av. Central  
Dirección: Norte-Sur  
Acceso: Norte  
Longitud Base = 25 m

<u>TIEMPOS DE RECORRIDO</u>			<u>VELOCIDADES</u>		
Intervalo de Clase (seg)		No. de Vehículos	Intervalo de Clase (km/h)		No. de Vehículos
1.8	2.1	3	11.0	15.0	15
2.2	2.5	40	16.0	20.0	8
2.6	2.9	64	21.0	25.0	6
3.0	3.3	22	26.0	30.0	22
3.4	3.7	0	31.0	35.0	64
3.8	4.1	4	36.0	40.0	34
4.2	4.5	2	41.0	45.0	9
4.6	4.9	2			
5.0	5.3	4			
5.4	5.7	2			
5.8	6.1	3			
6.2	6.5	2			
6.6	6.9	3			
7.0	7.3	3			
7.4	7.7	2			
7.8	8.1	2			
<hr/>			<hr/>		
S U M A		158	S U M A		158
<hr/>			<hr/>		

T A B L A      No. 3

Av. 412

Dirección: Oriente-Poniente

Acceso: Oriente

Longitud Base = 25 m

TIEMPOS DE RECORRIDO

VELOCIDADES

Intervalo de Clase (seg)	No. de Vehículos	Intervalo de Clase (km/h)	No. de Vehículos
1.8    2.1	2	6.0    10.0	9
2.2    2.5	9	11.0    15.0	26
2.6    2.9	12	16.0    20.0	27
3.0    3.3	16	21.0    25.0	33
3.4    3.7	12	26.0    30.0	22
3.8    4.1	12	31.0    35.0	12
4.2    4.5	15	36.0    40.0	6
4.6    4.9	6	41.0    45.0	5
5.0    5.3	5		
5.4    5.7	11		
5.8    6.1	8		
6.2    6.5	7		
6.6    6.9	5		
7.0    7.3	4		
7.4    7.7	2		
7.8    8.1	2		
8.2    8.5	3		
8.6    8.9	0		
9.0    9.3	3		
9.4    9.7	2		
9.8    10.1	4		

---

S U M A

140

S U M A

140

---

T A B L A No. 4

Av. 412  
Dirección: Poniente-Oriente  
Acceso: Poniente  
Longitud Base = 25 m

<u>TIEMPOS DE RECORRIDO</u>			<u>VELOCIDADES</u>		
Intervalo de Clase (seg)	No. de Vehículos		Intervalo de Clase (km/h)		No. de Vehículos
2.2	2.5	35	11.0	15.0	9
2.6	2.9	33	16.0	20.0	18
3.0	3.3	60	21.0	25.0	28
3.4	3.7	16	26.0	30.0	68
3.8	4.1	8	31.0	35.0	33
4.2	4.5	12	36.0	40.0	25
4.6	4.9	7	41.0	45.0	10
5.0	5.3	11			
5.4	5.7	0			
5.8	6.1	1			
6.2	6.5	8			
<hr/>			<hr/>		
S U M A	191		S U M A		191
<hr/>			<hr/>		

Como se puede observar en las tablas anteriores, se están desarrollando velocidades máximas de 45 km/h en tiempos variables que van de 5 a 10 segundos para una longitud base de 25 m.

b) Estudios de Velocidades y Tiempos de Recorrido en la Intersección

Para realizar éste estudio se seleccionaron los tramos, de tal manera que la intersección estuviera incluida en ellos, ya que se trataba de medir los tiempos que invertían los conductores para entrar al cruce y salir de él.

La distancia base fue variable para cada una de las ramas, dependiendo de las longitudes de colas que se presentan en la hora de máxima demanda.

Una vez determinada la distancia base, se procedió a medir los tiempos de recorrido por medio del método de la velocidad de punto, y al igual que en el caso anterior (inciso a) el tamaño de la muestra fue mayor de 150 vehículos, para cada una de las ramas muestreadas.

Posteriormente, los datos obtenidos en campo se agruparon en intervalos de clase, anotándose en cada uno de ellos su frecuencia respectiva. A continuación se presentan las tabulaciones obtenidas para cada acceso.

T A B L A No. 5

Calle 608

Dirección: Sur-Norte

Acceso: Sur

Longitud Base = 140 m

TIEMPOS DE RECORRIDO

VELOCIDADES

Intervalo de Clase (seg)		No. de Vehículos	Intervalo de Clase (km/h)		No. de Vehículos
11.0	15.0	5	0.6	1.0	46
16.0	20.0	10	1.1	1.5	41
21.0	25.0	7	1.6	2.0	19
26.0	30.0	8	2.1	2.5	58
31.0	35.0	6	2.6	3.0	45
36.0	40.0	12	3.1	3.5	15
41.0	45.0	15	3.6	4.0	12
46.0	50.0	25	4.1	4.5	6
51.0	55.0	20	4.6	5.0	8
56.0	60.0	42	5.1	5.5	0
61.0	65.0	8	5.6	6.0	7
66.0	70.0	8	6.0	6.5	15
71.0	75.0	5			
76.0	80.0	6			
81.0	85.0	2			
86.0	90.0	1			
91.0	95.0	5			
96.0	100.0	3			
101.0	105.0	0			
106.0	110.0	11			
111.0	115.0	2			
116.0	120.0	8			
121.0	125.0	4			
126.0	130.0	11			
131.0	135.0	2			
136.0	140.0	8			
141.0	145.0	2			
146.0	150.0	4			
151.0	155.0	3			
156.0	160.0	11			
161.0	165.0	0			
166.0	170.0	6			
171.0	175.0	0			
176.0	180.0	3			
181.0	185.0	0			
186.0	190.0	7			
191.0	195.0	2			

S U M A

272

S U M A

272

T A B L A No. 6

Av. Central  
 Dirección: Norte-Sur  
 Acceso: Norte  
 Longitud Base = 190 m

<u>TIEMPOS DE RECORRIDO</u>			<u>VELOCIDADES</u>		
Intervalo de Clase (seg)	No. de Vehículos		Intervalo de Clase (km/h)		No. de Vehículos
21.0	25.0	2	0.6	1.0	7
26.0	30.0	1	1.1	1.5	45
31.0	35.0	6	1.6	2.0	37
36.0	40.0	7	2.1	2.5	11
41.0	45.0	6	2.6	3.0	10
46.0	50.0	10	3.1	3.5	29
51.0	55.0	17	3.6	4.0	17
56.0	60.0	24	4.1	4.5	10
61.0	65.0	5	4.6	5.0	6
66.0	70.0	8	5.1	5.5	7
71.0	75.0	2	5.6	6.0	6
76.0	80.0	3	6.1	6.5	0
81.0	85.0	2	6.6	7.0	0
86.0	90.0	4	7.1	7.5	1
91.0	95.0	2	7.6	8.0	0
96.0	100.0	6	8.1	8.5	0
101.0	105.0	8	8.6	9.0	2
106.0	110.0	5			
111.0	115.0	2			
116.0	120.0	16			
121.0	125.0	0			
126.0	130.0	6			
131.0	135.0	5			
136.0	140.0	0			
141.0	145.0	2			
146.0	150.0	0			
151.0	155.0	10			
156.0	160.0	5			
161.0	165.0	0			
166.0	170.0	1			
171.0	175.0	10			
176.0	180.0	1			
181.0	185.0	0			
186.0	190.0	5			
191.0	195.0	7			
<b>S U M A</b>		<b>188</b>	<b>S U M A</b>		<b>188</b>

T A B L A No. 7

Av. 412

Dirección: Oriente-Poniente

Acceso: Oriente

Longitud Base = 125 m

TIEMPOS DE RECORRIDO

VELOCIDADES

Intervalo de Clase (seg)		No. de Vehículos	Intervalo de Clase (km/h)		No. de Vehículos
26.0	30.0	2	0.6	1.0	33
31.0	35.0	1	1.1	1.5	34
36.0	40.0	3	1.6	2.0	42
41.0	45.0	5	2.1	2.5	38
46.0	50.0	6	2.6	3.0	11
51.0	55.0	13	3.1	3.5	3
56.0	60.0	25	3.6	4.0	1
61.0	65.0	12	4.1	4.5	1
66.0	70.0	7	4.6	5.0	1
71.0	75.0	8			
76.0	80.0	5			
81.0	85.0	10			
86.0	90.0	6			
91.0	95.0	5			
96.0	100.0	6			
101.0	105.0	1			
106.0	110.0	1			
111.0	115.0	7			
116.0	120.0	1			
121.0	125.0	7			
126.0	130.0	1			
131.0	135.0	5			
136.0	140.0	2			
141.0	145.0	7			
146.0	150.0	1			
151.0	155.0	2			
156.0	160.0	7			
161.0	165.0	2			
166.0	170.0	0			
171.0	175.0	0			
176.0	180.0	0			
181.0	185.0	6			
186.0	190.0	0			
191.0	195.0	0			

S U M A

164

S U M A

164

T A B L A No. 8

Av. 412

Dirección: Poniente-Oriente

Acceso: Poniente

Longitud Base = 175 m

<u>TIEMPOS DE RECORRIDO</u>			<u>VELOCIDADES</u>		
Intervalo de Clase (seg)	No. de Vehículos		Intervalo de Clase (km/h)		No. de Vehículos
21.0	25.0	4	0.6	1.0	5
26.0	30.0	5	1.1	1.5	40
31.0	35.0	2	1.6	2.0	26
36.0	40.0	5	2.1	2.5	16
41.0	45.0	7	2.6	3.0	53
46.0	50.0	11	3.1	3.5	7
51.0	55.0	7	3.6	4.0	11
56.0	60.0	21	4.1	4.5	7
61.0	65.0	24	4.6	5.0	5
66.0	70.0	8	5.1	5.5	2
71.0	75.0	5	5.6	6.0	2
76.0	80.0	8	6.1	6.5	3
81.0	85.0	3	6.6	7.0	1
86.0	90.0	2	7.1	7.5	1
91.0	95.0	5	7.6	8.0	2
96.0	100.0	3			
101.0	105.0	6			
106.0	110.0	7			
111.0	115.0	3			
116.0	120.0	2			
121.0	125.0	7			
126.0	130.0	3			
131.0	135.0	7			
136.0	140.0	4			
141.0	145.0	6			
146.0	150.0	1			
151.0	155.0	5			
156.0	160.0	1			
161.0	165.0	2			
166.0	170.0	0			
171.0	175.0	2			
176.0	180.0	0			
181.0	185.0	0			
186.0	190.0	4			
191.0	195.0	0			
<b>S U M A</b>		<b>181</b>	<b>S U M A</b>		<b>181</b>

## 8.- Estudio de Colas

En este caso se trata de determinar los lugares donde ocurren las demoras del tránsito y las causas que las ocasionan. Es evidente que cuando se realizan dichos estudios, las mayores demoras ocurren en las intersecciones.

Para realizar el estudio se seleccionó un tramo de manera tal que el crucero fuera el generador de las colas y así poder determinar su longitud. La recopilación de los datos se realizó a la hora de máxima demanda y el tamaño de las muestras tomadas se efectuó para cada una de las fases y en cada rama.

Las longitudes para cada rama o acceso se midieron directamente sobre la guarnición con cinta de acero y en tramos de 10 m, para después con los observadores anotar la frecuencia de las colas en cada fase, en hojas especiales.

Dependiendo del congestionamiento causado por la operación del semáforo y el tiempo de disipación de las colas, los tamaños de las muestras para la hora de máxima demanda fue variable, pero en ningún caso menor que el número de fases programadas en una hora.

Las observaciones realizadas se agruparon en intervalo de clase, anotándose a cada uno su frecuencia; a continuación se muestran las tabulaciones para cada uno de los accesos del crucero.

T A B L A No. 9

INTERSECCION DE AV. CENTRAL CON AV. 412

LONGITUD DE COLAS

INTERVALO DE CLASE (m)	FRECUENCIA OBSERVADA				
	ACCESO		ACCESO		
	NORTE	SUR	ORIENTE	PONIENTE	
0	10	0	1	19	36
11	20	0	1	29	32
21	30	1	6	14	11
31	40	3	20	10	9
41	50	19	10	6	8
51	60	11	6	4	2
61	70	5	5	9	2
71	80	4	4	5	6
81	90	7	3	8	4
91	100	2	3	2	2
101	110	0	1	5	2
111	120	0	0	2	3
121	130	6	1	2	2
131	140	0	0	3	3
141	150	2	1	3	0
151	160	0	0	0	5
161	170	0	0	1	3
171	180	3	2	9	5
181	190	1	0	3	1
191	200	1	3	2	1
201	210	0	0	6	0
211	220	0	2	2	0
221	230	2	1	0	0
<b>S U M A</b>		<b>67</b>	<b>70</b>	<b>144</b>	<b>137</b>

## 9.- Inventario de Estacionamiento

Con el propósito de evaluar el nivel de servicio de la intersección y proponer las alternativas de solución para el problema, se realizó una recopilación de informaciones concernientes a la localización y condición del estacionamiento en la vía pública, así como sus restricciones legales existentes. También se investigaron las condiciones de estacionamiento fuera de la vía pública.

Se observó que sobre las cuatro ramas que forman la intersección de Av. Central y Av. 412, el estacionamiento no está permitido y esta restricción es respetada. La baja demanda de estacionamiento que se genera en la zona, utiliza las calles secundarias.

En cuanto al estacionamiento fuera de la calle, solamente se detectó el localizado al noreste de la intersección y pertenece al centro comercial, dando servicio solamente a los clientes de dicho centro.

### CAPITULO III

#### ANTEPROYECTO

#### 1.- Análisis de los Datos

##### a) Capacidad y Niveles de Servicio

El Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la SAHOP indica en su Capítulo seis referente a capacidad los procedimientos para la determinación, tanto de la capacidad, como del nivel de servicio en una intersección a nivel controlada por semáforos.

Mediante la aplicación de una expresión algebraica pueden establecerse los valores significativos que representan las características de operación de la intersección.

Esta fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$VS = (VA) (G/C) (PAM-FHMD) (UC) (VD) (VI) (T) (B)$$

en donde:

VS = Volumen de servicio en el acceso (tránsito mixto en vph)

VA = Volumen por hora de luz verde en el acceso, en función de la anchura y el factor de carga.

