

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

1



## FACULTAD DE INGENIERIA

**“Urbanización de camino paralelo al Río Querétaro en el tramo de la Avenida Ricardo Avendaño al Pan de Dulce, la Cañada, El Marques, Qro”**

### **TESINA**

**Que para obtener el título de Ingeniería Civil**

#### **PRESENTAN**

**Abraham Martínez Hernández**

**Pedro Farid Ugalde Reséndiz**

#### **Asesor**

**Dr. Alfredo Pérez García**



# **INDICE**

<b><u>AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>INTRODUCCION</u></b> .....	<b>5</b>
<b><u>ANTECEDENTES</u></b> .....	<b>7</b>
<b><u>JUSTIFICACION</u></b> .....	<b>9</b>
<b><u>OBJETIVO</u></b> .....	<b>9</b>
<b><u>CAPITULO I FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE TRANSITO</u></b>	
<b>1.1 TEORIA DE FLUJO VEHICULAR</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.1 VOLUMENES DE TRANSITO</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1.2 ESTUDIO DE VOLUMENES DE TRANSITO</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2 PROYECTO DE SEÑALAMIENTO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2.1 SEÑALES PREVENTIVAS Y SUS CARACTERISTICAS</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2.2 SEÑALES RESTRICTIVAS Y SUS CARACTERISTICAS</b> .....	<b>23</b>
<b>1.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS Y SUS CARACTERISTICAS</b> .....	<b>28</b>
<b>1.2.4 MARCAS EN PAVIMENTO</b> .....	<b>38</b>
<b><u>CAPITULO II TOPOGRAFIA EN LAS VIAS TERRESTRES.</u></b>	
<b>2.1 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS CON ESTACION TOTAL</b> .....	<b>39</b>
<b>2.2 CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA ESTACION TOTAL</b> .....	<b>55</b>
<b>2.3 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b> .....	<b>61</b>
<b>2.3.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL</b> .....	<b>61</b>
<b>2.3.1.1 Tangentes</b> .....	<b>61</b>
<b>2.3.1.2 Curvas Circulares</b> .....	<b>62</b>
<b>2.3.1.3 Curvas Espirales</b> .....	<b>65</b>
<b>2.3.2 ALINEAMIENTO VERTICAL</b> .....	<b>67</b>



2.3.1.2 Tangentes.....	67	<b>3</b>
2.3.1.3 Curva Verticales .....	68	
2.3.3 SECCION TRANSVERSAL.....	71	
2.3.3.1 Corona.....	71	
2.3.3.2 Pendiente Transversal.....	73	
2.3.3.3Ampliaciones .....	73	
<b><u>CAPITULO III DISEÑO DE PAVIMENTOS.</u></b>		
<b>3.1 GENERALIDADES Y DEFINICIONES.....</b>	<b>76</b>	
3.1.1 PAVIMENTO.....	77	
<b>3.2 TIPOS DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>77</b>	
<b>3.3 FUNCIONES DE LAS CAPAS DE PAVIMENTOS.....</b>	<b>77</b>	
3.3.1 PAVIMENTO FLEXIBLE.....	77	
3.3.1.1 Súbase Granular.....	77	
3.3.1.2 Base Granular.....	78	
3.3.2PAVIMENTO RIGIDO.....	79	
3.3.2.1Subase.....	79	
3.3.2.2 Losa de Concreto.....	80	
<b>3.4 METODOS DE DISEÑO.....</b>	<b>80</b>	
3.4,1 Metodo del Instituto de Ingenieria de la UNAM.....	80	
3.4.2. Metodo de diseño AASHO.....	88	
<b><u>CAPITULO IV ELABORACION DE PROYECTO.....</u></b>	<b>103.</b>	
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>116</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>117</b>	
<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>	
<b>INDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....</b>	<b>119</b>	



## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS.**

### **Abraham Martínez Hernández**

Quiero agradecer especialmente a dios, por darme la oportunidad de poder terminar mis estudios.

A nuestro asesor de tesina que con su disposición y ayuda pudimos concluir este trabajo.

A mis padres por el apoyo moral para poder continuar con mis estudios .

### **Pedro Farid Ugalde Reséndiz**

Agradezco a Dios por darme la fuerza espiritual así como la sabiduría necesaria para estudiar en momentos apremiantes durante la carrera. A mis padres por otorgarme la confianza sin merecerla para realizar mis estudios fuera de mi lugar de origen. A mis hermanas por brindarme apoyo en todo momento que lo necesite en el transcurso de estos cuatro años



## **INTRODUCCION**

Se denomina espacio público aquel que en los centros de población está delimitado por construcciones públicas y privadas o por elementos naturales que permiten la circulación peatonal o vehicular, así como la recreación y reunión de los habitantes. Este espacio común es usado libremente por una multiplicidad de actores, cuya seguridad y calidad de vida está condicionada en gran medida por la calidad que esos espacios contienen como soporte de la vida urbana. Nuestro principal espacio público es la calle trazada, pieza urbana fundamental, que involucra dos conceptos simultáneos. La calle es un lugar y una ruta al mismo tiempo. Es lugar de encuentro, de información y accesibilidad, y es vía, itinerario y movilidad. Simultaneidad de usos y funciones que se interfieren y complejizan. Atendiendo a las características mencionadas y como espacio público por excelencia que representa, debe contribuir a la calidad ambiental, prestando niveles de seguridad, confort y accesibilidad, factores que le deben conferir carácter igualitario, ya que se debe facilitar el uso cotidiano de los residentes y visitantes desde sus capacidades y posibilidades de elección.

Una estrategia para la moderación del tránsito es apuntar al diseño y gestión del espacio público-calle, mejorando la vialidad (urbana) desde su definición como conjunto de servicios relacionados con las vías públicas. Hablar de equipamiento en la vía pública es hablar de una dotación de elementos que satisfagan las exigencias del usuario, prestándole diferentes usos y funciones, como son la seguridad, servicios, higiene, información, descanso, comunicación, etc. Se debe relacionar de manera armónica con el entorno inmediato, como elemento conformador del paisaje urbano, en el que cada uno tiene una importancia orgánica en el conjunto, junto a sus atributos particulares, ya que la visión como paisaje no es fraccionada. De la misma manera debe ser la relación con el usuario, ya que debe responder a las necesidades específicas de los habitantes de la zona y de las actividades que desarrollen en el sitio.

Se comenta en adelante el avance de este proyecto.

Para nuestro proyecto aplicaremos tres tipos de estudios vistos en el diplomado de vías terrestres como son:

- Fundamentos de Ingeniería y tránsito
- Topografía en las vías terrestres
- Diseño de pavimentos



### Fundamentos de ingeniería y tránsito.

6

Este apartado contiene los métodos y lineamientos técnicos mínimos del estudio de ingeniería de tránsito que deberán de hacerse como parte de los diseños de pavimentos, con el fin de determinar el tránsito promedio anual (TDPA) que refiere la ley para la construcción y rehabilitación de pavimentos del estado.

### Topografía en las vías terrestres.

Este apartado contiene los métodos y lineamientos técnicos mínimos para hacer el estudio de la topografía del terreno destinado para la construcción del pavimento en este caso, con el fin de tener en cuenta el eje de proyecto de mayor accesibilidad según se refiere las normas de proyecto geométrico de la SCT.

### Diseño de pavimentos.

Este apartado contiene los métodos y condiciones, así como los lineamientos técnicos para hacer el estudio del pavimento a construir, considerando así, el tipo de sección del pavimento a partir de los estudios preliminares realizados como el estudio de tránsito y las pruebas realizadas a al suelo como el valor relativo de soporte VRS.

La ley para la construcción y rehabilitación de pavimentos del estado establece los criterios para la formación de terracerías, la calidad de materiales y control de calidad de las capas de terracerías tanto en pavimentos nuevos como en rehabilitaciones.



## ANTECEDENTES

7

### *Municipio El Marqués*

El Municipio está localizado al Nor-Este del Estado. Limita al Oeste con el Municipio de Querétaro, al Norte con el estado de Guanajuato, al Este con el municipio de Colón y al Sur con los municipios de Huimilpan y Pedro Escobedo.

### *Localidad de “LA CAÑADA”*

Se localiza en el cetro poniente del municipio al noreste de la capital del estado con Longitud 100° 20' 69", Latitud 20° 36' 44".

La comunidad de “**La Cañada**”, hasta hace unos años pudo contar con dos alternativas de acceso y salida de la comunidad, que permiten una mejor movilidad con las vialidades primarias metropolitanas, sin embargo al centro de la comunidad tradicionalmente solo cuenta con una vialidad en dos sentidos para la comunicación interna de la comunidad y del transporte público, ya que por sus características topográficas es difícil generar otras vialidades, quedando solamente la alternativa de urbanizar las márgenes del Río Querétaro, vialidades previstas en el marco de planeación del Plan Municipal de Desarrollo.

Debido a ésta necesidad y para poder dar una mayor movilidad interna de la comunidad, que permita facilitar los movimientos de acceso y salida a las vialidades que permiten la conectividad hacia la Zona Metropolitana, se propone urbanizar una etapa de la margen del Sur del Río Querétaro, en el tramo comprendido de la Calle Ricardo Avendaño- Presa a la Ave. Pan de Dulce, generando una alternativa vial interna que facilite la comunicación y evitar congestionamientos en la Calle Emiliano Zapata.

La obra que se pretende realizar se encuentra ubicada en el Estado de Querétaro, en el Municipio El Marques en la localidad de La Cañada, identificada como cabecera Municipal.



**Ilustración 1. Croquis de Ubicación.**



*Urbanización del camino paralelo al río Querétaro en el tramo de la avenida Ricardo Avendaño al Pan de dulce, la Cañada, El Marques, Qro.*



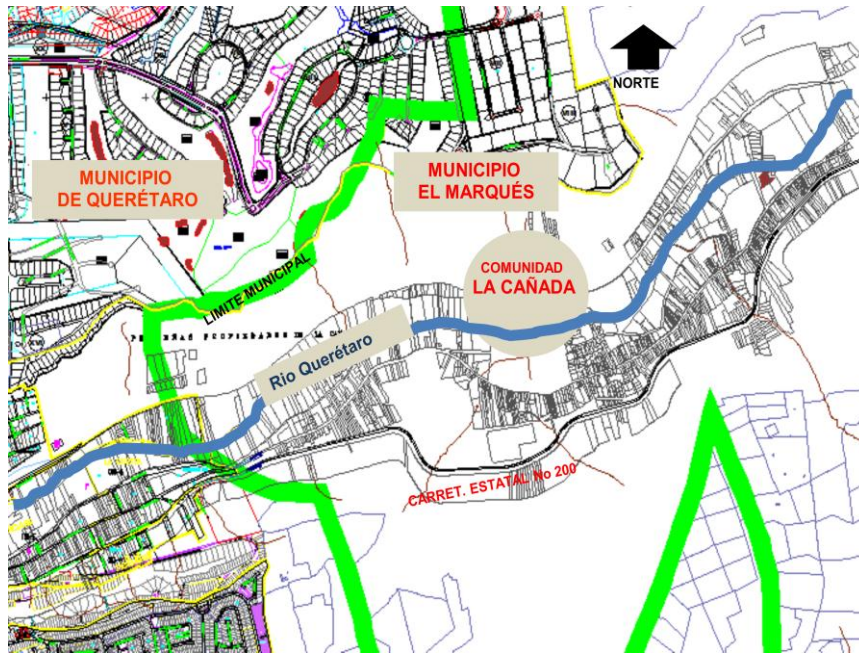


Ilustración 2 Croquis de Localización y área de influencia.

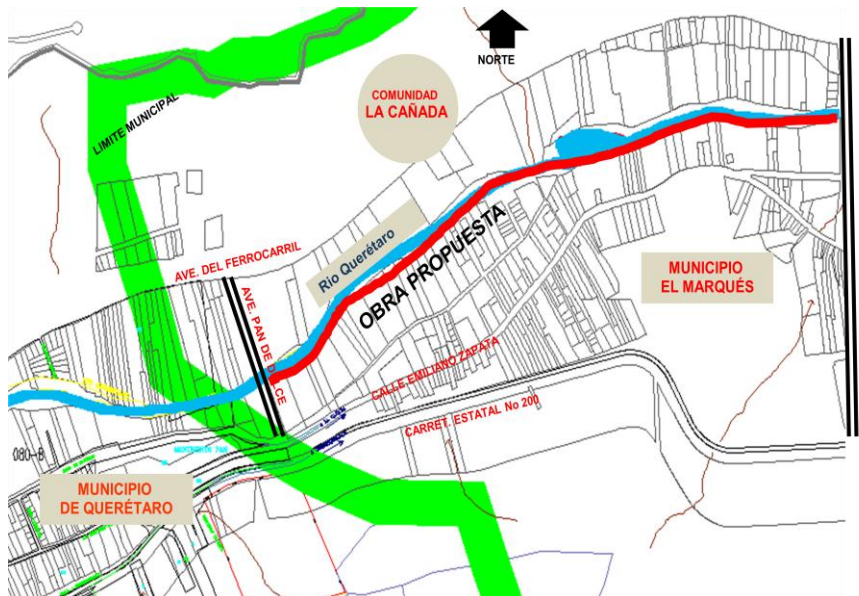


Ilustración 3 Diagrama con la Obra a pavimentar.





## **JUSTIFICACION.**

La justificación principal para la pavimentación del acceso es debido a la necesidad de generar alternativas de movilidad para acceder y salir del centro de la comunidad.

Saneamiento y liberación de las márgenes del río de invasiones de derechos federales.

Mejorar las condiciones de higiene y seguridad en las márgenes del Río.

- Densidad del centro de población 40 a 50 Ha/ha
- Se tiene acceso y movilidad conflictiva del transporte público en horas de máxima demanda.
- Generación de espacios de esparcimiento para mejor calidad de vida de la comunidad
- Implementación a futuro de áreas de ciclo vías en las márgenes del Río Querétaro.
- Accesibilidad a áreas de municipales con Equipamiento existente, parque de la Presa del Diablo y áreas municipales adyacentes como áreas deportivas.
- Se facilitaría movilidad vehicular y el acceso a las viviendas de las márgenes del Río.
- Permitirá generar alternativas para una mayor densificación de las áreas no desarrolladas, evitando mayor expansión urbana hacia la zona poniente del Municipio.

## **OBJETIVO.**

Lograr una obra de infraestructura integral:

- 1.- Que beneficie una mejor comunicación y movilidad vehicular de la Comunidad, generando una nueva alternativa de comunicación en el corazón de la mancha urbana.
- 2.- La Urbanización de las márgenes del Río Querétaro, mejorará sus condiciones actuales propiciando la regeneración y rescate de un área urbana degradada, para el uso y el disfrute de actividades recreativas de la población.
- 3.- Generar una nueva alternativa del desarrollo urbano, al abrir nuevas opciones para el desarrollo, que propicie una mayor densificación de la zona, aprovechando la infraestructura existente.



# CAPITULO I FUNDAMENTOS DE INGENIERIA DE TRANSITO.

## 1.1 TEORIA DE FLUJO VEHICULAR.

### 1.1.1 VOLUMENES DE TRANSITO.

Al proyectar una calle o carretera, la selección del tipo de vía, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito demanda que circulara en un intervalo de tiempo Dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. Podríamos definir el volumen como el número de vehículos que pasa por un punto durante un tiempo específico.

