

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

PASO A DESNIVEL INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

JORGE HAROLDO DUBON XITUMUL

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

GUATEMALA, MAYO DE 1996

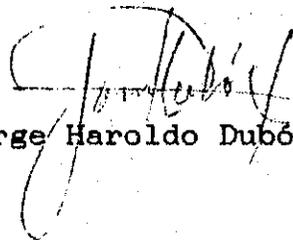
08  
T(3712)  
C.4

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**PASO A DESNIVEL INTERSECCION CA.1 OCC. - RN.14**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de Octubre de 1,995



Jorge Haroldo Dubón Xitumul.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL PRIMERO:	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO:	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL TERCERO:	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO:	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL QUINTO:	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO:	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR:	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
EXAMINADOR:	ING. ELVIA MIRIAM RUBALLOS DE ROSSAL
EXAMINADOR:	ING. EDGAR VINICIO QUINONEZ DE LA CRUZ
SECRETARIO:	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

Guatemala, 19 de Marzo de 1996

Ing. Edgar de León Maldonado  
Jefe del Area de Transporte  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero:

Habiendo revisado el trabajo de tesis titulado " PASO A DESNIVEL INTERSECCION CA. 1 OCC. - RN. 14" , del estudiante Universitario Jorge Haroldo Dubón Xitumul, manifiesto a usted que dicho trabajo de tesis ha llenado los requisitos del programa dentro del cual se efectuó y por la importancia de su aplicación en la rama del Diseño de Carreteras la doy por aprobada.-

Sin otro particular me suscribo, atento servidor,



ING. FRANCISCO LUIS GUEVARA UTRILLA  
ASESOR



10 de abril de 1,996

**ACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Señor Director  
Escuela de Ingeniería Civil  
Ing. Jack Douglas Ibarra,  
Facultad de Ingeniería,  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala.

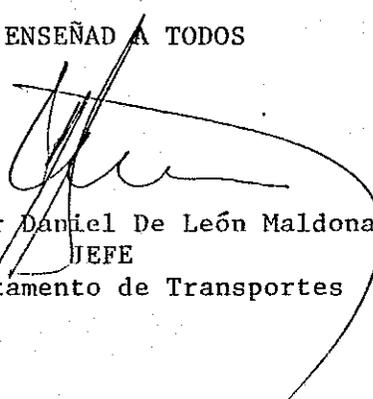
Señor Director :

Como parte de las funciones de la Jefatura de este Departamento he tenido para consideración el trabajo de tesis " PASO A DESNIVEL INTERSECCION CA.1 OCC. -RN.14 " del estudiante universitario de ingeniería civil JORGE HAROLDO DUBON -XITUMUL, trabajo que satisface los objetivos planteados y que presenta un aporte significativo para el Area de Transportes, por lo que con aprobación respectiva la remito a esa Dirección para lo pertinente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Edgar Daniel De León Maldonado  
JEFE  
Departamento de Transportes

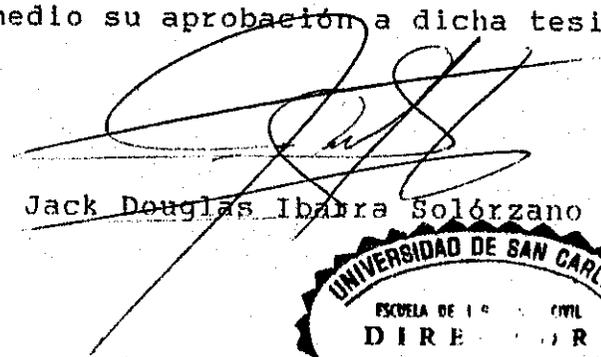


**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Francisco Luis Guevara Utrilla y del Jefe del Departamento de Transporte Ing. Edgar Daniel de León Maldonado, sobre el trabajo de tesis del estudiante Jorge Haroldo Dubón Xitumul, titulado PASO A DESNIVEL INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

  
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, abril de 1, 1996.

JDIS/bbdeb.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis PASO A DESNIVEL INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14, del estudiante Jorge Haroldo Dubón Xitumul, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck  
DECANO



Guatemala, abril de 1,996

/bbdeb.

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES:

Jorge Ascención Dubón Morales  
Rosalina Xitumul de Dubón

Por sus sacrificios y esfuerzos al  
apoyarme.

MIS HERMANOS:

Annie Lizbeth, Marco Antonio, Danny  
Eligio y José Luis.  
con mucho cariño.

MIS ABUELOS:

Eligio Dubón Dubón (+)  
Fidelina Morales de Dubón

Marcos Xitumul Chén  
Angela Ismalej de Xitumul

Por su valioso apoyo moral.

MIS FAMILIARES:

Por su solidaridad y apoyo.

Facultad de Ingenieria de la Universidad  
de San Carlos de Guatemala.

Departamento de Carreteras de la D.G.C.

## AGRADECIMIENTO

A Dios.

Señor y dador de vida, fuente de toda sabiduría.

Al Ing. Francisco Luis Guevara Utrilla por el asesoramiento del presente trabajo de tesis.

Al Arq. Dick Eliezer Valdez González por su colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

## INDICE

	Pág.
INDICE DE FIGURAS.....	i
INDICE DE GRAFICAS.....	i
INDICE DE PLANOS.....	ii
INDICE DE TABLAS.....	ii
GLOSARIO.....	iii
INTRODUCCION.....	vi
<b>CAPITULO I</b>	
1 ANTECEDENTES.....	1
1.1 DEMANDA DE SOLUCION A LA INTERSECCION.....	1
<b>CAPITULO II</b>	
2 CONCEPTOS Y ESPECIFICACIONES SOBRE INGENIERIA DE TRANSITO QUE INTERVIENEN EN LA PROPUESTA.....	2
2.1 ACTIVIDADES Y PELIGROS PARA EL CONDUCTOR EN UNA INTERSECCION.....	2
2.1.1 MANIOBRAS DE LOS ELEMENTOS EN LAS INTERSEC- CIONES.....	2
2.1.2 NUMERO Y TIPOS DE CONFLICTO.....	6
2.2 PASOS A DESNIVEL.....	7
2.2.1 TIPOS DE INTERSECCIONES A DESNIVEL.....	8
2.2.2 ACCESOS A UNA INTERSECCION A DESNIVEL.....	13
2.3 ELEMENTOS PARA EL DISENO EN LA INTERSECCION.....	13
2.3.1 ELEMENTOS BASICOS DEL DISENO GEOMETRICO.....	13
2.3.2 ESPECIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS A DISENAR.....	18
2.3.2.1 CURVAS EN INTERSECCIONES.....	18
2.3.2.2 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.....	29
2.3.2.3 PASOS A DESNIVEL.....	38
<b>CAPITULO III</b>	
3 METODOLOGIA PARA ENCONTRAR LA SOLUCION ADECUADA AL CONFLICTO DE TRANSITO DE LA INTERSECCION.....	42
3.1 IDENTIFICACION DEL LUGAR Y FLUJO VEHICULAR.....	42
3.1.1 SITUACION EXISTENTE.....	42
3.1.2 ANALISIS VEHICULAR.....	42
3.2 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	50

3.3 SELECCION DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCION MAS ADECUADA.....	50
3.4 SELECCION DEL VEHICULO DE DISEÑO Y VELOCIDAD DEL PROYECTO.....	52
3.5 DERECHO DE VIA.....	53
3.6 COMPLEMENTO DEL DISEÑO.....	53
 <b>CAPITULO IV</b>	
4 PRESENTACION DEL DISEÑO PROPUESTO DE SOLUCION A LA INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14.....	54
4.1 PLANTA GENERAL.....	55
4.2 SECCIONES TRANSVERSALES.....	56
4.3 EJES Nos 1, 3 Y 4.....	57
4.4 EJES Nos 2, 5 Y 6.....	58
4.5 DRENAJES.....	59
4.6 SENALIZACION.....	60
4.7 ILUMINACION.....	61
 <b>CAPITULO V</b>	
5 PROBLEMAS PARA LA CONSTRUCCION DEL PASO A DESNIVEL....	62
5.1 EXPROPIACION DE TERRENOS.....	62
5.2 DESVIO TEMPORAL DE VEHICULOS.....	62
 <b>CAPITULO VI</b>	
6 PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO.....	65
6.1 COSTOS.....	65
 <b>CONCLUSIONES.....</b>	
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>68</b>
	<b>69</b>

### INDICE DE FIGURAS

	Pág.
figura 2.1	Maniobra de divergencia..... 3
figura 2.2	Maniobra de convergencia..... 3
figura 2.3	Area de maniobra rígida donde existe suficiente longitud de visibilidad..... 4
figura 2.4	Area de maniobra flexible proporcionada por la transición..... 5
figura 2.5	Area de maniobra flexible proporcionada por carril de aceleración y transición.... 5
figura 2.6	Intersección común de 4 ramas, puntos de conflicto en las intersecciones..... 6
figura 2.7	Intersección tipo trompeta..... 9
figura 2.8	Intersección tipo direccional..... 9
figura 2.9	Intersección tipo trébol parcial..... 11
figura 2.10	Intersección tipo trébol..... 11
figura 2.11	Intersección tipo diamante..... 12
figura 2.12	Diseño mínimo de trayectoria para camión típico WB-40 (DE-1220)..... 15
figura 2.13	Ancho de calzada en los enlaces..... 22
figura 2.14a	Carril de desaceleración en tangente..... 32
figura 2.14b	Carril de aceleración en tangente..... 32
figura 2.14c	Carril de desaceleración en curva..... 32
figura 2.14d	Carril de desaceleración en curva..... 32
figura 2.15	Espacios libres laterales y verticales para pasos inferiores..... 40
figura 2.16	Espacios libres laterales en pasos superiores..... 41
figura 3.1	Situación actual y conflictiva de la intersección CA.1 OCC - RN.14..... 43
figura 3.2	Tránsito direccional..... 49
figura 5.1	Derecho de vía y área a expropiar..... 63
figura 5.2	Carreteras de uso alternativo durante la construcción..... 64

### INDICE DE GRAFICAS

	Pág.
gráfica 2.1	Distancia entre las trayectorias externas de las ruedas del vehículo dentro de la curva..... 25
gráfica 2.2	Proyección del vuelo delantero del vehículo..... 26
gráfica 2.3	Distancias recorridas durante la desaceleración para vehículos ligeros..... 35

### INDICE DE PLANOS

	Pág.
Plano 1 / 6	Planta General..... 55
Plano 2 / 6	Secciones Transversales..... 56
Plano 3 / 6	Ejes Nos. 1, 3 y 4..... 57
Plano 4 / 6	Ejes Nos. 2, 5 y 6..... 58
Plano 5 / 6	Drenajes..... 59
Plano 6 / 6	Señalización..... 60

### INDICE DE TABLAS

	Pág.
tabla 2.1a	Dimensiones de los vehículos de diseño.... 16
tabla 2.1b	Radios de giro mínimos en curva..... 16
tabla 2.2	Condiciones posibles de tránsito..... 27
tabla 2.3	Ancho de calzada en los enlaces..... 28
tabla 2.4	Sobreelevaciones para curvas en enlaces... 30
tabla 2.5	Longitud de la transición en los carriles de cambio de velocidad..... 33
tabla 2.6	Longitud de los carriles de cambio de velocidad..... 37
tabla 3.1	Historia del tránsito CA.1 OCC..... 44
tabla 3.2	Historia del tránsito RN.14..... 45
tabla 3.3	Información tránsito promedio Occidente - Guatemala..... 47
tabla 3.4	Información tránsito promedio Occidente - Aposentos..... 47
tabla 3.5	Información tránsito promedio Occidente - Chimaltenango..... 47
tabla 3.6	Información tránsito promedio Guatemala - Occidente..... 47
tabla 3.7	Información tránsito promedio Guatemala - Aposentos..... 47
tabla 3.8	Información tránsito promedio Guatemala - Chimaltenango..... 47
tabla 3.9	Información tránsito promedio Aposentos - Guatemala..... 48
tabla 3.10	Información tránsito promedio Aposentos - Occidente..... 48
tabla 3.11	Información tránsito promedio Aposentos - Guatemala..... 48
tabla 3.12	Tránsito promedio de vehículos de 3 ejes o más..... 48

## GLOSARIO

- 1.- **ACCESO SIN CONTROL:** Significa que la autoridad que tiene jurisdicción sobre la carretera, el camino o la calle, no restringe el número de puntos de ingreso o egreso, salvo las limitaciones, de ubicación y diseño geométrico, necesarias para la seguridad del tránsito.
- 2.- **AREA DE CONFLICTO:** Es el área de influencia en la cual los usuarios se aproximan y pueden causar trastornos a los demás conductores debido a las maniobras realizadas en la intersección.
- 3.- **CAPACIDAD VIAL:** Número máximo de vehículos por unidad de tiempo que, razonablemente, puede esperarse que pase por un tramo de un camino, en un sentido o en dos sentidos, bajo las condiciones que imperan en el camino y en el tránsito.
- 4.- **CONGESTION:** Exceso de vehículos sobre una arteria, que ocasiona incomodidad y/o dificultad en la operación de tránsito.
- 5.- **CONVERGENCIA:** El proceso mediante el cual dos corrientes de tránsito separadas que se unen en el mismo sentido general, se combinan o unen para formar una corriente única.
- 6.- **DE - 1525 :** Se define con DE a la distancia entre ejes que caracteriza a determinado vehículo, en este caso la distancia es de 15.25 metros.
- 7.- **DENSIDAD:** El número de vehículos que ocupa una unidad de longitud de los carriles de tránsito de una calzada, en un instante dado. Generalmente, se expresa en vehículos por kilómetro.
- 8.- **DERECHO DE VIA:** Es el derecho que tiene el estado o las municipalidades, según el caso, sobre la faja de terreno en que se construyen los caminos y por regla general, en ella se comprenderán dos paredes o cercas, dos banquetas, dos cunetas y un pavimento, que es la carretera propiamente dicha.
- 9.- **DIVERGENCIA:** La división de una corriente única de tránsito en corrientes separadas. El volumen total de la corriente única antes de la separación, es el volumen de divergencia.
- 10.- **ENLACE:** Se llama enlace, a la vía que une las ramas de una intersección.

- 11.- **HORA PICO:** Representa el valor horario más alto del día, del número de vehículos que pasan por la vía bajo estudio.
- 12.- **INTERSECCION:** Se llama intersección, al área donde dos vías terrestres se unen o se cruzan.
- 13.- **PASO:** Se llama paso, a la zona donde dos vías terrestres se cruzan sin que puedan unirse las corrientes de tránsito.
- 14.- **PAVIMENTO:** La parte de la calzada que tiene una superficie construida para facilitar la circulación de vehículos.
- 15.- **PUNTO DE CONFLICTO:** Es el punto o los puntos en que un vehículo está propenso a una colisión al efectuar una maniobra.
- 16.- **RAMA:** Se llama rama, a la vía que sale de una intersección y forma parte de ella.
- 17.- **RAMPA:** La calzada de interconexión de un intercambiador o cualquier conexión entre caminos a niveles diferentes, o entre caminos paralelos, por la cual los vehículos pueden entrar o salir de una calzada dada.
- 18.- **SEÑAL DE TRANSITO:** El dispositivo de control de tránsito, montado sobre soporte fijo o portátil, que contiene un mensaje específico mediante palabras o símbolos y es colocado por las autoridades con el propósito de regular, advertir o guiar el tránsito.
- 19.- **TRANSITO:** Todos los tipos de elementos utilizados para transportar bienes o personas juntamente con su carga, individualmente o en conjunto y también los peatones, cuando usan una calzada con el propósito de transporte o viaje.
- 20.- **TRANSITO CLASIFICADO:** Conteos que se realizan diferenciando el tránsito por tipo de vehículo.
- 21.- **VEHICULO:** Cualquier componente del tránsito de rodados. A menos que se indique otra cosa, el término vehículo se aplica normalmente a cualquier componente del tránsito no limitado en su campo de circulación por rieles o vías.

- 22.- **VEHICULO DE PROYECTO:** Es un vehículo hipotético cuyas características se emplearán para establecer los lineamientos que regirán el proyecto, debe seleccionarse de manera que represente un porcentaje significativo del tránsito que circula por la carretera.
- 23.- **VELOCIDAD:** La celeridad del movimiento del tránsito vehicular o de componentes específicos del tránsito, -- expresada en unidades de longitud por tiempo de recorrido en dicha longitud.
- 24.- **VOLUMEN DE TRANSITO:** Cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo.
- 25.- **VOLUMEN DE SERVICIO:** Es la función del nivel de servicio en que estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir el camino.

## INTRODUCCION

Se ha llegado a generar un gran número de problemas en las intersecciones de carreteras, derivados de un crecimiento de tránsito de vehículos a motor, siendo estos problemas entre otros: el congestionamiento de tránsito, accidentes y problemas de estacionamiento, que progresivamente deterioran la vida urbana.

Este incremento de tránsito por las carreteras y la necesidad cada vez más imperiosa de proporcionar a las zonas de desarrollo industrial, agrícola, urbano y turístico, salidas a centros de distribución o de consumo, ha traído como consecuencia la construcción de nuevas carreteras, que la mayoría de las veces tienen origen en vías ya construidas o en proyectos y que debido a su importancia se convierten en carreteras principales, cobrando en estos casos principal interés el diseño de las respectivas intersecciones.

Una intersección es una parte importante de una carretera, ya que la eficiencia, seguridad, velocidad y costo de operación dependen del diseño de las mismas. En cada intersección se llevan a cabo cruces o giros de vehículos a través de una o más carreteras e intercambio o pasos de tránsito entre ellas; estos movimientos pueden ser ejecutados de varias maneras dependiendo del tipo del diseño empleado.

El diseño de intersecciones es de gran importancia para el trabajo del proyectista de carreteras, puesto que la carencia de las mismas son factores que limitan la seguridad y capacidad de una carretera. Además es conocido el hecho de que gran parte de los accidentes tienen lugar en las intersecciones; también la capacidad de tránsito en una carretera está limitada en las intersecciones, debido a la incertidumbre de los conductores que hacen uso de las mismas, pero más que todo debido a la circunstancia de que el espacio disponible tiene que distribuirse entre las diferentes corrientes de tránsito, teniendo como base el mismo espacio o el tiempo.

En Guatemala los planes de autopistas y los problemas que diariamente ocurren, principalmente en las intersecciones por la falta de capacidad para el tránsito en las vías existentes, han llevado a la necesidad de proyectar y construir intersecciones a desnivel.

Antes de que cualquier acción pueda ser llevada a cabo para mejorar el tránsito, debe primero obtenerse información para definir, claramente y con precisión, la localización y extensión de los problemas que se presentan en relación al tránsito.

Puesto que en el paso a desnivel dos vías terrestres se cruzan sin que puedan unirse las corrientes de tránsito; el trabajo que se presenta a continuación contiene como posible solución un paso a desnivel de la problemática intersección CA.1 OCC -- RN.14 ( Ciudad de Chimaltenango en el cruce al parque turístico "Los Aposentos" y su continuación hacia la ciudad de Antigua Guatemala.)

El trabajo presentado es un diseño geométrico de un paso a desnivel en base a consideraciones mínimas, incluyendo el diseño del drenaje para dicho proyecto, su respectiva señalización y recomendaciones para el mismo.

## CAPITULO I

### 1. ANTECEDENTES

En la carretera CA.1 OCC, que comunica la ciudad capital con el occidente del país, debido al crecimiento vehicular que transita en la misma, se ha llegado a convertir en un punto de conflicto vial la intersección con la carretera - RN.14 que comunica la ciudad colonial de Antigua Guatemala con la ciudad de Chimaltenango, ésta última sobre la carretera Centroamericana.

El parque turístico "Los Aposentos" ubicado sobre la - RN.14, es bastante concurrido, especialmente los fines de semana y para llegar es necesario utilizar la intersección; sumando a esto, el desarrollo del municipio de Chimaltenango viene a incrementar el número de vehículos que utilizan dicha intersección; además, los buses extraurbanos y vehículos particulares que sirven de transporte a las poblaciones sobre la RN.14 utilizan la intersección, creándose como resultado de lo expuesto, un verdadero punto de conflicto para la circulación de vehículos sobre la carretera Centroamericana.

#### 1.1 DEMANDA DE SOLUCION A LA INTERSECCION

Bastante notorio es el problema en la intersección en estudio, puesto que una simple observación muestra el congestionamiento producido, así como lamentables accidentes.

Se ha descrito anteriormente la importancia y a la vez la complicación de la intersección; y siendo imperioso mantener el libre flujo de vehículos sobre la CA.1 OCC se hace necesaria una solución que disminuya esta problemática.

La necesidad de buscar solución a este problema en la intersección condujo a las autoridades de la ciudad de Chimaltenango a solicitar al Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, su participación en el sentido de analizar la posibilidad de un paso a desnivel.

La necesidad es evidente; y es innegable que una intersección a desnivel es una solución útil y adaptable a muchos problemas de intersecciones, los entronques a desnivel son necesarios cuando un entronque a nivel no tiene la capacidad suficiente para alojar los movimientos de la intersección y ésta es una de esas situaciones en la cual se justifica pensar que la solución puede ser un paso a desnivel.

## CAPITULO II

### 2. CONCEPTOS Y ESPECIFICACIONES SOBRE INGENIERIA DE TRANSITO QUE INTERVIENEN EN LA PROPUESTA.

#### 2.1. ACTIVIDADES Y PELIGROS PARA EL CONDUCTOR EN UNA INTERSECCION

En el área de intersección, el conductor puede cambiar, de la dirección sobre la cual ha venido circulando, a otra de diferente trayectoria o cruzar una corriente de tránsito que se interpone entre él y su destino.

En cualquier caso que exista divergencia, convergencia o cruce, existe un conflicto entre los conductores que intervienen en las maniobras. Esto puede incluir a los vehículos cuyas trayectorias se unen, cruzan o separan, o pueden abarcar también a los vehículos que se aproximan al área de conflicto.

El área de conflicto abarca la zona de influencia en la cual los vehículos que se aproximan pueden causar trastornos a los demás usuarios, debido a las maniobras realizadas propias de la intersección.

Cuando un conductor se cambia de la ruta sobre la que ha venido circulando, encontrará necesario salir de la corriente de tránsito para entrar a una diferente trayectoria, o tendrá que cruzar otras trayectorias originando puntos de conflicto.