G/C = Relación tiempo de luz verde a tiempo de ciclo

**PAM-FHMD** = Factor combinado de ajuste por población del área metropolitana y por hora de máxima demanda.

**UC** = Factor de ajuste por ubicación dentro de la ciudad

**VD** = Factor de ajuste por porcentaje de vueltas derechas

**VI** = Factor de ajuste por porcentaje de vueltas izquierdas

**T** = Factor de ajuste por vehículos pesados (camiones y autobuses foráneos)

**B** = Factor de ajuste por autobuses urbanos.

A manera de ejemplo se obtendrá la capacidad y el nivel de servicio del acceso norte de la Av. Central. Los otros accesos se analizarán en hojas especialmente preparadas para ello.

- Acceso norte de Av. Central

Datos:

-Ancho del acceso = 7.60 m

-Un solo sentido de circulación, sin estacionamiento

-Ubicación en zona residencial.

-Población del área metropolitana, mayor al millón de habitantes.

-FHMD = 0.93

-Intervalo de luz verde = 28 seg

-Longitud del ciclo = 75 seg

-Vueltas izquierda = 1%

-Vehículos pesados = 3%

-Autobuses urbanos = 62/hora, sin parada

-Factores de ajuste para nivel de servicio E

-VA = 2325 vph ..... figura 6.54

-G/C = 0.37

-PAM-FHMD = 1.23 ..... figura 6.54

-UC = 1.20 ..... figura 6.54

-VD = 1.035 ..... Tabla 6-V

-VI = 1.045 ..... Tabla 6-X

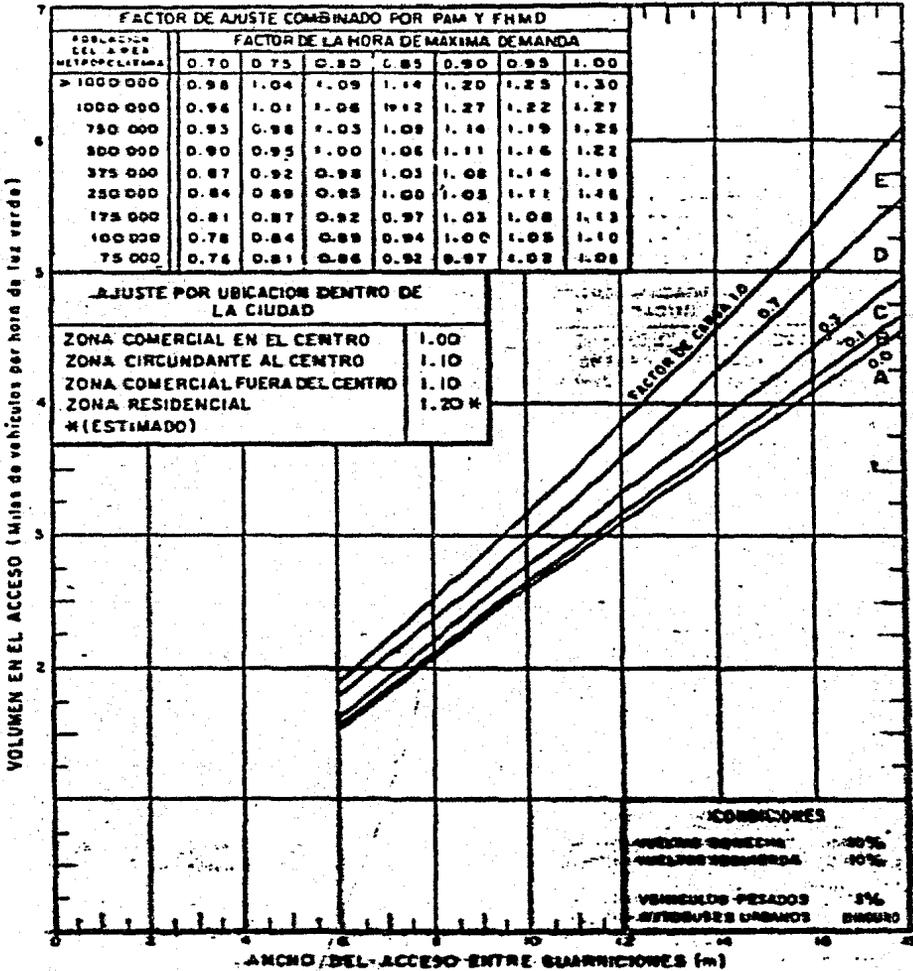
-I = 1.02 ..... Tabla 6-X

-B = 1.00 ..... No influye

Sustituyendo:

$$VS_E = C = 2325 \times 0.37 \times 1.23 \times 1.20 \times 1.035 \times 1.045 \times 1.02 \times 1.00$$

$$C = 1402 \text{ vph}$$



**FIGURA 4-54. VOLUMEN DE SERVICIO PARA EL ACCESO A UNA INTERSECCION URBANA EN VEHICULOS POR SENA DE LUZ VERDE, PARA CALLES DE UN SENTIDO DE CIRCULACION SIN ESTACIONAMIENTO**

VUELTAS <sup>b</sup> %	FACTOR DE AJUSTE <sup>a</sup>					
	SIN ESTACIONAMIENTO <sup>c</sup>			CON ESTACIONAMIENTO <sup>d</sup>		
	ANCHO DEL ACCESO ≤ 4.50 m	ANCHO DEL ACCESO 5.00 a 7.50 m	ANCHO DEL ACCESO 8.00 a 10.50 m	ANCHO DEL ACCESO ≤ 6.00 m	ANCHO DEL ACCESO 6.50 a 9.00 m	ANCHO DEL ACCESO 9.50 a 12.00 m
0	1.20	1.050	1.025	1.20	1.050	1.025
1	1.18	1.045	1.020	1.18	1.045	1.020
2	1.16	1.040	1.020	1.16	1.040	1.020
3	1.14	1.035	1.015	1.14	1.035	1.015
4	1.12	1.030	1.015	1.12	1.030	1.015
5	1.10	1.025	1.010	1.10	1.025	1.010
6	1.08	1.020	1.010	1.08	1.020	1.010
7	1.06	1.015	1.005	1.06	1.015	1.005
8	1.04	1.010	1.005	1.04	1.010	1.005
9	1.02	1.005	1.000	1.02	1.005	1.000
10	1.00	1.000	1.000	1.00	1.000	1.000
11	0.99	0.995	1.000	0.99	0.995	1.000
12	0.98	0.990	0.995	0.98	0.990	0.995
13	0.97	0.985	0.995	0.97	0.985	0.995
14	0.96	0.980	0.990	0.96	0.980	0.990
15	0.95	0.975	0.990	0.95	0.975	0.990
16	0.94	0.970	0.985	0.94	0.970	0.985
17	0.93	0.965	0.985	0.93	0.965	0.985
18	0.92	0.960	0.980	0.92	0.960	0.980
19	0.91	0.955	0.980	0.91	0.955	0.980
20	0.90	0.950	0.975	0.90	0.950	0.975
22	0.89 <sup>a</sup>	0.940	0.980	0.89	0.940	0.980
24	0.88	0.930	0.985	0.88	0.930	0.985
26	0.87	0.920	0.990	0.87	0.920	0.990
28	0.86	0.910	0.995	0.86	0.910	0.995
30 o más	0.85	0.900	1.000	0.85	0.900	1.000

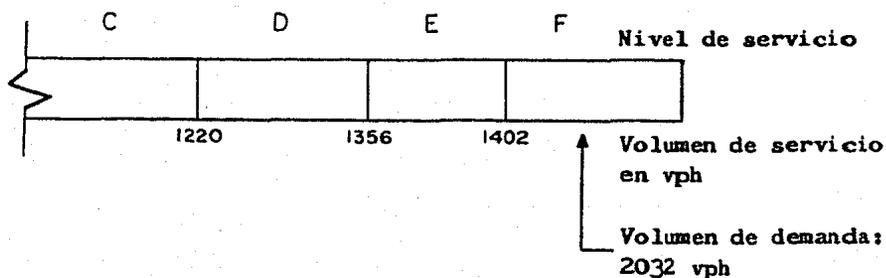
- a) Sin carriles especiales para vueltas o indicaciones especiales del semáforo.
- b) Considérense las vueltas a la derecha y a la izquierda separadamente. No se sumen.
- c) No es necesario el ajuste para anchos del acceso mayores de 10.50 m
- d) No es necesario el ajuste para anchos del acceso mayores de 12.00 m

TABLA 4-V. FACTORES DE AJUSTE POR VUELTAS A LA DERECHA EN CALLES DE DOS SENTIDOS, VUELTAS A LA DERECHA EN CALLES DE UN SENTIDO Y VUELTAS A LA IZQUIERDA EN CALLES DE UN SENTIDO

CAMIONES Y AUTOBUSES FORANEOS %	FACTOR DE AJUSTE	CAMIONES Y AUTOBUSES FORANEOS %	FACTOR DE AJUSTE	CAMIONES Y AUTOBUSES FORANEOS %	FACTOR DE AJUSTE
0	1.05	7	0.98	14	0.91
1	1.04	8	0.97	15	0.90
2	1.03	9	0.96	16	0.89
3	1.02	10	0.95	17	0.88
4	1.01	11	0.94	18	0.87
5	1.00	12	0.93	19	0.86
6	0.99	13	0.92	20	0.85

TABLA 6-X. FACTORES DE AJUSTE POR CAMIONES Y AUTOBUSES FORANEOS

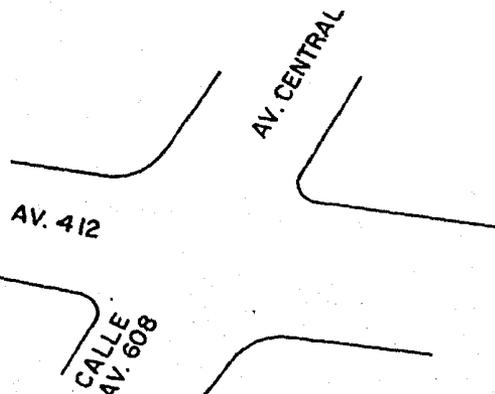
Del mismo modo se determinaron otros niveles de servicio para que gráficamente se observara a que nivel se encuentra operando el acceso norte de la Av. Central; de donde se obtuvo lo siguiente:



De la gráfica anterior, se deduce que el acceso norte de la Av. - Central, ya está trabajando a flujo forzado, por lo que se generan colas y congestionamientos, ya que el desalojo de la intersección es más lento que la frecuencia de arribo de los vehículos.

A continuación se muestran los análisis para los otros accesos.

# ANALISIS DE CAPACIDAD Y PROGRAMACION DE SEMAFOROS



CALLE AV. CENTRAL Y AV. 412

INTERSECCION \_\_\_\_\_

DATOS \_\_\_\_\_

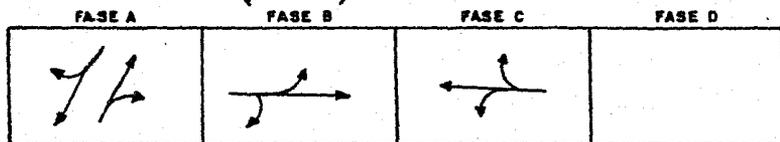
UBICACION ZONA RESIDENCIAL

LONGITUD DEL CICLO 75 Seg.

FACTOR DE LA HORA DE MAXIMA DEMANDA 0.94 PROMEDIO

TASA DE CRECIMIENTO DEL TRANSITO 10.3 % EXPONENCIAL

POBLACION MAYOR DEL MILLON DE HABITANTES.



ACCESOS NORTE Y SUR ACCESO PONIENTE ACCESO ORIENTE

N O	ESTACIONA MIENTO	ANCHO DEL ACCESO M	% C	% P	% T	PARADA DE AUTOBUSES	B./HORA	G/C %	VOL. HORA- RIO MAXIMO EN 1982	VOLUMENES DE SERVICIO						PROGRAMACION											
										C		D		E		VERDE		AMBAR		ROJO		TOTAL					
										Nº DE VEH	AÑO	Nº DE VEH	AÑO	Nº DE VEH	AÑO	%	Seg	%	Seg	%	Seg	%	Seg				
A	NO	7.60	3	3	1	NO	62	0.37	2032	1220		1356		1402		28											
	NO	14.00	3	10	0	SI	61	0.37	1127	1961	88	2151	89	2303	89	28											
B	NO	16.00	11	2	53	SI	56	0.27	873	1535	1988	1742	1989	1871	1990	20											
C	NO	10.44	9	5	32	SI	19	0.27	1054	1073		1138	1983	1231	1984	20											

OBSERVACIONES EL ACCESO NORTE DE LA AV. CENTRAL Y EL SUR DE LA CALLE 608 SE GOBIERNAN CON LA MISMA FASE A.

CALCULO \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

De la Tabla anterior se obtienen las siguientes observaciones:

- El acceso norte de la Av. Central se encuentra trabajando a flujo forzado, por lo que se generan colas y congestiónamiento.
- El acceso sur de la calle 608 opera a flujo libre; la generación de colas es pequeña y producto de los bloqueos existentes en la intersección.
- El acceso oriente de la Av. 412 está operando a flujo estable; la generación de colas es relativamente baja.
- El acceso poniente de la Av. 412 se encuentra operando a flujo libre; esto es, nivel de servicio A.

b) Velocidades y demoras

Una vez terminadas las tabulaciones de los datos de campo se pasó al análisis de éstas mediante la aplicación de técnicas estadísticas para evaluar las condiciones en que opera la intersección. Para dicho análisis se cubrieron dos aspectos: el ordenamiento de los datos y la estadística, para las velocidades y tiempos de recorrido en la intersección.

Ordenamiento de los datos:

Cuando los datos se arreglan sistemáticamente de acuerdo con la frecuencia con que ocurren, para las diferentes clasificaciones de tamaños, como puede ser el agrupamiento por veloci-

dades, la tabulación que resulta nos proporciona una distribución de frecuencia, que es una manera conveniente para resumir los datos:

Las observaciones realizadas se agrupan en intervalos de clase anotando a cada uno su frecuencia relativa. Sumando el número de observaciones en cada clase se obtiene la frecuencia de incidencias para cada clasificación de tamaño. La suma de las frecuencias de cada clase es igual al tamaño de la muestra o sea el número total de observaciones de campo consideradas.