- **Volúmenes de tránsito absolutos o totales**

(TA) Tránsito anual: vehículos que pasan durante un año

(TM) Tránsito mensual: vehículos que pasan durante un mes

(TS) Tránsito semanal: vehículos que pasan durante una semana

(TD) Tránsito diario: vehículos que pasan durante un día

(TH) Tránsito horario: vehículos que pasan durante una hora

- **Volúmenes de tránsito promedio diarios**

TDPA: Tránsito diario promedio anual =  $TA/365$

TDPM: Tránsito diario promedio mensual =  $TM/30$

TDPS: Tránsito diario promedio semanal =  $TS/7$

- **Volúmenes de tránsito horarios**

Tránsito horario máximo anual

Tránsito horario décimo, vigésimo, trigésimo y quincuagésimo

Tránsito horario de diseño o volumen horario de proyecto (VHP)

Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

### 1.1.2 ESTUDIO DE VOLUMENES DE TRANSITO.

Obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos sobre puntos específicos dentro de un sistema de carreteras o calles expresados en relación al tiempo. Se pueden realizar en redes viales, intersecciones, puentes, casetas de cobro, túneles, etc. El tipo de información y el tiempo de duración del estudio dependen de la finalidad del estudio



## Aplicaciones

### Planeación

- Estimación de los cambios anuales de los volúmenes de tránsito
- Clasificación sistemática de carreteras
- Modelos de asignación y distribución de tránsito
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades
- Análisis económicos
- Estimativos de la calidad del aire
- Estimativos del consumo de combustibles

### Diseño

- Ampliaciones
- Determinación de requerimientos de nuevas carreteras
- Evaluación de mejoras por seguridad
- Calculo de tasas de accidentes
- Justificación de la necesidad de dispositivos de control del tránsito
- Determinación de capacidad y niveles de servicio
- Zonificación de velocidades
- Estudios de antes y después
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía

### Comercial

- Estudios de impacto vial (hoteles, restaurantes, centros comerciales y Recreativos etc.)

## Variación de los volúmenes de tránsito

Diaria.

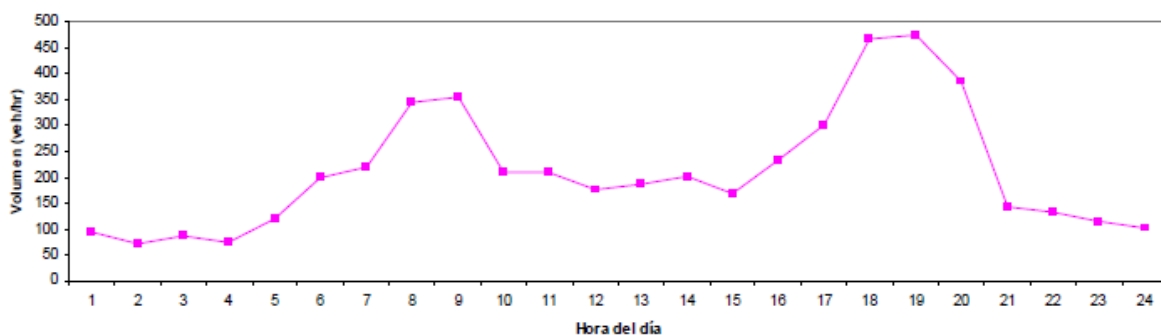


Ilustración 4. Variación diaria de volúmenes de Tránsito



Semanal.

### Variación semanal

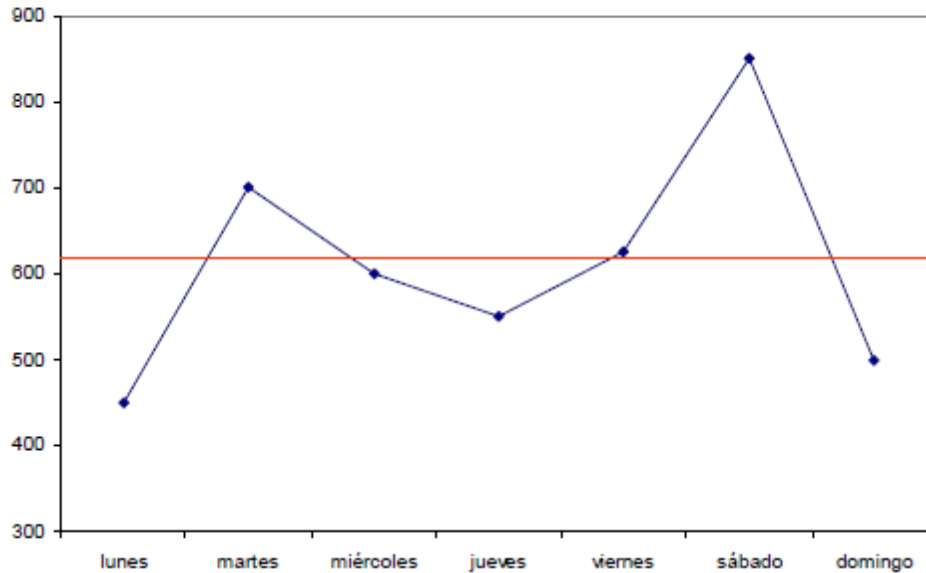


Ilustración 5. Variación Semanal del Volumen de Transito.

Día	Aforo promedio diario	Promedio porcentual del aforo diario	Factor de ampliación
Lunes	450	0.74	1.36
Martes	700	1.15	0.87
Miércoles	600	0.98	1.02
Jueves	550	0.90	1.11
Viernes	625	1.02	0.98
Sábado	850	1.39	0.72
Domingo	500	0.82	1.22
<b>Total 4275</b>		<b>Promedio 610</b>	

Tabla 1 Tabla de Aforo Semanal



## Variación mensual

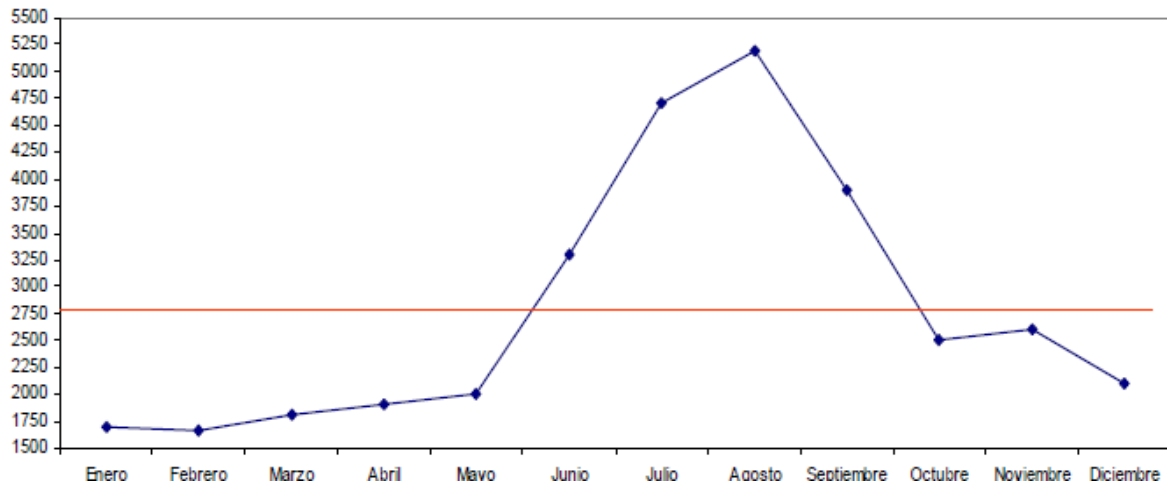


Ilustración 6 Variación Anual de Volumen de Transito.

Mes	Aforo automático (promedio diario)	Promedio porcentual del aforo diario	Factor de ampliación
Enero	1700	0.61	1.64
Febrero	1660	0.60	1.67
Marzo	1800	0.65	1.54
Abril	1900	0.68	1.46
Mayo	2000	0.72	1.39
Junio	3300	1.19	0.84
Julio	4700	1.69	0.59
Agosto	5200	1.87	0.53
Septiembre	3900	1.40	0.71
Octubre	2500	0.90	1.11
Noviembre	2600	0.94	1.07
Diciembre	2100	0.76	1.32
<b>Total 33360</b>		<b>Promedio 2780</b>	

Tabla 2 Tabla de Aforo Anual.



### Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)

$$\text{FHMD} = \text{VHMD}/N * (\text{qmáx})$$

#### **Donde:**

**N:** Número de períodos durante la hora de máxima demanda (HMD)

**qmáx.:** Flujo máximo (número de vehículos)

Los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia.

El factor de la hora de máxima demanda es:

$$\text{FHMD} = \text{VHMD}/4 * (\text{qmáx}) \text{ Para períodos de 15 minutos}$$

$$\text{FHMD} = \text{VHMD}/12 * (\text{qmáx}) \text{ Para períodos de 5 minutos}$$

El FHMD es un indicador de las características del flujo de tránsito en períodos máximos. Indica como están distribuidos los flujos máximos durante la Hora Pico. Su mayor valor es la unidad (FHMD=1), lo que significa que hay una distribución uniforme durante la hora. Valores bastantes menores a la unidad indican concentraciones de flujo máximos en períodos cortos dentro de la hora.

En dependencia de las fluctuaciones vehiculares dura la hora pico, se afectará el volumen de tránsito de diseño por este factor. Al hacerlo se están asumiendo las condiciones más exigentes de la demanda, a las cuales debe responder la propuesta de solución: reconstrucción, mejoramiento o ampliación de la vía.

En general se considera que cuando el  $\text{FHMD} < 0.85$ , las condiciones operativas de la carretera variarán sustancialmente.



## RELACION ENTRE EL VHMD Y EL TDPA.

### **K=VHMD /TDPA**

Para carreteras suburbanas  $k=0.08$

Carreteras rurales secundarias  $K = 0.12$

Para carreteras rurales principales  $K = 0.16$

Por cuestiones prácticas  $K = 0.11$

## **1.2 PROYECTO DE SEÑALAMIENTO.**

### *Clasificación*

Las señales verticales, según su función se clasifican como se indica en la tabla siguiente.

Según su estructura de soporte, las señales verticales se clasifican en:

- ❖ Señales bajas
  - En un poste
  - En dos postes
- ❖ Señales elevadas
  - Bandera
  - Bandera doble
    - Puente





Clasificación	Tipos de señales
<b>SP</b>	<b>Señales preventivas</b>
<b>SR</b>	<b>Señales restrictivas</b>
<b>SI</b>	<b>Señales informativas</b>
SII	Señales informativas de identificación <ul style="list-style-type: none"> <li>De nomenclatura</li> <li>De ruta</li> <li>De distancia en kilómetros</li> </ul>
SID	Señales informativas de destino <ul style="list-style-type: none"> <li>Previas</li> <li>Diagramáticas</li> <li>Decisivas</li> <li>Confirmativas</li> </ul>
SIR	Señales informativas de recomendación
SIG	Señales de información general
<b>STS</b>	<b>Señales turísticas y de servicios</b>
SIT	Señales turísticas
SIS	Señales de servicios
<b>OD</b>	<b>Señales diversas</b>
OD-5	Indicadores de obstáculos
OD-6	Indicadores de alineamiento
OD-8	Reglas y tubos guía para vados
OD-12	Indicadores de curvas peligrosas
OD-13	Señales de mensaje cambiabile

Tabla 3 Clasificación funcional del señalamiento vertical



## 1.2.1 SEÑALES PREVENTIVAS Y SUS CARACTERISTICAS.

17

Las señales preventivas (SP) son tableros con símbolos y leyendas que tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza. Son señales bajas que se fijan en postes y marcos. El catálogo completo de estas señales y las condiciones bajo las que se deben emplear, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (incisos SP-6 al SP-40); los símbolos y leyendas cuyas dimensiones en centímetros se muestran en las figuras de dicho Manual, variarán en proporción al tamaño de los tableros.

### Forma de los tableros

La forma de los tableros debe ser como se indica a continuación:

#### *Tableros de las señales.*

Los tableros de las señales preventivas deben ser cuadrados, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con una diagonal en posición vertical y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

Tableros adicionales. Las señales preventivas que requieran información complementaria, además del símbolo, deben tener abajo un tablero adicional de forma rectangular, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con su mayor dimensión en posición horizontal y con las esquinas redondeadas. Los radios de las esquinas y filetes deben ser iguales a los del tablero principal. El tablero adicional puede tener, entre otras, la leyenda "PRINCIPIA", o la distancia a la que se presenta la situación que se señala.

#### *Tamaño de los tableros*



El tamaño de los tableros de las señales preventivas se debe determinar cómo se indica a continuación:

Dimensiones de la señal <sup>[1]</sup> cm	Uso	
	Tipo de carretera	Tipo de vialidad urbana
61 × 61 <sup>[3]</sup>	No deben usarse	Únicamente cuando existan limitaciones de espacio en vías secundarias
71 × 71	Carretera con un carril por sentido de circulación con ancho de arroyo vial hasta de 6,5 m	Vías secundarias <sup>[2]</sup>
86 × 86	Carretera de dos o tres carriles para ambos sentidos de circulación con ancho de arroyo vial mayor de 6,5 m	Arterias principales <sup>[2]</sup>
117 × 117	Carretera de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación	Vías de circulación continua <sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> En casos especiales, las señales pueden ser de mayores dimensiones, previa aprobación de la autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana.

<sup>[2]</sup> En el ámbito urbano, se podrá utilizar el tamaño inmediato inferior, únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales.

<sup>[3]</sup> Esta señal no requiere ceja perimetral doblada.

**Tabla 4 Dimensiones del tablero de las señales preventivas**

*Tableros adicionales.* Los tableros adicionales que pueden complementar las señales preventivas deben tener las dimensiones indicadas en la tabla siguiente.



Unidades en cm

Dimensiones de la señal	Dimensiones del tablero adicional <sup>[1]</sup>	
	1 renglón	2 renglones
61 × 61 <sup>[2]</sup>	25 × 85	40 × 85
71 × 71	30 × 100	50 × 100
86 × 86	35 × 122	61 × 122
117 × 117	35 × 152	61 × 152

19

<sup>[1]</sup> En casos especiales donde la autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana apruebe mayores dimensiones de las señales, cuando se requieran tableros adicionales, éstos deben tener las dimensiones que establezca dicha Autoridad.

<sup>[2]</sup> Únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales en vías secundarias.

Tabla 5 dimensiones de Tableros

### Ubicación

Longitudinalmente, las señales preventivas se deben colocar antes de la zona de riesgo que se señala, a una distancia determinada en función de la velocidad, conforme con lo indicado en la tabla. Esta distancia puede variar a juicio del proyectista en situaciones especiales para lograr las mejores condiciones de visibilidad.

Velocidad <sup>[1]</sup> km/h	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia m	30	45	65	85	110	140	170	205	245	285

<sup>[1]</sup> En carreteras nuevas se utilizará la velocidad de proyecto; cuando estén en operación, se utilizará la velocidad de operación estimada como el 85 percentil de las velocidades medidas en el tramo. En vialidades urbanas se utilizará la velocidad establecida por las autoridades correspondientes.

Tabla 6. Ubicación longitudinal de las señales preventivas

Cuando sea necesario colocar una señal de otro tipo entre la preventiva y la zona de riesgo, aquélla se debe colocar a la distancia a la que iría originalmente la preventiva, y ésta al doble de esa distancia. Si son dos las señales que es



necesario colocar entre la preventiva y la zona de riesgo, la primera de aquéllas se debe colocar a la distancia a la que originalmente iría la preventiva, la segunda al doble de esta distancia y la preventiva al triple. En carreteras y vialidades urbanas con una velocidad hasta de sesenta (60) kilómetros por hora, se puede colocar un máximo de dos (2) señales entre la preventiva y la zona de riesgo, y únicamente una (1) cuando la velocidad sea mayor.

Lateralmente, las señales preventivas se deben colocar como señales bajas.

### *Color*

Todos los colores que se utilicen en las señales preventivas, a excepción del negro, deben estar dentro del área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas presentadas en la tabla de abajo. El color del fondo de las señales preventivas debe ser amarillo retrorreflejante. El color para los símbolos, caracteres y filetes debe ser negro, a excepción del símbolo de "ALTO" en la señal de "ALTO PRÓXIMO" (SP-31), que debe ser rojo y el símbolo de la señal "TERMINA PAVIMENTO" (SP-27), que debe ser negro con blanco.

El tablero adicional debe tener fondo color amarillo retrorreflejante, con letras y filetes de color negro.

El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte, debe ser gris mate que cumpla con el patrón aprobado por la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana o acabado galvanizado.