##### 2.1.1. MANIOBRAS DE LOS ELEMENTOS EN LAS INTERSECCIONES

Se denomina área de maniobra a la zona de una intersección en la que el conductor realiza las operaciones necesarias para ejecutar las maniobras requeridas. Incluye el área potencial de colisión y la parte de los accesos a la intersección desde la cual se ve afectada la operación de los vehículos.

##### MANIOBRA DE DIVERGENCIA:

Esta es posiblemente, la más simple y fácil de las maniobras que ocurren en una intersección, en la figura 2.1 se muestra un diagrama y la gráfica que representa la influencia de esta maniobra. En el diagrama se aprecia que el área de conflicto comienza en el punto donde la velocidad del vehículo 2 sale de su trayectoria original.

##### MANIOBRA DE CONVERGENCIA:

A diferencia de la maniobra de divergencia, la de convergencia no puede realizarse a voluntad, sino que dependerá del intervalo de espacio adecuado entre los vehículos que circulen por el carril al cual se va a incorporar. En la figura 2.2 se puede apreciar, la influencia

de esta maniobra sobre los demás vehículos. En este caso, el área de conflicto se inicia antes que el área potencial de colisión y se extiende a un punto donde el vehículo que converge ha alcanzado aproximadamente la velocidad del vehículo 3. El área de colisión se extiende desde el punto de entrada del vehículo convergente, hasta alcanzar el límite del área de conflicto.

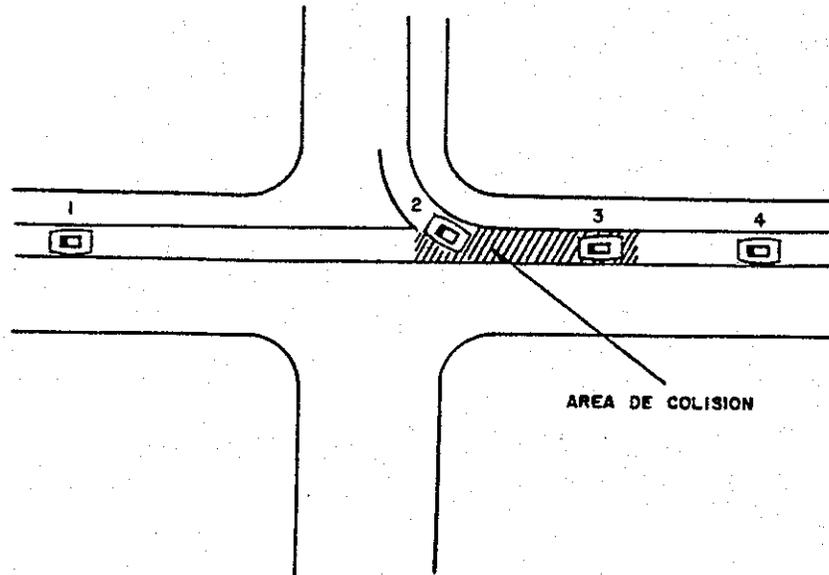


figura 2.1

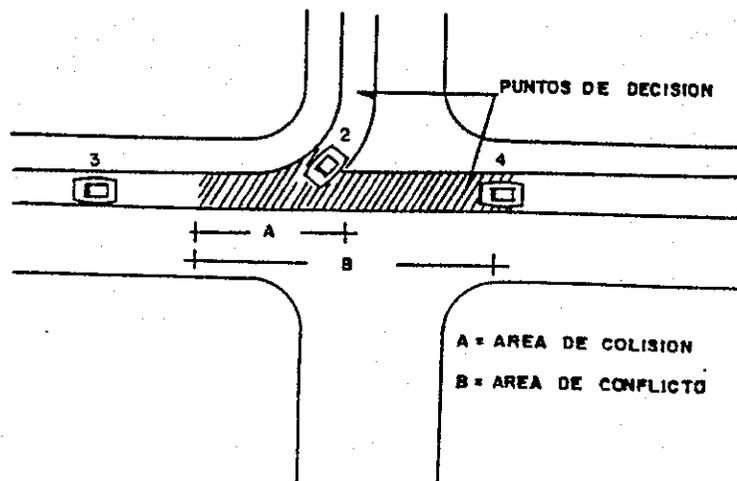


figura 2.2

La maniobra de convergencia es aún más complicada que la de divergencia ya que incluye otro factor que afecta la velocidad, llamado tiempo de maniobra.

**TIEMPO DE MANIOBRA:**

Es el tiempo necesario para que los conductores de un flujo seleccionen una separación entre los vehículos del flujo en que se va a converger y disponer de ese espacio para incorporarse, sin que exista interferencia en la velocidad.

Durante el tiempo de maniobra los vehículos deben ajustar su velocidad para llegar al área de colisión, al mismo tiempo que se tenga una separación aceptable entre dos vehículos consecutivos de flujo al que van a incorporarse. Además deben ajustar su velocidad a la de los vehículos del flujo al que van a unirse para evitar interferencias.

A medida que el número de vehículos que circulan en la vía a la que van a converger aumenta, es más difícil encontrar espacios suficientes y adecuados para realizar esta maniobra, y como consecuencia de esto el tiempo de maniobra se incrementa hasta hacerse insuficiente, lo que produce congestionamientos, causando retrasos a los vehículos.

Una maniobra más oportuna puede lograrse dando suficiente distancia de visibilidad en la intersección, o por medio de carriles de aceleración en donde se proporcione flexibilidad en el lugar de la maniobra.

**PROCEDIMIENTO PARA PROPORCIONAR EL TIEMPO DE MANIOBRA**

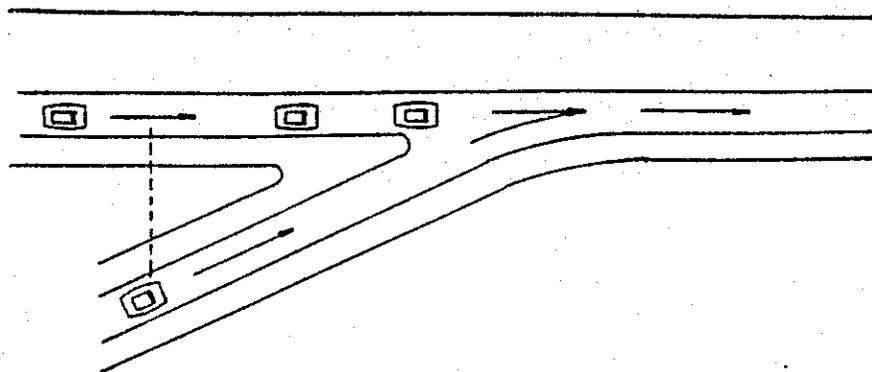


figura 2.3

Area de maniobra rígida en donde existe suficiente distancia de visibilidad.

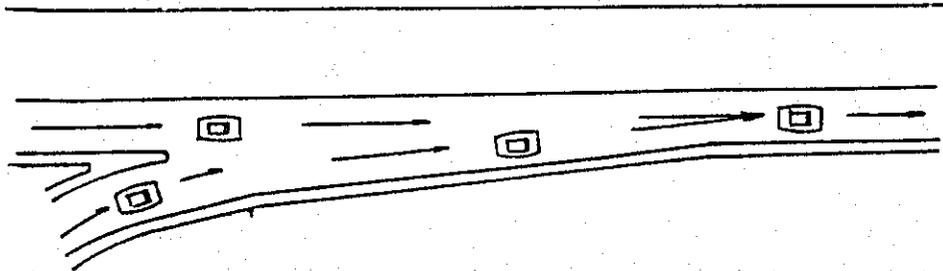


figura 2.4

Area de maniobra flexible proporcionada por la transición.

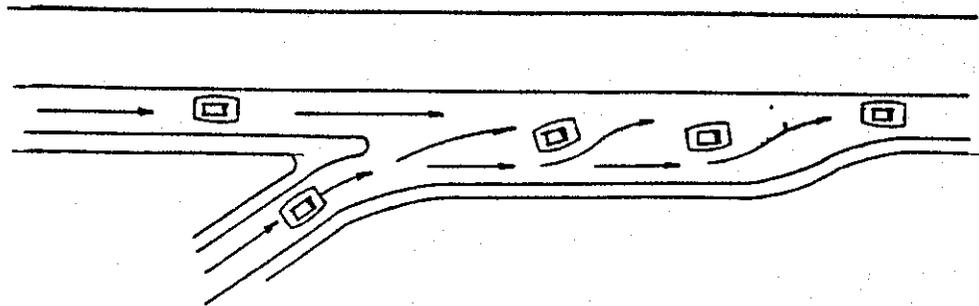


figura 2.5

Area de maniobra flexible proporcionada por carril de aceleración y transición.

**MANIOBRA DE CRUCE:**

Es la maniobra que realiza un conductor para atravesar una corriente de tránsito que se interpone entre él y su destino.

Las maniobras de cruce pueden efectuarse a cualquier ángulo. Son éstas la maniobras más peligrosas y las que mayor retraso causan al tránsito.

**2.1.2. NUMERO Y TIPOS DE CONFLICTO**

El conductor que se aproxima a una intersección, sabe de antemano que tendrá problemas, o que los puede tener, dependiendo que lleve o no, el derecho de vía libre. Estos problemas se forman en los puntos de conflicto ocasionados por los movimiento de los vehículos al efectuar una maniobra en una intersección.

32 puntos de conflicto

- 8 de divergencia ○
- 8 de convergencia ⊙
- 16 cruces ●

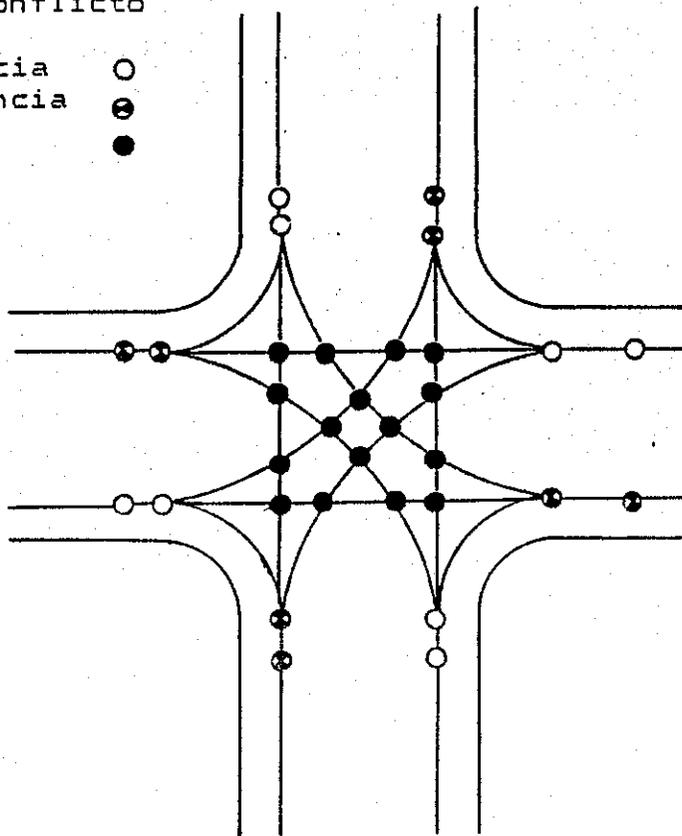


figura 2.6 intersección común de cuatro ramas, puntos de conflicto en las intersecciones.

Los puntos de conflicto son los aspectos críticos que se deben tomar en cuenta en el proyecto de intersecciones, si se consideran como los motivos que pueden tener los conductores para sufrir un accidente.

## 2.2. PASOS A DESNIVEL

En toda carretera existe la necesidad de permitir el cruzamiento de los diferentes medios de transporte. El proyecto y la ubicación de los pasos requiere de un estudio que considere las características particulares de cada caso, con el objeto de definir el tipo de obra conveniente a fin de controlar el cruzamiento de manera que se obtengan condiciones de seguridad, tanto para el usuario del camino como para el que lo cruza.

Paso a desnivel es el cruzamiento a diferente elevación de una carretera, el cruzamiento a diferente nivel tiene por objeto permitir el tránsito simultáneo, lo que se logra por medio de estructuras.

Los pasos a desnivel pueden ser de dos tipos:

- a) Pasos superiores, que son aquellos en que el camino pasa arriba de otra vía de comunicación terrestre.
- b) Pasos inferiores, que son aquellos en que el camino pasa abajo de otra vía de comunicación terrestre.

La estructura de separación de niveles debe adaptarse a los alineamientos horizontal y vertical, así como a la sección transversal de las vías que se cruzan, puesto que la estructura debe subordinarse al camino y no el camino a la estructura.

Las condiciones que gobiernan el proyecto de los pasos a desnivel caen usualmente en alguno de los tres casos siguientes: la influencia de la topografía es predominante y el proyecto debe adaptarse a ella. La topografía no favorece ningún aspecto particular. Las especificaciones relativas al alineamiento vertical y horizontal de uno de los caminos son lo suficientemente importantes para no subordinarlas a la topografía y probablemente para elegir un proyecto que no se ajusta a ella.

Como regla general, el proyecto que mejor se adapta a la topografía existente será el más agradable y el más económico de construir y mantener. La excepción a esta regla se presenta cuando debe darse preferencia al camino principal, - donde el tránsito puede ser tan intenso y con un porcentaje tan alto de vehículos pesados, que deben evitarse los columpios y crestas en alineamientos verticales y el proyecto

del camino secundario se subordina al perfil del camino principal, que sufrirá sólo ligeros ajustes para ayudar a adaptar el camino secundario a la topografía.

Es conveniente que, en lo posible todos los entronques a lo largo de un camino sean del mismo tipo, de tal manera que los usuarios se acostumbren a su forma y a la ubicación de los enlaces. Cuando esta uniformidad no pueda lograrse por consideraciones económicas, topográficas, o de otra índole, debe hacerse uso de señalización especial.

La decisión de construir un paso a desnivel en lugar de un cruce a nivel no está claramente definida, debiéndose tener en cuenta una serie de importantes factores. En razón de su elevado costo, la decisión de construir un intercambio se fundamenta en gran parte sobre la justificación económica de la inversión requerida, que comienza a ser evidente por la incapacidad del cruce a nivel en vías ya existentes. Pero, además, pesa bastante el carácter de la vía, los problemas de las expropiaciones, la frecuencia de los accidentes y las condiciones topográficas del área donde está situada la intersección.

#### 2.2.1. TIPOS DE INTERSECCIONES A DESNIVEL

El tipo de una intersección a desnivel está determinado principalmente por el número de ramas de la intersección, por los volúmenes probables del tránsito directo y del que dé vuelta, por la topografía y por las estructuras existentes.

Los tipos más comunes de intersecciones a desnivel se muestran a continuación y se designan de acuerdo con la forma que adoptan, más que por el número de ramas adaptables.

La figura 2.7 muestra un diseño de un entronque de tres ramas y cuatro enlaces adaptables a intersección en "T", por la forma que presenta se acostumbra llamarlo trompeta.

La figura 2.8 muestra un diseño de un entronque adaptable a una intersección en "Y" y se le llama direccional debido a que su forma permite que los tránsitos principales efectúen sus movimientos en forma directa.

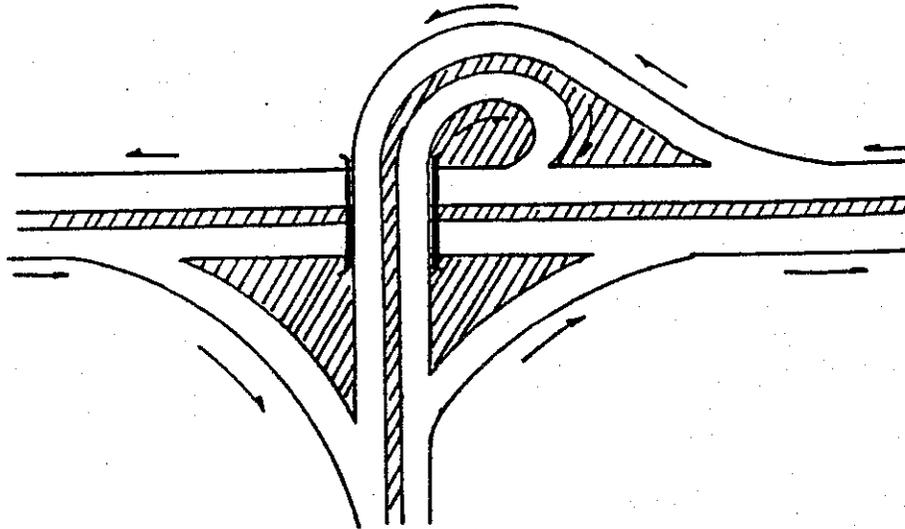


figura 2.7 INTERSECCION TIPO TROMPETA

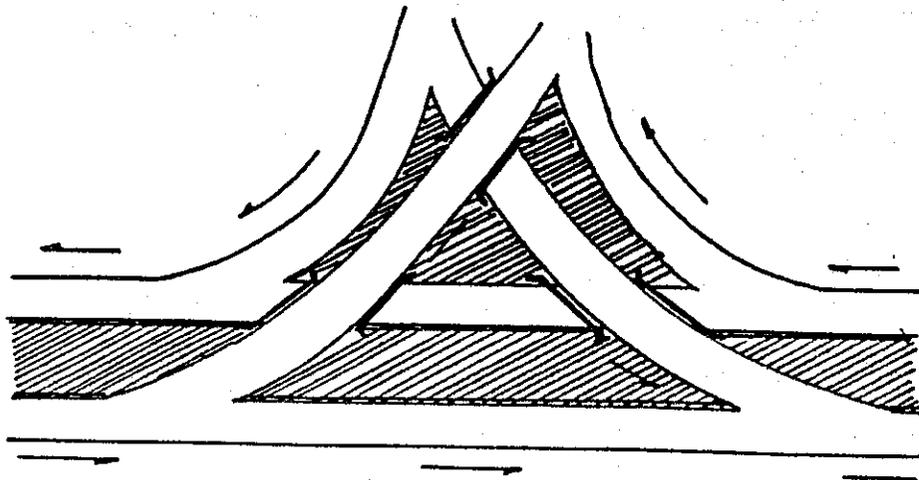


figura 2.8 INTERSECCION TIPO "Y" DIRECCIONAL

La figura 2.9 muestra un diseño de entronque tipo trébol parcial; como puede verse en la figura a éste le faltan enlaces pues los mismos están en dos cuadrantes. Este tipo de diseño permite todos los cambios de dirección, pero necesita dar vuelta a nivel en el camino secundario.

La figura 2.10 muestra el diseño de un entronque tipo trébol, está constituido por enlaces de un solo sentido de circulación. No son posibles las vueltas directas a la izquierda; los conductores que desean ir a la izquierda, necesitan pasar al punto de intersección y dar vuelta a la derecha girando 270 grados antes de alcanzar la dirección deseada.

El diseño de la figura 2.11 muestra un entronque denominado diamante, tiene cuatro rampas de un solo sentido de circulación; es especialmente adaptable en intersecciones de un camino principal y de uno secundario, cuando el derecho de vía está restringido. Las rampas generales están alargadas en el sentido del camino principal. Los extremos de las rampas en el camino secundario forman un entroque a nivel en "Y" o en "T".

El entronque tipo diamante puede adaptarse a un amplio rango de volúmenes de tránsito; para caminos secundarios de bajo volumen, es el tipo lógico y menos costoso. Si se modifica el camino secundario en la zona de la intersección, o se amplían los extremos de las rampas, pueden circular grandes volúmenes de tránsito.

Para poder seleccionar cuál es la mejor solución entre por lo menos dos alternativas de paso a desnivel, se debe tomar en cuenta: a) la funcionalidad, b) la adaptabilidad al medio ambiente, c) la capacidad, d) las características operativas, e) las características de diseño, f) la construcción por etapas y g) el costo. Ponderando estos --- elementos, se puede seleccionar la mejor solución posible.