También se obtiene la frecuencia relativa expresada en la tabla mediante un porcentaje. La suma de las frecuencias relativas hacen un total de 100%. Las distribuciones de frecuencia relativas proporcionan un formato más conveniente para los resúmenes de datos porque se elimina la referencia al tamaño de la muestra; además permite la comparación directa de los resultados obtenidos con otras muestras de tamaño variable. - A continuación se calcula la frecuencia acumulativa sumando las frecuencias desde los valores pequeños hasta los mayores de la variable en estudio. Finalmente se obtiene la frecuencia acumulada y expresada en porcentajes.

A continuación se presenta, como ejemplo, la tabulación de los datos correspondientes a la calle 608 en su sentido sur-norte. Los demás accesos fueron tratados en forma semejante.





Estadística Descriptiva:

Por medio de la estadística descriptiva se evalúan y se analizan las variables que están asociadas con el problema de tránsito en estudio, a través de valores determinados, como son la media aritmética y la desviación estándar.

La media aritmética para datos agrupados se determinó como sigue:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i X_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

Donde  $F_i$  y  $X_i$  son la frecuencia y la marca de clase del  $i$ ésimo grupo, y  $F_i$  es la suma de las frecuencias para todas las clases.

La desviación estándar se determinó mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n F_i X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n (F_i X_i)\right)^2}{\sum_{i=1}^n F_i}}}{\sum_{i=1}^n F_i - 1}$$

En donde "S" es la desviación estándar para un conjunto de datos agrupados. Cabe señalar que la desviación estándar aumenta en valor a medida que las observaciones se dispersan a mayores distancias de la media.

De los datos tabulados se obtuvo la siguiente Tabla:

R A M A	VELOCIDADES EN LA INTERSECCION KM/H		
	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	85 PORCENTUAL
NORTE	2.73	1.51	4.1
SUR	2.49	1.48	3.7
ORIENTE	1.75	0.73	2.6
PCNIENTE	1.65	1.33	3.8

c) Longitudes de Colas:

En cuanto a las observaciones de colas, los datos se ordenaron de la misma manera que las velocidades y tiempos de recorrido. Se tabularon para determinar la media y su desviación estándar. Ver las Tablas siguientes:

JABAL 608  
 DIRECCION 702 - 101:

ANEXO 20

DISTRIBUCION DE LONGITUDES DE COLAS

INTERVALO m	PUNTO MEDIO xi	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA		Fi xi	F. xi <sup>2</sup>
		Fi	%	Fi ac	% ac.		
0-10	5	1	1	1	1	5	25
11-20	15	1	1	2	2	15	225
21-30	25	6	9	8	11	150	3750
31-40	35	20	29	28	40	700	24500
41-50	45	10	15	38	55	450	20250
51-60	55	6	9	44	64	330	18150
61-70	65	5	8	49	72	325	21125
71-80	75	4	6	53	78	300	22500
81-90	85	3	4	56	82	255	21675
91-100	95	3	4	59	86	285	27075
101-110	105	1	1	60	87	105	11025
111-120	115	0	0	60	87	0	0
121-130	125	1	1	61	88	125	15625
131-140	135	0	0	61	88	0	0
141-150	145	1	1	62	89	145	21025
151-160	155	0	0	62	89	0	0
161-170	165	0	0	62	89	0	0
171-180	175	2	3	64	92	350	61250
181-190	185	0	0	64	92	0	0
191-200	195	3	4	67	96	585	114075
201-210	205	0	0	67	96	0	0
211-220	215	2	3	69	99	430	92450
221-230	225	1	1	70	100	225	50625
<b>Σ</b>			70			4780	525350

AVENIDA 412  
DIRECCION: ORIENTE-PONIENTE

T A B L A 7

DISTRIBUCION DE LONGITUDES DE COLAS

INTERVALO m	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA		Fi Xi	Fi X'
	Xi	Fi	%	Fi . ac'	% ac.		
0-10	5	19	13	19	13	95	475
11-20	15	29	20	48	33	435	6525
21-30	25	14	10	62	43	350	8750
31-40	35	10	7	72	50	350	12250
41-50	45	6	5	78	55	270	12150
51-60	55	4	3	82	58	220	12100
61-70	65	9	6	91	64	585	38025
71-80	75	5	4	96	68	375	28125
81-90	85	8	5	104	73	680	57800
91-100	95	2	1	106	74	190	18050
101-110	105	5	4	111	78	525	55125
111-120	115	2	1	113	79	230	26450
121-130	125	2	1	115	80	250	31250
131-140	135	3	2	118	82	405	54675
141-150	145	3	2	121	84	435	63075
151-160	155	0	0	121	84	0	0
161-170	165	1	1	122	85	165	27225
171-180	175	9	6	131	91	1575	275625
181-190	185	3	2	134	93	555	102675
191-200	195	2	1	136	94	390	76050
201-210	205	6	5	142	99	1230	252150
211-220	215	2	1	144	100	430	92450
Σ		144				9740	1251000

AV. CENTRAL  
DIRECCION: NORTE-SUR

DISTRIBUCION DE LONGITUDES DE COLAS

INTERVALO m	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA		Fi xi	Fi xi
	xi	Fi	%	Fi ac'	% ac.		
0-10	5	0	0	0	0	0	0
11-20	15	0	0	0	0	0	0
21-30	25	1	2	1	2	25	625
31-40	35	3	4	4	6	105	3675
41-50	45	19	28	23	34	855	38475
51-60	55	11	16	34	50	605	33275
61-70	65	5	7	39	57	325	21125
71-80	75	4	6	43	63	300	22500
81-90	85	7	11	50	74	595	50575
91-100	95	2	3	52	77	190	18050
101-110	105	0	0	52	77	0	0
111-120	115	0	0	52	77	0	0
121-130	125	6	9	58	86	750	9375
131-140	135	0	0	58	86	0	0
141-150	145	2	3	60	89	290	42050
151-160	155	0	0	60	89	0	0
161-170	165	0	0	60	89	0	0
171-180	175	3	4	63	93	525	91875
181-190	185	1	2	64	95	185	34225
191-200	195	1	2	65	97	195	38025
201-210	205	0	0	65	97	0	0
211-220	215	0	0	65	97	0	0
221-230	225	2	3	67	100	450	101250
M		67	100			5395	505100

AVENIDA 412  
DIRECCION: PONIENTE-ORIENTE

T A B L A 29

DISTRIBUCION DE LONGITUDES DE COLAS

INTERVALO m	PUNTO MEDIO	FRECUENCIA OBSERVADA		FRECUENCIA ACUMULADA		Fi Xi	Fi Xi
	xi	Fi	%	Fi oc'	% oc.		
0-10	5	36	26	36	26	180	900
11-20	15	32	23	68	49	480	7200
21-30	25	11	8	79	57	275	6875
31-40	35	9	8	88	65	315	11025
41-50	45	8	6	96	71	360	16200
51-60	55	2	1	98	72	110	6050
61-70	65	2	1	100	73	130	8450
71-80	75	6	5	106	78	450	33750
81-90	85	4	3	110	81	340	28900
91-100	95	2	1	112	82	190	18050
101-110	105	2	1	114	83	210	22050
111-120	115	3	2	117	85	345	39675
121-130	125	2	1	119	86	250	31250
131-140	135	3	2	122	88	405	54675
141-150	145	0	0	122	88	0	0
151-160	155	5	4	127	92	775	120125
161-170	165	3	2	130	94	495	81675
171-180	175	5	4	135	98	875	153125
181-190	185	1	1	136	99	185	34225
191-200	195	1	1	137	100	195	38025

Σ

137

6565 71225

Resumiendo los valores estadísticos obtenidos para cada uno de los accesos es posible comparar las longitudes de colas para detectar los puntos de mayor congestión y por lo tanto dónde ocurren las mayores demoras

RAMA	RESUMEN DE LONGITUDES DE COLAS		
	LONGITUDES DE COLAS EN METROS		
	MEDIA	DESVIACION ESTANDARD	85 PORCENTUAL
NORTE	80.5	32.7	128
SUR	68.3	53.7	105
ORIENTE	67.6	64.4	145
PONIENTE	48.0	54.1	108

d) Volúmenes Horario de Proyecto:

Para poder visualizar lo que sucederá en la intersección en el futuro se hace un pronóstico de volúmenes de tránsito; éste pronóstico se hace aplicando una fórmula que relaciona el crecimiento porcentual de volúmenes de tránsito con el número de años transcurridos.

El porcentaje de crecimiento de volúmenes de tránsito fue establecido por COVITUR en un 7% anual, tomando en cuenta el incremento vehicular y el crecimiento demográfico; más un 3.3% anual debido al tránsito generado por nuevas construcciones y por tránsito atraído por las mejoras a las vías de comunicación. El período considerado para el análisis es de 10 años.

Se considera que los volúmenes vehiculares direccionales de la intersección crecerán proporcionalmente a sus valores actuales. Al considerar un período de 10 años y aplicar una tasa de crecimiento del 10.3% anual, se aplica la fórmula de interés compuesto:

$$V_n = V_o (1 + i)^n$$

en donde:

$V_n$  = Volumen pronosticado en "n" años

$V_o$  = Volumen actual

$i$  = Factor de crecimiento

$n$  = Número de años a considerarse

Aplicando la fórmula a las volúmenes de movimientos direccionales, se obtienen los volúmenes de proyecto para la hora de máxima demanda. Tales volúmenes se presentan en la figura No. 47.

No obstante que teóricamente se pueden predecir los volúmenes vehiculares que transitarán en un plazo dado, los volúmenes que realmente circularán por ella, de no llevarse a cabo ninguna modificación geométrica o cambios en la operación vehicular, se verán limitados por las capacidades de cada rama que forma la intersección.

# VOLUMENES A 1992 CALCULO DE VOLUMENES DIRECCIONALES

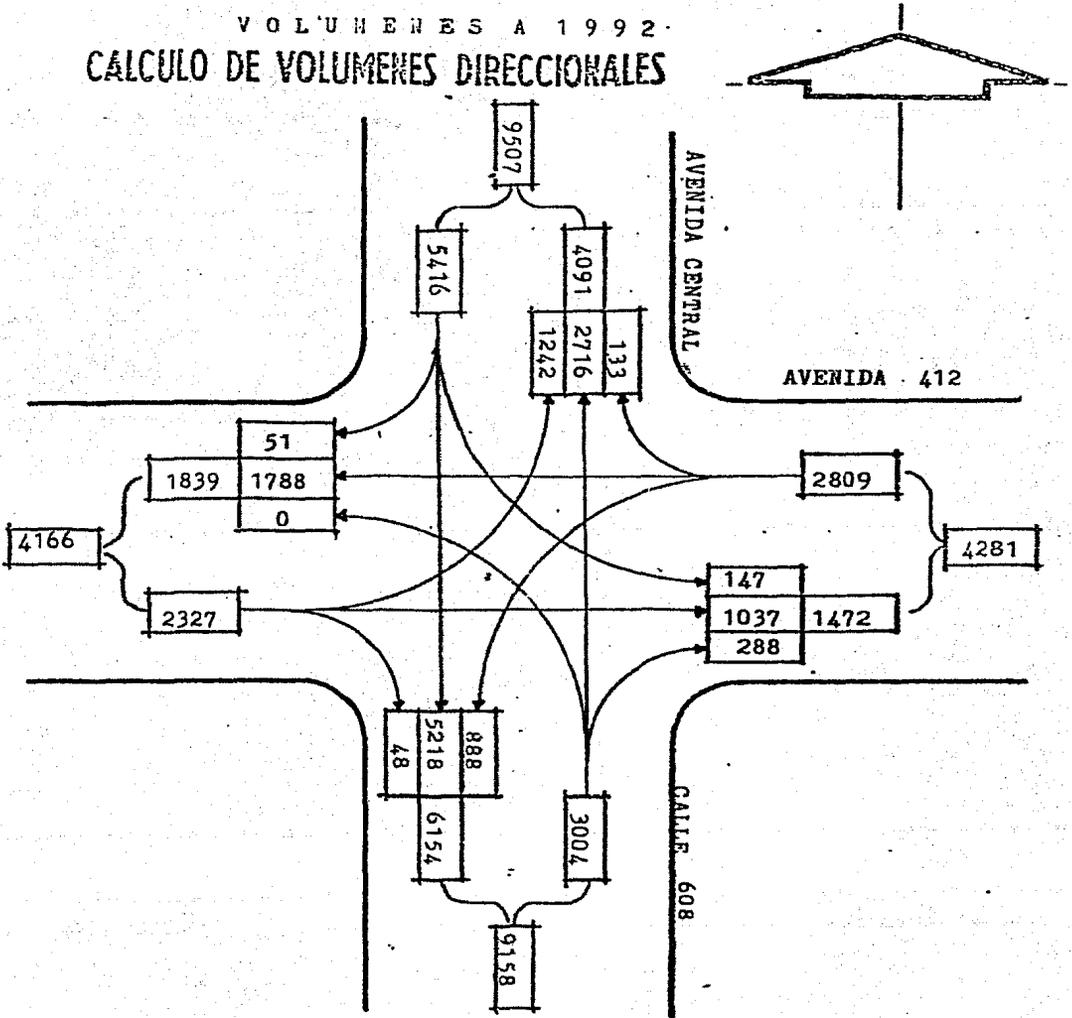
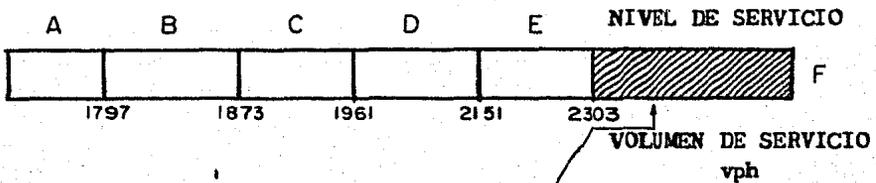


Figura 47

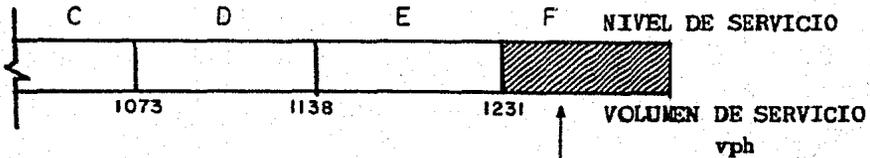
Si comparamos los volúmenes de proyecto que se presentan en la figura No. 47 con los volúmenes de servicio a nivel E calculados en el inciso "a", a excepción del acceso norte de la Av. Central que actualmente que está operando a flujo forzado, tenemos lo siguiente:

Av. 608 Acceso Sur:



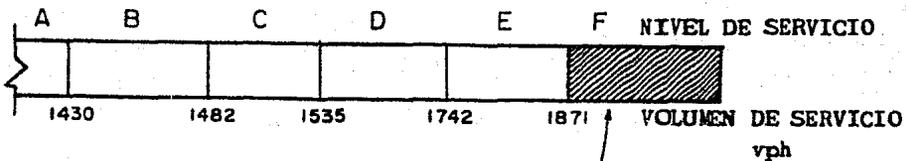
VOLUMEN DE DEMANDA FUTURO = 3004 vph

Av. 412 Acceso Oriente:



VOLUMEN DE DEMANDA FUTURO = 2809 vph

Av. 412 Acceso Poniente



VOLUMEN DE DEMANDA FUTURO = 2327 vph

Como se puede apreciar, la intersección en sus cuatro ramas tendrá una capacidad mucho menor que el volumen de demanda calculado (volumen de proyecto); por lo tanto, éstos volúmenes son los que serán tomados para la elaboración de las alternativas de solución.