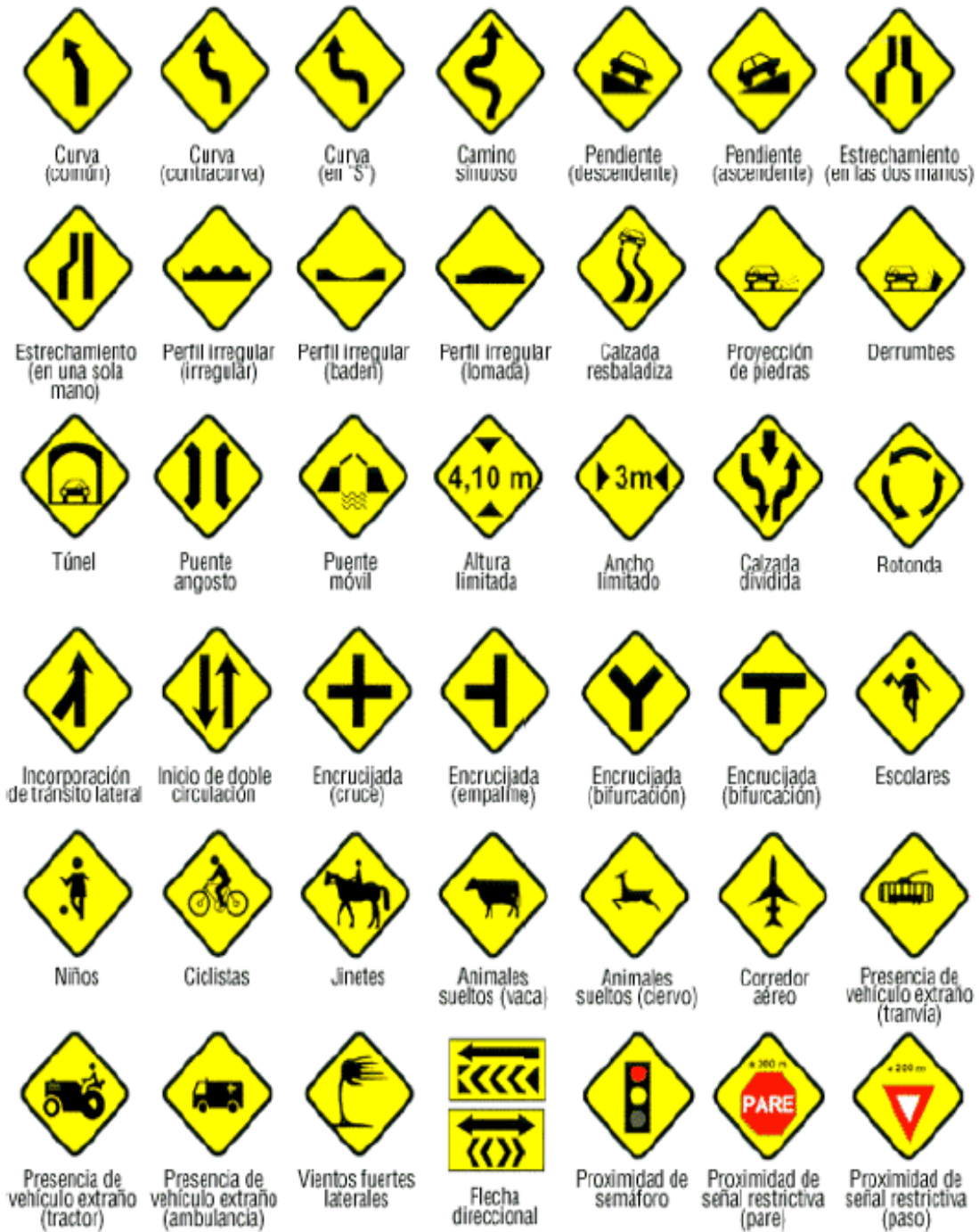
### Tabla 7



Color	Punto No.	Coordenadas	
		x	y
Blanco	1	0,303	0,287
	2	0,368	0,353
	3	0,340	0,380
	4	0,274	0,316
Amarillo	1	0,498	0,412
	2	0,557	0,442
	3	0,479	0,520
	4	0,438	0,472
Verde	1	0,030	0,380
	2	0,166	0,346
	3	0,286	0,428
	4	0,201	0,776
Azul	1	0,144	0,030
	2	0,244	0,202
	3	0,190	0,247
	4	0,066	0,208
Rojo	1	0,613	0,297
	2	0,708	0,292
	3	0,636	0,364
	4	0,558	0,352

Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en señales verticales





## Señales Preventivas.

Ilustración 7. Señales Preventivas





### 1.2.2 SEÑALES RESTRICTIVAS Y SUS CARACTERISTICAS.

Las señales restrictivas (SR) son tableros con símbolos y leyendas que tienen por objeto regular el tránsito indicando al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad. Generalmente son señales bajas que se fijan en postes y marcos, y en algunos casos pueden ser elevadas cuando se instalan en una estructura existente. El catálogo completo de estas señales y las condiciones bajo las que se deben emplear, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (incisos SR-6 al SR-33 y SIG-11); los símbolos y leyendas cuyas dimensiones en centímetros se muestran en las figuras de dicho Manual, variarán en proporción al tamaño de los tableros.

#### Forma de los tableros

La forma de los tableros, según su uso, debe ser como se indica a continuación:

#### Tableros de las señales.

Los tableros de las señales restrictivas deben ser cuadrados, con dos de sus lados en posición horizontal y las esquinas redondeadas, exceptuando los de las señales de “ALTO” (SR-6), “CEDA EL PASO” (SR-7) y “SENTIDO DE CIRCULACIÓN” (SIG-11). El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

El tablero de la señal de “ALTO” debe ser de forma octagonal, con dos de sus lados en posición horizontal, con las esquinas sin redondear y con un filete de un (1) centímetro de ancho a un (1) centímetro de la orilla del tablero.

El tablero de la señal de “CEDA EL PASO” debe ser de forma triangular con los tres lados iguales, con un vértice hacia abajo y las esquinas redondeadas. El radio



para redondear las esquinas debe ser de cinco (5) centímetros, con un contorno de seis (6) centímetros.

El tablero de la señal de “SENTIDO DE CIRCULACIÓN” debe ser rectangular, con su mayor dimensión horizontal y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de dos (2) centímetros y no lleva filete. En virtud de que esta señal establece el sentido en que deben circular los vehículos, tiene carácter de restrictiva, por lo que se incluye en esta parte de la Norma aunque tanto en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, como el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Áreas Urbanas y Suburbanas del Gobierno del Distrito Federal, se considere únicamente como señal informativa.

Todos los tableros de las señales restrictivas deben tener una ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con excepción del tablero de la señal de “SENTIDO DE CIRCULACIÓN” en zona urbana, que se indica en la tabla.

Dimensiones de la señal <sup>[1]</sup> cm	Uso	
	Tipo de carretera	Tipo de vialidad urbana
61 × 61	No deben usarse	Únicamente cuando existan limitaciones de espacio en vías secundarias
71 × 71	Carretera con un carril por sentido de circulación con ancho de arroyo vial hasta de 6,5 m	Vías secundarias <sup>[2]</sup>
86 × 86	Carretera de dos o tres carriles para ambos sentidos de circulación con ancho de arroyo vial mayor de 6,5 m	Arterias principales <sup>[2]</sup>
117 × 117	Carretera de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación	Vías de circulación continua <sup>[2]</sup>
Alto 30 por lado	En todos los casos	
Ceda el paso 85 por lado	En todos los casos	
Sentido de circulación 20 × 61 <sup>[3]</sup>	En zona urbana	
Sentido de circulación 30 × 91	En zona rural	

<sup>[1]</sup> En casos especiales, las señales pueden ser de mayores dimensiones, previa aprobación de la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana.

<sup>[2]</sup> En el ámbito urbano, se podrá utilizar el tamaño inmediato inferior cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales.

<sup>[3]</sup> Esta señal no requiere ceja perimetral doblada.

**Tabla 8 Dimensiones del tablero de las señales restrictivas.**



### Tableros adicionales.

Las señales restrictivas que requieran información complementaria, deben tener abajo un tablero adicional de forma rectangular, con ceja perimetral doblada de dos coma cinco (2,5) centímetros, con su mayor dimensión en posición horizontal y con las esquinas redondeadas. Los radios de las esquinas y los filetes deben ser iguales a los del tablero principal. El tablero adicional podrá tener, entre otras, las leyendas “ADUANA” o “SALIDA”.

### Tamaño de los tableros

El tamaño de los tableros de las señales restrictivas se debe determinar cómo se indica a continuación:

Tableros de las señales. Los tableros de las señales restrictivas, ya sean con ceja perimetral doblada o sin ella, deben tener las dimensiones indicadas en la tabla de arriba.

Tableros adicionales. Los tableros adicionales que pueden complementar las señales restrictivas, deben tener las dimensiones indicadas en la tabla siguiente.

Unidades en cm

Dimensiones de la señal	Dimensiones del tablero adicional <sup>[1]</sup>	
	1 renglón	2 renglones
61 × 61 <sup>[2]</sup>	25 × 85	40 × 85
71 × 71	30 × 71	50 × 71
86 × 86	35 × 86	61 × 86
117 × 117	35 × 117	61 × 117

<sup>[1]</sup> En casos especiales donde la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana apruebe mayores dimensiones de las señales, cuando se requieran tableros adicionales, éstos deben tener las dimensiones que establezca dicha Autoridad.

<sup>[2]</sup> Únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales en vías secundarias.

Tabla 9 Dimensiones del tablero adicional de las señales restrictivas



## Ubicación

Longitudinalmente, las señales restrictivas se deben colocar en el lugar mismo donde existe la prohibición o restricción, eliminando cualquier objeto que pudiera obstruir su visibilidad. Lateralmente, las señales restrictivas se deben colocar como señales bajas, a menos que, previa aprobación de la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana, se coloquen como elevadas en una estructura existente.

## Color

A excepción de las señales de "ALTO" (SR-6), "CEDA EL PASO" (SR-7) y "SENTIDO DE CIRCULACIÓN" (SIG-11), el color del fondo de las señales restrictivas debe ser blanco retrorreflejante, los anillos y las franjas diametrales de color rojo retrorreflejante, y los símbolos, caracteres y filetes de color negro. El fondo de la señal de "ALTO" debe ser de color rojo con letras y filete en color blanco, ambos retrorreflejantes. El fondo de la señal de "CEDA EL PASO" debe ser de color blanco retrorreflejante, el contorno de color rojo retrorreflejante y la leyenda en color negro. El fondo de la señal de "SENTIDO DE CIRCULACIÓN", debe ser de color negro y la flecha de color blanco retrorreflejante, con la forma y dimensiones que se establecen en el inciso SIG-11 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. El tablero adicional debe tener fondo color blanco retrorreflejante, con letras y filetes de color negro.



## Señales Restrictivas

	Alto		No parar
	Ceda el paso		Estacionamiento prohibido en corto periodo dentro de un horario
	Inspección		Prohibido estacionarse
	Velocidad		Prohibida la vuelta a la derecha
	Vuelta continua		Prohibida la vuelta a la izquierda
	Circulación		Prohibido el retorno
	A circulación		Prohibido seguir de frente
	Solo vuelta a la izquierda		Prohibido el paso a bicicletas, vehículos pesados y motocicletas

Ilustración 8 Señales Restrictivas

### 1.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS Y SUS CARACTERISTICAS

Las señales informativas (SI) son tableros fijados en postes con leyendas, escudos y flechas que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por carreteras y vialidades urbanas, e informarle sobre nombres y ubicación de las poblaciones, lugares de interés, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar. Son señales bajas o elevadas que se fijan en postes, marcos y otras estructuras. El catálogo completo de estas señales y las condiciones bajo las que se deben emplear, se presentan en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras (incisos SII-6 al SII-15, SID-8 al SID-15, SIR-6 y SIG-7 al SIG-10); los símbolos y leyendas cuyas dimensiones en centímetros se muestran en las figuras de dicho Manual, variarán en proporción al tamaño de los tableros.

#### Señales informativas de identificación (SII)

Son señales bajas que pueden ser de Nomenclatura cuando se usan para identificar las carreteras y vialidades urbanas según su nombre, de Ruta cuando se usan para identificar carreteras según su tipo y número de ruta y de Distancia en kilómetros cuando se usan para ubicar al usuario dentro de la carretera.

#### *Tableros de las señales de nomenclatura.*

Los tableros de las señales de nomenclatura deben ser rectangulares, con su mayor dimensión en posición horizontal, sin ceja, con las esquinas redondeadas y tener la leyenda en ambas caras. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros. El filete se debe suspender en su parte inferior cuando la señal lleve alguna información complementaria, como colonia, delegación, o código postal.

#### *Tableros de las señales de ruta.*



Los tableros de las señales de ruta deben tener forma de escudo, sin ceja y con un margen de un (1) centímetro entre el contorno del escudo y la orilla del tablero. El escudo puede ser de tres formas diferentes, según se trate de una carretera federal, estatal o camino rural, como se indica en los incisos SII-7 al SII-10 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Los escudos deben estar complementados con flechas de las formas y dimensiones establecidas en los incisos SII-11 al SII-13 del mismo Manual, que indiquen al usuario la trayectoria que sigue la carretera en su paso por las poblaciones, pintados o colocados sobre un tablero rectangular con su mayor dimensión en posición horizontal, sin ceja y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el filete de un (1) centímetro de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros.

#### *Tableros de las señales de distancia en kilómetros.*

Los tableros de las señales de distancia en kilómetros deben ser rectangulares, con su mayor dimensión en posición vertical, sin ceja y con las esquinas redondeadas. El radio para redondear las esquinas debe ser de cuatro (4) centímetros, quedando el contorno de dos (2) centímetros de ancho con radio interior para su curvatura de dos (2) centímetros, con la forma definida en los incisos SII-14 y SII-15 del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, según sea el caso.

Para las distancias que sean múltiplos de cinco kilómetros, las señales deben mostrar en la parte superior un escudo de ruta de cuarenta por treinta (40 x 30) centímetros, en el caso de carreteras federales y estatales. Para las demás distancias, la señal debe ser sin escudo, al igual que en los caminos rurales.





### *Tamaño de los tableros.*

*Tableros de las señales de nomenclatura.* Los tableros de las señales de nomenclatura deben estar formados por una placa de veinte por noventa y un (20 x 91) centímetros en todos los casos.

*Tableros de las señales de ruta.* Las dimensiones de los tableros de los escudos para las señales de ruta deben ser de sesenta por cuarenta y cinco (60 x 45) centímetros para el caso de carreteras federales o estatales, y de sesenta por sesenta y dos coma dos (60.x.62,2) centímetros para el caso de carreteras rurales.

Los tableros para las flechas complementarias deben ser en todos los casos de treinta y seis por cuarenta y cinco (36 x 45) centímetros.

*Tableros de las señales de distancia en kilómetros.* Los tableros de las señales de distancia en kilómetros con escudo deben ser de ciento veinte por treinta (120 x 30) centímetros y los tableros de las señales sin escudo deben ser de setenta y seis por treinta (76 x 30) centímetros.

### *Ubicación.*

La ubicación longitudinal de las señales informativas de identificación, según su función, debe cumplir con lo que se indica a continuación y lateralmente se deben colocar como señales bajas.

*Señales de nomenclatura.* Las señales de nomenclatura se deben fijar en postes colocados sobre la banqueta en el lugar más visible de las esquinas de las vialidades, usando soportes especiales que permitan la legibilidad de ambas caras de los tableros. Cuando sea necesario colocar señales de sentido de circulación, éstas se deben fijar en el mismo poste de las señales de nomenclatura.



*Señales de ruta.* En zonas urbanas por las que cruza una carretera, las señales de ruta se deben colocar a intervalos deseables de doscientos (200) metros, en los lugares más visibles para el conductor y siempre en aquellos sitios donde la ruta cambie de dirección o en la intersección de dos rutas diferentes.

*Señales de distancia en kilómetros.* En carreteras de dos carriles, las señales de distancia en kilómetros con escudo deben ser colocadas a cada cinco (5) kilómetros y a cada kilómetro las señales sin escudo. En ambos casos deben estar alternadas, colocando los tableros con números nones a la derecha y los pares a la izquierda, en el sentido del cadenamiento, orientadas hacia el sentido de circulación que corresponda al lado en el que se coloquen. Al inicio de un tramo con nuevo cadenamiento, se debe colocar la señal de distancia en kilómetros con escudo correspondiente al kilómetro cero, del lado derecho de la vialidad en el sentido del cadenamiento.

Para las carreteras de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación, para cada sentido de circulación, las señales de distancia en kilómetros con escudo deben estar a cada cinco (5) kilómetros y los tableros sin escudo a cada kilómetro.