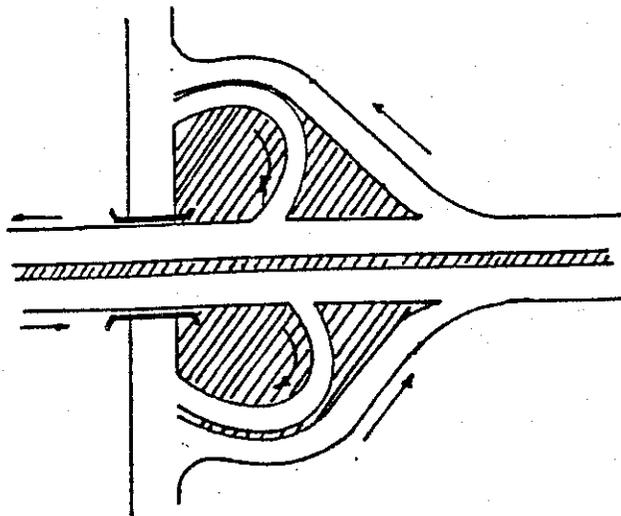


figura 2.9 INTERSECCION TIPO TREBOL PARCIAL

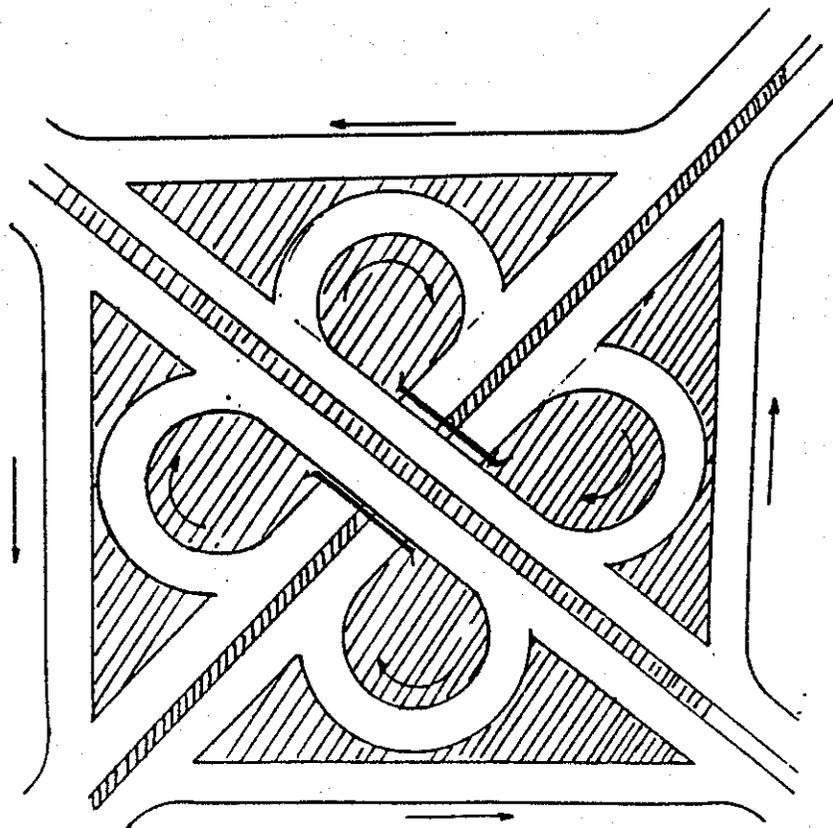


figura 2.10 INTERSECCION TIPO TREBOL

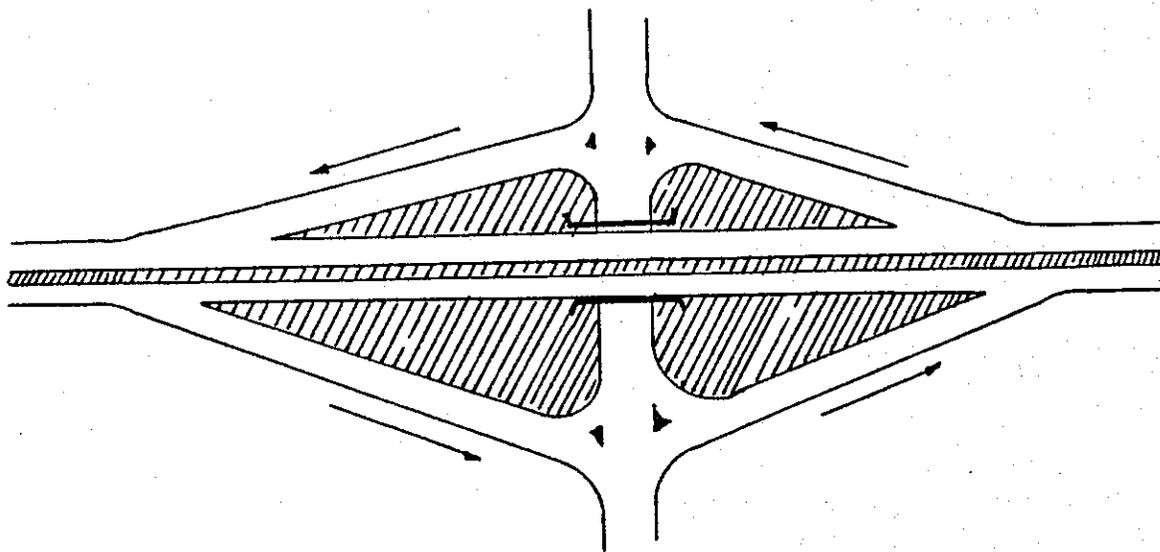


figura 2.11 INTERSECCION TIPO DIAMANTE

### 2.2.2. ACCESOS A UNA INTERSECCION A DESNIVEL

Una intersección a desnivel debe tener el mismo grado de eficiencia que los caminos que forman la intersección, por lo tanto, las especificaciones relativas a velocidad de proyecto, alineamiento y sección transversal en el área de la intersección deben ser congruentes con las especificaciones de los caminos.

La presencia misma de la estructura en el entronque ofrece cierto peligro y éste no debe aumentarse con el empleo de especificaciones geométricas menores que tiendan a provocar un comportamiento inseguro de los conductores; de preferencia, las especificaciones geométricas de la estructura deben ser congruentes con las de la carretera para evitar cualquier posible sensación causada por los estribos, pilas, bordillos y defensas. También es deseable que los lineamientos del camino principal en un entronque a desnivel, sean suaves y con un alto grado de visibilidad.

### 2.3. ELEMENTOS PARA EL DISEÑO EN LA INTERSECCION

Es necesario comprender los objetivos del diseñador para conocer los elementos a diseñar de una intersección, los siguientes principios servirán como guía en el diseño de intersecciones.

- Reducir el número de conflictos.
- Controlar la velocidad relativa.
- Coordinar el diseño con los controles de tránsito.
- Considerar posibilidades geométricas de cruce.
- Considerar posibilidades geométricas de vuelta.
- Evitar maniobras múltiples de convergencia y divergencia.
- Separar puntos de conflicto.
- Favorecer los flujos pesados y rápidos.
- Reducir el área de conflictos.
- Segregar flujos no homogéneos.

#### 2.3.1. ELEMENTOS BASICOS DEL DISEÑO GEOMETRICO

Siendo el diseño geométrico aquel que define las características visibles de las carreteras, se han establecido cinco elementos básicos que rigen todos los otros elementos que se conjugan en el diseño integral. Dichos elementos básicos son:

- a) el grado de control de acceso,
- b) el vehículo de diseño,
- c) la velocidad de diseño directriz,
- d) los volúmenes de tránsito y
- e) el nivel de servicio.

A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los elementos citados.

#### **GRADO DE CONTROL DE ACCESO:**

Por control parcial de accesos se entiende la autoridad ejercida para dar preferencia al tránsito de paso, a un grado tal que además de las conexiones de acceso a desnivel con determinadas vías públicas, se permitan algunas intersecciones a nivel con rutas menores. En cierta manera, el propósito inmediato del mismo es mejorar la capacidad de la vía para atender la demanda del tránsito y reducir los puntos de conflicto entre los vehículos, a efecto de ayudar a la disminución de los accidentes de tránsito.

Cualquier grado de control en los accesos es costoso, más aún en zonas ya desarrolladas, pero productivo en el largo plazo, máxime si se toma en cuenta el estrangulamiento que produce un desarrollo comercial frontal a la vía, situación que acelera la pérdida de su funcionalidad.

El control parcial de los accesos debe ser complementado con una estricta y oportuna regulación en el uso del suelo dentro de una angosta faja próxima al derecho de vía, para evitar la concentración de actividades industriales, comerciales, etc. frente a la vía, que acarrea toda una serie de inconveniencias a la seguridad y a la capacidad.

#### **SELECCION DEL VEHICULO DE DISEÑO:**

Vehículo de diseño es aquel vehículo automotor cuyas dimensiones y características de operación se utilizan para establecer los controles del diseño geométrico. En la selección del mismo, debe entrar en juego una serie de consideraciones importantes, en donde prevalecen aquellas de carácter económico. El vehículo seleccionado no deberá ser el más grande que habrá de utilizar la vía en consideración durante su vida de servicio, porque, prácticamente, la vía estaría sobrediseñada la mayor parte del tiempo; tampoco podría ser el vehículo promedio de entre los actuales vehículos de mayores dimensiones, pues, la vía prestaría un servicio muy restringido. El vehículo de diseño debe ubicarse entre los dos extremos, teniendo presentes las condiciones propias en que se plantea la demanda de los usuarios de la vía en estudio.

No obstante, es oportuno señalar que el vehículo recomendado para diseño debe servir como guía más que como instrumento rígido a ser seguido con fidelidad. Deben ponderarse en todo momento consideraciones económicas para justificar la selección de un diseño más estricto, en donde sea demostrable su conveniencia para el proyecto.

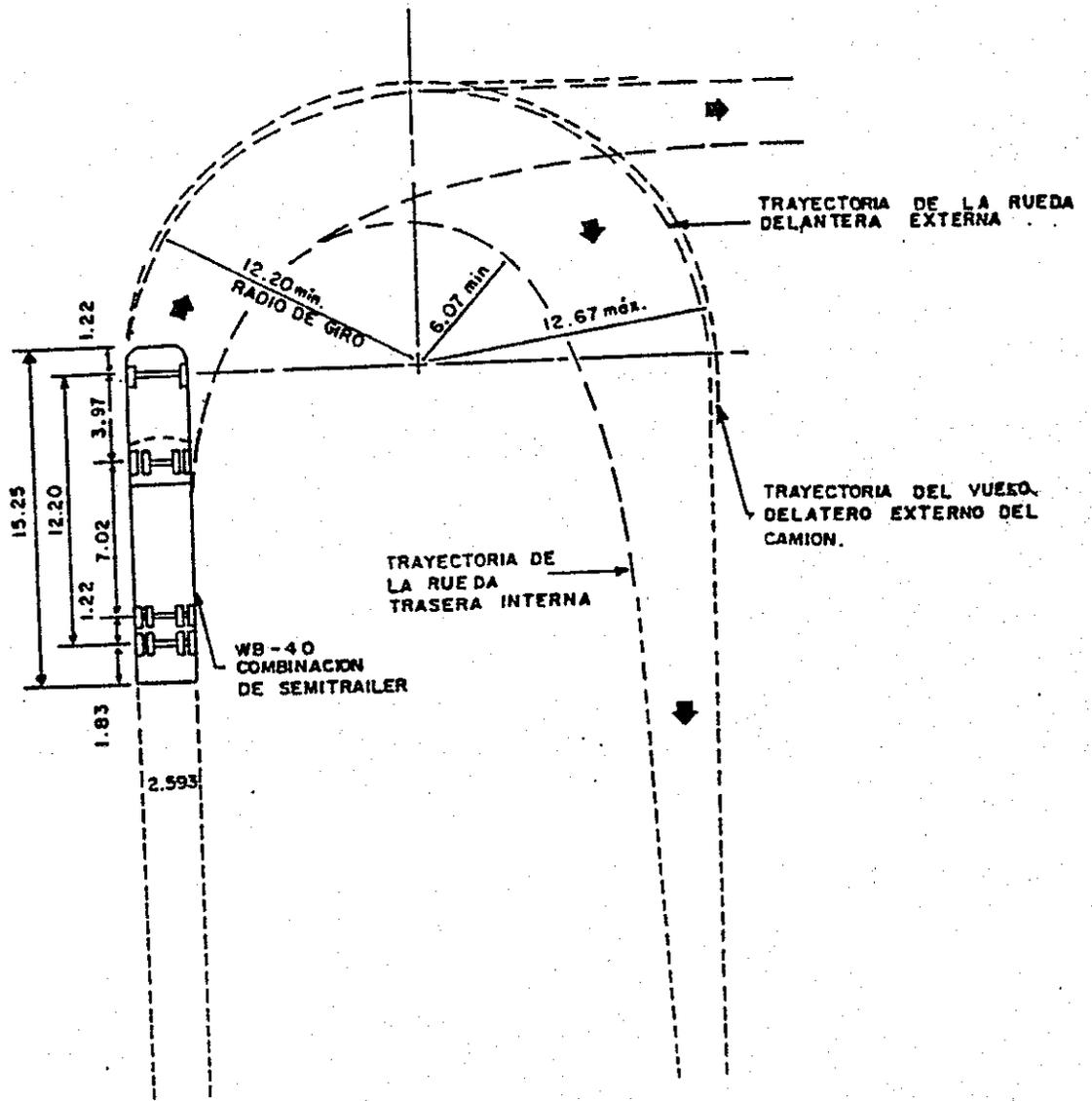


FIGURA 2.12 Diseño mínimo de trayectoria para camión típico WB-40 (DE-1220)  
DIMENSIONES EN METROS

característica	distancia. entre ejes	saliente delantera	saliente trasera	largo total	ancho total	altura.
vehículo de diseño						
vehículo de pasajeros P ( DE-335 )	3.355	0.915	1.525	5.795	2.135	
unidad simple camión o bus "SU" ( DE-610 )	6.10	1.22	1.83	9.15	2.593	4.118
combinación semitrailer						
WB - 40 ( DE-1220 )	3.965+8.23 =12.20	1.22	1.83	15.25	2.593	4.118
WB - 50 ( DE-1525 )	6.10+9.15 =15.25	0.915	0.610	16.78	2.593	4.118

tabla 2.1 a DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS DE DISEÑO

nota: dimensiones dadas en metros.

vehículo de diseño	P ( DE-335 )	SU ( DE-610 )	WB-40 (DE-1220)	WB-50 (DE-1525)
descripción				
radio de giro mínimo	7.30	12.80	12.20	13.725
radio mínimo a la orilla del pavimento	4.70	2.70	6.07	6.039

tabla 2.1 b RADIOS DE GIRO MINIMOS EN CURVA

nota: dimensiones dadas en metros.

#### **VELOCIDAD DE DISEÑO:**

Por velocidad de diseño se entiende la máxima velocidad constante a que un vehículo puede viajar sin riesgos, bajo condiciones de poco tránsito, buen estado del tiempo y buenas características de la superficie de rodamiento. Es decir que las características de la vía son las únicas que gobiernan la máxima velocidad de la marcha obtenible sin poner en juego la seguridad. A medida que los volúmenes de tránsito aumentan y correspondientemente aumentan las restricciones a la fluidez del mismo, las velocidades medias de marcha disminuyen normalmente en más o menos 25% y en ocasiones hasta en un 40%.

#### **VOLUMENES DE TRANSITO:**

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. Los volúmenes de servicio se expresan normalmente como volúmenes horarios.

#### **NIVELES DE SERVICIO:**

El nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto sobre el movimiento vehicular tolerable por una vía urbana o rural, de una gran variedad de factores dentro de los cuales se incluyen la velocidad, el tiempo de viaje, la maniobrabilidad, la seguridad y la comodidad. Siendo algunos de los factores anteriores muy difíciles de precisar, se ha dado una mayor ponderación a la velocidad, por ser fácilmente cuantificable, para la definición de los niveles de servicio. Los niveles de servicio se clasifican desde A hasta F, siendo el primero caracterizado por un movimiento vehicular libre, con bajos volúmenes de tránsito y velocidades relativamente altas; el nivel de servicio F por el contrario, se alcanza en condiciones de flujo forzado, lento y con grandes cantidades de tránsito. En la escala inmediatamente superior a este último nivel, es decir, en el nivel E, donde el flujo vehicular tiene características de inestable, se alcanza la capacidad que se define como el máximo número de vehículos por unidad de tiempo que pueden ser atendidos por una vía bajo las condiciones prevalecientes. Las condiciones prevalecientes son tanto físicas o de la vía, como del tránsito. Dentro de las condiciones físicas caben los anchos de carriles, las restricciones laterales, las pendientes longitudinales, etc. A las segundas corresponden la composición de tránsito, la distribución por carriles, las variaciones en el flujo y las interrupciones.

### **RELACIONES VELOCIDAD-CURVATURA :**

Los vehículos que dan vuelta en las intersecciones proyectadas con dimensiones mínimas, tienen que circular a bajas velocidades, tal vez menores de 15 km/h. Lo deseable sería proyectar para que los vehículos circularan a velocidades más altas, pero en la mayoría de los casos de intersecciones a desnivel, por seguridad y economía, es necesario proyectar para velocidades bajas. Las velocidades para las cuales deben proyectarse las curvas de una intersección, dependen en gran parte, de las velocidades de los vehículos en los caminos que se intersectan, del tipo de la intersección, de los volúmenes de tránsito directo y del que da vuelta. Generalmente, una velocidad deseable en las curvas de la intersección, es la velocidad de marcha que llevan los vehículos en los caminos que se intersectan. Los enlaces proyectados con esta velocidad presentan pocos obstáculos a la fluidez del tránsito y pueden justificarse en algunas intersecciones para vueltas en que no existen conflictos con peatones o con vehículos de otra corriente de tránsito.

Las curvas en las intersecciones no deben ser consideradas de la misma categoría que las de un camino abierto, pues los conductores en una intersección, aceptan mayores coeficientes de fricción lateral que los que tendrían en un camino abierto, por darse cuenta de las condiciones críticas del lugar.

En la relación velocidad curvatura interviene el factor sobreelevación que puede tener la curva para mejorar la velocidad de los vehículos y comodidad del conductor.

La sobreelevación para radios de curvatura mínima se presentan más adelante.

### **2.3.2 ESPECIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS A DISEÑAR:**

#### **2.3.2.1 CURVAS EN INTERSECCIONES:**

##### **DISEÑO DE CURVAS MÍNIMAS:**

Donde sea necesario proyectar curvas en espacios reducidos, debe usarse como base del diseño la trayectoria mínima del vehículo de proyecto. Esta trayectoria estará comprendida entre las huellas dejadas por las llantas delantera externa y trasera interna de un vehículo circulando a una velocidad de 15 km/h. Las curvas de la orilla interna de la calzada que se adaptan a la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto, se considera como diseño mínimo.

En el diseño de la orilla interior del pavimento se debe considerar que la posición del vehículo sobre la trocha, tanto en el principio como al final del giro, sea tal que su

distancia a la orilla del pavimento sea de 0.60m. en las tangentes de entrada y de salida del giro y que en ningún momento esta distancia sea menor de 0.30m.

Existen algunas diferencias entre las trayectorias seguidas por las ruedas de un vehículo al girar a la derecha o a la izquierda, pero por ser muy pequeñas, no son de consideración en el diseño.

Para el paso de vehículos automotores de gran tamaño (Semirremolques), no es recomendable adaptar una curva circular simple para el diseño de su trayectoria mínima, es conveniente emplear curvas asimétricas compuestas de tres centros.

Los diseños mínimos correspondientes a la trayectoria de los vehículos automotores de gran tamaño (Semirremolques), se aplican cuando es muy frecuente el tránsito de este tipo de vehículos. Por lo general se preferirán las curvas simétricas compuestas, sobre todo cuando los vehículos más pequeños constituyen un porcentaje apreciable del tránsito total que da vuelta. Como estos diseños requieren de grandes superficies de calzada, por regla general es conveniente canalizarlos, es decir desarrollar el ancho de la calzada en los enlaces con un ancho relativamente cómodo al que proporciona las huellas del vehículo de proyecto.

Los vehículos que dan vuelta en las intersecciones lo hacen siguiendo trayectorias de transición, en la misma forma que lo hacen en las curvas de camino abierto. Si no se proyectan las curvas adecuadamente, los conductores pueden desviarse de su trayectoria e invadir el carril adyacente o el hombro. Las curvas de transición que mejor se ajustan a las trayectorias naturales son las curvas espirales, las cuales se proyectan entre una tangente y un arco circular, o bien, dos arcos circulares de radios distintos. También pueden utilizarse curvas compuestas ajustadas a las trayectorias de transición. Los tramos de transición se aprovechan para hacer el cambio de la sección transversal normal a la transversal sobreelevada.

La longitud de espiral en intersecciones se determina de la misma manera que en las curvas de camino abierto. En las intersecciones, la longitud de las espirales puede ser menor debido a que los conductores aceptan cambios más rápidos en la dirección del viaje. Es decir, que la aceleración centrípeta  $C$ , en curvas de intersecciones, puede ser mayor que en las curvas de camino abierto, en las cuales se aceptan valores que varían entre 0.30 y 0.90 m/seg<sup>2</sup>. En curvas de intersecciones, se supone que  $C$  varía desde 0.75 m/seg<sup>2</sup> para 80 Km/h hasta 1.24 m/seg<sup>2</sup> para 30 Km/h.

Las curvas circulares compuestas son apropiadas para dar la forma que se desea a las curvas en los enlaces de las intersecciones. El uso de curvas compuestas en camino abierto, se ha limitado a que la relación de los radios más grandes a los más cortos sea como máximo de 1.5. En las intersecciones, donde los conductores aceptan cambios más rápidos de dirección y velocidad, esta relación puede llegar a ser 2. Una relación máxima deseable es de 1.75. Cuando la relación sea mayor de 2, deberá intercalarse entre las curvas una espiral de longitud adecuada o un arco circular de radio intermedio. En los diseños mínimos, en los cuales se ha considerado que la curva de la orilla interior de la calzada se ajusta a la trayectoria mínima de los vehículos de proyecto, esta recomendación no es válida, puesto que se aceptan para estos casos relaciones más grandes.

Las curvas compuestas no deben ser muy cortas para no hacer peligrosa su función de permitir la operación de cambio de una tangente o curva suave a una curva forzada. En una serie de curvas, cuyos radios van disminuyendo, cada curva debe tener la suficiente longitud para permitir al conductor descelerar gradualmente. Las longitudes mínimas están basadas en las desceleraciones deseables en las curvas. En las intersecciones se considera razonable una deceleración de 5 Km/h por segundo, y las deseables en 3 Km/h por segundo, para este último valor se requiere emplear muy poco los frenos del vehículo, ya que el frenar con el motor equivale a reducciones promedio de 1.6 y 2.2 Km/h por segundo.

Una parte importante en el diseño de las intersecciones, es proporcionar un alineamiento adecuado de la orilla de la calzada, en donde los extremos del enlace se separan de las ramas de la intersección o se juntan con ellas. La facilidad y la suavidad de la operación resultan cuando la orilla de la calzada se proyecta con curvas de transición de la forma y longitud necesaria para evitar una deceleración brusca de los vehículos antes de entrar al enlace y también para permitir el desarrollo de la sobreelevación antes de la curvatura máxima, para que los vehículos puedan seguir su trayectoria natural.

Se hace necesario el diseño de curvas de transición cuando se parte de un flujo principal a uno secundario o viceversa, sin el uso de carriles de aceleración o deceleración.

#### **ANCHO DE LA CALZADA EN LOS ENLACES:**

Los anchos de la calzada en los enlaces dependen de una serie de factores, entre los cuales están incluidos como principales: el volumen del tránsito y su composición, las --

características geométricas de los vehículos de proyecto, los grados de curvatura, el tipo de operación que se tendrá en los enlaces y algunas consideraciones con respecto a la distancia entre el vehículo y las orillas de la calzada.

Para fines de proyecto se consideran los siguientes tipos de operación:

- I Operación en un sólo sentido, con un sólo carril y previsión para rebase.
- II Operación en un sólo sentido, con un sólo carril y con previsión de rebase a vehículos estacionados.
- III Operación en uno o dos sentidos de circulación y con dos carriles.

Las condiciones anteriores se ilustran en la figura 2.13

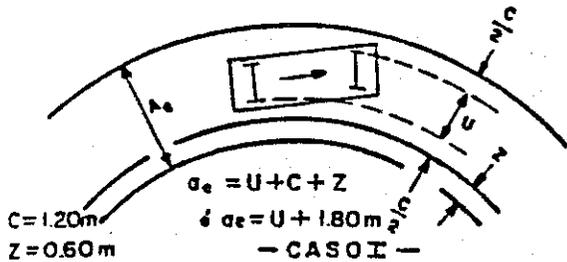
El caso I puede aplicarse para enlaces relativamente cortos, siempre que los volúmenes de tránsito sean moderados o bajos, o cuando se requiera un diseño mínimo por cualquier situación, sin que por este motivo el nivel de servicio del enlace quede inadecuado.