## 2.- Alternativas de Solución

Los resultados de los análisis de capacidad, de velocidades de tiempo de recorrido en el cruce de la intersección, así como de colas, hacen ver que la intersección prácticamente ya trabaja a su capacidad, con peligros potenciales a los peatones y con pérdidas significativas de tiempo para conductores y peatones. Además, con el tiempo la situación se hará más crítica al aumentar la población, los vehículos y los requerimientos comerciales de la zona.

Por lo tanto, se confirma la idea de la conveniencia de convertir la intersección en un paso a desnivel, que vaya más allá del cruce a nivel del ferrocarril a Los Reyes, con tal suerte que se permita el tránsito vehicular en forma fluida y segura.

Para tal efecto, se ensayaron dos alternativas de posible solución, las cuales son factibles de realizarse debido a la disponibilidad de derecho de vía y de terrenos baldíos.

### Alternativa A

Consiste en un paso elevado a lo largo de la Av. Central, formado por dos cuerpos que libran el cruce del ferrocarril y la intersección a nivel de la Av. 412. El cuerpo con circulación norte-sur inicia la rampa aproximadamente a 265 m antes del cruce de la vía del ferrocarril a Los Reyes y termina a 210 m aproximadamente, después de la intersección de la Av. 412 y consta de tres carriles de circulación. El cuerpo con circulación sur-norte inicia la rampa aproximadamente a 225 m antes de la intersección de la avenida 412

y termina a 260 m aproximadamente, después del cruce de la vía del ferrocarril.

Además de los cuerpos para el tránsito directo, se consideraron dos calzadas laterales para permitir los movimientos al tránsito local, así como para permitir los movimientos direccionales en la Av. 412, que requerirá ser controlada por semáforos.

Para implementar esta alternativa será necesario hacer pequeñas - afectaciones, únicamente en las proximidades de la intersección de la Av. 412 sobre terrenos baldíos; ésta afectación es de aproximadamente 3,650 m<sup>2</sup>, ya que en ésta zona se cuenta con un derecho de vía menor que el resto de la Av. Central.

Esta solución tiene un factor favorable ya que el aspecto operacional sería fácil de resolver al construir la estructura por etapas.

La solución logra separar de nivel los principales volúmenes de - tránsito, así como la intersección con la vía del ferrocarril.

#### Alternativa B

Esta alternativa consiste en una variación de la anterior, se trata también de un paso elevado a lo largo de la Av. Central formado por dos cuerpos que libran el cruce del ferrocarril y la intersección de la Av. 412; la diferencia consiste en que en ésta alternativa se mantienen los dos cuerpos juntos hasta ligarse en la parte norte - con la sección actual de la Av. Central.

Las condiciones físicas, al igual que la alternativa anterior, - permiten el trazo que se plantea, ya que las afectaciones también son en las proximidades de la intersección de la Av. 412 y con la misma superficie.

En esta alternativa todos los movimientos que se generan en la intersección de la Av. Central con la Av. 412 se tendrán que resolver a nivel y controlar con semáforos; para ello habrá que reprogramar los tiempos de las fases existentes de tal manera que las - modificaciones geométricas mejoren los niveles de servicio.

La Tabla que se presenta a continuación resume las características de las alternativas mencionadas.

T A B L A No. 6

	A L T E R N A T I V A	
	A	B
1.- Dificultad de estructura	Baja	Baja
2.- Obstrucción de calles trans <sub>versales</sub>	No hay	No hay
3.- Afectación a propiedades	Mínima	Mínima
4.- Control de semáforos futuros	3 fases	3 fases
5.- Separación de los volúmenes más importantes	Si	Si
6.- Dificultad para construcción	Baja	Baja
7.- Adaptabilidad	Si	Si
8.- Problemas operacionales durante la obra	Altos	Bajos
9.- Cumple con la especificación de pendientes	Si	Si
10.- Vehículos por hora futuro, sin control de semáforos	5269	5269

En la alternativa "A", a pesar de resolver los movimientos vehiculares en la intersección con la Av. 412, los problemas operacionales que se ocasionarían durante la obra debido a la geometría y trayectoria de la estructura resultarían muy altos. La alternativa "B" propone la misma solución en cuanto a la separación de volúmenes vehiculares en la intersección de la Av. 412, sin embargo, los problemas que ocasionaría durante la obra serían bajos. En cuanto a las afectaciones a las propiedades, sobre la Av. Central y la calle 608, ambas alternativas presentan la misma superficie. En las dos alternativas se sugiere, también que los movimientos a nivel se controlen únicamente con tres fases.

En virtud de que el derecho de vía existente permite librar sin dificultad la estructura, las dos alternativas propuestas están en igualdad de factibilidad de construcción.

## CAPITULO IV

### PROYECTO

#### 1.- Proyecto Geométrico

Las alternativas seleccionadas se presentan en los Planos 2 y 3, a una escala 1:500, indicando dentro de ellos los detalles geométricos y sus acotaciones. En los mismos planos se indican los volúmenes de proyecto, tomando en cuenta los incrementos debidos al desarrollo de la zona.

##### a). Proyecto "A"

La superestructura del proyecto "A" está formada por dos calzadas separadas con tres carriles de circulación cada una. Ambas calzadas se desplazan prácticamente en forma paralela adaptándose a la disponibilidad del derecho de vía, y son soportadas por estructuras comunes en la cercanía de la intersección de la Av. 412, e individuales y separadas en el cruce de la vía del ferrocarril a Los Reyes.

Las dimensiones de las calzadas y del diseño geométrico en planta se encuentran indicadas en el Plano 2.

En los planos 4 y 5 se presentan los perfiles para cada eje, indicando en ellos pendientes longitudinales en las rampas ascendentes y descendentes, así como los puntos aproximados de las zonas de cruce del ferrocarril y de la Av. 412. También se indica la zona donde termina o inicia el terraplén y la estructura, sin rebasar en ningún momento una altura de

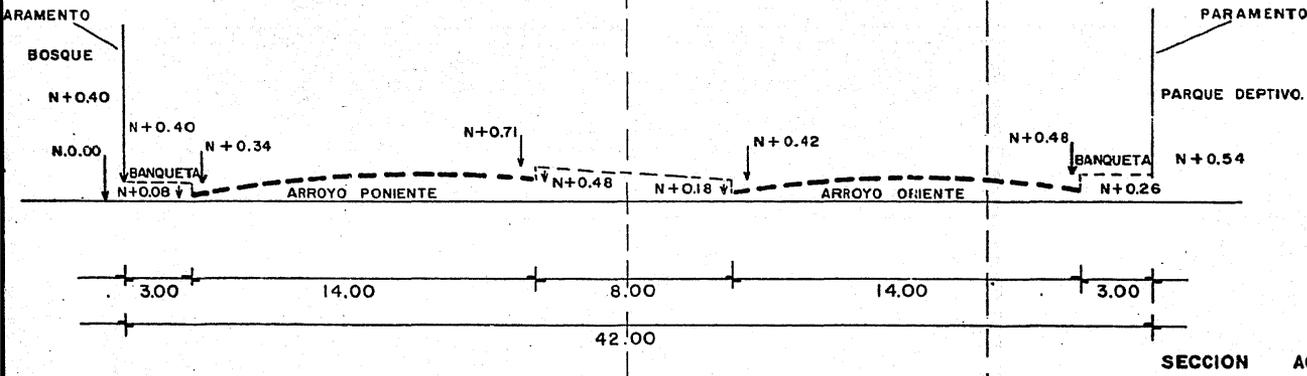
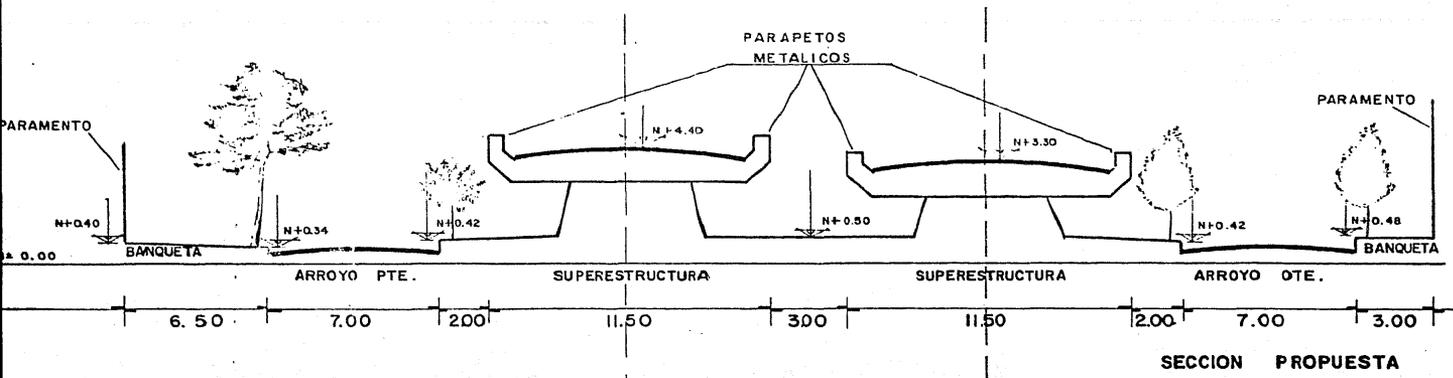
de 2.40 m para las terracerías del terraplén.

En las figuras 1, 2 y 3 se presentan las secciones típicas A - A<sup>1</sup>, B - B<sup>1</sup> y C - C<sup>1</sup> correspondientes a tres puntos diferentes de ésta alternativa. La sección A - A<sup>1</sup> es de 52.00 m y consta de cuatro calzadas; dos laterales a nivel de 7.00 m cada una y dos centrales sobre las superestructuras para alojar tres carriles de circulación al tránsito directo; éstas calzadas tienen 11.50 m cada una con una separación entre ellas de 3.00 m. La separación entre las calzadas laterales y las centrales es a base de un camellón de 2.00 m de anchura en ambos lados. La banqueteta del lado oriente es de 3.00 m de ancho y la del lado poniente de 5.00 m.

La sección B - B<sup>1</sup>, en sus dimensiones geométricas horizontales es similar a la sección A - A .

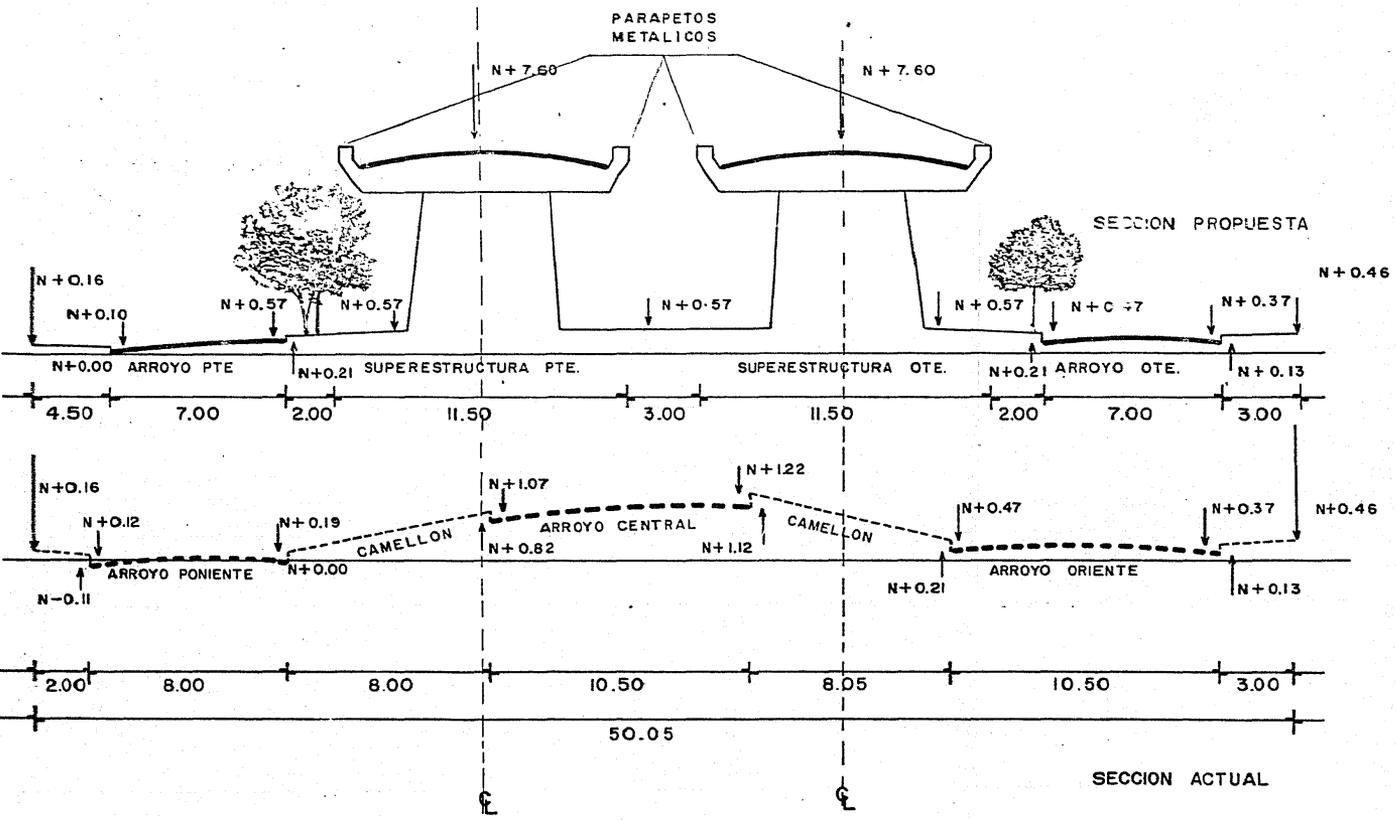
La sección C - C , ubicada en la parte norte de la intersección de la Av. 412 y del cruce del ferrocarril es de 100,00 m con cuatro calzadas, dos laterales a nivel que mantienen la misma superficie de rodamiento existente de 10.50 m de ancho y dos centrales de 11.50 m sobre la superestructura para alojar tres carriles de circulación al tránsito directo separadas por un camellón central de 28.00 m y dos camellones laterales de 6.00 m cada uno.