#### *Color.*

El color del fondo de las señales informativas de identificación debe ser blanco retrorreflejante, conforme al área correspondiente definida por las coordenadas cromáticas. El color para los caracteres, flechas, contornos y filetes debe ser negro.

El color del reverso del tablero y de la estructura de soporte debe ser gris mate que cumpla con el patrón aprobado por la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana o acabado galvanizado. En las señales de nomenclatura, la leyenda debe estar en ambas caras.



### Señales informativas de destino (SID)

Se usan para informar el nombre y la dirección de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo del recorrido, de manera que su aplicación es primordial en las intersecciones, donde el usuario debe elegir la ruta deseada según su destino. Se deben emplear de forma secuencial, para permitir que el usuario prepare con la debida anticipación su maniobra en la intersección, la ejecute en el lugar debido y confirme la correcta selección de la ruta, por lo que pueden ser:

- **Previas:** Son señales bajas o elevadas que se colocan antes de la intersección con el propósito de que el usuario conozca los destinos y prepare las maniobras necesarias para tomar la ruta deseada.
- **Diagramáticas:** Son señales bajas o elevadas que, previa aprobación de la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana, se pueden utilizar en carreteras de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación, vías de circulación continua y arterias principales, para indicar al usuario, además de los destinos, la ubicación de los puntos de decisión en una intersección (figura) y son siempre bajas cuando se usan en vialidades urbanas, para indicar en la intersección los movimientos indirectos de vuelta izquierda.



Ilustración 9 Señal informativa de destino diagramática



*Urbanización del camino paralelo al río Querétaro en el tramo de la avenida Ricardo Avendaño al Pan de dulce, la Cañada, Él Marques, Qro.*

- **Decisivas.** Son señales bajas o elevadas que se colocan en los sitios de la intersección, donde el usuario debe tomar la ruta deseada.
- **Confirmativas.** Son señales bajas que se colocan después de la intersección o a la salida de una población para confirmar al usuario que ha tomado la ruta deseada, indicándole la distancia por recorrer.

Previa aprobación de la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana, cuando exista la necesidad de señalar un destino netamente turístico o de servicios, se pueden colocar señales bajas, informativas de destino turístico o de servicios, en la intersección con la vialidad cuyo destino principal sea dicho sitio turístico o lugar donde se presta el servicio. Estas señales deben tener las mismas características de las señales bajas no diagramáticas, en cuanto a su forma, tamaño y ubicación, con las diferencias de contenido y color.

*Tableros de las señales bajas.* La altura de los tableros de las señales informativas de destino bajas, se debe determinar conforme a lo establecido en la tabla. La longitud de los tableros se debe definir en función del número de letras que contenga la leyenda. Para señales de dos o más renglones o para conjuntos de dos o más tableros colocados en el mismo soporte, la longitud de los mismos debe ser la que resulte con el destino que contenga el mayor número de letras.

Altura del tablero por renglón <sup>[1]</sup> cm	Uso	
	Tipo de carretera	Tipo de vialidad urbana
30	Carretera con un carril por sentido de circulación con ancho de arroyo vial hasta de 6,5 m	Vías secundarias
40	Carretera de dos o tres carriles para ambos sentidos de circulación con ancho de arroyo vial mayor de 6,5 m	Arterias principales <sup>[2]</sup>
56	Carretera de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación	Vías de circulación continua <sup>[2]</sup>

<sup>[1]</sup> En casos especiales, la altura de los tableros puede ser mayor, previa aprobación de la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana.

<sup>[2]</sup> En el ámbito urbano, se podrá utilizar el tamaño inmediato inferior, únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales.

**Tabla 10 Altura del tablero de las señales informativas de destino bajas**



En las señales de destino diagramáticas bajas, el tamaño de los tableros que se coloquen a un lado de la vialidad, debe ser de dos coma cuarenta y cuatro (2,44) metros de alto por tres coma sesenta y seis (3,66) metros de base. Los tableros para las señales diagramáticas en zona urbana que indiquen los movimientos indirectos de vuelta izquierda deben ser de uno por uno coma cinco (1 × 1,5) metros.

*Tableros de las señales elevadas.* La altura de los tableros de las señales informativas de destino elevadas, se debe seleccionar conforme a lo establecido en la tabla que sigue. Si la señal se integra por más de un tablero y al menos uno de ellos lleva dos renglones, la altura de todos los tableros debe ser la misma, dimensionada con base en el tablero de dos renglones. La leyenda de los tableros de un renglón, debe tener la misma altura de la letra utilizada en el tablero de dos renglones y se coloca centrada en el tablero.

La longitud de los tableros se debe definir en función del número de letras que contenga la leyenda. Cuando la señal se integra por más de un tablero, la longitud de cada uno puede ser diferente, dependiendo del número de letras de cada leyenda.

Número de renglones	Altura del tablero <sup>[1]</sup> cm	Uso	
		Tipo de carretera	Tipo de vialidad urbana
1 1 <sup>[2]</sup> 2	61 91 122	Carretera con un carril por sentido de circulación con ancho de arroyo vial hasta de 6,5 m	Vías secundarias
1 2	76 122	Carretera de dos o tres carriles para ambos sentidos de circulación con ancho de arroyo vial mayor de 6,5 m	Arterias principales <sup>[3]</sup>
1 1 <sup>[2]</sup> 2	76 122 152	Carretera de cuatro o más carriles para ambos sentidos de circulación	Vías de circulación continua <sup>[3]</sup>

<sup>[1]</sup> En casos especiales, la altura de los tableros puede ser mayor, previa aprobación de la Autoridad responsable de la carretera o vialidad urbana.

<sup>[2]</sup> Señal con flecha hacia abajo.

<sup>[3]</sup> En el ámbito urbano, se podrá utilizar el tamaño inmediato inferior, únicamente cuando existan limitaciones de espacio para la colocación de las señales.

**Tabla 11** Altura del tablero de las señales informativas de destino elevadas



Para determinar la longitud de los tableros con base en la altura de las letras mayúsculas y a los elementos contenidos en la señal, se debe tomar como guía la tabla 3.E del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

### *Señales previas.*

Estas señales se deben colocar antes de la intersección, a una distancia que dependerá de las condiciones geométricas y topográficas de las vialidades que se interceptan, así como de las velocidades de operación y de la presencia de otras señales con las que no debe interferir; sin embargo, en carreteras, las señales no deben estar a menos de ciento veinticinco (125) metros de la intersección o de doscientos (200) metros cuando sean elevadas en puente.

En carreteras de dos carriles, las señales previas pueden ser bajas o elevadas a criterio del proyectista, tomando en cuenta la velocidad de operación, el volumen del tránsito y el tipo de intersección.

Cuando la vialidad principal sea de cuatro o más carriles por sentido, es recomendable colocar una señal elevada de puente previa adicional, a una distancia de quinientos (500) a mil (1 000) metros de la intersección, indicando el carril para cada destino.

### *Señales diagramáticas.*

Las señales diagramáticas que indiquen la ubicación de los puntos de decisión, se deben colocar como señales previas antes de un retorno o de una intersección a nivel o a desnivel, que lo justifique por su complejidad, a una distancia no menor de doscientos (200) metros antes del retorno o la intersección. Cuando la vialidad principal sea de cuatro o más carriles, como complemento a esta señal, se debe colocar una señal elevada en puente previa adicional, a una distancia de quinientos (500) a mil (1.000) metros del retorno o intersección, indicando el carril para cada destino.



Las señales diagramáticas que indiquen los movimientos indirectos de vuelta izquierda se deben colocar antes de la intersección a una distancia tal que, a juicio del proyectista, permitan al usuario preparar las maniobras necesarias para tomar la ruta deseada.

### *Señales decisivas.*

Estas señales se deben colocar en el sitio de la intersección, donde el usuario deba tomar la ruta deseada. En carreteras de dos carriles, las señales pueden ser bajas o elevadas a criterio del proyectista, tomando en cuenta la velocidad de operación, el volumen de tránsito y el tipo de intersección.

### *Señales confirmativas.*

Estas señales se deben colocar después de una intersección en carreteras o a la salida de una población, a una distancia tal que no exista el efecto de los movimientos direccionales ni la influencia de tránsito urbano, pero en ningún caso a una distancia menor de cien (100) metros.

## Señales Informativas de Destino

Tableros elevados	
	Bandera
	Bandera doble
	Puente

Ilustración 10 Señales Informativas de Destino



	<p>Acceso a poblado</p>
	<p>Entronque</p>
	<p>Confirmativa</p>
	<p>Diagramática</p>
	<p>Cruce</p>

Ilustración 11 Señal de Destino



*Urbanización del camino paralelo al río Querétaro en el tramo de la avenida Ricardo Avendaño al Pan de dulce, la Cañada, Él Marques, Qro.*

#### 1.2.4. MARCAS EN EL PAVIMENTO

Se pintan o se colocan sobre el pavimento para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones. Deben ser de color retrorreflejante, blanco o amarillo, según su función, y cuando el pavimento por su color no proporcione el suficiente contraste con las marcas, se recomienda delinearlas en todo su contorno, con franjas de cinco (5) centímetros de ancho de color negro. Los colores blanco y amarillo deben estar dentro del área correspondiente definida por las coordenadas

Color	Punto No.	Coordenadas	
		x	y
Blanco	1	0,303	0,287
	2	0,368	0,353
	3	0,340	0,380
	4	0,274	0,316
Amarillo	1	0,498	0,412
	2	0,557	0,442
	3	0,479	0,520
	4	0,438	0,472

cromáticas

Tabla 12.- Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en las marcas y dispositivos para señalamiento horizontal



## **CAPITULO II TOPOGRAFIA EN LAS VIAS TERRESTRES.**

### **2.1 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS CON ESTACION TOTAL.**

#### Funciones que realizan las estaciones totales

Las estaciones totales, con sus microprocesadores, pueden efectuar varias funciones y cálculos, dependiendo de cómo están programadas. La mayoría son capaces de ayudar a un operador, paso a paso, a través de los diferentes tipos de operaciones básicas de un levantamiento. Después de seleccionar el tipo de levantamiento en un menú, automáticamente aparecerán en la pantalla sugerencias o indicaciones para guiar al operador en cada paso. Además de proporcionar ayuda al operador, los microprocesadores de las estaciones totales pueden realizar numerosos tipos de cálculos. Las capacidades varían según los diferentes instrumentos, pero algunos cálculos estándar son:

- Obtención de promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias
- Corrección electrónica de distancias medidas, por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura
- Correcciones por curvatura y refracción de elevaciones determinadas por nivelación trigonométrica
- Reducción de las distancias inclinadas a sus componentes horizontal y vertical
- Cálculo de elevaciones de puntos a partir de las componentes de distancias verticales
- Cálculo de coordenadas de los puntos de los levantamientos a partir de las componentes de distancia y ángulo horizontales
- Cálculo de un área en campo.
- Calculo de las coordenadas de un punto desconocido a partir de dos puntos conocidos.

Replanteo de puntos de proyecto en campo a partir de coordenadas calculadas en gabinete.

#### La recolección de datos.

En algunas estaciones totales las mediciones pueden almacenarse en el mismo instrumento (recolector de datos interno), mientras que en otras se transfieren a un recolector manual de datos externo. Se tienen dos opciones en el primer caso: los datos pueden almacenarse directamente en la memoria del microprocesador y luego descargarse en un dispositivo externo. La otra opción depende de los



sistemas de almacenaje interno. Se dispone de varias versiones diferentes de recolectores manuales de datos. A menudo pueden hacer mucho más que sólo almacenar mediciones. Algunos son en realidad computadoras que rebasan con mucho la capacidad total de cálculo del sistema disponible en el microprocesador de la estación total. Otros son capaces de proporcionar el control de operación de la estación total por medio de comandos que operan a través del teclado del recolector.

### Instalación y operación de las estaciones totales.

Debido a que contienen componentes electrónicos delicados, las estaciones totales no son tan resistentes como los tránsitos o teodolitos, por lo que deben empacarse, transportarse, manipularse y sacarse de sus estuches con mucho cuidado.

Las estaciones totales son controladas con entradas hechas a través de sus propios teclados o a través de los teclados de los recolectores de datos manuales. Los detalles de operación de cada estación total individual son diferentes en cada equipo, ellos se describen en el manual que se proporciona al comprar un instrumento. Sin embargo siempre utilizaran por lo menos dos puntos a partir de los cuales se oriente el instrumento ya sea por sus coordenadas o un azimut o rumbo conocidos.

La precisión alcanzada con las estaciones totales no está solamente en función de su capacidad para la medición precisa de ángulos y distancias, también tiene que ver con el procedimiento usado por el operador y con la condición de los accesorios que se utilizan durante el levantamiento. Algunos procedimientos que se deben considerar son: el centrado y la nivelación cuidadosa del instrumento, el señalamiento preciso de las marcas y la obtención de promedios de mediciones múltiples de ángulos hechas en posiciones directa (e inversa si el tipo de levantamiento lo requiere), y las condiciones del clima tales como la temperatura, la velocidad del viento, la lluvia y la reverberación.

Los accesorios que pueden afectar la precisión de un levantamiento son: los tripiés, plomadas ópticas, y prismas. Los tripiés deben proporcionar un ajuste y firmeza sin deslizamiento, las plomadas ópticas desajustadas ocasionan que los instrumentos queden centrados erróneamente sobre el punto de medición. Las balizas torcidas o con burbujas esféricas mal ajustadas también ocasionan errores en la colocación del prisma sobre el punto que se va a medir.



### Medición de ángulos con estaciones totales.

41

La operación mecánica de las estaciones totales, es similar a la de los tránsito y la de los teodolitos de lectura óptica, excepto en la manera automática de resolver ángulos. Su diseño incluye un eje vertical, un eje horizontal, un tornillo fijador y uno tangencial para ubicar objetivos de forma fina y precisa.

Para medir un ángulo horizontal se hace una lectura visando el punto a partir del cual se inicia la medición, usando el tornillo fijador y el tangencial y se anota un valor inicial en la pantalla. Puede anotarse el valor cero si se están midiendo ángulos directos, pero también cualquier valor necesario si se orienta sobre una línea de azimut conocido. El instrumento se gira apuntando visando el segundo punto, usando el tornillo fijador y el tangencial, y su valor se muestra automáticamente en el instrumento. Para eliminar los errores instrumentales e incrementar la precisión, la lectura de ángulos puede repetirse cualquier número de veces tanto en modo directo como inverso y luego promediarse.

El procedimiento para medir ángulos cenitales con estaciones totales es el mismo que el descrito para los teodolitos de lectura óptica. Cuando el instrumento está a nivel, la pantalla mostrará  $90^\circ$  automáticamente si el anteojo está horizontal y en posición normal. Cuando se visa un punto, su ángulo cenital aparecerá automáticamente en la pantalla

### Levantamiento de poligonales.

Un levantamiento topográfico se realiza a partir de una necesidad, por lo que el proceso, debe iniciar no en el campo sino en la mente del topógrafo con algunas preguntas, a las cuales se debe tener una clara respuesta; para que las técnicas y procedimientos a usar en el levantamiento resulten ser los adecuados y los datos que se recaben sean los requeridos por el usuario de la información y satisfagan la necesidad que motivó la realización del levantamiento.

La primera pregunta es ¿Para qué se necesita el levantamiento?, la respuesta clara y concisa a esta cuestión redundará en el ahorro de tiempo y recursos, ya que se medirá únicamente lo que se necesita, ni de más ni de menos. Además la respuesta a esta pregunta ayudará también a comprender que tan detallado y de que calidad deben ser los datos a levantar. Esto también definirá las técnicas a utilizar y el orden en que se recabarán los datos. Una segunda pregunta es



¿Cómo se procesarán los datos en campo?, ¿manualmente o en un sistema CAD (Diseño asistido por computadora)?, la respuesta a estas preguntas serán muy útiles ya que ayudarán a definir cómo se realizará el levantamiento y la forma de almacenar los datos. Una vez contestadas estas cuestiones se estará en posibilidad de iniciar con éxito el levantamiento topográfico.

42

Una poligonal es una serie de líneas consecutivas cuyas longitudes y direcciones se han determinado a partir de mediciones en el campo. El trazo de una poligonal, que es la operación de establecer las estaciones de ésta y de hacer las mediciones necesarias, es uno de los procedimientos fundamentales y más utilizados en la práctica para determinar la ubicación relativa entre puntos en el terreno. Hay dos tipos básicos de poligonales: la cerrada y la abierta.