El proyecto para el caso II permite rebasar a los vehículos estacionados, pues el espacio, aún cuando es restringido, permite la circulación, que ha de realizarse a velocidades bajas; se recomienda para volúmenes que no excedan de la capacidad de un solo carril.

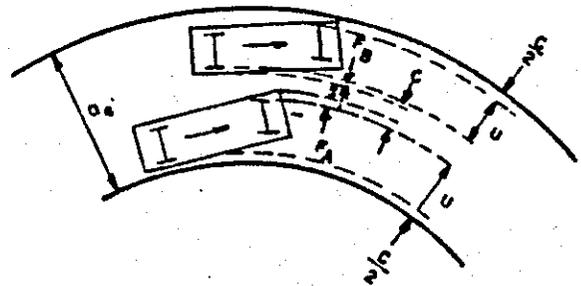
Los anchos del caso III se emplean cuando la operación es en dos sentidos, o cuando el volumen de tránsito es tan intenso que requiere de dos carriles para un sólo sentido.

En el cálculo de la anchura de la calzada en curva "ac" intervienen los siguientes elementos:

- EV = Entrevía (m)
- U = Distancia entre las trayectorias externas de las ruedas del vehículo dentro de la curva (m)
- RG = Radio de giro de la rueda delantera externa (m)
- DE = Distancia entre ejes del vehículo (m)
- FA = Proyección del vuelo delantero (m)
- R = Radio de la orilla interna de la calzada (m)
- FB = Proyección del vuelo trasero (m)
- V = Velocidad de proyecto (Km/h)
- C = Distancia libre entre vehículos (m)
- Z = Ancho adicional por dificultades de maniobra (m)



OPERACION EN UN SOLO SENTIDO, CON UN SOLO CARRIL SIN PREVISION PARA REBASE



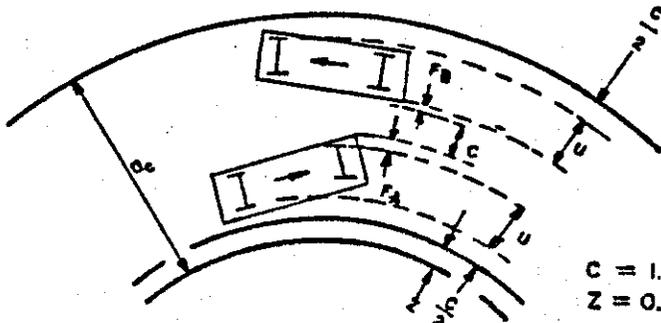
Ya que el rebase del vehículo estacionado es a baja velocidad,  $Z=0$ , y  $C$  es la mitad del valor empleado en los casos I y III,  $\delta$  sea  $C=0.80$  metros.

$$a_c = 2(U+C) + F_A + F_B \delta$$

$$a_c = 2U + F_A + F_B + 1.20 \text{ m.}$$

**- CASO II -**

OPERACION EN UN SOLO SENTIDO, CON UN SOLO CARRIL Y CON PREVISION DE REBASE A VEHICULOS ESTACIONADOS



$$a_c = 2(U+C) + F_A + F_B + Z \delta$$

$$a_c = 2U + F_A + F_B + 3.00 \text{ m.}$$

**- CASO III -**

OPERACION EN UNO O EN DOS SENTIDOS DE CIRCULACION Y CON DOS CARRILES

NOTA: En las fórmulas para los casos II y III si el vehículo rebasado es de diferente tipo,  $2U$  se convertirá en  $U_1 + U_2$ .

$U$  = Distancia entre las trayectorias extremas de las ruedas del vehículo dentro de la curva, (m)

$F_A$  = Proyección del eje delantero, (m)

$F_B$  = Proyección del eje trasero, (m)

$C$  = Distancia libre entre vehículos, (m)

$Z$  = Ancho adicional por dificultad de maniobra, (m)

figura 2.13 ANCHO DE CALZADA EN LOS ENLACES

A continuación se define brevemente cada uno de los elementos, dando en su caso una expresión para obtenerlos.

Entrevía EV es la distancia entre las caras externas de las ruedas traseras. Su valor depende del vehículo de proyecto seleccionado. (ver detalle gráfico 2.1)

El ancho de la rodada en curva denominado con la letra U se mide entre la trayectoria de la rueda delantera exterior y la de la rueda trasera interior, entre caras externas de las llantas; su valor depende del vehículo de proyecto seleccionado. Su determinación numérica está basada en las expresión siguiente:

$$U = EV + RG - \sqrt{(RG)^2 - (DE)^2}$$

La ecuación anterior se aplica únicamente a los vehículos formados por una sola unidad; los valores correspondientes para los semirremolques se obtienen de modelos a escala. Los valores para los diferentes tipos de vehículos y para diferentes radios de giro se muestran en las curvas de la gráfica 2.1

La proyección del vuelo delantero FA es la distancia radial entre la cara externa de la rueda delantera exterior y la trayectoria del borde delantero exterior de la carrocería.

Los valores para los diferentes vehículos de proyecto y diferentes radios de giro de rueda delantera externa, se muestran en las curvas de la gráfica 2.2.

La proyección del vuelo trasero FB es la distancia radial entre la cara externa y el borde trasero interior de la carrocería. En los automóviles la carrocería es 0.30m más ancha que la distancia entre caras externas de las ruedas traseras, por lo que FB es igual a 0.15 m. En cambio, en los camiones el ancho de la carrocería es el mismo que la entrevía, de donde FB=0. (ver detalle gráfico 2.2)

El ancho adicional por dificultad de maniobra Z proporciona una tolerancia para las distintas formas de manejar de los conductores. Se mide radialmente y se aplica en la orilla interior de la calzada, conservándose uniforme en toda la curva. Su valor se obtiene a partir de la siguiente expresión empírica:

$$Z = 0.10 V / R$$

R y Z, en metros.  
V, en Km/h.

Para los valores de V y R empleados usualmente en intersecciones Z es un valor casi constante de 0.60 m.

La velocidad  $V$  y el radio  $R$  están ligados entre sí y sus valores de proyecto se tratarán en la siguiente sección.

La distancia libre entre los vehículos  $C$  es la separación entre las carrocerías de los vehículos que se encuentran o rebasan. Su valor para proyecto es igual o mayor de 1.20

Los anchos de la calzada para cada uno de los casos de operación se denominan 'ac'. En la figura 2.13 se muestran las fórmulas para obtener 'ac' y los valores de los factores que intervienen, para cada caso de operación. Para el caso I no se consideran las salientes de la carrocería ni la separación entre vehículos, puesto que no hay rebases ni encuentros. La maniobra de rebase en el caso II es una maniobra ocasional que sucede únicamente cuando algún vehículo debe detenerse por una situación de emergencia; es por ello que se elimina el valor de  $Z$  y el valor de  $C$  empleado, es la mitad que el utilizado para los casos I y III, o sea 0.60 m. En el proyecto correspondiente al caso III se emplean los valores nomales,  $Z = 0.60$  m,  $C = 1.20$  m y  $FA$ ,  $FB$  y  $U$  los correspondientes al vehículo o vehículos de proyecto.

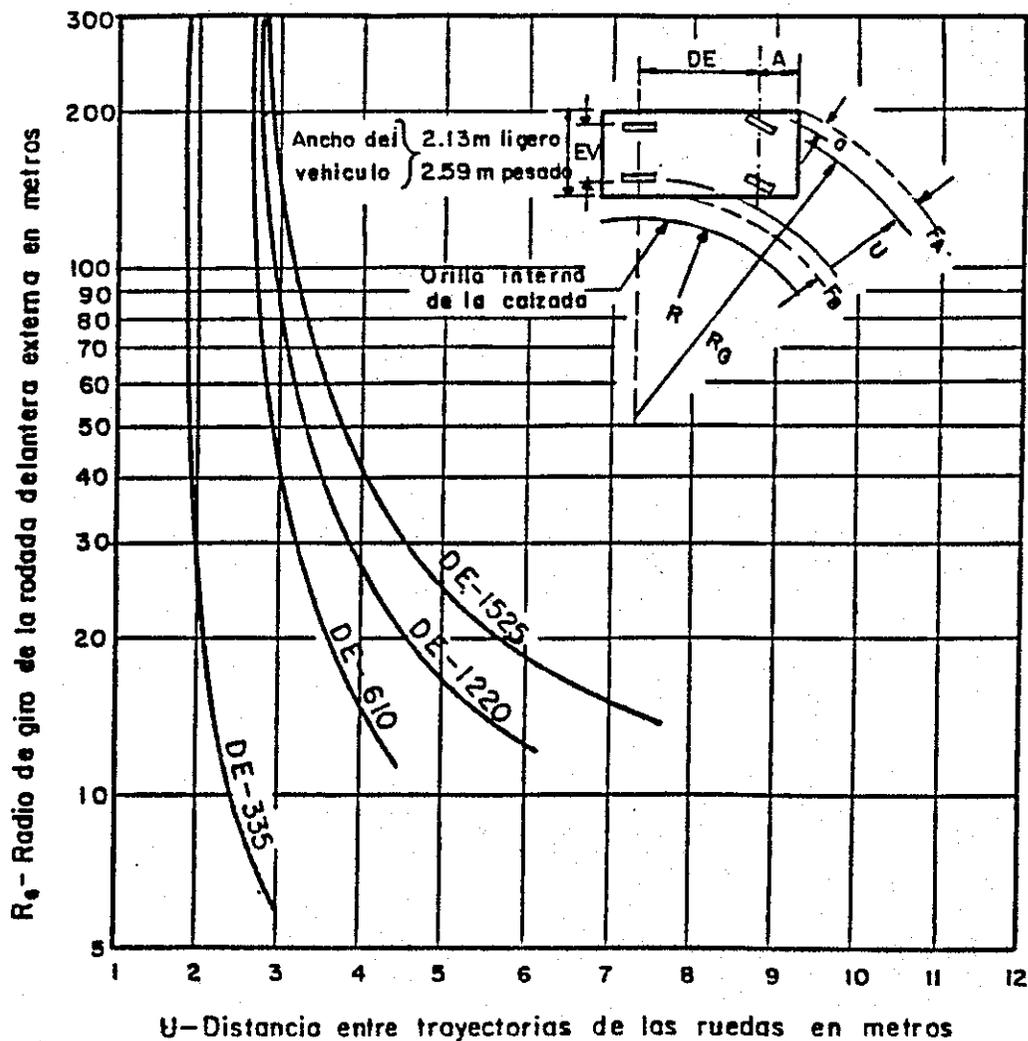
Independientemente del tipo de operación para el cual se ha decidido proyectar, de acuerdo con las condiciones esperadas, es necesario conocer el tipo de vehículos que operarán en el enlace, antes de determinar el ancho de la calzada. Para fines de proyecto se analizan tres condiciones de tránsito, las cuales se describen a continuación:

Condición de Tránsito A: Predominantemente vehículos de proyecto DE - 335, pero con algunos camiones DE - 610.

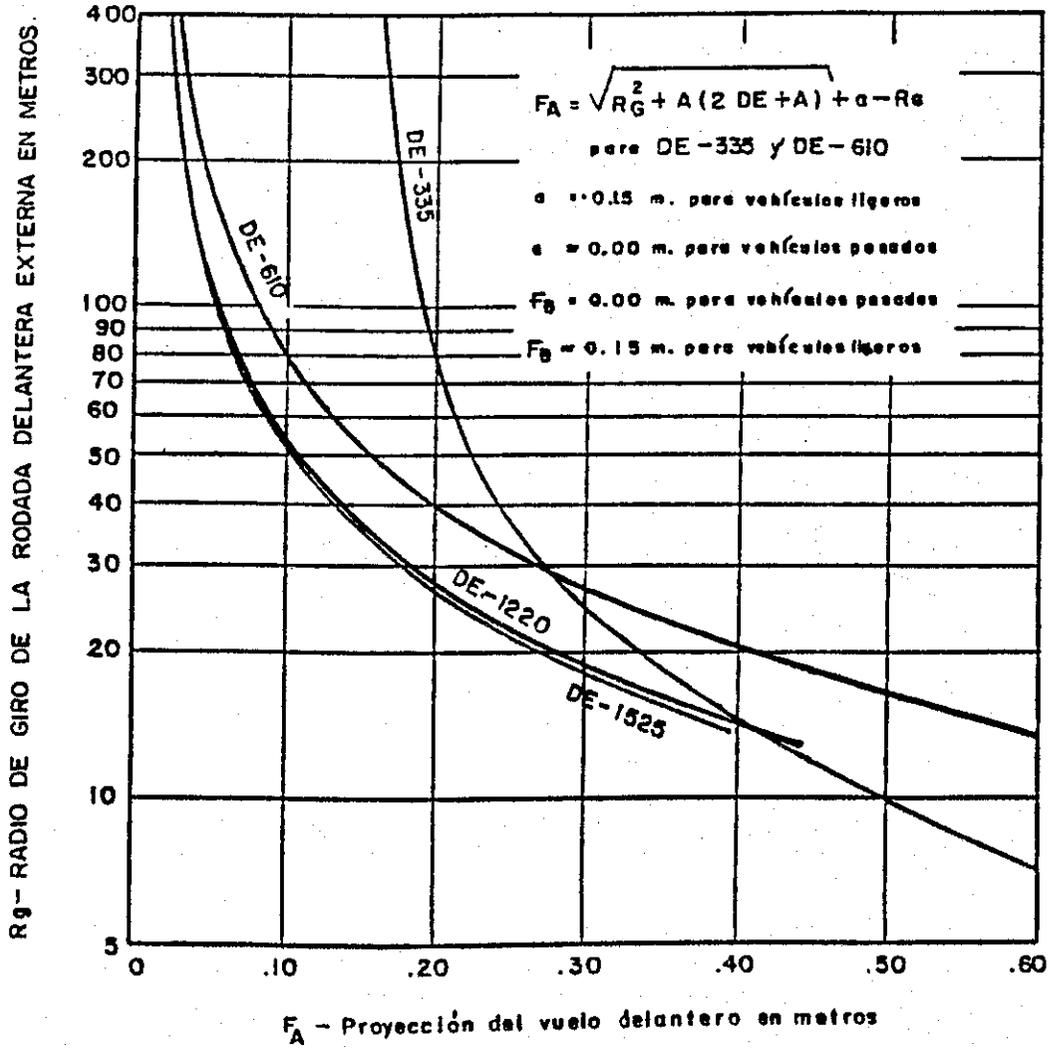
Condición de Tránsito B: Un número suficiente de vehículos DE - 610 como para gobernar el proyecto, pero con algunos semirremolques.

Condición de Tránsito C: Suficientes vehículos DE - 1220 o DE -1525 para gobernar el proyecto.

Las condiciones de tránsito A, B, y C, están descritas en términos muy generales, debido a que usualmente no se disponen los datos de tránsito de cada tipo de vehículos, que permiten definir con precisión estas condiciones de tránsito.



Gráfica 2.1 DISTANCIA ENTRE LAS TRAYECTORIAS EXTERNAS DE LAS RUEDAS DEL VEHICULO DENTRO DE LA CURVA



Gráfica 2.2 PROYECCION DEL VUELO DELANTERO DEL VEHICULO

Para fines de proyecto se supone un tipo o tipos de vehículos por cada caso de operación en combinación con las diferentes condiciones de tránsito. Los tipos seleccionados se presentan en la siguiente tabla:

CASO DE OPERACION	CONDICIONES DE TRANSITO		
	A	B	C
CASO I	DE-335	DE-610	DE-1220 DE-1225
CASO II Y III	DE-335 DE-335 DE-335 DE-610	DE-610 DE-610 DE-610 DE-1220	DE-1220 DE-1220 DE-1220 DE-1225 DE-1225 DE-1225

tabla 2.2 CONDICIONES POSIBLES DE TRANSITO.

La combinación de vehículos, por ejemplo DE-335; DE-610 para el caso II o caso III y condición de tránsito A, significa que un vehículo DE-335 puede rebasar o en su caso encontrarse con un vehículo DE-610 o viceversa en una situación máxima, su situación mínima será cuando un vehículo DE-335, en la misma condición de tránsito (A), se encuentre o en su caso rebase a otro vehículo DE-335.

El hecho de proyectar para un cierto vehículo, no necesariamente imposibilita el paso de un vehículo de mayores dimensiones, aunque reduce su velocidad de operación y su libertad de maniobra, requiriéndose una mayor habilidad del conductor.

En la tabla 2.3 se dan los valores de proyecto para las anchuras de calzada necesarias para cada caso de operación-condición de tránsito. En la parte inferior de la tabla, se incluye una serie de recomendaciones para modificar el ancho de la calzada, de acuerdo con el tratamiento lateral que se dé a los enlaces.

La anchura de la calzada se modifica dependiendo de que exista hombro, así como libertad para circular sobre él. En ocasiones puede llegar a reducirse o aumentarse, tal como se indica en la parte inferior de la tabla 2.3.

R Radios de la orilla interna de la calzada, metros	ANCHO DE CALZADA EN METROS								
	CASO I Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y sin previsión para el rebase			CASO II Operación en un sólo sentido, con un sólo ca- rril y con previsión para el rebase a ve- hículos estacionados.			CASO III Operación en uno o dos sentidos de circu- lación, y con dos carriles.		
	CONDICION DE TRANSITO								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15.00	5.50	5.50	7.00	7.00	7.50	8.75	9.50	10.75	12.75
23.00	5.00	5.25	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	10.00	11.25
31.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	7.50	8.50	9.50	10.75
46.00	4.25	5.00	5.25	5.75	6.50	7.25	8.25	9.25	10.00
61.00	4.00	5.00	5.00	5.75	6.50	7.00	8.25	8.75	9.50
91.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	9.25
122.00	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
152.00	3.75	4.50	4.50	5.50	6.00	6.75	8.00	8.50	8.75
Tangente	3.75	4.50	4.50	5.25	5.75	6.50	7.50	8.25	8.28

Modificaciones al ancho de acuerdo con el tratamiento de las orillas de la calzada.			
Bordillo chafletado	NINGUNA	NINGUNA	NINGUNA
Guarnición vertical Un lado	Aumentar 0.30 m.	NINGUNA	Aumentar 0.30 m.
Dos lados	Aumentar 0.60 m.	Aumentar 0.30 m.	Aumentar 0.60 m.
Hombro, en uso o en ambos lados.	NINGUNA	Restar el ancho del hom- bro, ancho mínimo de la calzada el del Caso I	Cuando el hombro sea de 1.20 m. o mayor, redu- cir 0.60 m.

Tabla 2.3 ANCHO DE CALZADA EN LOS ENLACES.

## **SOBREELEVACION PARA LAS CURVAS EN LOS ENTRONQUES:**

La mayoría de los movimientos de vuelta en los entronques se realizan en presencia de otros vehículos, pues el tránsito en los enlaces se separa de a un flujo directo o se une al mismo; esto implica, que los conductores viajan más despacio en un entronque que en una curva de camino abierto del mismo radio; sin embargo, al proyectar se deberá considerar la velocidad que tendrán los vehículos en los períodos de bajo volumen de tránsito para lograr una operación segura, lo que hace indispensable proporcionar la sobreelevación necesaria para esta velocidad, en las curvas de los enlaces, particularmente cuando las mismas son pronunciadas y en pendiente.

Las sobreelevaciones máximas en las curvas de los entronques se determinan haciendo uso de los mismos factores generales que se aplican al camino abierto. Para enlaces con circulación en un sólo sentido, el rango de la sobreelevación máxima es del 6% al 10%; este valor se puede incrementar hasta 12% cuando las condiciones del clima son favorables y tendrá que disminuir a un 10% como máximo, cuando se diseñe en tierra fría.

Cuando para una velocidad de proyecto dada, se utilice radio de curvatura mayor que el mínimo, la sobreelevación deberá ser menor a la máxima, para obtener un proyecto equilibrado.

La tabla 2.4 muestra las sobreelevaciones en enlaces para las diferentes velocidades de proyecto, valores que fueron obtenidos de manera muy similar a los del camino abierto, se indica un rango de sobreelevación para cada combinación de velocidades de proyecto y radio de curvatura, debido a la extensa variación de velocidades probables sobre el enlace, que dependen del volumen de tránsito. En la tabla se consideró una sobreelevación máxima del 12% y deberán preferirse los valores situados en la mitad superior o tercio superior del rango indicado. Una sobreelevación del 3% se considera mínima para efectos de drenaje.

### **2.3.2.2 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD**

Se llaman carriles de cambio de velocidad, aquellos que se añaden a la sección normal de una calzada, con el objeto de proporcionar a los vehículos el espacio suficiente para que alcancen la velocidad necesaria y se incorporen a la corriente de tránsito de una vía, o puedan reducir la velocidad cuando desean separarse de la corriente al acercarse a una intersección.

R (m)	G	RANGO DE SOBREELEVACION PARA CURVAS EN ENLACES CON VELOCIDAD DE PROYECTO DE ( km/h )					
		25	30	40	50	60	70
15	76.4	.03-.12	-	-	-	-	-
25	45.8	.03-.07	.03-.12	-	-	-	-
45	25.5	.03-.05	.03-.08	.04-.12	-	-	-
70	16.4	.03-.04	.03-.05	.03-.08	.06-.12	-	-
95	12.1	.03	.03-.04	.03-.06	.05-.09	.08-.12	-
130	8.8	.03	.03	.03-.05	.04-.07	.06-.09	.09-.10
180	6.4	.03	.03	.03-.04	.03-.05	.05-.07	.07-.09
300	3.8	.03	.03	.03	.03-.04	.04-.05	.05-.07
450	2.5	.03	.03	.03	.03	.03-.04	.04-.05
600	1.9	.03	.03	.03	.03	.03	.03-.04
900	1.3	.03	.03	.03	.03	.03	.03

**NOTA:** Deberán preferirse los valores situados en la mitad superior o el tercio superior del rango indicado.

tabla 2.4 SOBREELEVACIONES PARA CURVAS EN ENLACES

De acuerdo con esta definición, los carriles de cambio de velocidad pueden ser carriles de aceleración y carriles de desaceleración.

Los carriles de aceleración, permiten a los vehículos que entran a la vía principal de la intersección, adquirir la velocidad necesaria para incorporarse con seguridad a la corriente de tránsito de la misma, proporcionando la distancia suficiente para realizar dicha operación sin interrumpir la corriente de tránsito principal.