Las banquetetas se mantienen de 5.00 m en cada lado y el derecho de vía del ferrocarril de 6.00 m ubicado en el lado poniente de la Av. Central.



SECCION A - A

UNIVERSIDAD NACIONAL	
FACULTAD DE INGENIERIA	
FIGURA	
"SECCION A - A" DEL PROYECTO A	
TESIS PROFESIONAL	
RUFINO JOAQUIN BARRIOS CARDENAS	



SECCIONES B-B

U	N	A	M
FACULTAD DE INGENIERIA			
FIGURA 2			
"SECCION B-B" DEL PROYECTO A'			
T E S I S   P R O F E S I O N A L			
RUFINO JOSE Y BARRIOS CARDENAS			

b) Proyecto "B"

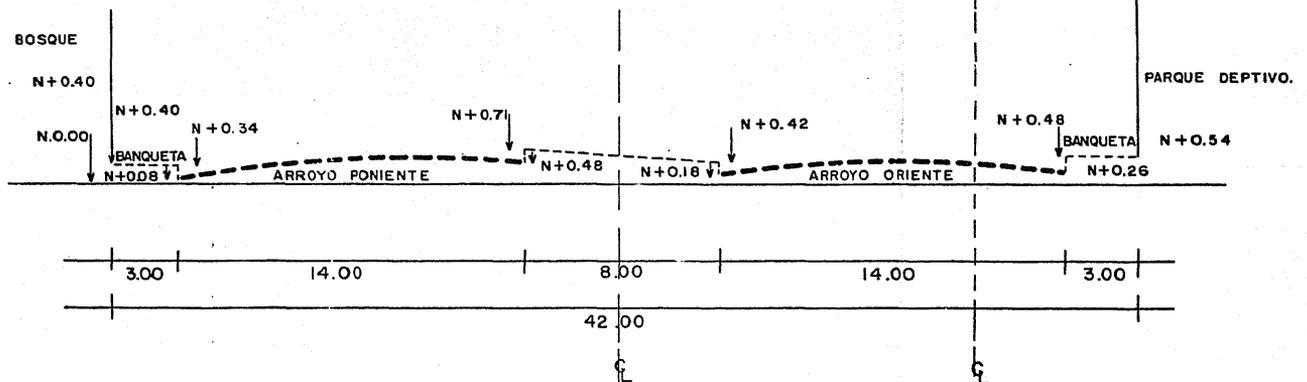
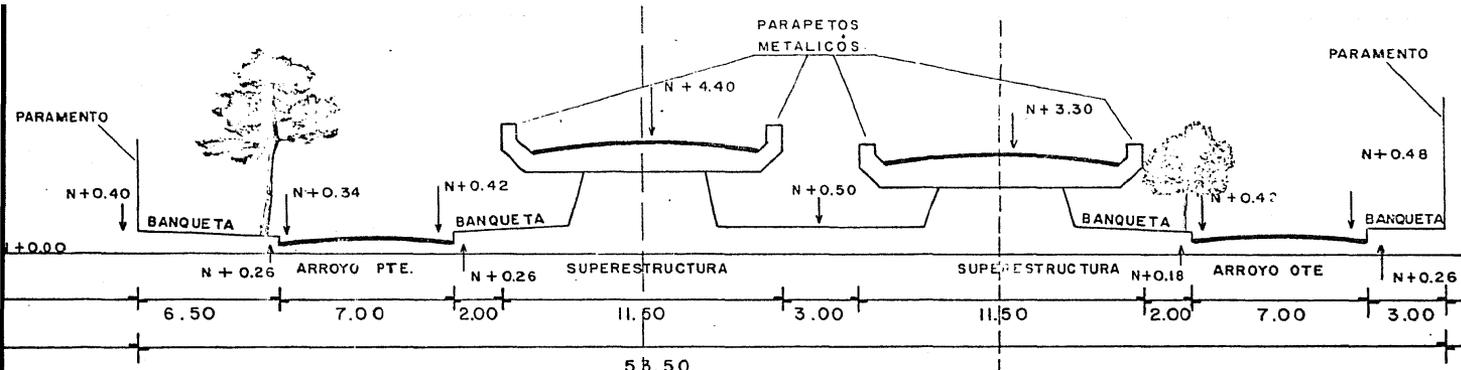
Para el proyecto "B" también se propuso una superestructura - con dos calzadas que se mantienen prácticamente paralelas y - con tres carriles de circulación para cada una; en éste caso las calzadas en ningún momento se separan más de dos metros y son soportadas por estructuras comunes.

Las dimensiones de las calzadas y del diseño geométrico en - planta se muestran en el Plano 3. Los Planos 6 y 7 presentan los perfiles para cada eje, indicando en ellos pendientes longitudinales en las rampas ascendentes y descendentes, así como los puntos aproximados de las zonas de cruce del ferrocarril y de la Av. 412.

También se presenta en forma esquemática el punto donde termina o inicia el terraplén y la estructura, sin rebasar en ningún momento una altura de 2.40 m para las terracerías del terraplén.

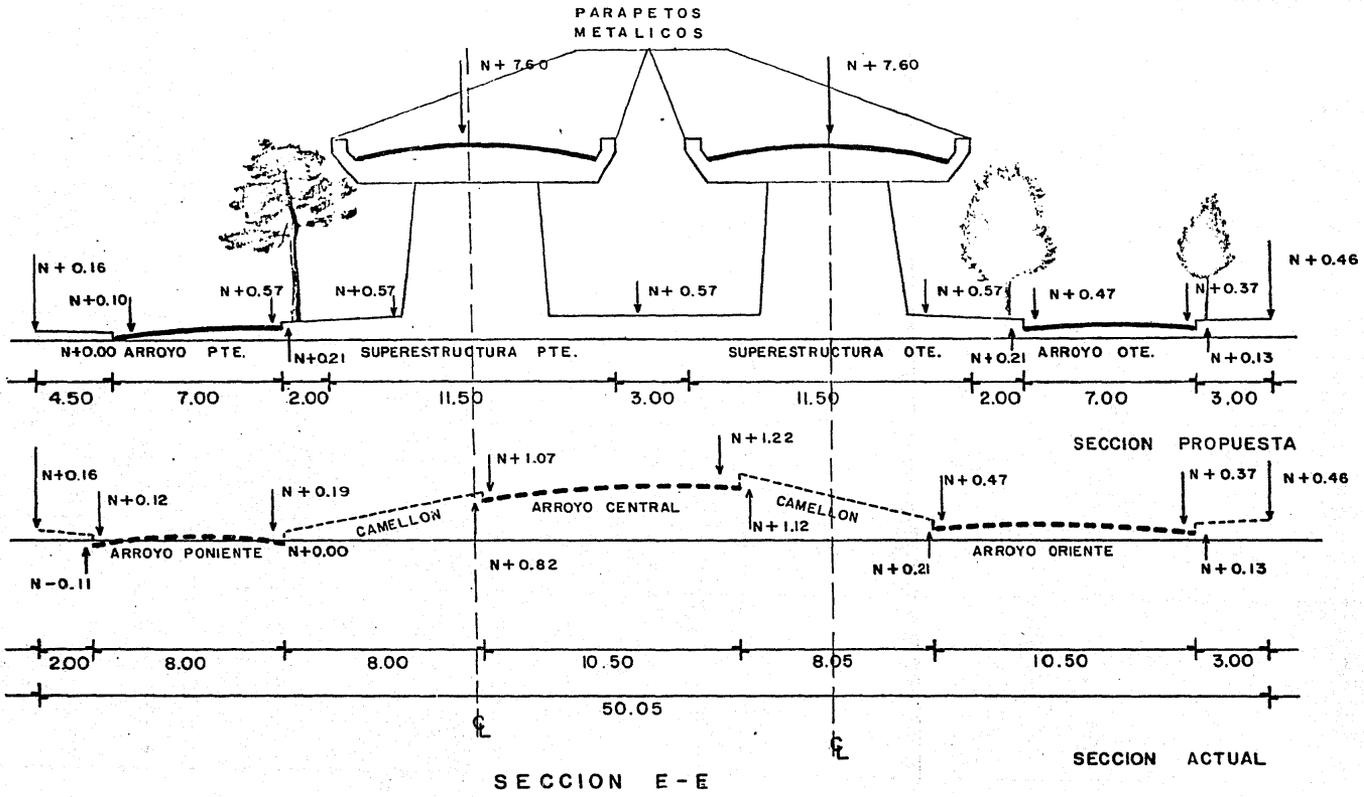
El movimiento vehicular a nivel de la Av. 412 quedará controlado mediante semáforos, de igual manera que en el proyecto "A".

En las figuras 4, 5 y 6 se presentan las secciones típicas de este proyecto, las cuales son similares a las del proyecto "A"



SECCION D-D

U	N	A	M
FACULTAD DE INGENIERIA			
FIGURA 4			
"SECCION D-D" DEL PROYECTO B			
TESIS PROFESIONAL			
RUFINO JOAQUIN BARRIOS CARDENAS			



U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA
FIGURAS
"SECCION E - E" DEL PROYECTO B"
TESIS PROFESIONAL
RUFINO JOAQUÍN BARRIOS CÁRDENAS

## 2.- Evaluación de Proyectos

La inversión que requiere la ejecución de un proyecto, así como los beneficios que reditúa son elementos importantes para una toma de decisión de la solución que se va a elegir.

Por tal razón, con los precios vigentes a 1982 para la construcción de vialidades en el Distrito Federal, se determinaron los costos aproximados de obra de cada uno de los proyectos, incluyendo un costo de indemnización por afectación a propiedades y los gastos de mantenimiento.

Partiendo de estos datos, se realizó un análisis de Beneficio-Costo para los dos proyectos y su comparación con la situación actual. Las estimaciones de obra resultaron de la siguiente manera:

ESTIMACION DE OBRA

PROYECTO "A"

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
Estructura (sin incluir pavimento)	20010	m <sup>2</sup>	\$17,300.49	\$346'182,804.90
Terraplenes (incluyendo pavimento, muros)	3680	m <sup>2</sup>	8,688.68	31'974,342.40
Colocación de guarnición	3765	m.l.	376.63	1'418,011.95
Pavimentación sobre estructura	20010	m <sup>2</sup>	759.04	15'188,390.40
Repavimentación	6600	m <sup>2</sup>	274.35	1'810,710.00
Colocación banquetas	6662	m <sup>2</sup>	329.15	2'192,797.30
Demolición de guarnición	3905	m.l.	64.04	250,076.20
Demolición de banquetas	1450	m <sup>2</sup>	91.45	132,602.50
Demolición de camellones	13100	m <sup>2</sup>	109.74	1'437,594.00
Demolición de pavimentos	13415	m <sup>2</sup>	82.33	1'104,456.95
Jardinería en camellones	5909	m <sup>2</sup>	82.33	486,487.97
Parapetos metálicos	3800	m.l.	3,140.88	11'935,344.00
Urbanización	5	%		20'705,680.94
Imprevistos	10	%		43'481,929.96
Indemnización por afectaciones	3560	m <sup>2</sup>	2,500.00	8'900,000.00

S U M A \$ 487'201,229.60

ESTIMACION DE OBRA

PROYECTO "B"

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
Estructura (sin incluir pavimento)	20068	m <sup>2</sup>	\$17,300.49	\$347'186,233.30
Terraplenes (incluyendo pavimentos y muros)	3680	m <sup>2</sup>	8,688.68	31'974,342.40
Colocación de guarnición	8595	m.l.	376.63	3'237,134.85
Pavimentación sobre estructura	20068	m <sup>2</sup>	759.04	15'232,414.72
Repavimentación	9590	m <sup>2</sup>	274.35	2'631,016.50
Colocación de banquetas	3135	m <sup>2</sup>	329.15	1'031,885.25
Demolición de guarnición	2060	m.l.	64.04	131,922.40
Demolición de banquetas	1450	m <sup>2</sup>	91.45	132,602.50
Demolición de camellones	19720	m <sup>2</sup>	109.74	2'164,072.80
Demolición de pavimentos	13865	m <sup>2</sup>	82.33	1'141,505.45
Jardinería en camellones	1160	m <sup>2</sup>	82.33	95,502.80
Parapetos metálicos	3810	m.l.	3,140.88	11'966,752.80
Urbanización	5	%		416'925,385.90 20'846,269.30
Imprevistos	10	%		43'777,165.53
Indemnización por afectaciones	3560	m <sup>2</sup>	2,500.00	8'900,000.00

S U M A

\$ 490'448,820.70

Cada uno de estos proyectos, si se llegaran a ejecutar, requerirán mantenimiento y conservación; lo que genera un gasto anual; de igual manera ocurriría si el cruce queda en las condiciones actuales. De los conceptos que involucran este gasto, se ha tomado como representativo el renglón de repavimentación y que cuantificado para la situación actual y los proyectos A y B que se están analizando, y considerando un horizonte de proyecto de diez años, en las obras con dos repavimentaciones en ese lapso los costos de mantenimiento resultarían como sigue:

Para la situación actual se necesitará un total de - - - - -  
\$ 26'362,291.00; para el proyecto A se emplearían - - - - -  
\$ 14,820,387.00, y para el proyecto B sería \$ 14'852,212.00. Como puede notarse, en el caso de permanecer el cruce en las condiciones actuales el gasto solamente de mantenimiento es de 1.78 veces mayor que cualquiera de los dos proyectos.