- **Una poligonal abierta** consta de una serie de líneas unidas, pero éstas no regresan al punto de partida (Fig. 8). Las poligonales abiertas se usan en los levantamientos para vías terrestres, pero en general, deben evitarse porque no ofrecen por medio de la topografía, medio alguno de verificación por errores y equivocaciones. En las poligonales abiertas deben de repetirse las medidas para evitar las equivocaciones. En algunos casos lo que se hace es combinar un levantamiento geodésico con GPS en cada punto de la poligonal con el objeto de calcular las coordenadas del punto de partida, los intermedios y el punto final y después de hacer las conversiones y cálculos necesarios comparar las coordenadas obtenidas por medio del levantamiento con GPS y la estación total. Con esta comparación se determina si hay una buena precisión en el levantamiento o en su defecto se puede determinar donde se pudo cometer un error.



Las estaciones de las poligonales se los llaman Estaciones de Control Topográfico (ECT) y deben monumentarse e identificarse claramente para no cometer equivocaciones.

En la práctica profesional de la topografía, las poligonales abiertas o cerradas se utilizan como apoyo para realizar las mediciones necesarias para un levantamiento tanto de planimetría como de altimetría (Fig. 9). Por ejemplo, en la medición del perímetro de un terreno con el fin de obtener el área, en la práctica resulta imposible ir poniendo las estaciones en los mismos vértices del predio, ya que siempre hay bardas, cercas, construcciones, árboles, Etc., que impiden centrar y nivelar el aparato en el punto. Para realizar un trabajo como este se hace una *poligonal de apoyo* a partir de la cual se hacen todas las mediciones necesarias para la representación del perímetro del terreno de estudio en un plano y determinar su área.

Esta poligonal de apoyo debe ser levantada utilizando la estación total como teodolito, es decir, midiendo los ángulos y las distancias sin utilizar coordenadas. Esto con el fin de que al dibujar la poligonal pueda salir el error de cierre de la poligonal y puedan evaluarse si la calidad del levantamiento es la adecuada y en caso afirmativo, proceder a realizar la compensación de la poligonal.

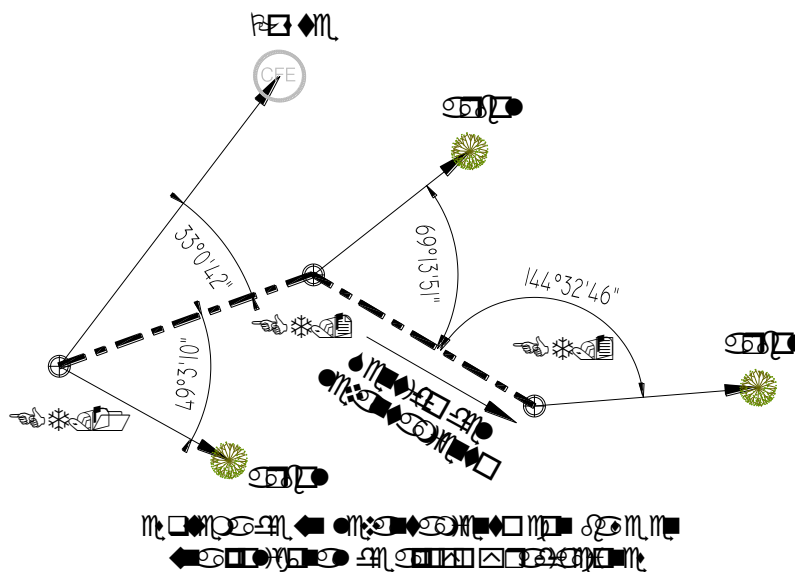


Ilustración 12 Poligonal Abierta

Metodología para levantar poligonales de apoyo.*Hacer un recorrido en el predio**Realizar la monumentación de los vértices**Elegir el sistema de numeración de los vértices**Seleccionar el sistema de coordenadas**Obtener los valores que necesita la estación total**Elegir un punto de arranque*

Medición de los ángulos interiores y distancias.

Para medir los ángulos de la poligonal de apoyo se procede de la siguiente manera:

- a) Debe definirse qué ángulos se van a medir, pueden ser interiores o ángulos derechos. En la figura No. 16 se puede apreciar la diferencia entre estas dos formas de medir un ángulo.

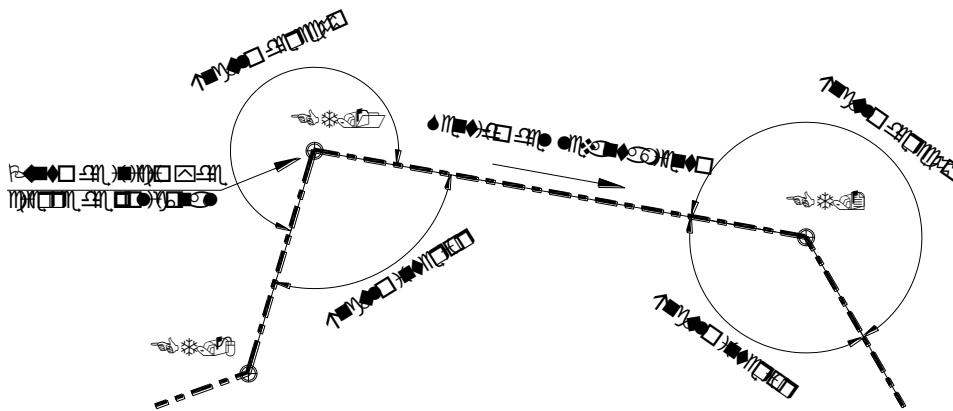


Ilustración 13 Medición de Ángulos

- b) Se recomienda que las mediciones se hagan con condiciones climáticas favorables, de preferencia muy de mañana o en la tarde cuando los cambios de temperatura no sean tan bruscos y el fenómeno de la reverberación y la refracción sean menores. Además debe evitarse hacer este tipo de mediciones cuando haya vientos que desestabilicen el tripié donde está montada la estación total o en días cuando haya niebla o bruma que dificulten la visibilidad.

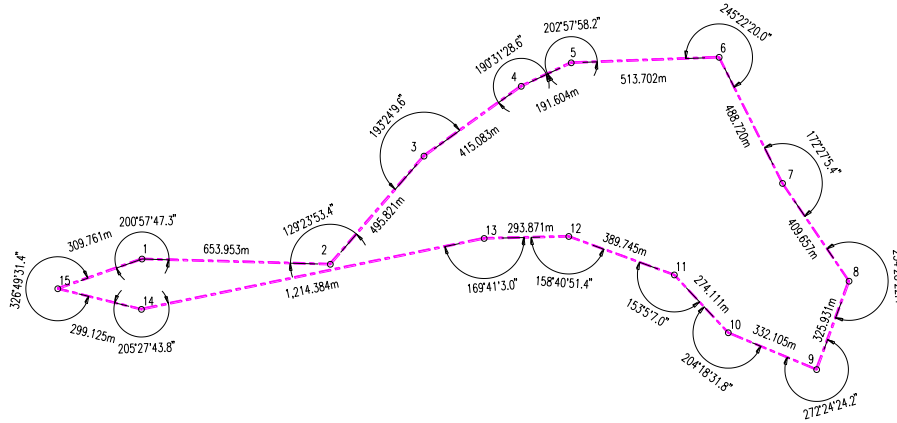


- c) Se recomienda colocar tanto en el punto atrás como en el punto adelante un tripié con un bastón y prisma, Esto con la finalidad de que no se introduzca error humano al plomearse en el punto, de esta manera se asegura que los objetivos que se visarán estarán siempre en el mismo sitio durante las operaciones de medición.
- d) La lectura de cada ángulo debe hacerse por repeticiones, se recomienda hacer por lo menos tres lecturas del mismo ángulo, un número más apropiado serían cinco veces, anotando cada valor obtenido para su posterior evaluación y obtener el promedio.
- e) De manera análoga, la lectura de cada distancia debe hacerse por lo menos tres veces aunque se recomienda hacerla cinco veces, anotando cada valor a la par del ángulo medido en cada iteración. Cabe mencionar que ya el equipo ha hecho sus propias mediciones por repeticiones y en pantalla ha desplegado el valor promedio, sin embargo, se recomienda hacer esta operación ya que nos sirve para comprobar que no se hayan movido los objetivos durante las operaciones de medición. Una variación de algunos milímetros en las mediciones podrían indicar que los bastones que señalan los puntos se han desplomado y se han movido. Si esto ocurre así, deberán hacer las correcciones en el centrado y nivelación de los bastones y repetir las mediciones tanto angulares como de distancias.
- f) En el caso de una poligonal de apoyo cerrada, se debe llegar hasta el punto donde se iniciaron las mediciones, de manera que se tengan todos los datos necesarios para evaluar la calidad del levantamiento y realizar su correspondiente compensación.
- g) En el caso de poligonales abiertas, la observación de las recomendaciones dadas en los incisos anteriores ayudarán a que los errores sean mínimos. De todas formas, se puede hacer una evaluación a través de medir cada vértice de la poligonal de apoyo con equipo GPS y obtener coordenadas en el post-proceso, de tal forma que las propiedades geométricas obtenidas con los GPS y con la estación total se pueden comparar y si las diferencias resultan ser pequeñas, del orden de milímetros, se puede considerar que el levantamiento es de calidad y aceptable para continuar con el levantamiento. Siempre que sea posible se deben cerrar las poligonales, ya que ese método nos permite una evaluación y compensación de los datos de una forma más técnica.



**Ejemplo de levantamiento de una poligonal de apoyo.**

A continuación se muestra un ejemplo de un levantamiento de una poligonal de apoyo en el cual se ha seguido el procedimiento descrito en los incisos anteriores. La figura No. 12 muestra un croquis de los datos “crudos” levantados en campos, es decir, estos datos no han sido compensados. Cabe mencionar que los valores que se observan ya son el resultado de haber obtenido la media aritmética, tanto para ángulos como para distancias.



**Ilustración 14 Poligonal Cerrada Con angulos**

En la Tabla se puede observar el formato de registro de los datos levantados en campo.

<b>Levantamiento de la poligonal de apoyo El Campanario</b>						
Est.	P. Atrás	P. Visado	Distancia	Angulo derecho		
				°	'	“
1	15	2	653.953	200	57	47.30
2	1	3	495.821	129	23	53.40
3	2	4	415.083	193	24	9.60
4	3	5	191.604	190	31	28.60



5	4	6	513.702	202	57	58.20
6	5	7	488.720	245	22	20.00
7	6	8	409.657	172	27	5.40
8	7	9	325.931	234	28	22.40
9	8	10	332.105	272	24	24.20
10	9	11	274.111	204	18	31.80
11	10	12	389.745	153	5	7.00
12	11	13	293.871	158	40	51.40
13	12	14	1214.384	169	41	3.00
14	13	15	299.125	205	27	43.80
15	14	1	309.761	326	49	31.40
			6607.573			

Tabla 13.- poligonal de Apoyo

Como se puede observar a partir de los datos levantados, la estación total fue utilizada como teodolito y se comenzó centrando la estación total en el vértice No. 1, se tomó el punto de apoyo o punto atrás en el vértice No. 15 y se procedió a medir la distancia existente entre los vértices, la cual fue de 309. 761 m. y el ángulo en esta lectura fue de  $0^{\circ} 0' 0''$ . Una vez tomados estos datos se procedió a medir el ángulo derecho en dirección al vértice No. 2 (ver Fig. ), cuyo valor promedio fue de  $200^{\circ} 57' 47.30''$  y la distancia promedio fue de 653. 953 m. Los demás vértices se miden de manera análoga al proceso descrito en este párrafo.

### Curvas de nivel.

Las curvas de nivel constituyen el mejor método para representar gráfica y cuantitativamente el relieve de la superficie del terreno en un plano bidimensional. Una curva de nivel es una línea que une puntos de igual elevación. Las curvas de nivel pueden ser visibles, pero por lo general en los terrenos se definen solamente las elevaciones de unos cuantos puntos y se bosquejan las curvas de nivel entre estos puntos de control a través de interpolación. A la distancia vertical entre las superficies de nivel que forman los contornos se le llama equidistancia o intervalo



de curvas de nivel, en algunos casos los intervalos se dan en metros o en fracciones de metro como pueden ser a cada 0.50 m., 0.25 m., 0.20 m., y 0.10 m. La equidistancia a utilizarse se elige en función del tamaño del predio, escala del plano y lo accidentado de la topografía del mismo.

48

En la figura No. 25, se muestra un plano de curvas de nivel con una equidistancia de 0.20 m. que nos servirá de ejemplo en esta sección.

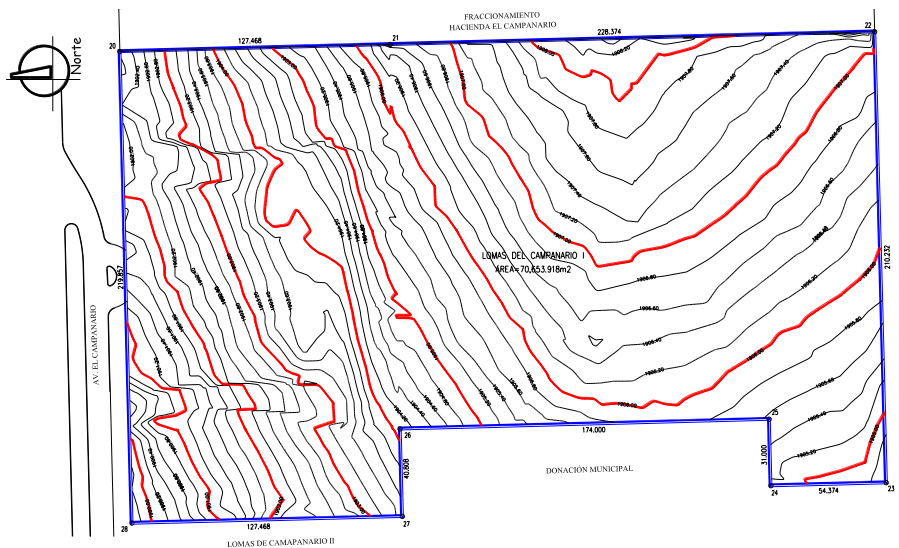


Ilustración 75 Plano de curvas de nivel

### Características de las curvas de nivel.

A continuación se mencionan algunas de las características que deben tener las curvas de nivel, que son de suma importancia para su determinación:

1. Las curvas de nivel deben cerrar sobre sí mismas, ya sea dentro o fuera del mapa.
2. Las curvas son perpendiculares a la dirección de máxima pendiente.
3. Se supone que la pendiente entre líneas de nivel es uniforme. Si no es así, todos los quiebres en la pendiente deben identificarse en el mapa topográfico.
4. La distancia entre las curvas indica la magnitud de la pendiente.
5. Las curvas muy irregulares indican un terreno muy accidentado. Las líneas con curvatura más regular indican pendientes y cambios graduales.
6. Las curvas concéntricas y cerradas, cuya elevación va aumentando hacia su centro, representan montes o prominencias del terreno. Las curvas que forman contornos alrededor de un punto bajo y cuya cota va disminuyendo, se llaman curvas de depresión.



7. Los cortes y rellenos para presas de tierra, diques, carreteras y vías férreas, forman líneas de nivel rectas o curvas con un espaciamiento igual o uniformemente graduado.
8. Las curvas de diferente elevación nunca se tocan o encuentran, excepto cuando son de una superficie vertical, como la de un farallón o acantilado.
9. Una curva nunca puede ramificarse en otras dos de la misma elevación.
10. Las curvas de nivel cortan los caminos con pendiente y cresta según curvas características en forma de U.
11. La línea litoral o de costa de un lago pequeño constituye una curva de nivel fija, si no se considera la fluencia, el derrame y los efectos del viento.

### Levantamiento de detalles y accidentes topográficos.

Al proceso de ligar los detalles topográficos a la red de control se le denomina detallado topográfico. Esta red de control está basada en la poligonal de apoyo que se ha construido previo a levantamiento de detalles.