Los carriles de desaceleración en los accesos de intersecciones a nivel, que también funcionan como carriles de espera o almacenamiento para el tránsito que va a dar vuelta, son especialmente ventajosos y en general la experiencia con ellos ha sido favorable. Estos carriles reducen el peligro de accidentes y aumentan la capacidad de la intersección.

Los carriles de desaceleración deben proyectarse de tal manera que den al conductor una indicación clara del lugar en donde se separa de la corriente principal, lo que se logra tanto con superficie de pavimento de color contrastante, como con señalamiento e iluminación. En la figura 2.14 se muestran algunos diseños típicos.

Cuando los carriles de desaceleración se inician dentro de una sección en curva, tal como se muestra en la figura 2.14.c, cuando la curva del camino es izquierda y el enlace sale a la derecha, se presenta un quiebre en la sección transversal en la orilla de la calzada del camino, debido a la sobreelevación contraria que debe proporcionársele al enlace, por lo que la longitud del carril de desaceleración deberá ser suficiente para permitir un cambio gradual en la sobreelevación del camino mayor del 5%.

Cuando el camino tiene una curva derecha y la salida está ubicada sobre el lado derecho, el carril de desaceleración deberá tomar la forma que se indica en la figura 2.14.d. La sobreelevación del carril adicional es la misma que tiene la curva del camino y la nariz que separa los carriles, en este caso, como en todos los de carriles de desaceleración, deberá quedar fuera de la orilla de la calzada del camino, de preferencia a una distancia igual al ancho del hombro; de esta manera, un vehículo que salga de la calzada podrá volver a ella con mínimos daños.

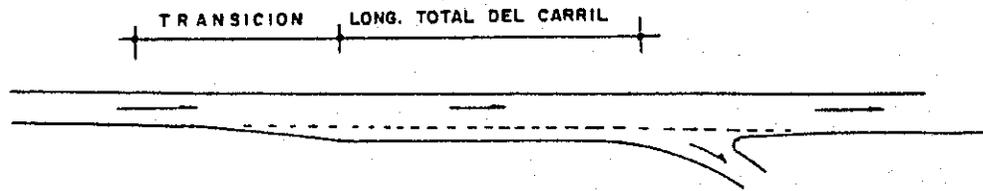


figura 2.14.a CARRIL DE DESCELERACION EN TANGENTE

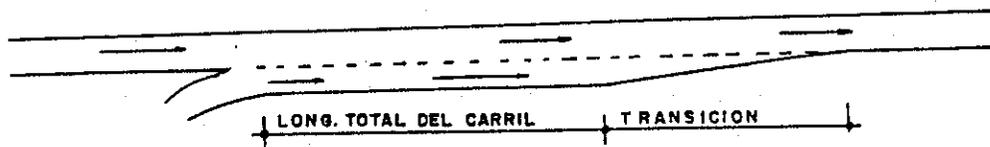


figura 2.14.b CARRIL DE ACELERACION EN TANGENTE

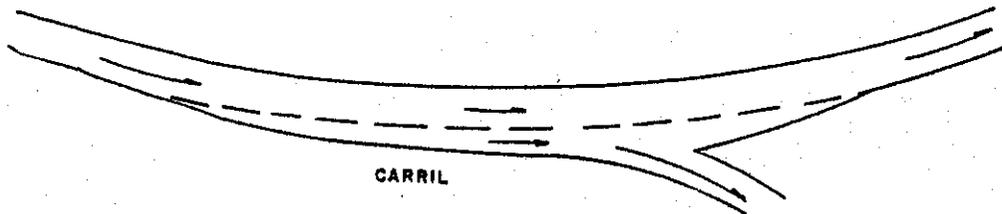


figura 2.14.c. CARRIL DE DESCELERACION EN CURVA

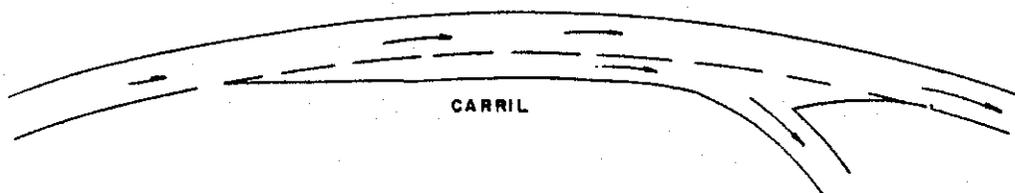


figura 2.14.d. CARRIL DE DESCELERACION EN CURVA

**TRANSICION EN LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD:**

Cuando en los carriles de cambio de velocidad se utilizan transiciones para realizar el cambio de carril en una manera cómoda y segura. La longitud y forma de la transición deberá ser tal que invite a los conductores a efectuar la maniobra de cambio de carril. Para poder determinar la longitud de la transición se han llevado a cabo algunos estudios sobre el tiempo requerido por un vehículo para abandonar el carril de tránsito principal e incorporarse al de cambio de velocidad. Se encontró que el vehículo que ejecuta la maniobra requiere de 2.7 a 4.1 segundos, dependiendo de las condiciones del tránsito. Por lo que se considera como normal un tiempo que varía entre 3 y 4 seg. recomendándose para proyectar 3.5 seg. Con base en lo anterior se obtuvieron diferentes valores de la longitud de la transición, dependiendo de la velocidad de marcha y de la de proyecto, esos valores se muestran en la tabla 2.5

VELOCIDAD DE PROYECTO EN LA CARRETERA EN Km/h	50	60	70	80	90	100	110
VELOCIDAD DE MARCHA EN Km/h	46	55	63	71	79	86	92
LONGITUD DE LA TRANSICION, CALCULADA EN METROS	44.8	53.5	61.3	69.1	76.9	83.7	89.5
LONGITUD DE LA TRANSICION RECOMENDADA EN METROS	45	54	61	69	77	84	90

tabla 2.5 LONGITUD DE LA TRANSICION EN LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD.

**ANCHURA DEL CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD**

Cuando del carril de cambio de velocidad queda paralelo al eje del camino, la anchura no deberá ser menor de 3.35 m y preferentemente deberá tener 3.60 m.

Deben construirse hombros aunque no tengan un ancho igual al que tienen en el camino. En el caso de que se coloquen bordillos deben quedar alojados en la orilla exterior del hombro y por ningún motivo deberán aceptarse a menos de 0.30 m de la orilla de la calzada.

### LONGITUD DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

La longitud de los carriles de desceleración está basada en la combinación de tres factores:

- a) La velocidad a la que los conductores entran al carril adicional.
- b) La velocidad a la que los conductores salen después de recorrer el carril de desceleración.
- c) La forma de descelerar o los factores de la desceleración.

Para fines de proyecto se supondrá que los conductores que van a entrar a los carriles de desceleración viajan a la velocidad de marcha. Deberá colocarse un señalamiento apropiado antes del carril de desceleración, para informar a los conductores de la existencia de éste.

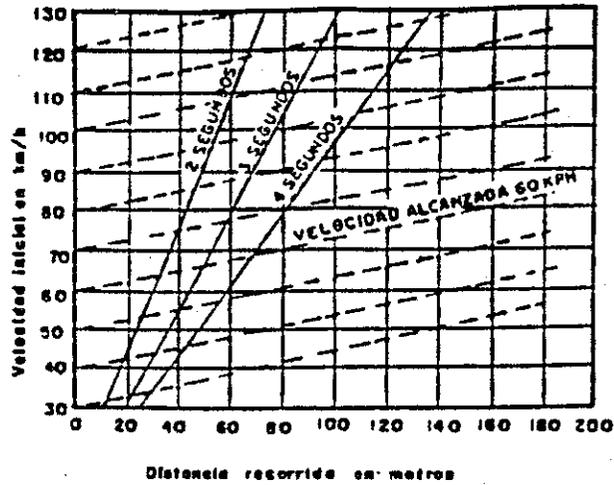
Para determinar la forma de descelerar, se han realizado varios estudios, los cuales se desarrollan en dos etapas:

- a) Se retira el pie del acelerador y el vehículo reduce la velocidad únicamente con el motor, sin emplear los frenos.
- b) Se aplican los frenos.

En la gráfica 2.3 se muestran las conclusiones de los estudios para las dos etapas citadas anteriormente; en la gráfica 2.3.A se puede obtener la distancia recorrida durante la desceleración sin aplicar los frenos y en la gráfica 2.3.B la distancia recorrida durante el frenado.

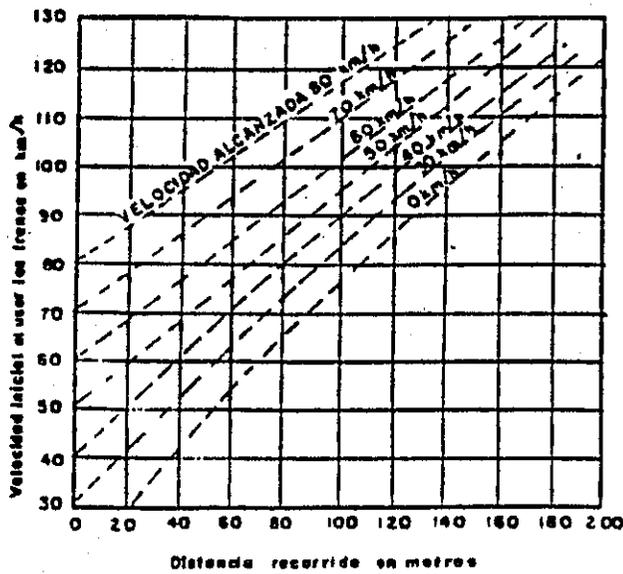
Para ilustrar la manera de utilizar estas gráficas, supóngase que se quiere conocer la distancia que recorre un vehículo que lleve una velocidad de marcha de 85 Km/h y quiere detenerse. En la gráfica 2.3 A se entra con el valor de la velocidad de marcha, que en este caso es de 85 Km/h y horizontalmente se busca el punto de intersección con la línea de tres segundos, que es el tiempo recorrido para utilizar en el proyecto. Una vez encontrado este punto se regresa a la escala de las velocidades, paralelamente a la línea discontinua que indica las velocidades alcanzadas descelerando únicamente con el motor. De esta manera se obtiene una velocidad de 76 Km/h. Con una horizontal se intersecta la línea que representa la velocidad a la que se quiere llegar al final del carril, en este caso cero y desde este punto se llega verticalmente al eje de las abcisas, donde se tendrá que 98 m es la distancia recorrida mientras se aplican los frenos. La suma de las distancias bajo las dos condiciones da la respuesta al problema o sea:  $65+98 = 163$  m.

De acuerdo con lo anterior se han tabulado las longitudes resultantes para los carriles de desceleración que se muestran en la tabla 2.6 donde se determina la longitud en función de la velocidad de proyecto de carretera. Estos --



DISTANCIA RECORRIDA DURANTE LA DECELERACION CON MOTOR SIN USAR FRENS

- A -



DISTANCIA RECORRIDA DURANTE EL FRENAO

- B -

gráfica 2.3 DISTANCIAS RECORRIDAS DURANTE LA DECELERACION PARA VEHICULOS LIGEROS

valores están basados en la operación de los vehículos --- ligeros, reconociendo que los vehículos pesados requieren mayores distancias para descelerar, pero no se justifican longitudes mayores debido a que la velocidad promedio de los vehículos pesados es generalmente menor que la de los ligeros.

Para medir la longitud de los carriles de desceleración hay que distinguir entre los dos tipos principales:

- a) Cuando son direccionales o sea cuando la transición se efectúa en una forma gradual en toda la longitud del carril.
- b) Cuando lleva transición normal al principio del carril.

Para el tipo a) debe considerarse que el carril empieza en un punto donde su ancho sea entre 1.50 y 1.80 y en autopistas o caminos especiales, donde se sostengan altas velocidades, puede considerarse hasta el punto en donde el ensanchamiento llegue a ser el correspondiente a un carril normal; este incremento de la longitud permitirá un cambio de velocidad más liberal que el considerado. El otro extremo del carril será en aquel punto del enlace en donde sea necesario cambiar la velocidad, ya sea por una curva de grado superior o porque haya necesidad de detenerse.

Para el tipo b) o sea cuando el carril de desceleración es paralelo al eje del camino, la longitud total se mide donde empieza la transición normal hasta el punto donde empieza el enlace o sea donde se forma una nariz que separa las dos vías

La longitud de un carril de aceleración se basa en la combinación de cuatro factores:

- a) la velocidad a la cual los conductores entran al carril de aceleración.
- b) La velocidad a la cual los conductores convergen con el tránsito principal.
- c) La manera de acelerar o los factores de la aceleración
- d) Los volúmenes relativos del tránsito directo y del que se va a incorporar.

Para caminos de altos volúmenes de tránsito se debe proporcionar la longitud suficiente, para que el tránsito que se va a incorporar a la corriente principal, tenga el tiempo necesario para esperar que exista un espacio entre dos vehículos de la corriente principal que le permita incorporarse.

Velocidad de proyecto en el enlace, Km/h	Condición de parada	25	30	40	50	60	70	80
		Radio mínimo de curva, metros	15	24	45	75	113	154

Velocidad de proyecto de la carretera, Km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de DESCELERACION, incluyendo la transición, en metros.							
50	45	64	45	—	—	—	—	—	—
60	54	100	85	80	70	—	—	—	—
70	61	110	105	100	90	75	—	—	—
80	69	130	125	120	110	95	85	—	—
90	77	150	145	140	130	115	105	80	—
100	84	170	160	160	145	135	125	100	—
110	90	185	175	175	160	150	140	120	100

Velocidad de proyecto de la carretera, km/h	Longitud de la transición, en metros.	Longitud total del carril de ACELERACION, incluyendo la transición, en metros.							
50	45	170	45	—	—	—	—	—	—
60	54	110	85	75	—	—	—	—	—
70	61	160	135	125	100	—	—	—	—
80	69	230	125	190	170	125	—	—	—
90	77	315	300	285	255	205	160	—	—
100	84	405	395	380	350	295	240	160	—
110	90	470	465	455	425	375	325	260	180

tabla 2.6 LONGITUD DE LOS CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

La velocidad deseable de los conductores al pasar del carril de aceleración a los carriles del tránsito principal, debe aproximarse a la de éstos, por lo que el proyecto debe basarse en una velocidad de incorporación igual a la velocidad de marcha del camino. Al empezar el carril de aceleración se debe considerar la velocidad de marcha del enlace que precede al carril de aceleración; la diferencia entre la velocidad de marcha del enlace y la del camino es la que determina la longitud del carril de aceleración.

### 2.3.2.3 PASOS A DESNIVEL

#### PASOS INFERIORES

Se ha visto que el efecto de los objetos verticales a los lados del camino tiene poca o ninguna influencia en el comportamiento del tránsito, cuando se hallan a 1.80 m. o más de la orilla de la calzada. De ahí que este valor debe considerarse como el espacio lateral mínimo desde la orilla de la calzada hasta el estribo, pila o elemento estructural correspondiente, aunque algunas veces es necesario aumentar este espacio del lado interno de las curvas con el objeto de proporcionar una distancia de visibilidad suficiente. Para autopistas con cuerpos separados, en las que sea posible proyectar una pila para la estructura en la faja central, el espacio libre lateral en el lado izquierdo de cada cuerpo puede reducirse, ya que los conductores van sentados en el lado izquierdo de los vehículos, esta reducción puede llegar hasta un mínimo de 1.35 m, siendo recomendable conservar el espacio lateral libre de 1.80 m donde sea posible. En la figura 2.15 se indican los espacios libres laterales y verticales para un paso inferior.

En caso de proyectarse banquetas a través del paso inferior, como se muestra en la figura 2.15 b, éstas deben proyectarse con un ancho mínimo de 0.90 m. y cuando el tránsito de peatones sea considerable, el ancho estará comprendido entre 1.20 m y 1.80 m. La distancia entre la orilla de la calzada y el bordillo de la banqueta debe ser de 1.80 m como mínimo, para caminos de alta velocidad y de 0.60 m para caminos de menor importancia. Para el lado izquierdo cuando se trate de cuerpos separados, se proporcionará un espacio mínimo de 1.35 m, pudiéndose colocar un bordillo vertical de 0.45 m del paño interior de la pila, quedando un espacio mínimo del bordillo a la orilla de la calzada de 0.90 m.

En la figura 2.15 c se ilustra el caso en que se proporcionan carriles auxiliares bajo la estructura, la orilla externa del carril auxiliar debe considerarse como la orilla de la calzada. Debido a que en los carriles auxiliares la velocidad es más baja, los conductores aceptan mayores restricciones, los valores mínimos indicados para los espacios libres laterales son los recomendables en estos casos.

La altura libre vertical de todas las estructuras para pasos inferiores debe ser como mínimo de 4.50 m en todo lo ancho de los carriles de tránsito incluyendo los hombros.

### **PASOS SUPERIORES**

Para un camino el tipo de cruce a desnivel más adecuado es el de paso superior, ya que no se le ve la subestructura, el espacio libre vertical no está limitado y el espacio libre horizontal está supeditado a la ubicación de los bordillos y parapetos.

Los espacios libres laterales de los pasos inferiores son por lo general aplicables también a los superiores. Aunque la sensación de estrechamiento es más pronunciada en los pasos inferiores que en los superiores, los conductores se comportan en forma semejante en los dos casos.

La sección transversal del camino, incluyendo los hombros, debe conservarse en todas las estructuras para pasos superiores. En la figura 2.16 se indican los espacios libres laterales mínimos y deseables para las estructuras de pasos superiores en los diferentes tipos de carreteras.

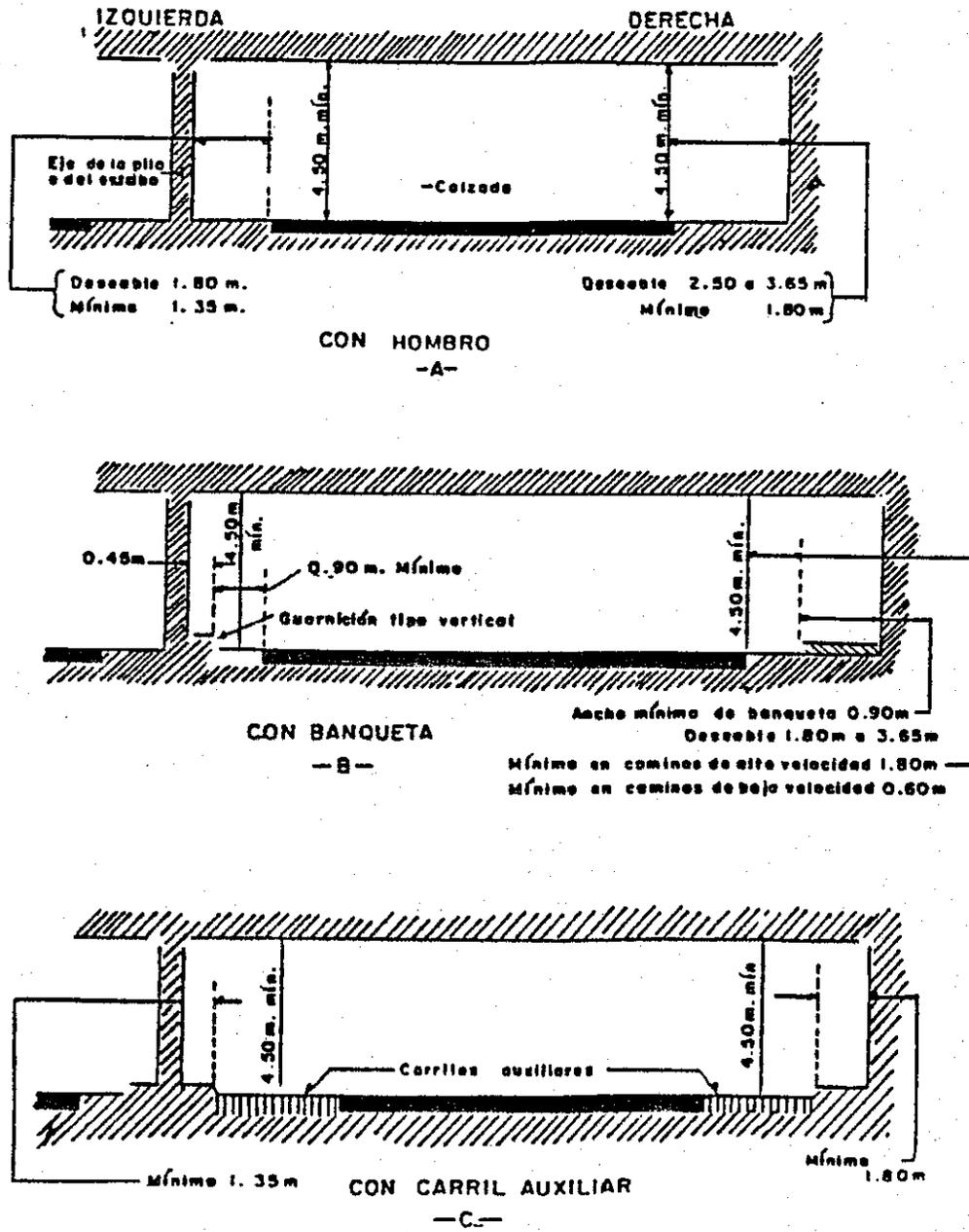


figura 2.15 ESPACIOS LIBRES LATERALES Y VERTICALES PARA PASOS INFERIORES.

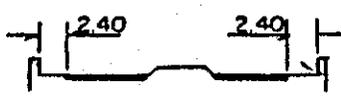
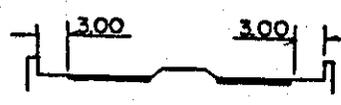
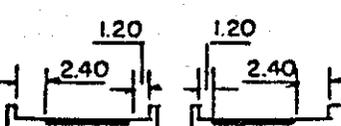
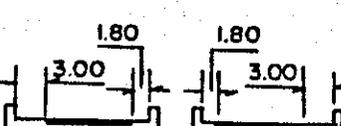
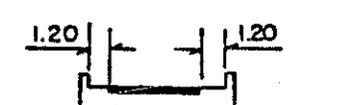
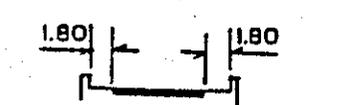
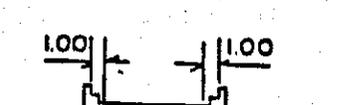
TIPO DE CARRETERA	ANCHO DE LA ESTRUCTURA	
	MINIMO	DE SEABLE
CARRETERA DIVIDIDA DE 4 CARRILES CON ESTRUCTURA SIMPLE		
CARRETERA DIVIDIDA DE 4 CARRILES CON DOBLE ESTRUCTURA		
CARRETERA PRINCIPAL DE 2 CARRILES		
CARRETERA SECUNDARIA DE 2 CARRILES		
CARRETERA DE BAJO VOLUMEN		

figura 2.16 ESPACIOS LIBRES LATERALES EN PASOS SUPERIORES.