Los costos de operación para cada hora-hombre proyectados a un período de diez años se determinaron estimando un ingreso promedio de \$ 50.00/hora, para la situación actual y los dos proyectos que se analizan.

Fue posible definir la relación Beneficio-Costo a partir de los parámetros básicos que se presentan en la siguiente tabla:

Volumen vehicular diario en 10 años (sólo incluye los volúmenes relacionados con la estructura)

Volumen diario para acceso Norte-Sur ..... 22,271 veh.

Volumen horario para acceso Norte-Sur ..... 2,032 veh.

Volumen horario de frente para acceso Norte-Sur ..... 1,958 veh.

De lo anterior tenemos que los vehículos que circulan de frente - por el acceso Norte-Sur es igual al 96%, por lo que:

$$22,271 \times 0.96 = 21,380 \text{ veh. de frente/día.}$$

Volumen diario para acceso Sur-Norte ..... 22,756 veh.

Volumen horario para acceso Sur-Norte ..... 1,127 veh.

Volumen horario de frente para acceso Sur-Norte..... 1,019 veh.

Vehículos de frente para acceso Sur-Norte igual a 90%:

$$22,756 \times 0.90 = 20,480 \text{ veh. de frente/día}$$

Volumen vehicular diario en 10 años (relacionado con la estructura)

Sentido Norte-Sur

$$21,380 \times 365 = 7,803,700 \text{ veh/año}$$

Con un factor de incremento de 2.67 en 10 años, tenemos:

$$7'803,700 \times 10 \times 2.67 = 208'358,790$$

Sentido Sur-Norte

$$20,480 \times 365 \times 10 \times 2.67 = 199'587,840$$

Sumando ambos sentidos:

$$208'358,790 + 199'587,840 = 407,946,630$$

Que equivale al volumen vehicular diario en 10 años (relacionados con la estructura) para las alternativas A y B.

Para la situación actual tenemos que:

Volumen diario en el sentido Norte-Sur ..... 22,271 veh.

Volumen diario en el sentido Sur-Norte ..... 22,756 veh.

Proyectados a 10 años con un factor de incremento de 2.67

Sentido Norte-Sur

$$22,271 \times 365 \times 10 \times 2.67 = 217'042,031$$

Sentido Sur-Norte

$$22,756 \times 365 \times 10 \times 2.67 = 221'768,598$$

Sumando ambos sentidos tenemos:

$$217'042,031 + 221'768,598 = 438'810,629$$

Que equivale al volumen vehicular diario en 10 años para la situación actual.

Horas-hombre empleadas en el cruce en 10 años.

Para situación actual

85 percentil del tiempo de cruce de la intersección

Para el sentido Norte-Sur..... 155 seg.

Para el sentido Sur-Norte..... 120 seg.

Índice de ocupación vehicular = 1.7

Sentido Norte-Sur:

$$155 \div 60 \div 60 \times 217'042,031 \times 1.7 = 15'886,271 \text{ horas-Hombre}$$

Sentido Sur-Norte:

$$120 \div 60 \div 60 \times 221'768,598 \times 1.7 = 12'566,887 \text{ horas-hombre}$$

Sumando ambos sentidos tenemos:

$$15'886,271 + 12'566,887 = 28'453,158$$

Que equivale a las horas-hombre empleadas en el cruce en 10 años para la situación actual.

Para las alternativas "A" y "B"

Con una velocidad de proyecto de 60 km/hr, tenemos que el tiempo de cruce de la intersección será de 30 seg para ambos sentidos, y con un promedio de ocupación vehicular de 1.7 tenemos:

Sentido Norte-Sur

$$30 \div 60 \div 60 \times 208'358,790 \times 1.7 = 2'951,750$$

Sentido Sur-Norte

$$30 \div 60 \div 60 \times 199'587,840 \times 1.7 = 2'827,494$$

Sumando ambos sentidos tenemos:

$$2'951,750 + 2'827,494 = 5'779,244$$

Que equivale a las horas-hombre empleadas en el cruce en 10 años para las alternativas A y B

Costos de operación en 10 años

Considerando un ingreso promedio de \$ 50.00/hora, tanto para la situación actual como para las alternativas "A" y "B" tenemos:

Ruta actual:

$$28'453,158 \times 50 = 1'422,657,900$$

Alternativas A y B

$$5.779,244 \times 50 = 288,962,200$$

Que equivale a los costos de operación en 10 años, tanto para la situación actual como para las alternativas A y B.

VALORES PARA LA RELACION BENEFICIO-COSTO

C O N C E P T O	SITUACION	ANTEPROYECTO	ANTEPROYECTO
	ACTUAL	"A" ALTERNATIVA 2	"B" ALTERNATIVA 3
Volumen vehicular diario en 10 años (solo incluye los volúmenes relacionados con la estructura)	438,810,629	407,946,630	407,946,630
Horas-hombre empleadas en el cruce en 10 años	28,453,158	5,779,244	5,779,244
Costo de operación en 10 años	1'422,657,900	288,962,200	288,962,200
Costo de construcción		487,201,230	490,448,821
Costo de mantenimiento en 10 años	26,362,292	14,820,387	14,852,212

La fórmula empleada para la obtención de la relación Beneficio-Costo fué la siguiente:

$$B/C = \frac{C_o - C_o}{C_c + C_M}$$

en donde:

- B/C = Relación beneficio-costo
- Co = Costo de operación sin paso a desnivel
- Co = Costo de operación con paso a desnivel
- Cc = Costo de construcción
- CM = Costo de mantenimiento

Al sustituir los datos que aparecen en la tabla se tiene:

Proyecto A:

$$B/C = \frac{\$ 1,362,435,600 - \$ 288,962,200}{\$ 487,201,230 + \$ 14,820,387}$$

$$B/C = 2.14$$

Proyecto B:

$$B/C = \frac{\$ 1,362,435,600 - \$ 288,962,200}{\$ 490,448,821 + \$ 14,852,212}$$

$$B/C = 2.12$$

De lo anterior se puede observar que los índices de rentabilidad son prácticamente iguales para las dos alternativas analizadas, sin embargo, si se toma en consideración los datos comparativos de la Tabla No. 6, se decidió como más conveniente la ejecución de la solución que presenta la alternativa "B".

### 3.- Proyecto de Semáforos

El movimiento vehicular a nivel de la Av. 412 quedará controlado mediante semáforos, esto hace necesario la utilización de tres fases para regular todos los movimientos incluyendo el de las ca-  
lles laterales de la Av. Central. Esto permitirá mejorar el ni-  
vel de servicio en la intersección y reducir los tiempos de demo-  
ras.

Para poder determinar la capacidad futura en los accesos, que es-  
tarán controlados por semáforos en la intersección de la Av. Cen-  
tral con la Av. 412, primeramente se procederá a determinar el ci  
clo óptimo por medio del método establecido por Webster, cuya fór  
mula es la siguiente:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \psi}$$

en donde:

$C_o$  = Longitud óptima de ciclo, en segundos

$L$  =  $n l + R$  = Total de tiempo perdido por ciclo, suponiendo el  
tiempo de ámbar como tiempo de luz verde.

$n$  = Número de fases

$l$  = 3.5 seg = Promedio de tiempo perdido por fase para -  
flujo contínuo, incluido el tiempo de arran-  
que

$R = 0 \text{ seg}$  = Tiempo durante cada ciclo en que todos los semáforos exhiben el intervalo rojo.

$Y = \sum Y$  = Sumatoria para la intersección entera de las relaciones de volumen a saturación de flujo para cada fase determinada.

$Y = \frac{V}{S}$  = Máxima relación de volumen a saturación de flujo para una fase determinada.

$$V = \frac{V_L}{3600}$$

$V_L$  = Número de vehículos por hora en el carril de flujo máximo del acceso de aproximación.

$S = \frac{1}{G}$  = Índice de máxima descarga por carril

$G = 2.1 \text{ seg}$  = Flujo de saturación

Determinación del tiempo óptimo del ciclo:

Parámetros básicos:

Número de fases .....  $n = 3$

Retraso de arranque.....  $l = 3.5 \text{ seg}$

Volumen en el carril crítico (NS) .....  $V_L = 100 \text{ veh/h}$

Volumen en el carril crítico (SN).....  $V_L = 238$  veh/h

$$V_1 = \frac{238}{3600} = 0.07 \text{ veh/seg}$$

Volumen en el carril crítico (OP) .....  $V_L = 562$  veh/h

$$V_2 = \frac{562}{3600} = 0.16 \text{ veh/seg}$$

Volumen en el carril crítico (PO) .....  $V_L = 465$  veh/h

$$V_3 = \frac{465}{3600} = 0.13 \text{ veh/seg}$$

Flujo de saturación .....  $G = 2.1$  seg

Indice de saturación .....  $S = 0.48$  veh/seg

Relaciones de saturación:

$$Y_{SN} = \frac{0.07}{0.48} = 0.15$$

$$Y_{OP} = \frac{0.16}{0.48} = 0.33$$

$$Y_{PO} = \frac{0.13}{0.48} = 0.27$$

de modo que:

$$\Psi = Y_{SN} + Y_{OP} + Y_{PO}$$

$$\Psi = 0.15 + 0.33 + 0.27$$

$$\Psi = 0.75$$

$$L = n1 + R$$

$$L = 3 \times 3.5 + 0$$

$$L = 10.5$$

Por lo que:

$$C_0 = \frac{1.5 L + 5}{1 - \Psi}$$

$$C_0 = \frac{1.5 \times 10.5 + 5}{1 - 0.75} = 83 \text{ seg}$$

Considerando que el ciclo calculado está dentro del rango establecido para las intersecciones controladas con semáforos de tres fases, el cual varía entre 60 y 100 segundos, se sugiere establecer un ciclo de 90 segundos; el cual es bastante cercano al calculado y fácil de implementar.

Determinación de los intervalos de verde:

Procedimiento.

- a) Réstese el tiempo perdido total L, del tiempo de ciclo y divídase éste entre las relaciones flujo a saturación de flujo - (valores y)

$$g_1 = \frac{Y_1}{\Psi} (C_0 - L)$$

$$g_2 = \frac{Y_2}{\Psi} (C_0 - L)$$

$$g_3 = \frac{Y_3}{\Psi} (C_0 - L)$$

- b) Súmense "1" segundos a cada verde efectivo,  $g_1, g_2, \dots$  y - réstese el período de ámbar (segundos) para obtener el tiempo de verde necesario (G)

Sustituyendo valores tenemos:

$$g_1 = \frac{0.15}{0.75} (90 - 10.5) = 15.9 \text{ seg}$$

$$g_2 = \frac{0.33}{0.75} (90 - 10.5) = 34.98 \text{ seg}$$

$$g_3 = \frac{0.27}{0.75} (90 - 10.5) = 28.62 \text{ seg}$$

$$G_1 = g_1 + 1 - A = 15.9 + 3.5 - 3 = 16.4 \text{ seg}$$

$$G_1 = g_1 + 1 - A = 34.98 + 3.5 - 3 = 35.48 \text{ seg}$$

$$G_1 = g_1 + 1 - A = 28.62 + 3.5 - 3 = 29.12 \text{ seg}$$

Ajustando los valores tenemos:

$$G_1 = 15 \text{ seg}$$

$$G_2 = 36 \text{ seg}$$

$$G_3 = 30 \text{ seg}$$

Con el ciclo de 90 segundos y los volúmenes direccionales proyectados (Plano 2) se obtuvo el siguiente reparto:

Fase 1

Controla las calzadas laterales de la Av. Central, sin permitir las vueltas izquierdas.

Rojos	72 seg
Ambar	3 seg
Verde	15 seg
S u m a	<u>90 seg</u>

Fase 2

Controla el acceso oriente de la Av. 412, permitiendo todos sus movimientos direccionales

Rojo	51 seg
Ambar	3 seg
Verde	36 seg
S u m a	<u>90 seg</u>

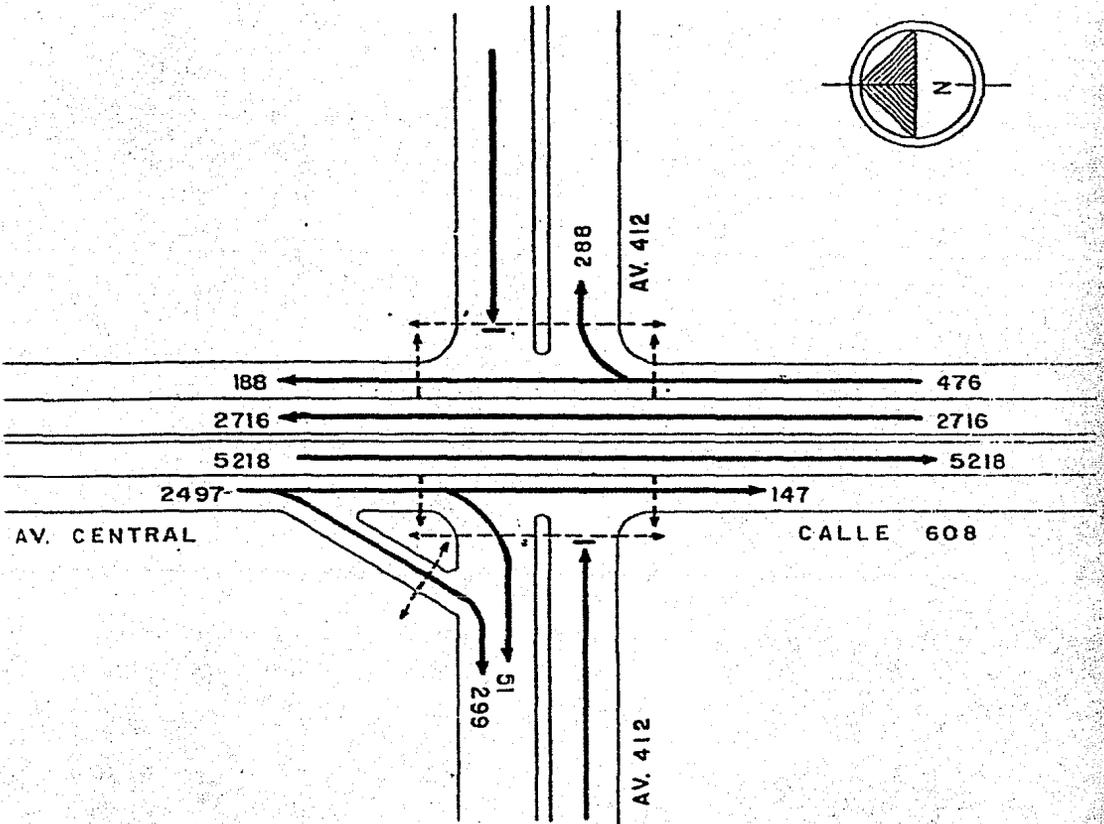
Fase 3

Controla el acceso poniente de la Av. 412, permitiendo todos sus movimientos direccionales.