El proceso de levantado con estación total se realiza generalmente por medio del método de radiaciones, el cual se ha descrito con detalle en la sección 2.7.1, ya que como se explicó, con éste método se explota el potencial del equipo. Sin embargo, en campo pueden presentarse una diversidad de condiciones y variables, por lo que es bueno que se presente los cuatro métodos básicos para determinar un punto P en el campo. Todos éstos métodos se basan en la existencia de un control horizontal (Poligonal de apoyo), en cada uno de los cinco primeros debe partirse de una línea de control, AB. Para el último método tienen que conocerse o identificarse las posiciones de dos puntos para poder aplicar que deben medirse para aplicar cada uno de los métodos.

|

. Distintos elementos a medir en los métodos de detallado topográfico.

- a) Un ángulo y la distancia adyacente, desde A o B.
- b) Dos distancias, una desde A y la otra desde B.
- c) Dos ángulos, uno desde A y el otro desde B.
- d) Dos distancias y un ángulo para determinar las coordenadas del punto P.

Como se puede observar, con cualquiera de los métodos anteriores, es posible ubicar puntos en campo que nos sean útiles para el detallado topográfico. Es muy importante que el personal que realice los levantamientos de detalle, sean



personas altamente ordenadas, ya que del orden depende mucho la calidad y el manejo eficiente de la información. Algunas de las recomendaciones generales que se hacen para realizar estos trabajos son:

50

- a) Crear un archivo de datos por cada levantamiento. Es muy importante no revolver información, por lo que es recomendable guardar los archivos con un nombre que ayude a la identificación del trabajo, la fecha en que se realizó y de ser posible se debe utilizar un código que nos ayude a saber a primera vista de qué se trató el trabajo. Además, crear los archivos de datos de esta manera será muy útil cuando existen errores, ya que se pueden detectar con mayor facilidad qué parte del trabajo esta afectada por dicho error.
- b) Hacer croquis en una libreta de campo. Esta información será muy apreciada por la persona que hace al interpretación de la información y su dibujo en gabinete.
- c) Toma de fotos o video. Cuando se va a un lugar distante a hacer los trabajos, resulta muy valioso tomar fotografías, de ser posibles digitales y con alta resolución y también la filmación de videos es muy útil. Estas herramientas ayudarán a interpretar y representar la información de manera más precisa a la realidad, además que en caso de dudas, no se tendrá que regresar al sitio para aclararlas.
- d) Crear un código de identificación. La mayoría de estaciones totales tiene la capacidad de colocar un código alfanumérico a cada punto que se levanta, este dato es muy útil al importar la información en un sistema CAD, ya que facilita el dibujo del levantamiento. Este código es arbitrario, el único requisito es que tanto topógrafo como dibujante estén de acuerdo en él, de tal manera que no haya confusiones. Algunos ejemplos de un código de identificación pueden ser los que se proponen en la tabla No. 12, la cual a continuación se muestra:

Código	Descripción
A	Árbol
B	Banqueta
BT	Barda de Tabique
BP	Barda de piedra
C	Vértice de Construcción



C-v	Volado de losa de construcción
D	dado
E	Estaca
G	Guarnición
Tel	Poste telefónico
CFE	Poste CFE
M	Malla ciclónica
Alum	Poste de alumbrado
PV-DS	Pozo de visita drenaje sanitario
PV-DP	Pozo de visita drenaje pluvial
R-AP	Registro agua potable
R-Tel	Registro telefónico
R-Alum	Registro alumbrado
RP	Rejilla Pluvial
BT	Boca de tormenta
V-AP	Válvula de agua potable
PCN	puntos para curvas de nivel
PNC	Puntos de nivel de cajeo
PNT	Punto Nivel de terracería
PTN	Punto de terreno natural
PNSB	Punto de nivel de sub-base
PNB	Punto de nivel de base

Tabla 14- Códigos de Levantamiento



El código facilitará la cantidad de caracteres a capturar en campo y por ende, evitará errores y ahorrará tiempo. En la tabla No. 13 se muestra un registro de campo hecho con el colector de datos interno de la estación y donde se ve la codificación hecha en campo.

52

No. Punto	Y	X	Z	Código
274	2279917.627	358229.929	1900.123	NP
275	2279921.926	358229.852	1900.020	NP
276	2279925.165	358229.478	1899.947	NP
277	2279925.937	358260.922	1900.070	NP
278	2279922.374	358260.788	1900.152	NP
307	2279940.559	358293.324	1900.108	NP
308	2279939.394	358248.768	1899.693	NP
309	2279935.599	358248.624	1899.795	NP
310	2279931.792	358248.790	1899.883	NP
311	2279931.023	358218.592	1899.713	NP
312	2279934.806	358218.525	1899.650	NP
313	2279938.600	358218.135	1899.580	NP
314	2279938.040	358195.753	1899.461	REJ
315	2279937.398	358195.695	1899.484	REJ
316	2279937.350	358193.101	1899.460	REJ
317	2279937.697	358194.520	1897.889	NAH
318	2279938.472	358180.383	1899.457	CON
359	2279938.671	358051.845	1898.490	NP





360	2279937.890	358020.447	1898.100	NP
361	2279931.928	358020.535	1898.200	NP
362	2279926.773	358020.747	1898.317	NP
363	2279925.974	357989.036	1897.920	NP
364	2279931.321	357988.872	1897.823	NP
365	2279937.045	357988.391	1897.728	NP
366	2279937.948	357978.758	1897.709	CRUCE
367	2279937.430	357963.405	1897.360	ESCUELA
368	2279936.046	357947.610	1897.131	NP
369	2279930.088	357947.517	1897.260	NP
370	2279924.888	357947.435	1897.361	NP
371	2279935.382	357945.820	1897.120	REJ
372	2279935.306	357943.203	1897.081	REJ
373	2279935.867	357943.185	1897.101	REJ
374	2279935.580	357944.375	1895.325	NAH

Tabla 15.- ejemplo de levantamiento con códigos.

Algunos elementos que comúnmente son necesarios detallar en campo para la realización de proyectos urbanos son:

- a) **Construcciones.** Se recomienda ubicar los vértices de cada construcción, de preferencia en la base de los muros porque de esta manera se evita tomar el posible desplome de los muros. También se deben tomar los volados de las losas, para ello el balicero debe subirse a la azotea y darle los puntos al topógrafo.
- b) **Instalaciones hidrosanitarias.** En muchas ocasiones será necesario conocer donde se encuentran las posibles trayectorias de las instalaciones,



para ello es necesario ubicar los registros, para aquellos que son cuadrados conviene levantar los cuatro vértices, para los que son redondos, lo mejor es levantar tres puntos para dibujar un círculo y así conocer su diámetro; otra forma de levantar estos registros es tomando un punto en el centro de la tapa y medir con una cinta el diámetro. En las instalaciones es necesario registrar la información de los diámetros de las tuberías, materiales, niveles de arrastre hidráulico, sentido del flujo, etc.

- c) **Vías de comunicación.** Si se trata de carreteras, debe levantarse por lo menos tres puntos transversales que nos ayude a determinar el eje y los bombeos transversales. En el caso de vialidades urbanas deberá tomarse además de tres puntos, los niveles de la guarnición, las curvas en las bocacalles, los postes de electricidad, telefonía, alumbrado público y señalización de tránsito. Además es muy útil ubicar las esquinas de las construcciones de las manzanas. En el caso de vías de ferrocarril será necesario ubicar dos puntos en la parte interna del “hongo” de cada fiel, ya que es en éste lugar donde se da la separación de proyecto entre los rieles y se toman los niveles.
- d) **Obras hidráulicas.** En estos levantamientos además de ubicar las construcciones, deberá levantarse la ubicación del vertedor, de las compuertas y los niveles de aguas máximas ordinarias y extraordinarias. También es muy útil conocer el nivel del embalse en el momento del levantamiento. En el caso de canales deben levantarse por lo menos dos niveles del arrastre y las coronas de cada margen.
- e) **Escurrimientos pluviales.** En estos casos, debe ubicarse las marcas visibles de las aguas que escurren en el arroyo, además que será necesario realizar secciones transversales que permitan configurar la sección del arroyo. Si hay alcantarillas, tubos y obras de drenaje, deben levantarse los niveles de arrastre y los puntos necesarios para configurar su geometría. Los datos de los diámetros, materiales de construcción, sentido del flujo de las corrientes de agua, y la ubicación del arroyo en el momento del levantamiento también serán de mucha utilidad.
- f) **Vegetación.** En muchos proyectos, será necesario levantar la vegetación existente. Entre más crezca la cultura de conservación del medio ambiente,



esta actividad será cada vez más necesaria, para ello deberá tomarse una medida apuntando al eje de la base del árbol, anotar la especie, el diámetro del tronco y del follaje; y en caso de ser necesario, determinar la altura del follaje por medio de nivelación trigonométrica.

## 2.2 CONTROL HORIZONTAL Y VERTICAL DE LA ESTACION TOTAL.

Una de las aplicaciones de la topografía más utilizada por los ingenieros en la industria de la construcción, es el control horizontal y vertical de los proyectos y obras de construcción.

Todo proyecto de ingeniería, independientemente de su tamaño o importancia, debiera contar con un sistema de control eficiente. Éste sistema será muy útil en las etapas de planeación, diseño, construcción, entrega de las obras y para la realización de proyectos o monitoreo a futuro. Además evitará errores que resulten en pérdidas de tiempo y económicas, también se evitará estar haciendo modificaciones de última hora a los proyectos por errores de alineamiento o nivelación.

Algunas consideraciones que deben tenerse en cuenta para el establecimiento del sistema de control son:

- a) Debe estar realizado de forma conveniente, para que sea de utilidad a todos los diversos grupos de ingenieros, técnicos, obreros de construcción y de instalaciones.
- b) No debe quedar dentro de la zona donde se estarán realizando las obras, es mucho mejor si se establece lo bastante lejos de la obra para que no se obstruyan los trabajos, se evite la destrucción de las marcas y la pérdida del sistema de control.
- c) Debe estar claramente marcado para que lo entienda bien el personal técnico de la obra, aun en ausencia del topógrafo. Se recomienda hacer uso de placas metálicas, generalmente de aluminio, de un radio de 5 cms, las cuales se pueden empotrar en rocas y elementos de concreto existentes; dichas placas deben tener en el centro bien definido el punto topográfico. En estas placas se pueden grabar los datos de la compañía o persona que establece el sistema de control, el número de identificación del punto, la fecha en que se realizaron los trabajos y las coordenadas del punto. Es muy conveniente elaborar un plano exclusivamente para mostrar el sistema de control del proyecto y los puntos que forman parte de él.



- d) Debe estar complementado por señalamientos que protejan los puntos contra la remoción o destrucción de las marcas, si el sistema es muy importante deben colocarse puntos de referencia para que en caso de moverse o perderse el punto se pueda realizar el replanteo del mismo y su colocación.
- e) Debe ser apropiado para cumplir con los grados de precisión solicitados en las normas del proyecto, el propietario del proyecto o las dependencias gubernamentales que lo están solicitando. Recuerde una cosa “la precisión nunca sobra”.

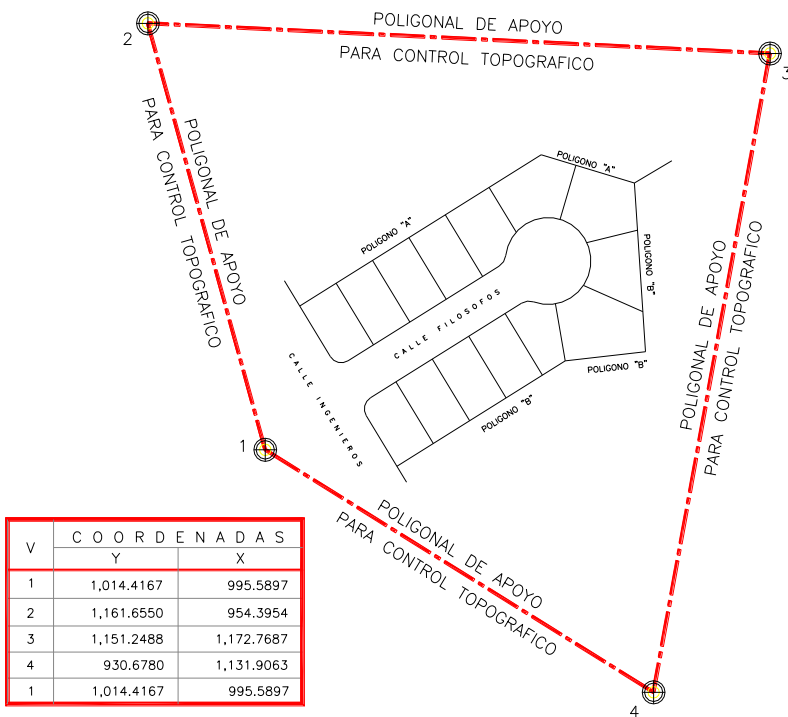


Ilustración 16. Ejemplo de una poligonal de apoyo para control horizontal y vertical

Una de las cosas que los ingenieros de obra deben tener en mente, es que los métodos topográficos con que se elija trabajar durante la construcción de las obras, deben hacer eficiente el uso de la estación total y explotar su potencial, es decir, deben utilizarse los métodos que más se adapten a la arquitectura y cualidades de estos equipos: el uso de coordenadas X, Y, Z. Es frecuente encontrarse con ingenieros que piden a las brigadas de topografía que trabajan con estación total, que trabajen con los métodos que son propios para el uso del tránsito o teodolito, una solicitud así, va en detrimento del potencial de trabajo y el rendimiento de ésta tecnología. Es mucho más aconsejable invertir tiempo y dinero tanto en campo como en gabinete, para generar un sistema de coordenadas y explotar el potencial de los equipos y no hacer trazos que pueden resultar más bajos en precisión y que requieran un mayor tiempo de ejecución.



### Trazo de caminos y vialidades.

Otra de las actividades en las que se requiere frecuentemente un control horizontal y vertical de manera precisa, es en la construcción de caminos y vialidades urbanas. El uso de las estaciones totales ha modificado las técnicas que se utilizaban para el trazo en campo con tránsito, donde los ángulos y las distancias eran los datos que se ocupaban para realizar los trazos; cabe mencionar que éstos datos se siguen utilizando pero la computadora que tiene integrada la estación total, permite el uso de las coordenadas, por esta razón la forma de presentar los datos geométrico en los planos de trazo de caminos y vialidades, estarán basados en la presentación de puntos de coordenadas.

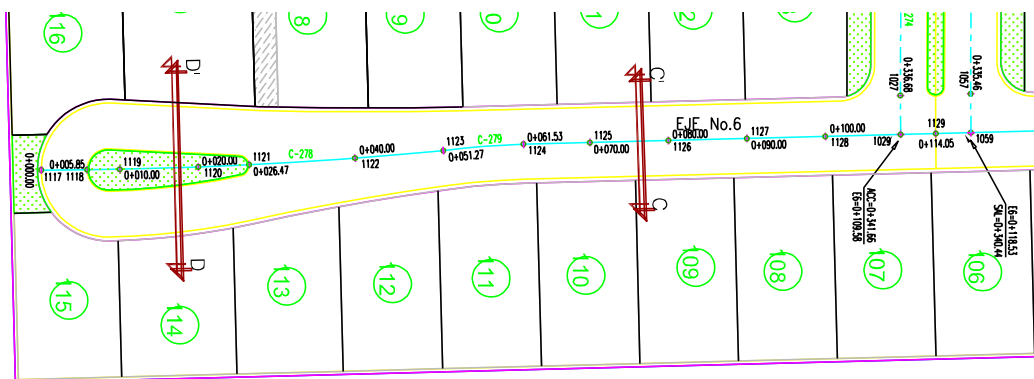


Ilustración 17. Ejemplo de un trazo de vialidades

Dependiendo de la dificultad de la geometría de la lotificación de un desarrollo urbano, será la cantidad de información y de planos que deben generarse para garantizar un trazado eficaz y preciso. Algunos planos sugeridos son:

- Plano de trazo de los ejes de las vialidades. En este tipo de planos deberá proporcionarse la información de los ejes viales mostrando un cuadro de construcción del mismo, un cuadro de las estaciones de control a partir de donde se realizarán los trazos, puntos de coordenadas a cada 20.00 m o en las inflexiones, principios de curva, y principios de tangencia que presenten los ejes de los caminos y vialidades. Además es útil contar con un cuadro de curvas donde se describan sus características geométricas. (Ver figura No. 42).