### CAPITULO III

#### 3. METODOLOGIA PARA ENCONTRAR LA SOLUCION ADECUADA AL CONFLICTO DE TRANSITO DE LA INTERSECCION:

Para el diseño de los elementos geométricos de la intersección en estudio se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Volúmenes de tránsito en los caminos que se intersectan.
- Velocidad de diseño y de operación en los caminos que se intersectan.
- Características geométricas del vehículo de diseño
- Derecho de vía.

##### 3.1 IDENTIFICACION DEL LUGAR Y FLUJO VEHICULAR

###### 3.1.1 SITUACION EXISTENTE:

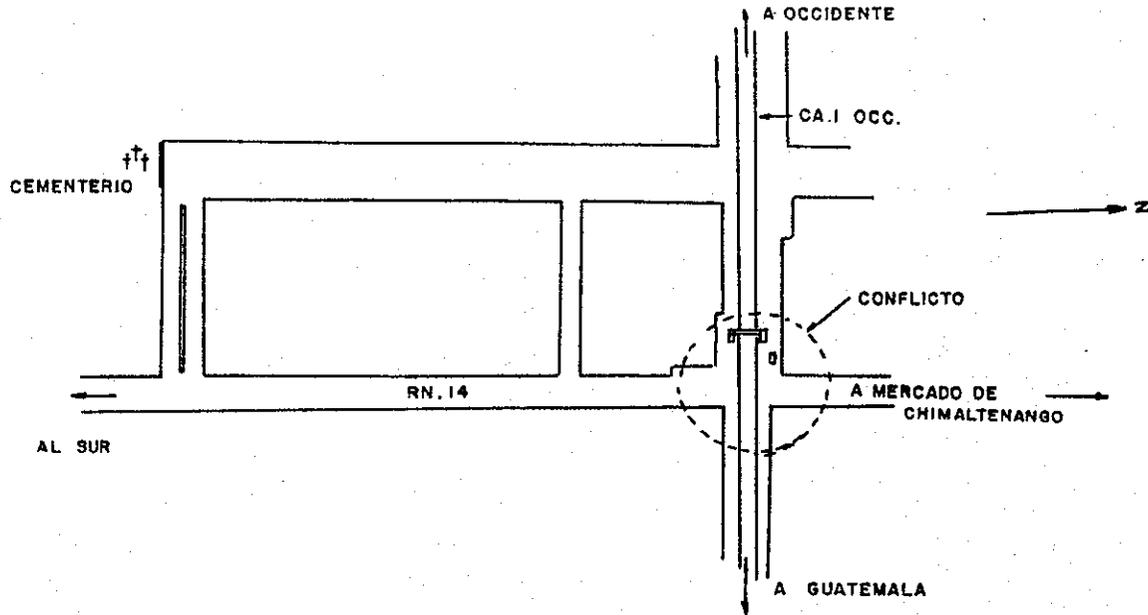
La carretera CA.1-OCC comunica la ciudad de Guatemala con el occidente del país, la intersección de dicha carretera con la ruta nacional 14 ocurre en la ciudad de Chimaltenango, la cual es una vía de comunicación cómoda para los usuarios que se conducen del sur hacia el occidente del país, o viceversa.

En la figura 3.1 se muestra la problemática de la intersección.

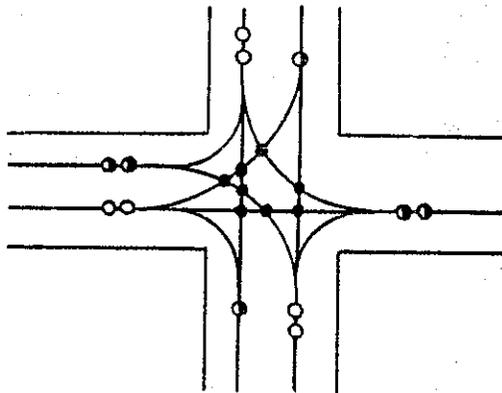
###### 3.1.2 ANALISIS VEHICULAR

Para obtener los datos del flujo vehicular se realizó una inspección de campo, así como la consulta al departamento de Estadística de la Dirección General de Caminos, sobre el estudio de tránsito del lugar, las tablas 3.1 y 3.2 muestran los estudios realizados en las carreteras CA.1 OCC y RN.14

La información contenida en dichas tablas muestran el TPDA ( Tránsito promedio diario anual ) con su proyección futurista, información que es utilizada para poder determinar las características geométricas de la carretera, es decir la sección típica, la cual muestra en los planos presentados en el capítulo 4.



SITUACION ACTUAL



PUNTOS DE CONFLICTO EN LA INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14

- 6 DE DIVERGENCIA ○
- 6 DE CONVERGENCIA ⊙
- 8 CRUCES ●

figura 3.1 situación actual y conflictiva de la intersección CA.1 OCC - RN.14

HISTORIA DE TRANSITO										
ESTACION: 0102      RUTA:CA.1 occidente										
TIPO: B                      KM.: 62.52										
(Chimaltenango-Zaragoza)										
año	TPDA	TIPO DE VEHICULO							VEHICULOS PESADOS	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	tot.	%
1967	1107	357	137	317	2	18	223	53	542	49.0
1968	1040	309	132	338	4	18	227	12	569	54.7
1969	1207	526	168	263	7	8	199	36	469	38.9
1970	865	243	121	311	12	8	152	18	475	54.9
1971	2002	519	348	674	6	32	387	36	1067	53.3
1972	1381	458	231	331	15	35	257	54	603	43.7
1973	2475	683	339	936	12	54	401	50	1349	54.5
1974	2033	604	350	606	22	73	321	57	949	46.7
1975	1909	590	391	456	27	84	302	59	785	41.1
1976	2445	682	494	685	44	90	372	78	1101	45.0
1977	2472	592	587	769	29	90	322	83	1120	45.3
1978	2642	679	788	600	21	118	346	90	967	36.6
1979	2578	583	757	611	23	111	382	111	1016	39.4
1980	2633	640	766	540	13	113	487	74	1040	39.5
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1983	2176	435	593	527	22	72	429	98	978	44.9
1984	2293	594	601	472	9	117	415	85	896	39.1
1985	2294	518	613	482	14	126	438	103	934	40.7
1986	2781	732	709	495	28	200	489	128	1012	36.4
1987	2800	588	877	566	64	78	504	123	1132	40.5
1988	3278	783	1049	593	66	184	521	82	1180	36.0
1989	3761	884	1241	688	68	214	538	128	1294	34.4
1990	3805	807	1347	700	118	114	620	99	1438	37.8
1991	4283	1088	1446	698	69	176	707	99	1478	34.4
1992	4755	1284	1636	713	62	247	708	105	1483	31.2
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

NOMENCLATURA

- |     |                                |     |                        |
|-----|--------------------------------|-----|------------------------|
| I   | Automóviles, Paneles y Jeeps   | V   | Microbuses             |
| II  | Pick-ups                       | VI  | Buses                  |
| III | Camiones de 2 ejes (C-2)       | VII | Motos, Tractores, etc. |
| IV  | Camiones de 3 y más ejes (C-3) |     |                        |

tabla 3.1      HISTORIA DEL TRANSITO CA.1 OCC

HISTORIA DE TRANSITO										
ESTACION: 01406 RUTA: NACIONAL 14										
TIPO: SUMARIA KM.: 62.44										
(Antigua-Parramos)										
año	TPDA	TIPO DE VEHICULO							VEHICULOS PESADOS	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	tot.	%
1967	292	113	54	48	0	17	43	17	91	31.2
1968	160	060	26	27	0	17	23	10	50	31.3
1969	210	085	46	21	1	11	31	15	53	25.2
1970	396	142	73	80	0	18	60	23	140	35.4
1971	361	150	68	68	0	31	34	10	102	28.3
1972	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1973	651	182	192	77	0	29	130	41	207	31.8
1974	419	132	74	73	0	16	45	79	118	28.2
1975	307	108	69	39	1	29	34	27	74	24.1
1976	576	171	162	87	2	46	66	42	155	26.9
1977	123	35	40	16	0	3	16	13	32	26.0
1978	1617	513	571	168	2	86	152	125	322	19.9
1979	1539	448	442	186	5	95	132	231	323	21.0
1980	1539	496	673	92	0	60	106	112	198	12.9
1981	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1982	457	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1983	611	153	244	64	0	21	78	51	142	23.2
1984	600	178	234	54	2	23	80	89	136	20.6
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
1992	985	256	408	86	2	59	102	72	190	19.3
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0

NOMENCLATURA

- |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| I Automóviles, Paneles y Jeeps    | V Microbuses               |
| II Pick-ups                       | VI Buses                   |
| III Camiones de 2 ejes (C-2)      | VII Motos, Tractores, etc. |
| IV Camiones de 3 y más ejes (C-3) |                            |

tabla 3.2 HISTORIA DE TRANSITO RN.14

## DEFINICIONES DE LOS ESTUDIOS DE TRANSITO:

### ESTACIONES NO PERMANENTES:

Su conteo se realiza durante 12 horas continuas, comprendidas de 6:00 a 18:00 horas, una vez al año.

Las estaciones no permanentes se clasifican de la siguiente manera:

ESTACION NO PERMANENTE A: Se realiza el conteo durante 4 días, 2 laborables y 2 no laborables.

ESTACION NO PERMANENTE B: Se realiza el conteo durante 2 días laborables.

ESTACION SUMARIA: Se realiza el conteo en 1 día laborable.

### CONTEOS DIRECCIONALES:

Estos conteos servirán para poder darle importancia a determinado flujo de vehículos, así como determinar las características geométricas del diseño.

La inspección visual se llevó a cabo para recolectar información del tránsito, con el objeto de obtener el porcentaje de tránsito direccional; se realizó en un término de 4 días, con fecha Noviembre de 1995, de la manera siguiente:

El primer día se determinaron las posibles hora pico que ocurren durante el día en la intersección, esta información se obtuvo por medio de la observación y comentarios de vecinos del lugar, quienes expresaron con aproximación el período de tiempo en el cual se produce el congestionamiento en la intersección.

En los siguientes tres días se determinó un promedio del flujo de vehículos durante las hora pico, quedando determinadas de 6:30 a 7:30 y 16:30 a 17:30.

La información obtenida fue clasificada de acuerdo a las características de los vehículos. Las tablas presentadas a continuación muestran dicha información, la cual se consideró como la más crítica. La nomenclatura de dichas tablas se presenta en la hoja 48.

tabla 3.3 OCCIDENTE-GUATEMALA hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
486 %	124 25.5%	167 34.4%	81 16.7%	4 0.8%	20 4.1%	79 16.3%	11 2.3%

tabla 3.4 OCCIDENTE-APOSENTOS hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
191 %	57 29.8%	80 41.9%	31 16.2%	0 0.0%	6 3.1%	13 6.8%	4 2.1%

tabla 3.5 OCCIDENTE-CHIMALTENANGO hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
10 %	0 0.0%	2 20.0%	1 10.0%	0 0.0%	0 0.0%	7 70.0%	0 0.0%

tabla 3.6 GUATEMALA-OCCIDENTE hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
151 %	23 15.2%	42 27.8%	33 21.9%	2 1.3%	45 29.8%	3 2.0%	3 2.0%

tabla 3.7 GUATEMALA-APOSENTOS hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
97 %	9 9.3%	22 22.7%	8 8.2%	4 4.1%	20 20.6%	22 22.7%	12 12.4%

tabla 3.8 GUATEMALA CHIMALTENANGO hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
96 %	22 22.9%	18 18.8%	6 6.3%	0 0.0%	30 31.3%	18 18.8%	2 2.1%

INFORMACION DE TRANSITO PROMEDIO EN EL PERIODO DE TIEMPO  
6:30-7:30 am DE INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14

tabla 3.9 APOSENTOS-GUATEMALA hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
80	18	20	12	4	6	20	0
%	22.5%	25.0%	15.0%	5.0%	7.5%	25.0%	0.0%

tabla 3.10 APOSENTOS-OCCIDENTE hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
76	10	16	26	0	14	8	2
%	13.2%	21.1%	34.2%	0.0%	18.4%	10.5%	2.6%

tabla 3.11 APOSENTOS-CHIMALTENANGO hora: 6:30-7:30							
total	I	II	III	IV	V	VI	VII
44	10	13	4	0	15	2	0
%	22.7%	29.5%	9.1%	0.0%	34.1%	4.5%	0.0%

INFORMACION DE TRANSITO PROMEDIO EN EL PERIODO DE TIEMPO 6:30-7:30 am DE INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14

NOMENCLATURA

- |                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| I Automóviles, Paneles y Jeeps    | V Microbuses               |
| II Pick-ups                       | VI Buses                   |
| III Camiones de 2 ejes (C-2)      | VII Motos, Tractores, etc. |
| IV Camiones de 3 y más ejes (C-3) |                            |

FLUJO DE TRANSITO	vehículos de 3 ejes o más
OCCIDENTE-GUATEMALA	22
OCCIDENTE-APOSENTOS	16
OCCIDENTE-CHIMALTENANGO	00
GUATEMALA-OCCIDENTE	17
GUATEMALA-APOSENTOS	21
GUATEMALA-CHIMALTENANGO	00
APOSENTOS-GUATEMALA	12
APOSENTOS-OCCIDENTE	13
APOSENTOS-CHIMALTENANGO	00

tabla 3.12 TRANSITO PROMEDIO DE VEHICULOS DE 3 EJES O MAS DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO DE 11:30 - 14:30 HORAS

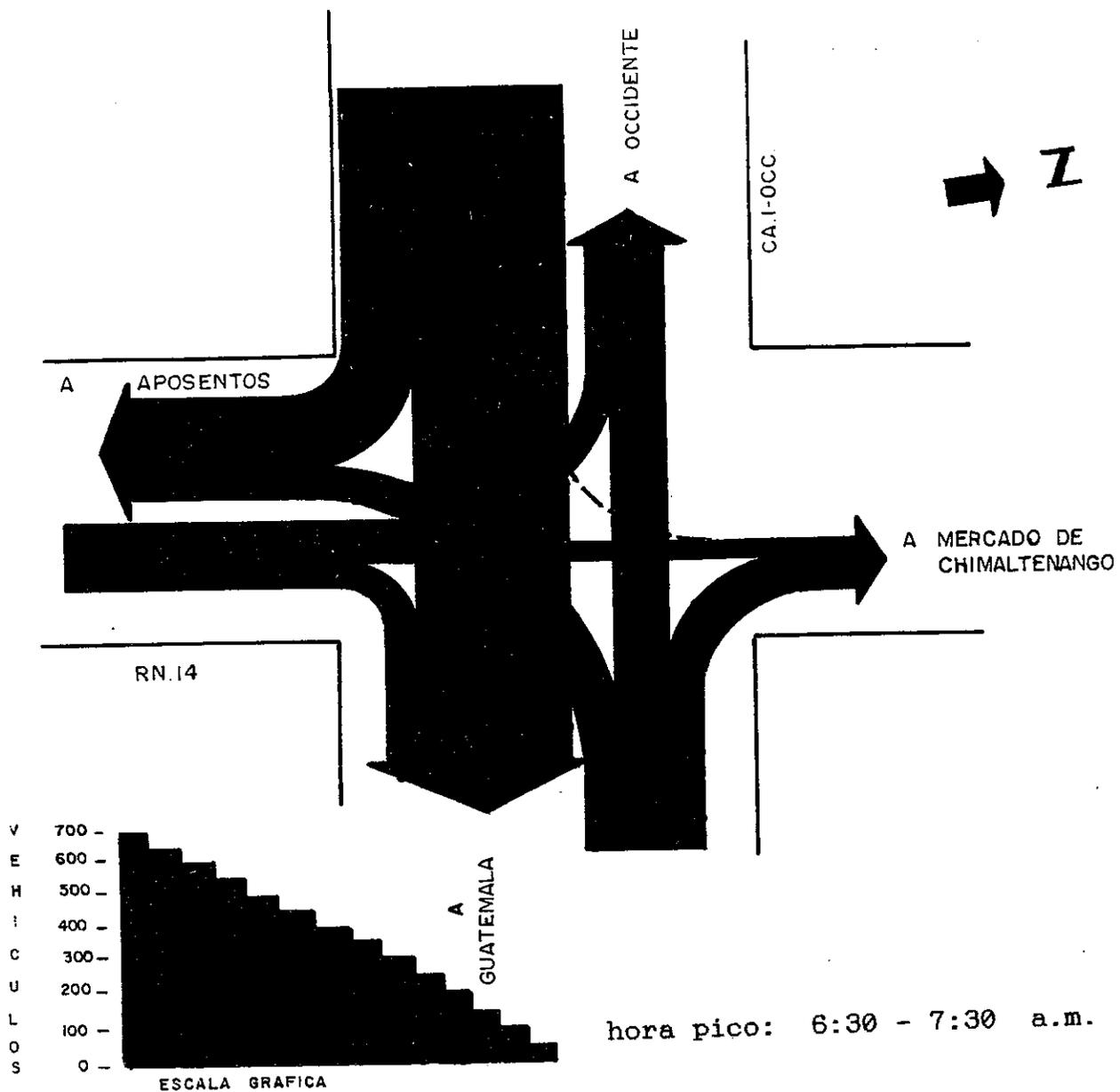


Figura 3.2 TRANSITO DIRECCIONAL

Tomando una idea del costo del derecho de vía de todo el cambio de alineación, agregando el costo de diseño y ejecución del proyecto, así como obras de infraestructura vial y el estudio de soluciones para las intersecciones antes descritas, se puede observar que la idea del cambio en el alineamiento de la carretera CA.1 OCC. conlleva muchos aspectos en los cuales el factor económico descarta esta posibilidad.

La idea de construir la carretera en los alrededores de la ciudad de Chimaltenango no queda descartada principalmente por el factor económico, cabe aquí mencionar que la carretera CA.1 OCC. fué construida en los alrededores de la ciudad, y con el paso del tiempo la ciudad se desplazo hacia dicha carretera, deduciendo con esto que el crecimiento poblacional, crearía en el futuro, un problema similar al actual.

#### B) SOLUCIONAR CON UN SEMAFORO LA PROBLEMÁTICA DE LA INTERSECCION.

Se ha descrito con anterioridad, la imperiosa necesidad de brindar el flujo ininterrumpido de vehículos en la carretera CA.1 OCC.

La idea de solucionar con un semáforo, obstruye uno de los objetivos del ingeniero de carreteras, el cual es mantener el flujo continuo de vehículos sobre una carretera principal y de ser posible, brindar a las carreteras auxiliares el mínimo de interrupción vehicular.

En la ciudad de Guatemala, la utilización de semáforos en las vías de importancia, como es el caso de la carretera CA.1, ocasiona interrupción y congestionamiento vehicular, perdiéndose aquí la alternativa de solución con un semáforo para la intersección CA.1 OCC - RN.14.

#### C) SOLUCION DE LA INTERSECCION CON UN PASO A DESNIVEL.

En el desarrollo del presente trabajo se ha descrito, la solución que presenta un paso a desnivel en una intersección, seleccionando esta alternativa como posible solución a la intersección CA.1 OCC.- RN.14.

## **DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DE FLUJOS**

En base a los porcentajes de usuarios de las diferentes direcciones en la intersección se da importancia a los diversos flujos, teniendo presente la necesidad de flujo libre que debe tener la carretera CA.1 OCC.

La importancia mencionada radica en el hecho de proporcionar a determinado flujo, una vía de acceso con el mínimo de interrupción de circulación posible.

## **ANALISIS Y SELECCION DE DIFERENTES DIAGRAMAS DE FLUJOS**

Fueron elaborados diferentes diagramas de flujos con el objeto de brindar a los diversos flujos un acceso cómodo a su destino, presentándose como posiblemente más adecuado, la intersección a desnivel que por su forma se denomina tipo trompeta.

Por presentarse problemas tales como el derecho de vía y la ubicación urbana, así como también el factor económico, el diseño se propone en sus condiciones geométricas mínimas, pero sin por ello dejar de brindar un nivel de servicio adecuado a la demanda existente y futura del tránsito.

## **3.4 SELECCION DEL VEHICULO DE DISEÑO Y VELOCIDAD DE PROYECTO**

### **VEHICULO DE DISEÑO:**

En el estudio de flujos direccionales muestran el paso de vehículos DE-1525 con un porcentaje diario considerable para determinar éste como vehículo de proyecto.

Se determinaron las dimensiones del vehículo de proyecto utilizando la tabla 2.1 y su ancho de rodadura en curva, mediante la información contenida en la sección 2.3.2.1, curvas en intersecciones, tabla 2.3.

Por el hecho de presentar este diseño en condiciones geométricas mínimas, en este caso el radio, la sección típica en los enlaces en curva mostrarán un sobreecho correspondiente al ancho necesario requerido por el vehículo de proyecto al radio mínimo de vuelta. El sobreecho en curvatura se presenta con información geométrica de datos de curva a la orilla de asfalto, la información se muestra en los planos de diseño en el cap. 4

### **VELOCIDAD DE PROYECTO:**

La velocidad máxima fué calculada en base a especificaciones para carreteras, tomando en cuenta que se trata de radios mínimos de curvatura y que el diseño de intersección se encuentra ubicado dentro del área urbana, la velocidad de cada tramo es presentado en los planos de diseño capítulo 4.

### **3.5 DERECHO DE VIA**

El derecho de vía se calculó con especificaciones del departamento de DERECHO DE VIA de la Dirección General de Caminos, este punto se tratará en el capítulo 5.

### **3.6 COMPLEMENTO DEL DISEÑO**

Para el complemento del diseño de la intersección se presenta planos de drenaje y señalización, así como también recomendaciones para iluminación.