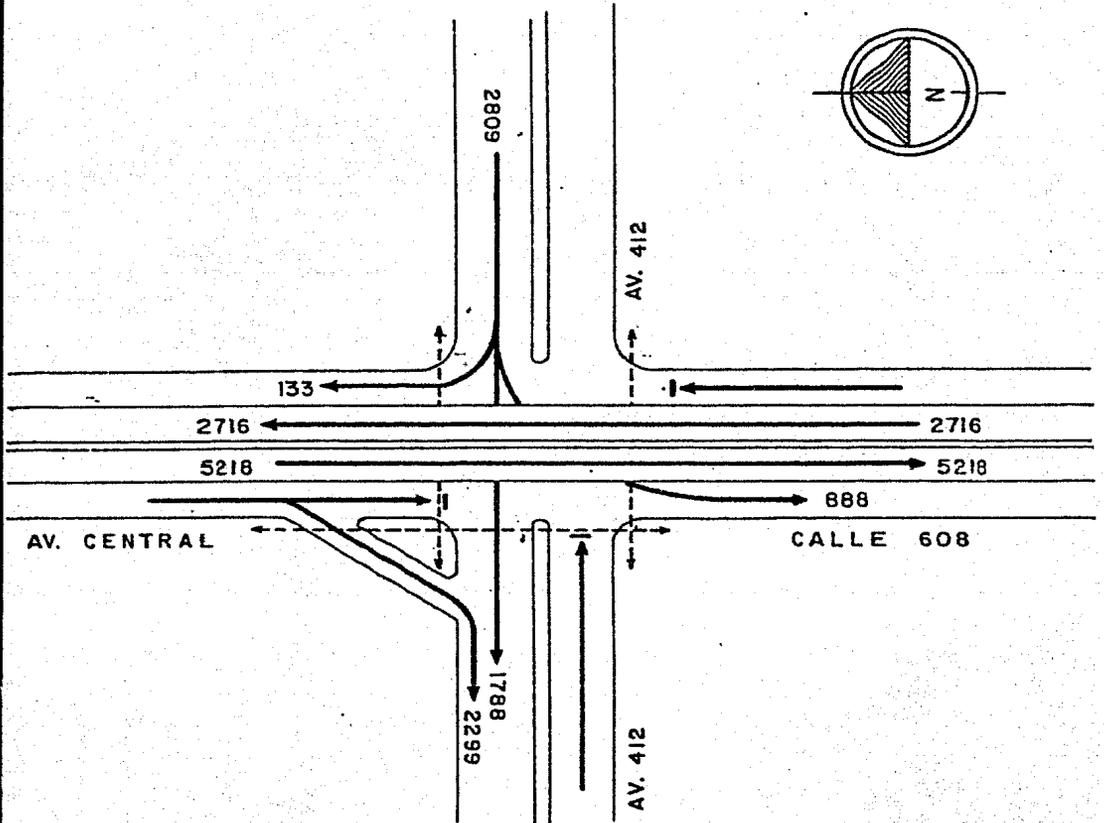
Rojo	57 seg
Ambar	3 seg
Verde	30 seg
S u m a	<u>90 seg</u>

Se asume que con los volúmenes pronosticados y con la nueva programación de los semáforos a tres fases, la intersección no presentará problemas de capacidad en su movimiento a nivel; tal aseveración se confirma con el análisis de capacidad en los accesos. Para ello se utilizará lo establecido en el Manual de Proyecto - Geométrico de Carreteras de la SAHOP, que indica en su capítulo seis, referente a capacidad, los procedimientos para la obtención de los datos necesarios mediante la expresión algebraica:

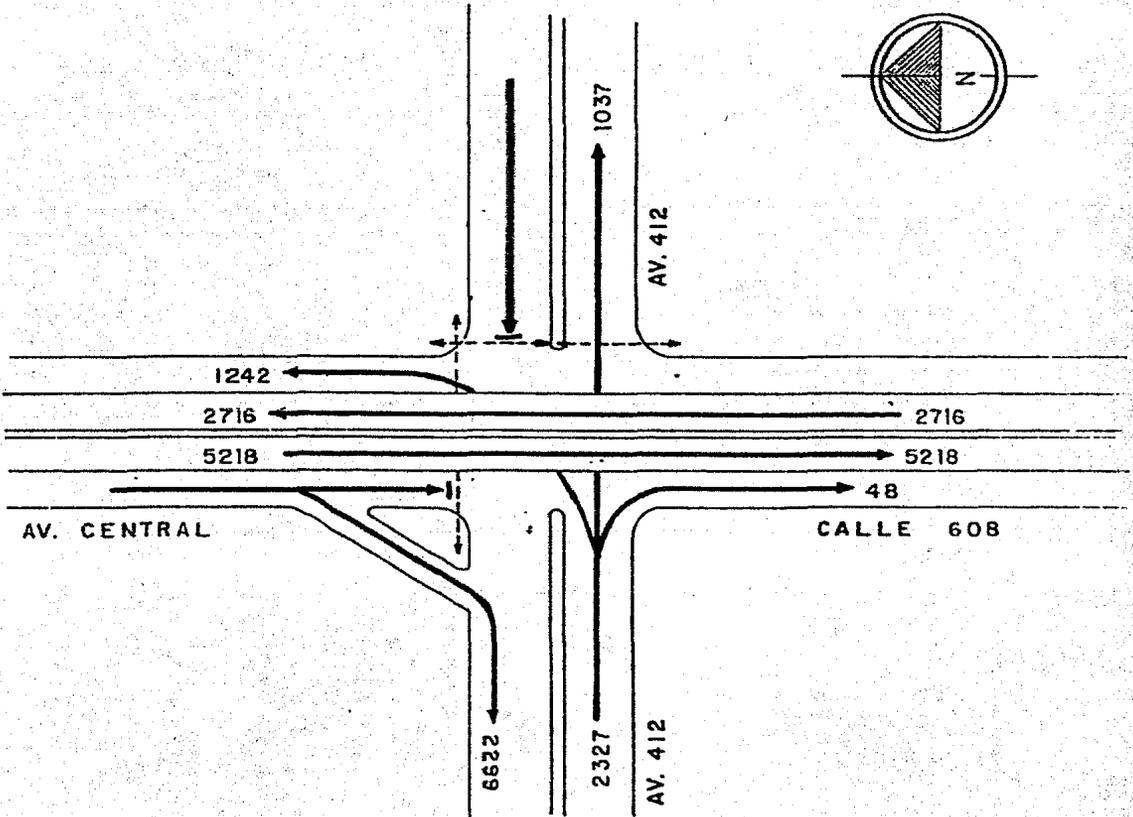
$$C = (VA) (G/C) (PAM-FHMD) (UC) (VD) (VI) (T) (B)$$



FASE I Y VOLUMENES DE  
PROYECTO



FASE 2 Y VOLUMENES DE  
PROYECTO



FASE 3 Y VOLUMENES DE  
PROYECTO

en donde:

C = Capacidad en el acceso (tránsito mixto en vph)

VA = Volumen por hora de luz verde en el acceso en función de la anchura y el factor de carga.

G/C = Relación tiempo de luz verde a tiempo de ciclo.

PAM-FHMD = Factor combinado de ajuste por población del área metropolitana y por hora de máxima demanda.

UC = Factor de ajuste por ubicación dentro de la ciudad

VD = Factor de ajuste por porcentaje de vueltas derechas.

VI = Factor de ajuste por porcentaje de vueltas izquierdas.

T = Factor de ajuste por vehículos pesados (camiones y autobuses foráneos).

B = Factor de ajuste por autobuses urbanos.

#### Acceso Sur de la calle 608

- Ancho del acceso = 7.00 m

- Un sólo sentido de circulación sin estacionamiento.

- Ubicado en zona residencial.

- Población del área metropolitana mayor del millón de habitantes.

- FHMD = 0.97

- Intervalo de luz verde = 15 seg

- Longitud del ciclo = 90 seg

- Vuelta a la derecha = 10%

- Vuelta a la izquierda = 0%

- Vehículos pesados = 3%
- Autobuses urbanos = 61/hora

Factores de ajuste para la capacidad (nivel de servicio E).

VA = 2250 vph                      Figura 6.54

G/C = 0.17

PAM - FHMD = 1.27                      Figura 6.54

UC = 1.20                              Figura 6.54

VD = 1.00                              Tabla 6 - V

VI = 1.02                              Tabla 6 - V

T = 1.02                              Tabla 6 - X

B = 0.88                              Figura 6.59

Sustituyendo:

$$C = 2250 \times 0.17 \times 1.27 \times 1.20 \times 1.00 \times 1.02 \times 1.02 \times 0.88 = 534 \text{ vph}$$

Comparando con el volumen de demanda pronosticado a diez años, se tiene:

$$C = 534 \text{ vph} > VD = 476 \text{ vph}$$

Por lo tanto el acceso operará al nivel de servicio D lo que equivale a un flujo próximo al inestable.

Acceso Oriente de la Avenida 412

- Ancho del acceso = 16.00 m

- Un solo sentido de circulación sin estacionamiento
- Ubicado en zona residencial
- Población del área metropolitana mayor del millón de habitantes
- FHMD = 0.95
- Intervalo de luz verde = 36 seg
- Longitud del ciclo = 90 seg
- Vuelta a la derecha = 5%
- Vuelta a la izquierda = 32%
- Vehículos pesados = 9%
- Autobuses urbanos = 18/hora

Factores de ajuste para la capacidad (nivel de servicio E).

VA	= 5300 vph	Figura 6.54
G/C	= 0.40	
PAM-FHMD	= 1.25	Figura 6.54
UC	= 1.20	Figura 6.54
VD	= 1.01	Tabla 6 - V
VI	= 1.00	Tabla 6 - V
T	= 0.96	Tabla 6 - X
B	= 0.95	Figura 6.59

Sustituyendo:

$$C = 5300 \times 0.40 \times 1.25 \times 1.20, 1.20 \times 1.01 \times 1.00 \times 0.96 \times 0.95 \\ = 2929 \text{ veip}$$

Comparando con el volumen de demanda pronosticado a diez años, se tiene:

$$C = 2929 \text{ vph} > VD = 2809 \text{ vph}$$

Por lo que se puede concluir que el acceso operará al nivel de servicio D que equivale a un flujo próximo al inestable.

Acceso Poniente de la Avenida 412

- Ancho del acceso = 16.00 m
- Un solo sentido de circulación sin estacionamiento
- Ubicado en zona residencial
- Población del área metropolitana mayor del millón de habitantes
- FHMD = 0.95
- Intervalo de luz verde = 30 seg
- Longitud del ciclo = 90 seg
- Vueltas a la derecha = 2%
- Vueltas a la izquierda = 53%
- Vehículos pesados = 11%
- Autobuses urbanos = 56/hora

Factores de ajuste para la capacidad (nivel de servicio E)

VA = 5300 vph                      Figura 6.54

G/C = 0.33

PAM-FHMD = 1.25                      Figura 6.54

UC = 1.20                              Figura 6.54

VD = 1.02                              Tabla 6 - V

VI = 1.00                              Tabla 6 - V

T = 0.94                                Tabla 6 - X

B = 0.95                                Figura 6.59

Sustituyendo:

$$C = 5300 \times 0.33 \times 1.25 \times 1.20 \times 1.02 \times 1.00 \times 0.94 \times 0.95$$

$$C = 2390 \text{ vph}$$

Comparando con el volumen de demanda pronosticado a diez años,  
se tiene:

$$C = 2390 \text{ vph} > VD = 2327 \text{ vph}$$

Por lo que se puede concluir que el acceso operará al nivel de  
servicio E, lo que equivale a un flujo inestable.

#### 4.- Señalamiento

Se requieren indicaciones claras y precisas para los conductores que circulan por este cruce, a fin de obtener un óptimo funcionamiento del mismo. Básicamente se requieren señales restrictivas de estacionamiento y señales informativas que den a conocer clara y oportunamente los destinos.

Son indispensables una señal informativa anticipada y una en el lugar de decisión, como mínimo. Para los conductores que circulan por las calzadas laterales de la Av. Central será necesario prevenirle del cruce del ferrocarril con el señalamiento adecuado.

En el Plano No. 8 se presenta el proyecto del señalamiento vertical y horizontal que se requiere, indicándose su ubicación y texto de las señales.

Las marcas en el pavimento incluyen las rayas separadoras de carriles, rayas de alto, rayas de cruces de peatones, así como flechas que indican la dirección a seguir. También se ubicaron las marcas de aproximación a los parapetos del paso a desnivel.

## CAPITULO V

### CONSTRUCCION

El proyecto seleccionado consiste en un paso a desnivel a lo largo de la Avenida Central para librar el cruce del ferrocarril a Los Reyes y la intersección con la Avenida 412. Resuelve el conflicto que tienen los volúmenes de tránsito más importante de el cruce y primordialmente evita la interferencia con el ferrocarril.

Este paso superior consta de dos superestructuras que se pretenden sean de concreto preesforzado; ambas estructuras van orientadas de Norte a Sur, en una forma casi recta y cada una tiene una calzada para alojar tres carriles de circulación y parapetos de seguridad. La superestructuras puede estar constituida por cajones o por trabes "T"

La estructura sugerida constaría de apoyo o pilas, espaciadas aproximadamente a cada 20 metros a excepción de las zonas de cruce de la Avenida 412 y de la vía del ferrocarril. También se pondrán terraplenes en los inicios de cada rampa, no mayores de 2.40 m que estarían contenidos mediante muros laterales de concreto. Los extremos del terraplén estarían complementados con un estribo que los cerraría en la parte más alta de la rampa.

Por otro lado, la anchura de la sección transversal del proyecto en el área de la Avenida 412 es insuficiente para alojar la estructura, por lo que se requiere efectuar afectaciones a terrenos baldíos para dar cabida a la calzada lateral. La liga a la sección actual es a base de transición en los extremos norte de las rampas.