CUADRO DE CONSTRUCCION DEL EJE No. 1						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
				1072	2,279,837.5729	357,961.9682
1072	1066	N 88°42'44.88" E CENTRO DE CURVA DELTA = 01°20'51.11" RADIO = 2,466.498	58.008 LONG. CURVA = 58.009 SUB.TAN. = 29.006	1066 1239	2,279,838.8763 2,277,372.5198	358,019.9614 358,046.3828
1066	1005	N 89°50'43.18" E CENTRO DE CURVA DELTA = 01°37'59.91" RADIO = 2,071.749	59.057 LONG. CURVA = 59.059 SUB.TAN. = 29.531	1005 1241	2,279,839.0357 2,277,767.4254	358,079.0178 358,055.0818
LONGITUD = 117.068 m						

CUADRO DE CURVAS PARA VIALIDADES						
CURVA	DELTA	RADIO	ARCO	STAN	CUERDA	AREA BAJO CUERDA
C-250	01°20'51.11"	2,466.498	58.009	29.006	58.008	6.595
C-251	01°37'59.91"	2,071.749	59.059	29.531	59.057	8.285
C-252	00°4'9.34"	566.367	0.685	0.342	0.685	0.000
C-253	01°49'42.36"	1,154.240	36.834	18.419	36.833	3.608
C-254	05°55'50.19"	355.219	36.768	18.401	36.752	11.655

Ilustración 18 8 Ejemplo de Cuadro de Construcion y curvas

- b) **Plano de trazo de guarniciones.** Como se mencionó anteriormente, dependiendo del grado de irregularidad que presente la geometría de un camino o vialidad urbana determinará la cantidad de información que se necesita para realizar un trazado preciso de la misma. Un plano de trazo de guarniciones se hace necesario en proyectos donde las vialidades tienen en su geometría muchas curvas (Ver figura No. 43). En este plano de manera análoga al de trazo de vialidades de deben presentar los datos a través de puntos de coordenadas. Dicho puntos se colocan en las líneas rectas, principios de curvas, principios de tangencia y para rellenar el trazo a una distancia conveniente en campo para trazar y construir adecuadamente la geometría propuesta por los proyectistas urbanos.



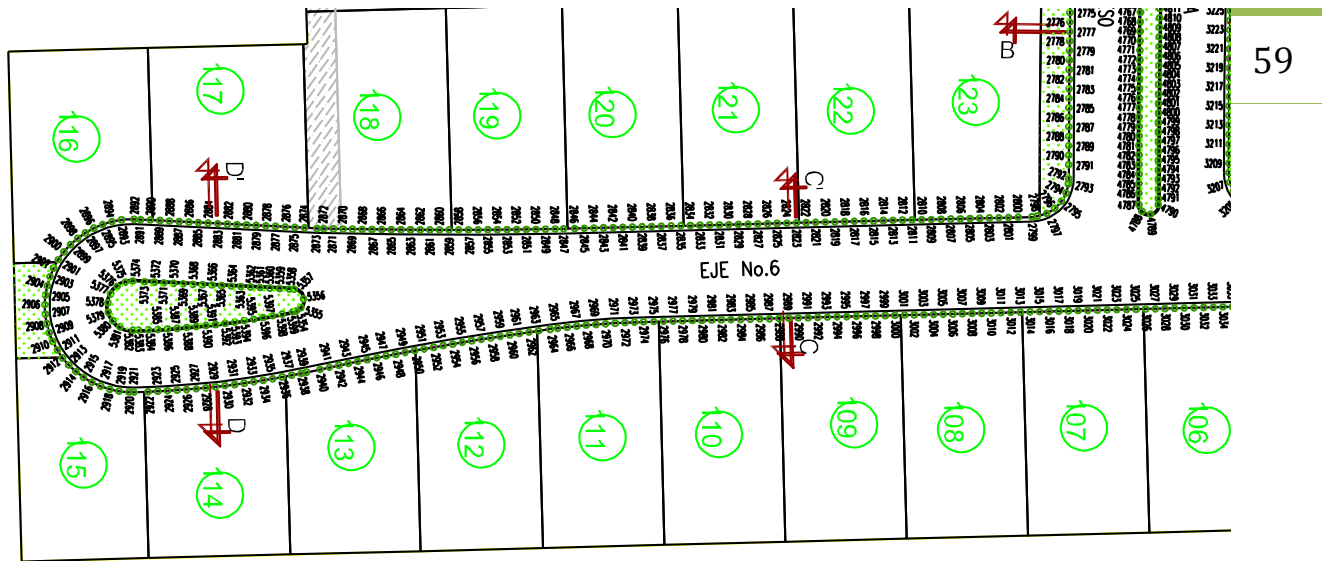


Ilustración 19 Ejemplo de plano de trazo de guarniciones

c) Plano de rasantes en planta. Otra actividad muy importante en la construcción de desarrollos urbanos, en la que se requiere un control horizontal y vertical adecuado es la construcción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento. Tradicionalmente lo que se hace es trazar el eje de la vialidad y con cinta se colocan estacas para señalar los anchos de la vialidad y “trompos” para colocar una muestra del nivel al que se desea llegar; con esta información los contratistas de maquinaria pesada realizan las operaciones necesarias para construir los pavimentos. Sin embargo con las estaciones totales, puede cambiar un poco la manera de trabajar, explotando el potencial que tienen con el uso de coordenadas cartesianas. Para ello puede dibujarse un plano donde se muestran las elevaciones de rasante en planta (ver figura 44), al estar dibujado de esta manera y mostrar la elevación que se proyectó para cada punto, lo que se hace es obtener las coordenadas de cada uno de los puntos, generar un listado, incluso “subir” la información a la memoria de la estación y trabajar con esos datos en campo.





Ilustración 20. Ejemplo de plano de rasantes en planta

Resulta útil señalar nuevamente, que para un mismo proyecto es muy conveniente manejar un número consecutivo para identificar los puntos de trazo y que tal número no se repita en ninguno de los planos. Éste simple hecho ayudará a hacer más rápido y versátil el trabajo de trazo con la estación total, ya que todos los puntos de coordenadas puede “subirse” a la memoria y de esta manera se evita capturar coordenada por coordenada en campo.

En caminos también se puede trabajar de manera similar a la que se ha descrito en los párrafos anteriores, pero cabe mencionar que la rapidez con que se realizan los trazos esta en función directa en la manera en que se presenta la información en los proyectos y también la habilidad para operar las funciones de la estación total por parte del topógrafo.





## 2.3 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.

### 2.3.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

#### **2.3.1.1 Tangentes**

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas. Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su Azimut.

##### 1. Longitud mínima:

a) Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la Semisuma de las longitudes de dichas transiciones.

b) Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero (0).

c) Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.

d) Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado, sin embargo, es conveniente considerar para su proyecto, las siguientes recomendaciones:

- Conviene evitar las curvas circulares compuestas y las curvas consecutivas en el mismo sentido. El efecto desfavorable que estas curvas ejercen sobre el conductor de un vehículo se reduce cuando:

- La longitud en metros de la tangente que separa el PT del PC de dos curvas circulares con transiciones mixtas, es mayor o igual a uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto en kilómetro por hora.

- La longitud en metros de la tangente que separa el ET del TE de dos curvas circulares con espiral de transición es mayor o igual a uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora, menos la semisuma de las longitudes de las espirales.

- La longitud en metros de la tangente que separa el PT del TE o el ET del PC de dos curvas circulares, teniendo una de ellas espiral y la otra transición mixta, es mayor o igual a uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto en kilómetros por hora, menos la longitud de la espiral.

- Cuando la longitud de la tangente entre curvas consecutivas en el mismo sentido no cumpla con lo indicado en el párrafo anterior, se pondrán sustituir por:



- Una sola curva que se ajuste, en lo posible, al trazo original. Otras curvas de mayor grado, pero menores al máximo, para lograr la condición de tangente libre de uno punto siete (1.7) veces la velocidad de proyecto expresada anteriormente.

62

## 2. Longitud máxima:

La longitud máxima de tangente no tiene límite especificado, sin embargo, en el proyecto, es conveniente tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

a) Las tangentes muy largas pueden resultar peligrosas, sobre todo para carreteras con altas velocidades de proyecto. Esta situación podrá evitarse sustituyendo dichas tangentes por otras de menor longitud unidas entre si por curvas suaves.

b) Se evitarán cambios bruscos en el alineamiento horizontal. Así, al pasar de una Tangente larga a una curva, ésta debe ser de grado pequeño, bastante menor que el máximo especificado. Análogamente, si el proyecto comprende de un tramo sinuoso entre dos de buen alineamiento se procurará que el grado de las curvas vaya aumentando paulatinamente hacia las curvas de mayor grado usadas en el tramo sinuoso.

c) El alineamiento debe ser tan direccional como sea posible, sin dejar de ser congruente con la topografía. Un alineamiento que se adapta al terreno es preferible a otro con tangentes largas pero con repetidos cortes y terraplenes.

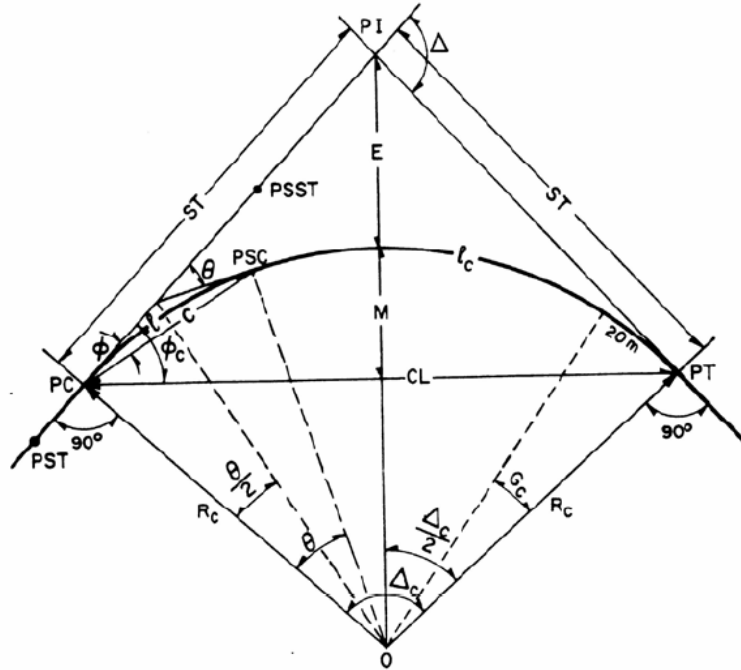
## 3. Azimut:

El azimut definirá la dirección de las tangentes.

### **2.3.1.2 Curvas Circulares**

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio. Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una curva circular, ésta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamamiento, las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas circulares del alineamiento horizontal estarán definidas por su grado de curvatura y por su longitud, los elementos que las caracterizan se muestran en la





- PI Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC Punto en donde comienza la curva circular simple
- PT Punto en donde termina la curva circular simple
- PST Punto sobre tangente
- PSST Punto sobre subtangente
- PSC Punto sobre la curva circular
- O Centro de la curva circular
- Δ Ángulo de deflexión de la tangente
- Δ<sub>c</sub> Ángulo central de la curva circular
- θ Ángulo de deflexión a un PSC
- ∅ Ángulo de una cuerda cualquiera
- ∅<sub>c</sub> Ángulo de la cuerda larga
- G<sub>c</sub> Grado de curvatura de la curva circular
- R<sub>c</sub> Radio de la curva circular
- ST Subtangente
- E Externa
- M Ordenada media
- C Cuerda
- CL Cuerda larga
- ℓ Longitud de un arco
- ℓ<sub>c</sub> Longitud de la curva circular

$$R_c = \frac{1,145.92}{G_c}$$

$$ST = R_c \text{Tang} \cdot \frac{\Delta_c}{2}$$

$$E = R_c \left( \text{Secante} \frac{\Delta_c}{2} - 1 \right)$$

$$M = R_c \text{SenVer} \frac{\Delta_c}{2}$$

$$C = 2R_c \text{Sen} \frac{\theta}{2}$$

$$CL = 2R_c \text{Sen} \frac{\Delta_c}{2}$$

$$\ell = \frac{20\theta}{G_c}$$

$$\ell_c = \frac{20\Delta_c}{G_c}$$

Ilustración 21. Diseño de Curvas



Grado máximo de curvatura.- El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G_{\text{máx}} = 146,000 \frac{(\mu + S_{\text{máx}})}{V^2}$$

En donde:

$G_{\text{máx}}$  = Grado máximo de curvatura.

$\mu$  = Coeficiente de fricción lateral.

$S_{\text{máx}}$  = Sobreelevación máxima de la curva, en m/m.

$V$  = Velocidad de proyecto, en km/h.

En la Tabla 6 se indican los valores de los grados máximos de curvatura para cada velocidad de proyecto.

### 2. Longitud mínima:

a) La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

b) La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero (0).

3. Longitud máxima: la longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado, sin embargo, es conveniente tomar en cuenta las recomendaciones que al respecto se indican a continuación:

a) Se procurará que la longitud máxima de una curva horizontal con o sin espirales de transición no exceda la distancia recorrida por el vehículo en 20 segundos a la velocidad de proyecto.

### **Grado máximo de curvatura**

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL	SOBREELEVACIÓN MÁXIMA (m/m)	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA CALCULADO (grados)	GRADO MÁXIMO DE CURVATURA PARA PROYECTO (grados)
30	0.280	0.10	61.6444	60
40	0.230	0.10	30.1125	30
50	0.190	0.10	16.9360	17
60	0.165	0.10	10.7472	11
70	0.150	0.10	7.4489	7.5
80	0.140	0.10	5.4750	5.5
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

Tabla 13. Grado de Curvatura



### **2.3.1.3 Curvas espirales**

Las curvas circulares con espirales de transición se utilizarán para unir las tangentes con las curvas circulares y constan de una espiral de entrada, una curva circular simple y una espiral de salida. Cuando las espirales de entrada y salida tienen la misma longitud, la curva es simétrica, en caso contrario es asimétrica. En la Figura se muestran los elementos de una curva simétrica.

a) Para efectuar las transiciones se empleará la Clotoide o Espiral de Euler, cuya expresión es:

$$RcLe = K^2$$

En donde:

$Rc$  = Radio de la curva circular, en metros.

$Le$  = Longitud de la espiral de transición, en metros.

$K^2$  = Parámetro de la espiral, en  $m^2$ .

b) La longitud mínima de la espiral para carreteras tipos A de dos carriles y de cuatro carriles en cuerpos separados, B y C estará dada por la expresión:

$$Le = 8VS$$

En donde:

$Le_{mín}$  = Longitud mínima de la espiral, en metros.

$V$  = Velocidad de proyecto, en km/h.

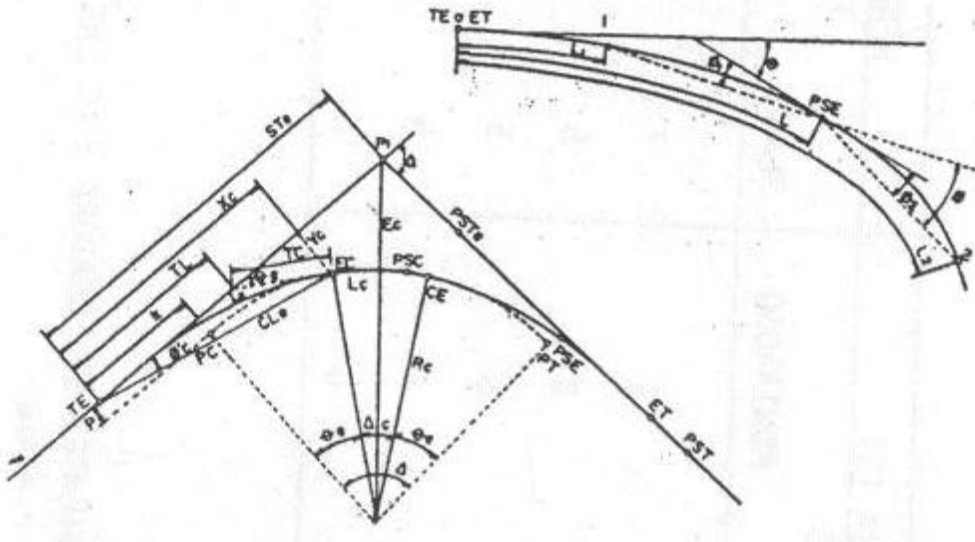
$S$  = Sobreelevación de la curva circular, en m/m.