CAPITULO IV

4. PRESENTACION DEL DISEÑO PROPUESTO DE SOLUCION A LA INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14

4.1 PLANTA GENERAL	1 / 6	pág. 55
4.2 SECCIONES TRANSVERSALES	2 / 6	pág. 56
4.3 EJES Nos. 1, 3 Y 4	3 / 6	pág. 57
4.4 EJES Nos. 2, 5 Y 6	4 / 6	pág. 58
4.5 DRENAJES	5 / 6	pág. 59
4.6 SENALIZACION	6 / 6	pág. 60

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: INTERSECCION CA-1 OCCIDENTE—RUTA NAC.14  
 PLANO No. 1/6

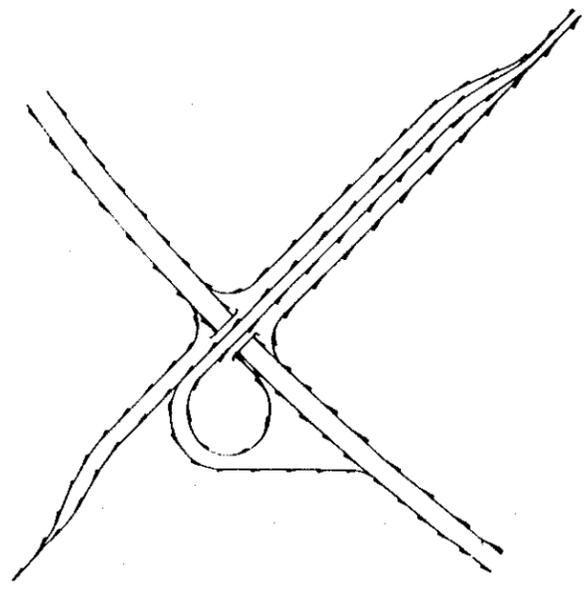
CORTIENE: PLANTA GENERAL  
 DISEÑO GEOMETRICO

DISEÑO: JUAN FRANCISCO GONZALEZ SUTUMA  
 CALCULO: ARG. DICK VALDEZ G.

ESCALA: 1:1000  
 DIBUJO: JUAN FRANCISCO GONZALEZ SUTUMA

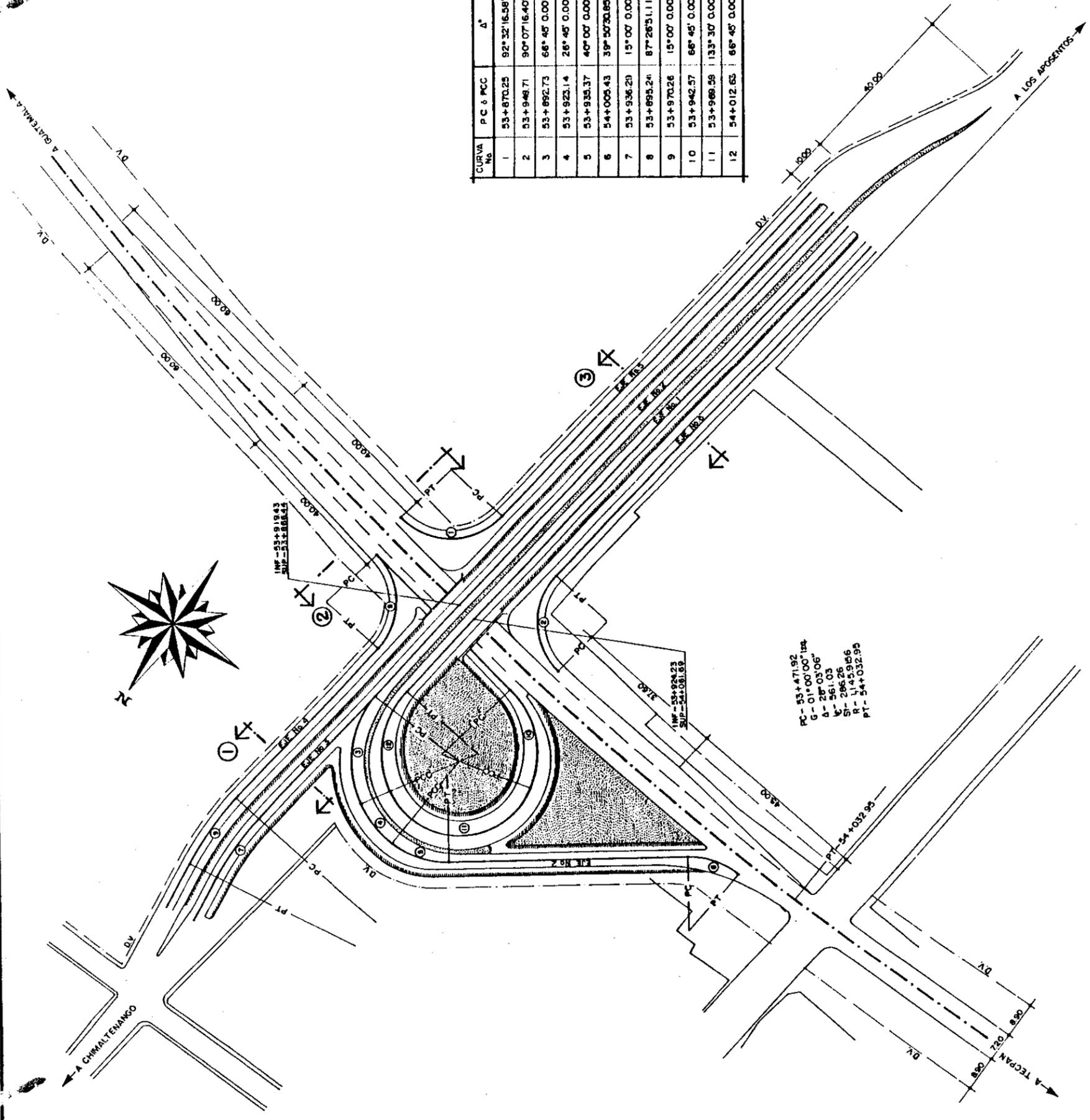
FECHA: ENERO 1988  
 INGENIERO EN CARRETERAS: JUAN FRANCISCO GONZALEZ SUTUMA

DIAGRAMA DE FLUJO



CURVA No.	P C & PCC	Δ°	G	R	SI	κ	Cmbrl.	PT & PCC	OBSERVACIONES
1	53+870.25	92° 32' 16.38"	73° 12' 22.00" Dc	15.65	16.56	25.28	22.62	53+895.53	EJE No. 5
2	53+948.71	90° 07' 16.40"	67° 14' 11.69" Dc	17.04	17.06	26.81	24.13	53+975.52	EJE No. 6
3	53+892.73	66° 45' 0.00"	43° 54' 17.93" Id	26.10	17.19	30.41	26.72	53+923.14	EJE No. 2
4	53+923.14	26° 45' 0.00"	43° 44' 14.05" Id	26.20	6.23	12.23	12.12	53+935.37	EJE No. 2
5	53+935.37	40° 00' 0.00"	54° 09' 37.85" Id	21.16	7.70	14.77	14.47	53+950.14	EJE No. 2
6	54+005.43	39° 50' 30.80"	56° 30' 27.79" Dc	20.16	7.31	14.02	13.74	54+019.45	EJE No. 2
7	53+936.23	15° 00' 0.00"	17° 03' 13.48" Id	67.19	8.85	17.59	17.54	53+953.88	EJE No. 3
8	53+895.24	87° 26' 31.11"	64° 20' 01.63" Dc	17.81	17.04	27.19	26.62	53+922.43	EJE No. 4
9	53+970.26	15° 00' 0.00"	152° 14' 10" Id	74.59	9.82	19.53	19.47	53+989.79	EJE No. 4
10	53+942.57	66° 45' 0.00"	49° 24' 51.17" Dc	23.19	15.28	27.02	25.52	53+969.59	EJE No. 1
11	53+969.59	133° 30' 0.00"	61° 56' 28.98" Dc	18.50	42.85	43.04	33.97	54+012.63	EJE No. 1
12	54+012.65	66° 45' 0.00"	49° 24' 51.17" Dc	23.19	15.28	27.02	25.52	54+039.65	EJE No. 1

NOTA:  
 - - - - - INDICA ARRABATE CENTRAL Y/O AREA VERDE  
 - - - - - INDICA AREA DE BIURO  
 - - - - - INDICA DERECHO DE VIA.



PC- 53+471.92  
 G- 01° 00' 00" Id  
 Δ- 28° 05' 06"  
 L- 561.03  
 SI- 286.26  
 R- 1145.95  
 PT- 54+032.95

INF- 53+919.43  
 SUP- 53+866.45

INF- 53+924.23  
 SUP- 54+061.69





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO:  
INTERSECCION CA-1 OCCIDENTE—RUTA NAC.14

CONTENIDO:  
EJES No. 2, 5 y 6

PLANO No.  
4 / 6

DESIGNADO: CALLEJO  
DISEÑADO POR: [Firma]  
REVISADO POR: [Firma]  
Escala: 1:1000  
FECHA: [Fecha]  
INGENIERO EN CARRETERAS  
ASESOR



CURVA	PC	PCC	A	B	ST	L	DM	PT	PCC
31	53+827.50	53+900.00	72.50	25.6	100	15.31	53+902.83		
44	53+902.83	54+000.00	97.17	23.43	100	17.06	54+023.40		
38	53+904.94	54+000.00	95.06	27.12	100	16.91	54+028.15		
43	53+928.15	54+000.00	71.85	25.20	100	13.63	54+033.00		
58	53+928.15	54+000.00	71.85	25.20	100	13.63	54+033.00		

**ORILLAS DE ASFALTO**

CURVA No. 3  
PC- 53+892.73  
G- 47°54'17.93 IQZ  
A- 66°45'00"  
E- 30.41  
S- 17.19  
R- 26.10

PCC- 53+923.14  
PCC- 53+923.14  
G- 43°44'14.05 IQZ  
A- 25°45'00"  
E- 12.23  
S- 6.23  
R- 26.20

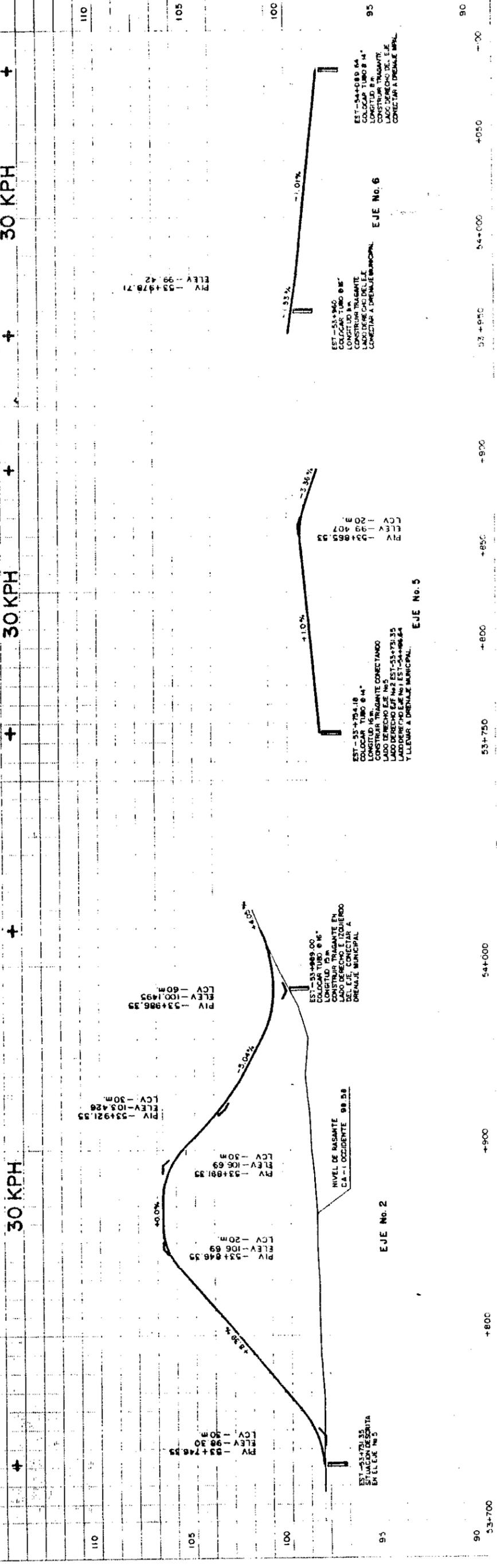
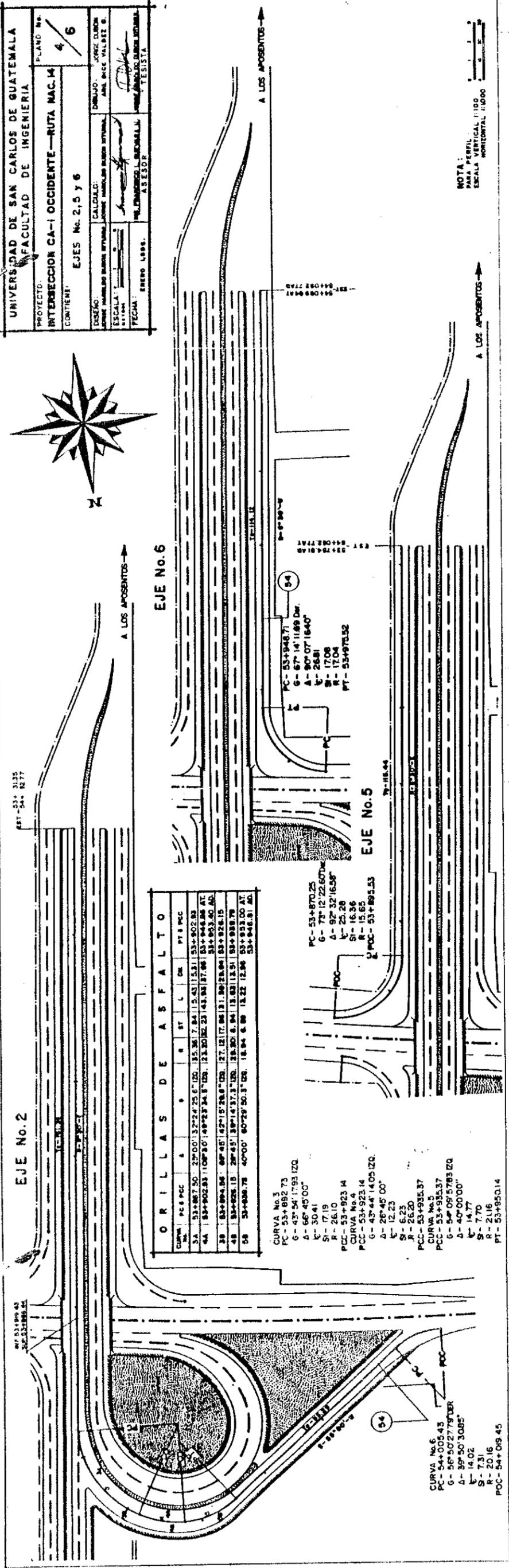
PCC- 53+935.37  
CURVA No. 5  
PC- 53+935.37  
G- 54°09'57.83 IQZ  
A- 40°00'00"  
E- 14.77  
S- 7.70  
R- 21.16  
PT- 53+950.14

CURVA No. 6  
PC- 54+005.43  
G- 56°50'27.97 DER  
A- 36°50'30.85"  
E- 14.02  
S- 7.316  
R- 20.16  
PT- 54+018.45

PC- 53+870.25  
G- 73°12'22.60"  
A- 27°32'16.58"  
E- 25.26  
S- 16.36  
R- 15.65  
PCC- 53+895.53

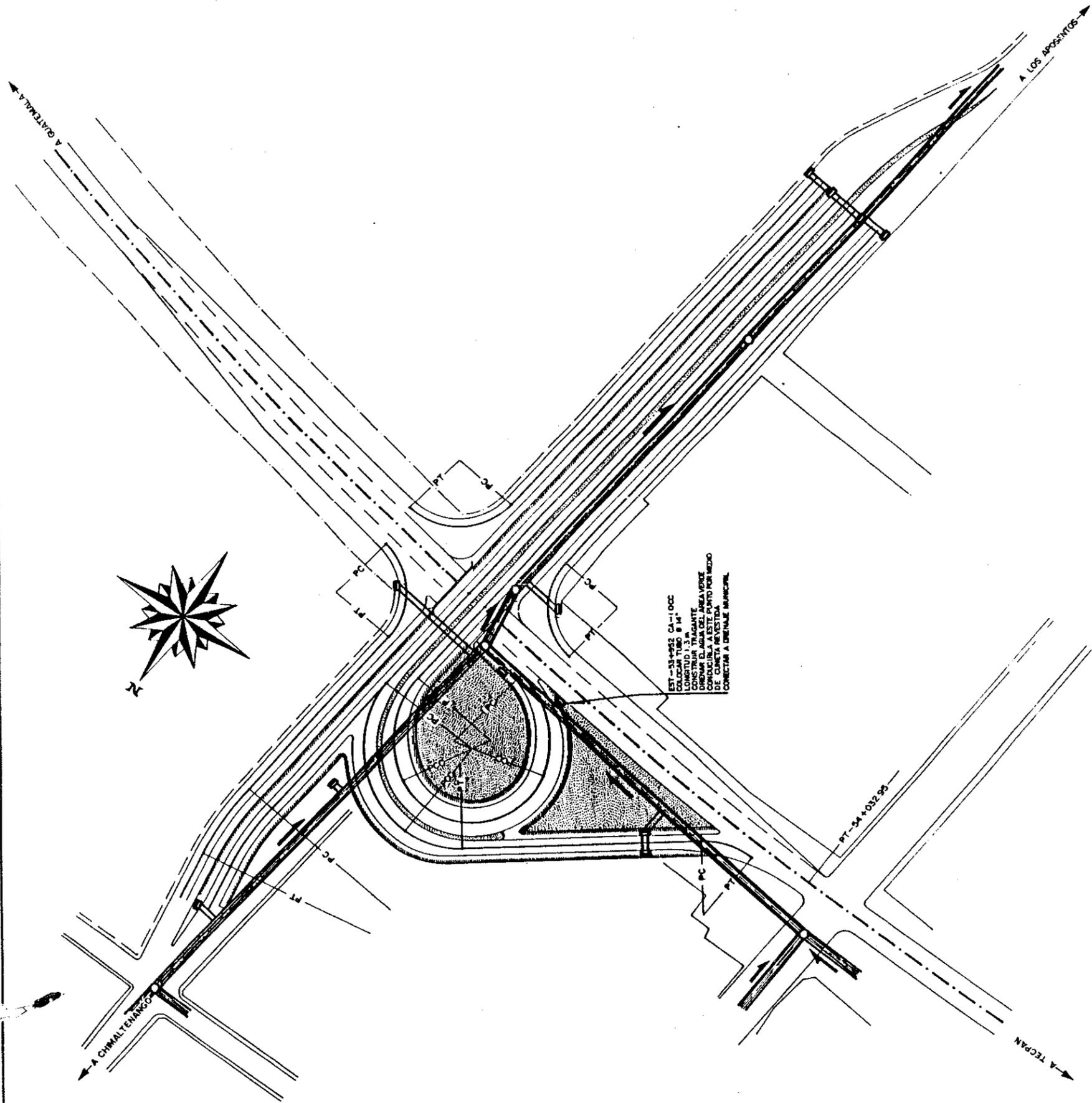
PC- 53+948.71  
G- 67°14'11.89 Der.  
A- 50°07'16.40"  
E- 26.81  
S- 17.08  
R- 17.04  
PT- 53+975.52

NOTA:  
PARA PERFIL  
Escala Vertical 1:100  
Escala Horizontal 1:1000



ESTACION	ELEVACION
53+700	99.42
53+800	99.42
53+900	99.42
54+000	99.42
54+100	99.42
54+200	99.42
54+300	99.42
54+400	99.42
54+500	99.42
54+600	99.42
54+700	99.42
54+800	99.42
54+900	99.42
55+000	99.42

ESTACION	ELEVACION
53+700	99.42
53+800	99.42
53+900	99.42
54+000	99.42
54+100	99.42
54+200	99.42
54+300	99.42
54+400	99.42
54+500	99.42
54+600	99.42
54+700	99.42
54+800	99.42
54+900	99.42
55+000	99.42



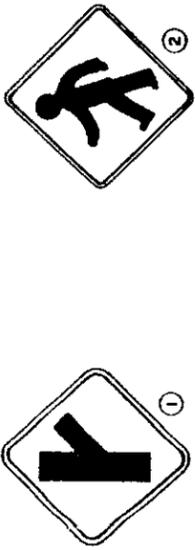
REFERENCIAS	
○	POZO DE VISITA EXISTENTE
▬	TUBERIA DE DRENAJE EXISTENTE
▬	TRAGANTE PROPUESTO
▬	TUBERIA DE DRENAJE PROPUESTO
▬	DIRECCION DEL FLUJO

NOTA:  
 PARA ESTACIONAMIENTOS Y NIVELES DE DRENAJE PROPUESTO, DIAMETROS Y LONGITUD DE TUBERIA VER PLANOS No 3 Y 4.