Debido al tipo de solución de superestructuras separadas, la ejecución de la obra no requerirá el cierre de las calzadas centrales de la Avenida Central.

Como un estudio detallado de la cimentación del paso a desnivel cae fuera del alcance de ésta tesis, se darán algunas recomendaciones sobre Mecánicas de Suelos que deberán tomarse en cuenta.

#### 1.- Estatigrafía:

El paso a desnivel se ubica en la zona lacustre del Vaso de Texcoco y su perfil es el siguiente:

Superficialmente y hasta una profundidad de 2 metros se tiene arcilla arenosa y arcilla limo arenosa café, la cual está contaminada con material de relleno. La consistencia de esta capa es de muy blanda a firme, con contenido de agua de 75% .

Enseguida, y hasta una profundidad de 34 metros se tiene una capa de arcilla gris y/o café altamente comprensible de consistencia muy blanda a media; no así en la parte inferior del estrato donde la consistencia llega a ser firme. En los primeros 12 metros el contenido de agua medio es de 150% y después, hasta los 34 metros, es de 250% .

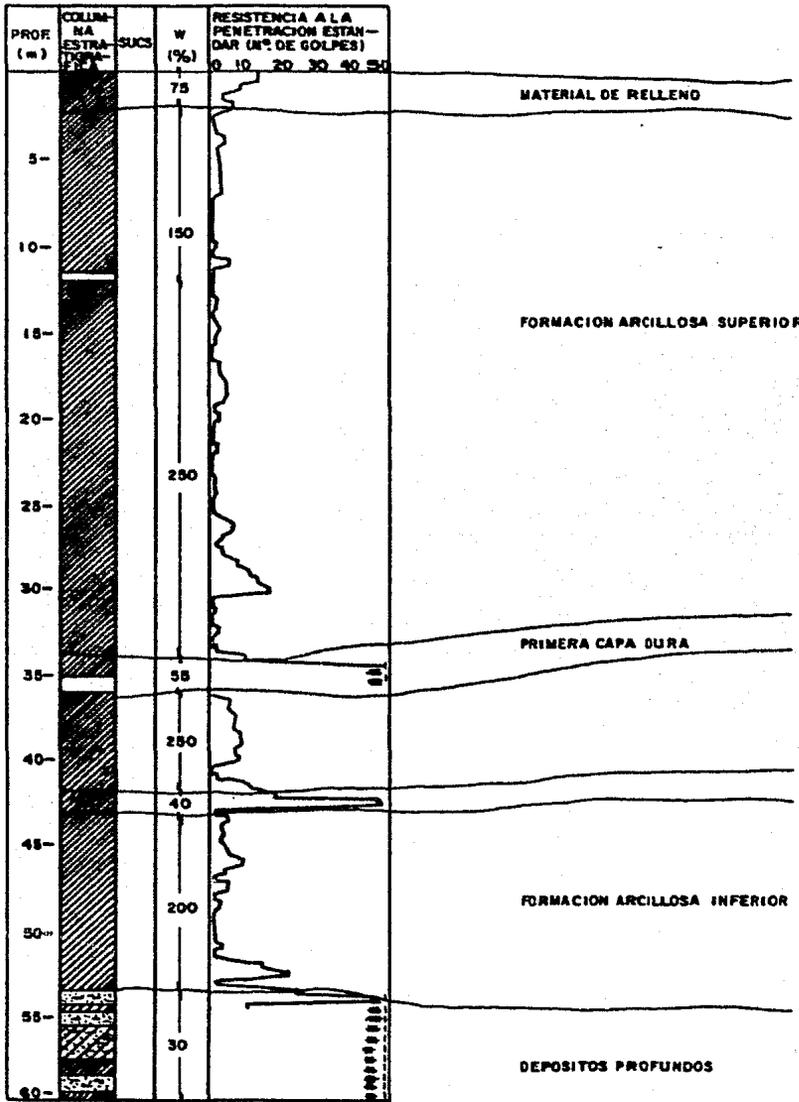
Subyaciendo este estrato y con un espesor medio de 2 metros, se tiene una capa compuesta por limo arcilloso arenoso gris, arcilla limo arenosa gris y limo arenoso gris de muy alta compacidad y consistencia dura, con contenido de agua medio de 55% .

Bajo esta capa y hasta 53 metros de profundidad se tiene un estrato compuesto por arcilla gris verdosa de consistencia muy blanda a muy firme y contenido de agua variable de 200 a 250%. Dentro de este estrato y a una profundidad media de 41 metros aparece una capa de ceniza volcánica con vetas de arcilla gris verdosa de consistencia firme a dura y contenido de agua medio de 40% .

Finalmente, de 53 metros a la profundidad máxima explorada de 60 m, se tiene interestratificaciones de arcilla, arena, arcilla limosa, limo arcilloso, arena limosa y limo arenoso de muy alta compacidad en los suelos gruesos y consistencia dura en los suelos finos; el contenido de agua es de 30% .

La estratigrafía descrita se puede observar en la siguiente gráfica.

# ESTRATIGRAFIA



PASO A DESNIVEL AV. CENTRAL

## 2.- Criterios para Seleccionar la Cimentación Óptima

En la mayoría de los casos, el área de cimentación es de una magnitud restringida, ya que no puede ir más allá del predio disponible, invadiría terrenos ajenos o se toparía con construcciones vecinas. En el caso particular del proyecto aquí analizado (distribución y espaciamiento entre apoyos) no se tienen tales limitaciones, a excepción de que el área del cajón de cimentación que se proponga no debe ser mayor que la correspondiente al área tributaria del apoyo analizado, posibilidad que es muy remota si se considera que el área tributaria mínima de un apoyo es de  $630 \text{ m}^2$ , - además sólo es válida esta restricción si los apoyos adyacentes al analizado necesitaran también un área de cimentación mayor a su área tributaria correspondiente. En este caso, el área de cimentación se considerará como un parámetro variable.

Por otro lado, la profundidad de desplante  $D$  del cajón de cimentación se recomienda se fije en 2 m, por las siguientes razones: una profundidad mayor ocasionaría serios problemas en la construcción y el comportamiento de la estructura, debido a las condiciones del subsuelo, como pueden ser la estabilidad de taludes, presencia del nivel freático y filtraciones que eliminarían la compensación. Una profundidad menor ocasionaría que la losa de cimentación se desplantara sobre materiales de relleno, condición que es indeseable.

Por lo que se refiere a los pilotes, la longitud debe ser máxima para obtener un eje neutro lo más profundo posible, reduciendo - así el espesor compresible. Sin embargo, deberá dejarse un -- "colchón" de suelo entre la punta del pilote y la capa resistente más próxima para evitar el contacto a largo plazo. El espesor -

del colchón de suelo recomendable es 2 m como mínimo. Sin embargo, el número, material y sección de los pilotes a considerar son parámetros variables.

Si la profundidad  $D_c$  del cajón de cimentación y la longitud  $L$  de los pilotes son parámetros constantes, y el área de cimentación, - número, material y sección de los pilotes son parámetros variables, la cimentación óptima será aquella que resulte con menor número de pilotes, lo que se traduciría en menor costo y que cumpla además - con los requisitos de seguridad y servicio.

La solución óptima (técnico-económica) de cimentación es a base de cajón hueco estanco que compense parcialmente el peso de la estructura combinado con pilotes de fricción de 29 m de longitud.

### 3.- Terracerías

Los materiales para terracerías son los que provienen de la corteza terrestre, ya sea que se extraigan de cortes o préstamos y que se utilizan en la construcción de terraplenes o rellenos, los cuales se pueden emplear solos, mezclados o estabilizados con otros materiales naturales o elaborados, en tal forma que reúnan características adecuadas para su uso.

Para la construcción de los terraplenes se deberá despallar el terreno natural un espesor promedio de 0.20 metros en la plantilla - de los nuevos cuerpos. La plantilla descubierta deberá compactarse al 90% como mínimo, en un espesor de 0.20 m.

Se recomienda que el material con el cual se formarán los terraplenes de acceso al paso sea un material ligero como arena pumítica, tezontle, etc; con objeto de evitar hundimientos considerables dada la altura del terraplén.

En este caso en particular, los terraplenes deberán proyectarse con material de banco-tezontle, con peso volumétrico de  $1.4 \text{ ton/m}^3$  formándolos de la siguiente manera:

- a) Cuerpo del terraplén al 90%
- b) Capa de transición de 0.50 metros de espesor al 95%
- c) Capa subrasante de 0.30 metros de espesor al 100%, utilizando una mezcla de tezontle y limo en proporción de 80 - 20.

Los terraplenes se construirán por capas sensiblemente horizontales en todo lo ancho de la sección, y de un espesor aproximadamente uniforme de tal forma que se obtenga la compactación fijada.

La compactación de los terraplenes se ejecutará uniformemente en todo el ancho de la sección. Se dará al material la humedad conveniente. Cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el óptimo, antes de iniciar la compactación, se eliminará el agua excedente.

Efectuada la compactación de una capa de material, su superficie se escarificará y se agregará agua si es necesario, antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente.

No deberá iniciarse la construcción de los terraplenes antes de terminarse los muros laterales de concreto previstos en el proyecto.

Para dar por terminada la construcción de los terraplenes, incluyendo su afinamiento, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- a) Niveles en sub-rasante + 3 cm
- b) Ancho de la corona, al nivel de sub-rasante, del centro línea a la orilla + 10 cm

#### 4.- Pruebas de Laboratorio

En general, para terracerías se pueden utilizar casi todos los materiales que sean económicamente explotables; las excepciones son los suelos MH, CH y OH (limos, arcillas y suelos orgánicos de alta compresibilidad), con límite líquido mayor que 100% y suelo Pt (turba)

Las pruebas de laboratorio que se efectúan a los suelos que se extraen de bancos, según su utilización son las siguientes:

##### I.- Terracerías:

- a) Clasificación: Límites de plasticidad  
Granulometría
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo  
A veces, Valor Relativo de Soporte

II.- Capa Subrasante:

- a) Clasificación: Límites de plasticidad  
Granulometría
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo  
Valor Relativo de Soporte  
Expansión  
Equivalente de Arena
- c) Diseño: Determinación de Valor Relativo de Soporte  
(Método del Cuerpo de Ingenieros, USA)  
o bien  
Pruebas de Hveem, o bien:  
Pruebas Triaxiales de Texas

III.- Base y Sub-base:

- a) Clasificación: Límites de plasticidad  
Granulometría
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo  
Valor Relativo de Soporte  
Equivalente de Arena  
Expansión
- c) Diseño: Si se desea hacer un diseño estructural por capas, deberán realizarse las pruebas indicadas para la capa subrasante.

IV.- Carpeta Asfáltica:

- a) Clasificación: Límites de plasticidad  
Granulometría
  
- b) Calidad: Pruebas de desgaste y/o alterabilidad  
Equivalente de Arena  
Expansión  
Afinidad con el Asfalto  
Pruebas para definir la forma de los agregados
  
- c) Diseño: Prueba de Marshall, o bien:  
Pruebas de Hveem  
El contenido óptimo de Asfalto puede determinar  
se también por el Método C.K.F.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

Se ha presentado un estudio de vialidad para resolver los problemas originados por el tránsito en la intersección de la Avenida Central y la calle 412, en la Delegación Gustavo A. Madero. Estos problemas se ven agravados por la cercanía del cruce de la vía férrea que va hacia Los Reyes, ocasionando demoras importantes a los usuarios en las horas pico, y aún en horas normales.

Con el objeto de recabar la mayor información posible se realizaron inventarios del uso del suelo, de características geométricas y de condiciones de desarrollo de la zona propuestas por el Plan Parcial de Desarrollo Urbano de la Delegación Gustavo A. Madero.

En lo concerniente a estudios de tránsito se realizaron, entre otros, un inventario del señalamiento actual, uno de semáforos; se efectuaron aforos vehiculares que proporcionaron las horas de máxima demanda, en las cuales se determinaron los movimientos direccionales que sirvieron de base para el proyecto. Además, se obtuvo un inventario de rutas de transporte público, de movimiento de peatones y de estacionamiento. Con el fin de efectuar evaluaciones económicas se hicieron estudios de velocidades y tiempos de recorrido, así como de colas.

En el aspecto de análisis se obtuvo los niveles de servicio y la capacidad de cada rama de la intersección; se pronosticaron los volúmenes vehiculares a un horizonte de 10 años y se calcularon las dis

tribuciones de velocidades de recorrido y de colas por medio de la estadística descriptiva.

Del análisis de los datos se llegó a la conclusión de que es recomendable la construcción de un paso a desnivel que separe los volúmenes más importantes y agilice la circulación por la intersección citada.

Se propusieron dos proyectos a los cuales se comparó entre sí, y se efectuó la evaluación económica correspondiente, por medio de un estudio de Beneficio-Costo.

Se realizaron los proyectos geométricos de cada alternativa y se buscó la mejor solución técnica y estética.

Para la cimentación de la estructura se recomienda el uso de un cajón estanco combinado con pilotes de fricción desplantados a una profundidad de 29 m. También se dan recomendaciones en cuanto a la construcción de los terraplenes y las pruebas necesarias para el empleo de materiales de banco.

Por lo tanto, es deseable la construcción del paso a desnivel si se requiere evitar molestias a los usuarios y hacer más fluída la circulación, objetivo primordial de las Autoridades de Tránsito de esta congestionada urbe.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras  
Secretaría de Obras Públicas  
México, 1974
- 2.- Una Fisonomía de la Ingeniería de Tránsito  
Lazo Margaín - Sánchez Angeles  
México, 1981
- 3.- Los Semáforos y el Control Dinámico del Tránsito  
Varios Autores  
México, 1976
- 4.- Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito  
Asociación Mexicana de Caminos  
México, 1971
- 5.- Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en  
Calles y Carreteras  
Secretaría de Obras Públicas  
México, 1977
- 6.- A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets  
American Association of State Highway and Transportation  
Officials  
U.S. 1973
- 7.- Métodos Estadísticos en Ingeniería de Tránsito  
Johanes F. Schawar - José Ruy Huarte  
Universidad del Estado de Ohio, 1967
- 8.- Control del Tránsito Urbano  
Martínez Márquez  
México, 1979
- 9.- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomos I y II  
Rico - Del Castillo  
México, 1978

**10.- Especificaciones Generales de Construcción**  
**Secretaría de Obras Públicas**  
**México, 1971**