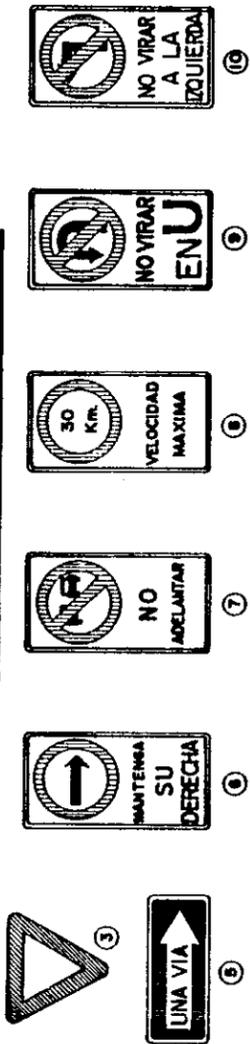
EST - 33+992 CA-1 OCC  
 COLOCAR TUBO 8" 14"  
 CONSTRUIR TRAGANTE  
 DRENAR EL AGUA DEL AREA VERDE  
 CONDUCLIA A ESTE PUNTO POR MEDIO  
 DE CUNETA REVESTIDA.  
 CONECTAR A DRENAJE IMPERME.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		PLANO No.	5 / 6
FACULTAD DE INGENIERIA			
PROYECTO: INTERSECCION CA-1 OCCIDENTE-RUTA NAC. 14			
CONTIENE:		DRENAJES	
DESENHO:	INGENIERO	CALCULO:	INGENIERO
ESCALA:	1:1000	FECHA:	ENERO 1988.
AUTOR: JORGE DURON		ASISTENTE: J. PESISTA	

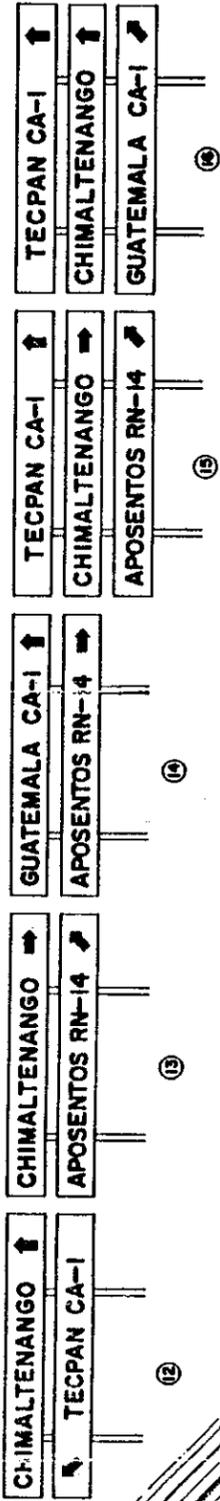
# SEÑALES DE TRANSITO



## AVISO DE PELIGRO



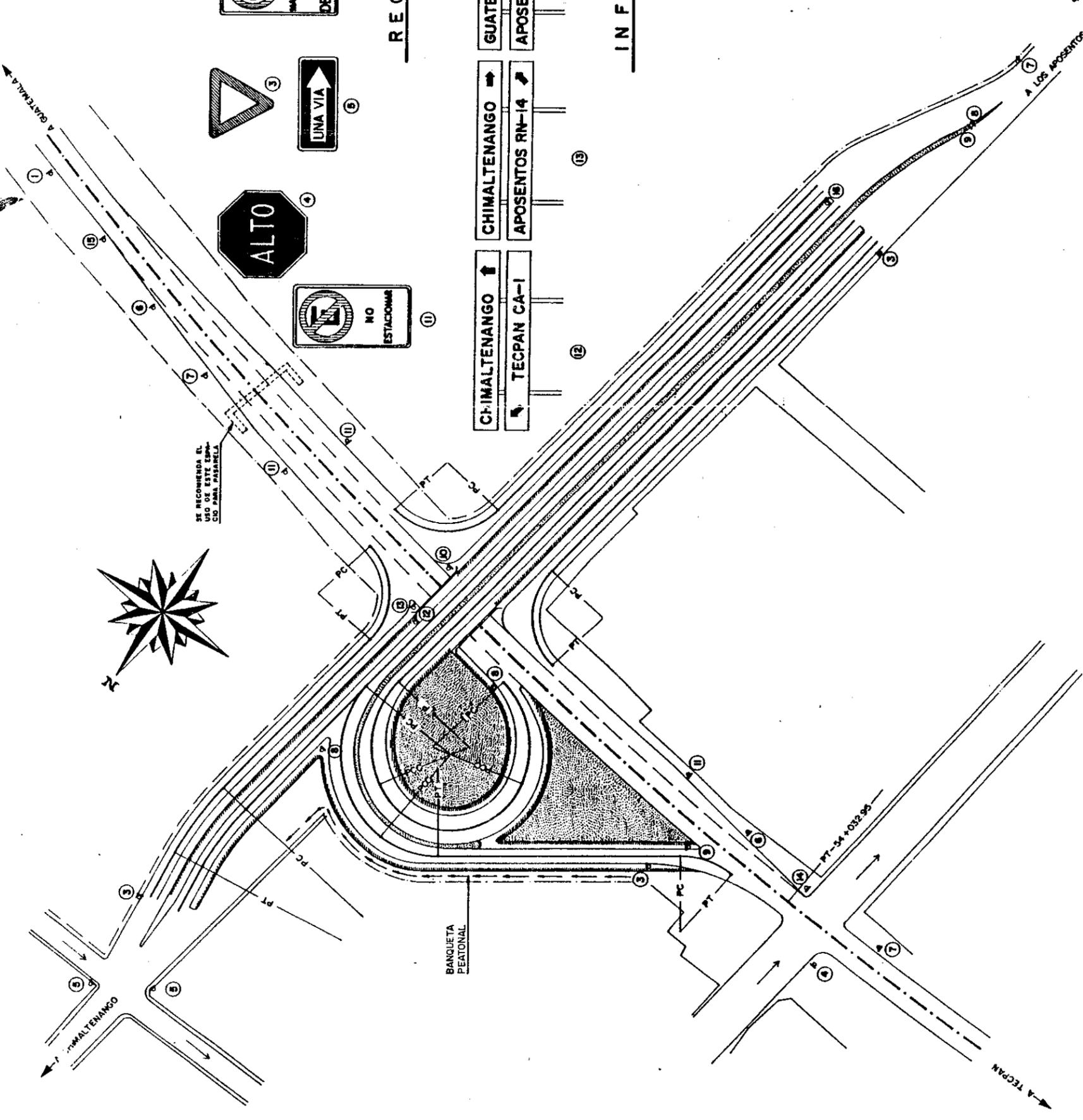
## REGLAMENTARIAS



## INFORMATIVAS

NOTA:  
 - SE RECOMIENDA REFORZAR CON SEÑALES ELEVARAS  
 LA SEÑALIZACION INFORMATIVA.  
 - SEÑALES SEGUN EL ACUERDO CENTRO AMERICANO  
 SOBRE CIRCULACION POR CARRETERAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		PLANO N°	
FACULTAD DE INGENIERIA		6 / 6	
PROYECTO: INTERSECCION CA-1 OCCIDENTE—RUTA MAC. 14			
CONTIENE: SEÑALIZACION			
DESEÑO:	CALCULO:	DIBUJO:	
JOSUE MARQUEZ RIVERA	JOSUE MARQUEZ RIVERA	ANDRÉS VALDEZ R.	
ESCALA:			
FECHA:	ENERO 1988.	ASISTENTE:	
		PROFESOR AJUSTADOR:	



#### 4.7 ILUMINACION

Para la elaboración del proyecto del alumbrado de la propuesta de solución, se recomienda conservar la misma geometría de la instalación de postes y luminarios que conforman el alumbrado de las carreteras a entroncar en las zonas rectas.

En la zona de curvas con pendientes, los postes de alumbrado preferentemente se colocarán del lado de mayor radio de curvatura o en el arriate central. Los niveles de iluminación promedio en el entronque será 1.5 veces mayor al de la carretera con nivel de iluminación más alto.

## CAPITULO V

### 5. PROBLEMAS PARA LA CONSTRUCCION DEL PASO A DESNIVEL

#### 5.1 EXPROPIACION DE TERRENOS

"La expropiación debe limitarse a la porción necesaria para construir la vía pública o satisfacer la necesidad colectiva, salvo el caso de que para su realización o financiamiento, sea necesaria la expropiación de todo el bien o de una porción mayor, o de otro bien adyacente, extremos que deberán ser establecidos en la declaración respectiva."

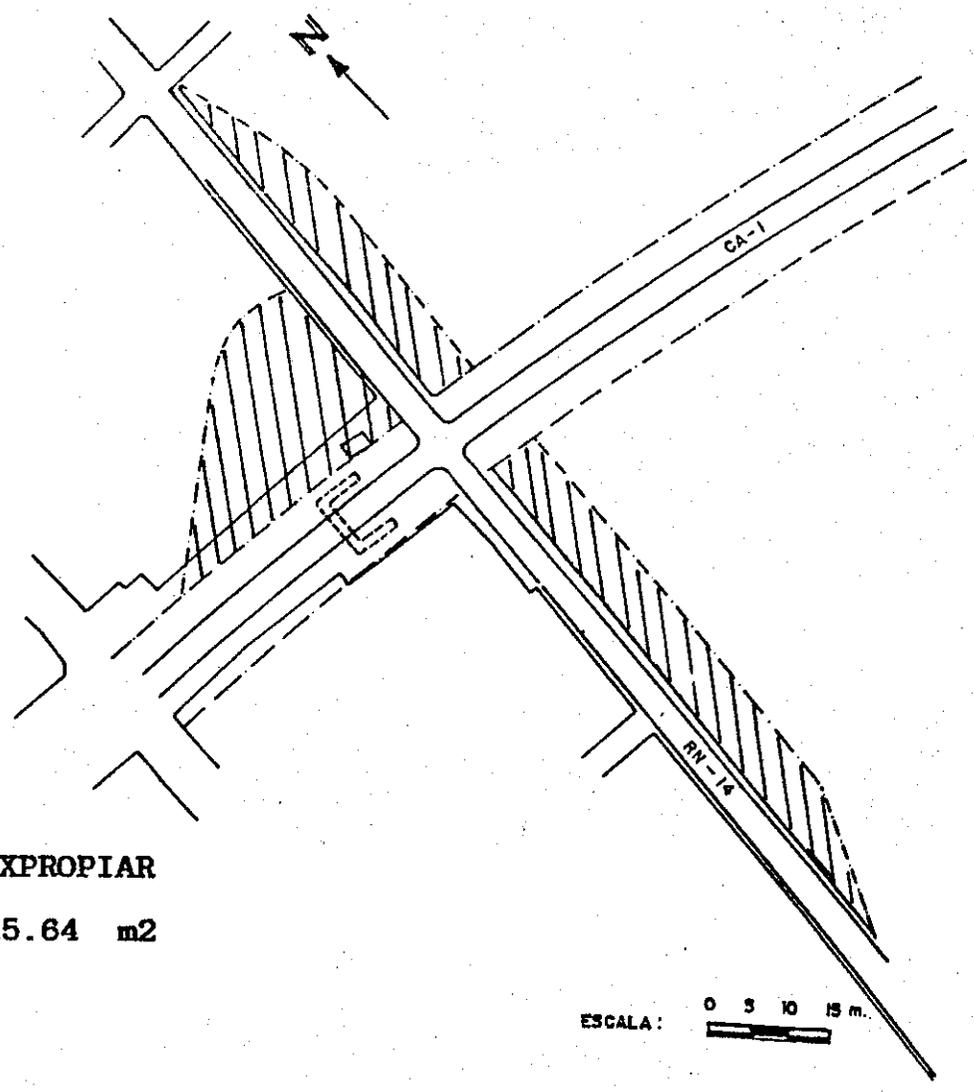
Ley de expropiación, Título 1, Artículo 6o.

La figura 5.1 muestra el área total a expropiar para poder llevar a cabo la construcción del paso a desnivel propuesto.

El costo de la expropiación de terrenos, es establecido por valuadores de la Dirección de Catastro y Avalúo de Bienes Inmuebles, (DICABI), el costo de terrenos se determina tomando un promedio de costo fiscal y costo de mercado.

#### 5.2 DESVIO TEMPORAL DE VEHICULOS

Como en toda ampliación o mejoramiento en carreteras necesita contar con vías alternas para poder dar continuidad a los flujos de tránsito, se presenta en la figura 5.2 las carreteras existentes, las cuales pueden ser utilizadas durante la construcción de la intersección a desnivel.



**AREA A EXPROPIAR**

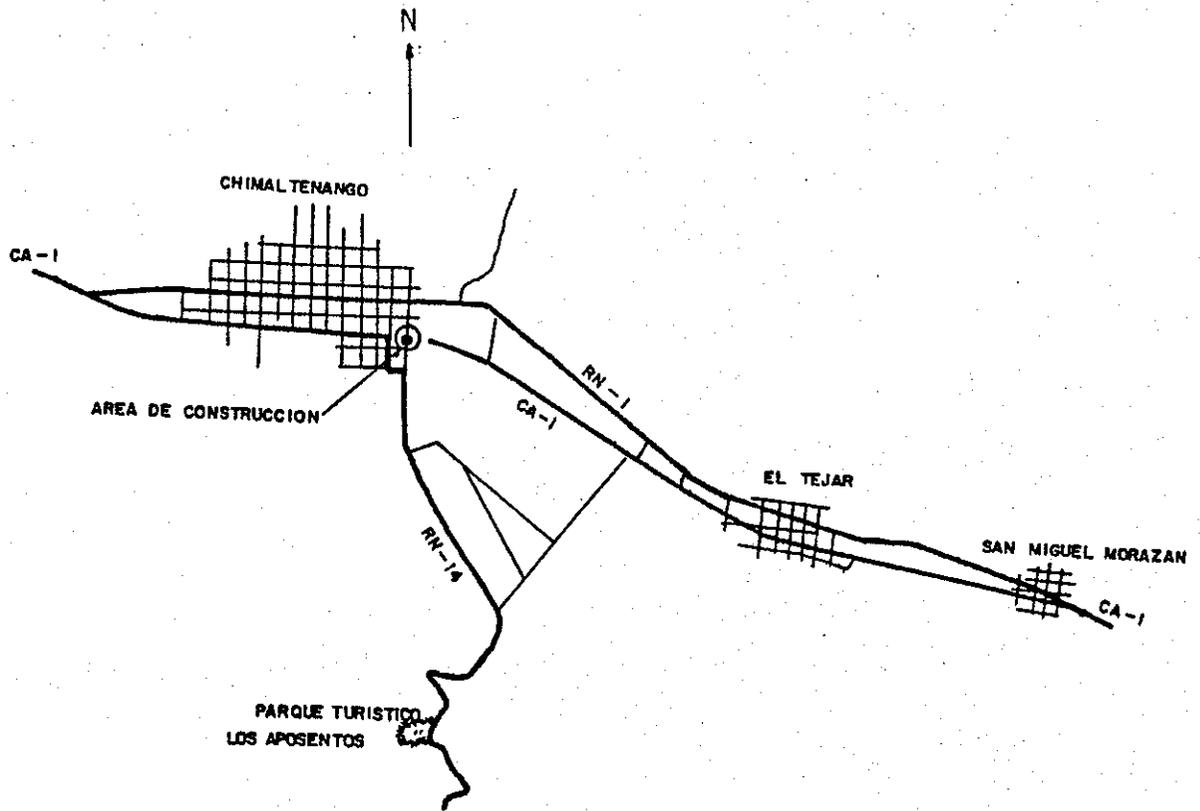
**545.64 m<sup>2</sup>**

ESCALA: 0 5 10 15 m.

**NOTA**

- La línea discontinua representa el derecho de vía.
- El área sombreada muestra el área a expropiar.

figura 5.1 derecho de vía y área a expropiar.



**NOTA:**

— representa las carreteras principales que pueden ser utilizadas para el tránsito de vehículos durante la construcción del paso a desnivel propuesto.

Se recomienda desviar el tránsito pesado por la RN.14

figura 5.2 CARRETERAS DE USO ALTERNO DURANTE LA CONSTRUCCION.

**CAPITULO VI**

**6. PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO:**

La construcción de intersecciones a desnivel presentan un costo elevado para su realización, el cual debe ser analizado con el beneficio que trae a la movilización vehicular, de la cual ya se ha determinado su importancia y beneficios. Esta comparación de beneficios y costos es una medida de la factibilidad o efectividad del costo, se usa para determinar niveles adecuados de inversión y para determinar qué proyectos individuales ameritan inversión.

Las medidas de la factibilidad económica presentan la relación de Beneficio/Costo, en donde el resultado será mayor o igual a la unidad para poder justificar la inversión, teniendo presente que los beneficios del proyecto continúan acumulándose durante toda la vida de servicio del proyecto.

**6.1 COSTOS**

Los costos descritos a continuación presentan una idea del costo total del proyecto, fueron determinados en base a diseños típicos.

**COSTO DE PROPUESTA  
PASO A DESNIVEL INTERSECCION CA.1 OCC - RN.14**

**NOTA:** Los renglones citados incluyen: las actividades de excavación y/o remoción, construcción, materiales y mano de obra.

**-PLANIFICACION**

-Cálculo y desarrollo de planos estructurales Q 200,000.00

**-INFRAESTRUCTURA**

-Puente ----- Q 600,000.00  
-Muros estructurales ----- Q 3,650,950.00

**-TERRACERIA**

-Retiro de casas o edificios -----	Q	45,000.00
-Retiro y reinstalación de estructuras -----	Q	10,000.00
-Retiro y reinstalación de agua potable, drenaje y otros servicios -----	Q	47,525.00
-Retiro de pavimento -----	Q	630.00
-Retiro y reinstalación de aceras de concreto	Q	37,500.00
-Excavación no clasificada para material de préstamo (relleno) -----	Q	189,930.00
-Excavación y construcción de alcantarillas -	Q	4,200.00
-Pavimento -----	Q	1,260,000.00

**-DRENAJE MENOR**

-Alcantarilla de concreto simple Ø 12" -----	Q	10,780.00
-Alcantarilla de concreto simple Ø 14" -----	Q	9,393.00
-Alcantarilla de concreto simple Ø 16" -----	Q	8,750.00

**-REGLONES VARIOS**

-Señales de tránsito -----	Q	9,300.00
----------------------------	---	----------

**sub-total Q 6,083,958.00**

-IMPREVISTOS 20% -----	Q	1,216,791.60
-EJECUCION (utilidad) 25% -----	Q	1,825,187.40
-DIRECCION TECNICA 2% -----	Q	182,518.74
-SUPERVISION 5% -----	Q	465,422.79

**total parcial Q 9,773,878.53**

**-COSTO DE EXPROPIACION DE TERRENOS ----- Q 613,845.00**

NOTA: El costo de expropiación de terrenos es determinado de la manera indicada en el capítulo 5. Por motivos de proporcionar una idea del costo, se tomó un promedio de costo de mercado por metro cuadrado para esa zona, luego se multiplicó por la cantidad de metros cuadrados a expropiar.

**COSTO TOTAL APROXIMADO DE LA PROPUESTA ----- Q 10,387,723.53**

## CONCLUSIONES

- 1.- La posibilidad de construir intersecciones a desnivel es a veces eliminada, debido a su alto costo inicial, pero es obvio que dichas intersecciones presentan una solución útil, ya que su empleo evita muchos problemas ocasionados por el congestionamiento de tránsito en una intersección.
- 2.- El factor más importante que puede justificar una intersección a desnivel es el volumen de tránsito, éstas son necesarias en aquellos lugares en donde una intersección a nivel no tiene la capacidad suficiente para alojar los movimientos que en ella ocurren.
- 3.- Las intersecciones con enlaces canalizados presentan un ahorro considerable del espacio a ocupar cuando las condiciones del lugar así lo requieran, por problemas de expropiación u otros.
- 4.- La señalización es un factor importante en una intersección, de la cual dependerá el uso y dirección correcta de los usuarios, determinando con esto, que el éxito del buen uso de una intersección a desnivel radica en una adecuada señalización.
- 5.- Según la ley de expropiación, la indemnización por motivo de expropiación debe fijarse en dinero, a no ser que expropiante y expropiado convengan en otro forma de pago, en todo caso se busca que el expropiado permanezca satisfecho.

## RECOMENDACIONES

- 1.- La solución en la intersección CA.1 OCC - RN.14, con un paso a desnivel, presentado en este trabajo de tesis, se recomienda ser tomado como una alternativa más para su análisis y comparación, y no un diseño rígido que elimine toda posibilidad de realizar acondicionamientos u otros estudios de solución que conduzcan a resultados de conveniencia.
- 2.- Puesto que el buen uso de una intersección a desnivel se logra utilizando una adecuada señalización, se recomienda mantenimiento de las señales de tránsito durante todo el tiempo que una intersección preste servicio.
- 3.- El problema de expropiación de inmuebles es un problema socio-económico que se recomienda solucionar con un acuerdo de conveniencia para el expropiado. Para lograr satisfacción en dicho acuerdo se recomienda la estrategia siguiente: Proporcionar a las personas afectadas, de ser posible, un área habitable en un punto de la ciudad de Chimaltenango, dicho lugar deberá ser equivalente con la indemnización.
- 4.- Al momento de elaborar un análisis de costos, se recomienda actualizarlos debidamente y determinarlos en forma detallada.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF RURAL HIGHWAYS. American Association of State Highway Officials ( AASHO ) 1,965. 650 páginas.
- 2.- MANUAL DE PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS. Secretaría de Obras Públicas, México 1,974. 190 páginas.
- 3.- Carranza Muñoz, José Vicente. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE INTERSECCIONES A DESNIVEL. Tesis de Graduación de Ingeniero civil, facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,981. 125 páginas.
- 4.- Hernandez Montenegro, Mario. PROPUESTA METODOLOGICA PARA EL DISEÑO DE DISTRIBUIDORES DE TRANSITO. Tesis de Graduación de Ingeriero civil, facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala Noviembre de 1,988. 69 páginas
- 5.- Pérez Méndez, Augusto René. METODOLOGIA DE ACTIVIDADES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS. Tesis de Graduación de Ingeriero civil, facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala Octubre de 1,989. 122 páginas.
- 6.- MANUAL CENTROAMERICANO DE MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, ALCANTARILLAS Y PUENTES. Secretaria permanente del tratado general de Integración Económica Centroamericana, SIECA. Guatemala, Julio de 1,974. 561 páginas.
- 7.- RECOPIACION DE LEYES SOBRE CARRETERAS. Sección de Capacitación. Departamento de mantenimiento. Dirección General de Caminos. Guatemala, Mayo de 1,962

- 8.- HISTORIAL DE TRANSITO. Departamento de Registro y Estadística. Dirección General de Caminos.
- 9.- PROYECTO DE RED DE DRENAJE DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO, 1,960. Departamento de Aguas y Drenajes. Dirección General de Obras Públicas.
- 10.- INTENSIDADES DE LLUVIA PARA LA CIUDAD DE CHIMALTENANGO. Sección de Caudales. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. INSIVUMEH.
- 11.- ACUERDO CENTROAMERICANO SOBRE CIRCULACION POR CARRETERAS. Tegucigalpa, Honduras, 10 de Junio de 1,958
- 12.- Castillo Rottman, Ricardo Ernesto. GUIA PARA EL DISEÑO DE ALUMBRADO EN CARRETERAS. Tesis de Graduación de Ingeriero civil, facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Octubre de 1,993. 117 páginas.
- 13.- INFORMACION SOBRE VALUACION DE INMUEBLES. Dirección de Catastro y Avalúo de Bienes Inmuebles. DICABI. Ministerio de Finanzas Públicas. Guatemala 1996.