Para carreteras tipo "A" de cuatro carriles en un solo cuerpo (A-4), la longitud Mínima de la espiral calculada con esta fórmula deberá multiplicarse por uno punto Siete (1.7).

c) Las curvas espirales de transición se utilizarán exclusivamente en carreteras Tipo "A", "B" y "C" y sólo cuando la sobreelevación de las curvas circulares sea siete por ciento (7%) o mayor.

d) En la Figura 7 se muestran los elementos que caracterizan a las curvas circulares con espirales de transición.





PI	Punto de intersección de las tangentes	
TE	Punto donde termina la tangente y empieza la espiral	
EC	Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular	
CE	Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral	
ET	Punto donde termina la espiral y empieza la tangente	
PSC	Punto cualquiera sobre la curva circular	
PSE	Punto cualquiera sobre la espiral	
PST	Punto cualquiera sobre las tangentes	
PST <sub>e</sub>	Punto cualquiera sobre las subtangentes	
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes	
Δ <sub>c</sub>	Ángulo central de la curva circular	$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$
θ <sub>e</sub>	Deflexión de la espiral en el EC o CE	$\theta_e = G_c L_e / 40$
θ	Deflexión de la espiral en un PSE	$\theta = (L/L_e)^2 \theta_e$
∅' <sub>c</sub>	Ángulo de la cuerda larga	$\theta'_c = \theta_e / 3$
∅ <sub>1</sub>	Ángulo entre tang. a un PSE y una cuerda atrás	$\theta_1 = (L-L_1)(2L+L_1) \theta_e / (3L_e^2)$
∅ <sub>2</sub>	Ángulo entre tang. a un PSE y una cuerda adelante	$\theta_2 = (L_2-L)(2L+L_2) \theta_e / (3L_e^2)$
∅	Ángulo entre dos cuerdas de la espiral	$\theta = (L_2-L_1)(L+L_1+L_2) \theta_e / (3L_e^2)$
X <sub>c</sub>	Coordenadas del EC o del CE	$X_c = (L_e/100)(100 - 0.00305 \theta_e^2)$
Y <sub>c</sub>	Coordenadas del EC o del CE	$Y_c = (L_e/100)(0.582\theta_e - 0.0000126 \theta_e^3)$
K	Coordenadas del PC o del PT (desplazamiento)	$k = X_c - R_c \text{sen } \theta_e$
p	Coordenadas del PC o del PT (desplazamiento)	$p = Y_c - R_c \text{sen } \theta_e$
St <sub>e</sub>	Subtangente	$St_e = k + (R_c + p) \text{tang}(\Delta/2)$
TL	Tangente larga	$TL = X_c - Y_c \text{cot } \theta_e$
TC	Tangente corta	$TC = Y_c \text{csc } \theta_e$
CL <sub>e</sub>	Cuerda larga de la espiral	$CL_e = (X_c + Y_c)^{1/2}$
E <sub>c</sub>	Externa	$E_c = (R_c + p) \text{sec}(\Delta/2) - R_c$
R <sub>c</sub>	Radio de la curva circular	$R_c = 1145.92 / G_c$
ℓ <sub>e</sub>	Longitud de la espiral al EC o CE	$\ell_e = 8VS$ (mínima)
ℓ <sub>c</sub>	Longitud de la curva circular	$\ell_c = 20 \Delta_c / G_c$
ℓ <sub>T</sub>	Longitud total de la curva circular con espirales	$\ell_T = \ell_e + 20 \Delta / G_c$

Ilustración 22. Curva Circular



## 2.3.2 ALINEAMIENTO VERTICAL.

### 2.3.2.1 Tangentes

Las tangentes verticales estarán definidas por su pendiente y su longitud.

1. Pendiente Gobernadora.- Los valores máximos determinados para la pendiente gobernadora se indican en la Tabla 17 para los diferentes tipos de carretera y terreno.

2. Pendiente Máxima.- Los valores determinados para pendiente máxima se indican en la Tabla 7 para los diferentes tipos de carreteras y terreno.

**Tabla 7. Valores máximos de las pendientes gobernadoras y de las pendientes máximas (Referencia 3).**

CARRETERA TIPO	PENDIENTE GOBERNADORA (%)			PENDIENTE MAXIMA (%)		
	TIPO DE TERRENO			TIPO DE TERRENO		
	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO	PLANO	LOMERIO	MONTAÑOSO
E	-	7	9	7	10	13
D	-	6	8	6	9	12
C	-	5	6	5	7	8
B	-	4	5	4	6	7
A	-	3	4	4	5	6

Tabla 4. Pendiente Gobernadora

3. Pendiente Mínima.- La pendiente mínima en zonas con sección en corte y/o balcón no deberá ser menor del cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección en terraplén la pendiente podrá ser nula.

4. Longitud Crítica.- los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora, se obtendrán de la Gráfica

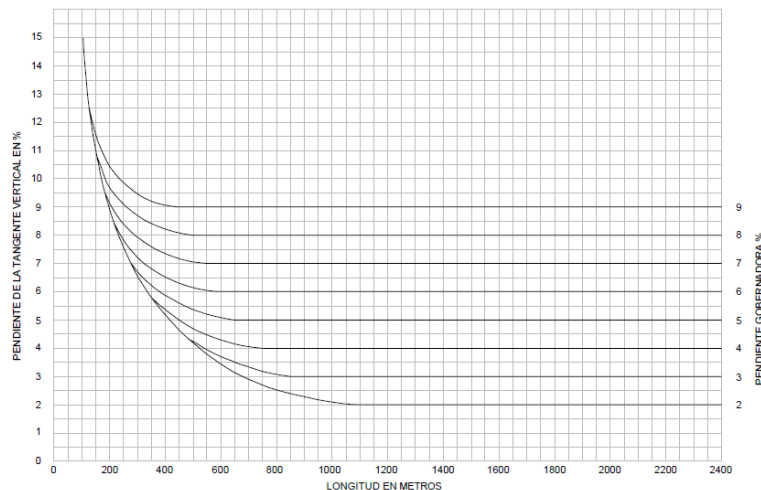


Ilustración 23. Pendientes mayores que la gobernadora.







**1. Longitud mínima:**

a) La longitud mínima de las curvas verticales se calculará con la expresión:

$$KL = A$$

En donde:

$L$ = Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

$K$ = Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en la Tabla 8.

$A$ = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en por ciento.

b) La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la columna denominada "Límites Inferiores de Longitud Mínima"

**2. Longitud máxima:**

No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En el caso de curvas verticales en cresta con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá revisar el drenaje cuando a la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro  $K$  superior a 43.

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	VALORES DEL PARAMETRO K (m/%)			LONGITUD ACEPTABLE MÍNIMA (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO	
	CARRETERA TIPO		CARRETERA TIPO	
	E	D,C,B,A	E,D,C,B,A	
30	4	3	4	20
40	7	4	7	30
50	12	8	10	30
60	23	14	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60
110	-	72	43	60

Tabla 17. Valores mínimos del parámetro  $K$  y límites inferiores de longitud



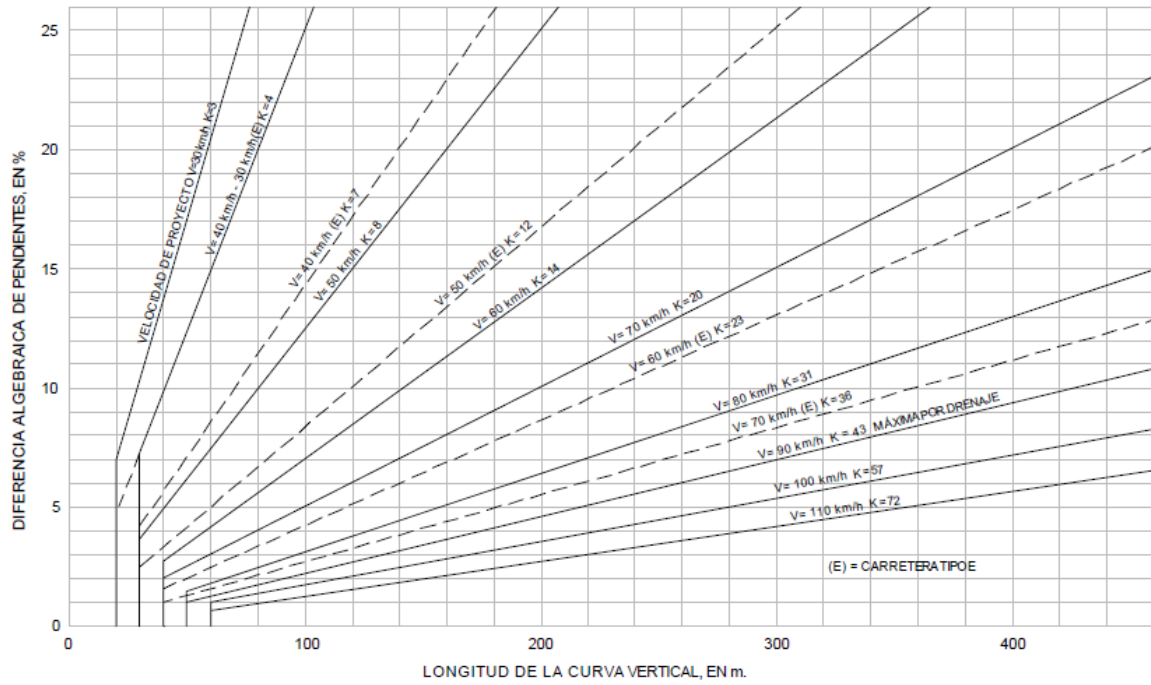


Ilustración 249. Longitud mínima de las curvas verticales en cresta

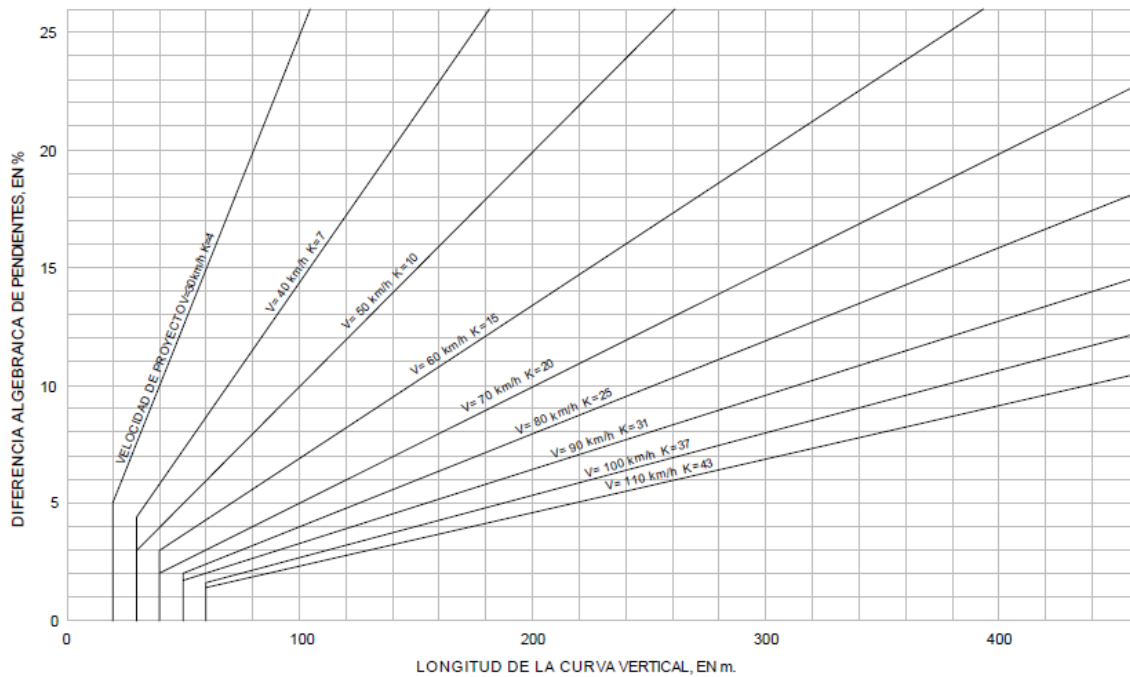


Ilustración 25. Longitud mínima de las curvas verticales en columpio.



### 2.3.3 SECCION TRANSVERSAL.

#### **2.3.3.1. Corona.** **Generalidades.**

La sección transversal está definida por la corona, las cunetas, los taludes, las Contra cunetas, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del Derecho de vía.

#### **Corona.**

La corona está definida por la calzada y los acotamientos con su pendiente Transversal, y en su caso, la faja separadora central. En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de la corona para cada tipo de carretera y de terreno.

En curvas y transiciones del alineamiento horizontal el ancho de corona deberá ser la suma de los anchos de la calzada, de los acotamientos y en su caso, de la faja separadora central.

#### **Calzada.**

El ancho de la calzada deberá ser en tangente del alineamiento horizontal.

#### **Acotamientos.**

El ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno.

#### **Faja separadora central.**

La faja separadora central deberá proyectarse únicamente en carreteras tipo "A"  
De cuatro carriles.

1. Cuando la sección transversal esté formada por un solo cuerpo el ancho Mínimo de la faja separadora central deberá ser de un (1.00) metro.
2. Cuando la sección transversal esté formada por dos cuerpos separados, el Ancho mínimo de la faja separadora central deberá ser de ocho (8) metros.



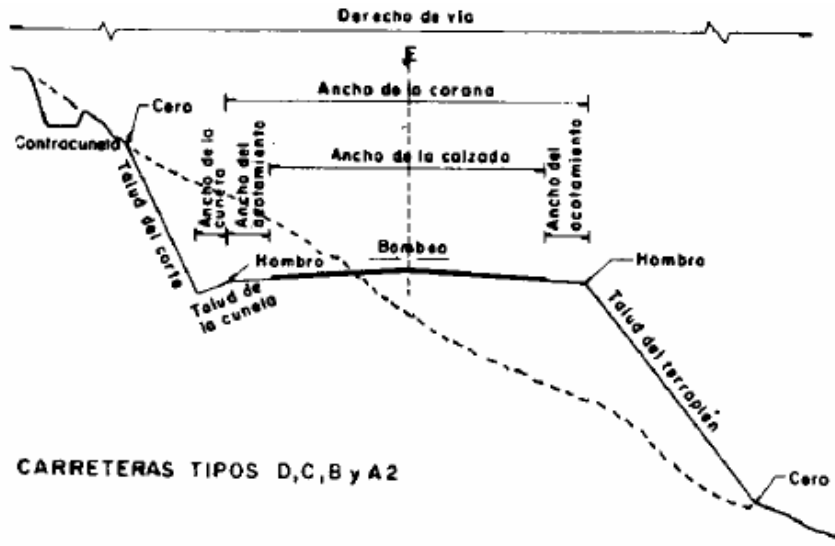


Ilustración 26. Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal para



Ilustración 10



TIPO DE CARRETERA	ANCHOS DE					
	CORONA (m)	CALZADA (m)	ACOTAMIENTOS (m)		FAJA SEPARADORA CENTRAL (m)	
E	4.00	4.00	-		-	
D	6.00	6.00	-		-	
C	7.00	6.00	0.5		-	
B	9.00	7.00	1		-	
A	A2	12.00	7.00		2.5	
	A4	22.00 mínimo	2 x 7.00	EXT	INT	1.00 mínimo
				3.00	0.5*	
A4S	2 x 11.00	2 x 7.00	3.00	1.00	8.00 mínimo	

\* Deberá prolongarse la carpeta hasta la acuración.

Tabla 18. Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja

### **2.3.3.2 Pendiente transversal**

En tangentes del alineamiento horizontal, el bombeo de la corona deberá ser:

1. Menos dos por ciento (-2%) en carreteras tipo "A", "B", "C" y "D" pavimentadas.
2. Menos tres por ciento (-3%) en carreteras tipo "D" y "E" revestidas.

### **2.3.3.3. Ampliaciones**

El ancho de la calzada deberá ser:

1. En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho en tangente más una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en
2. En curvas espirales de transición y en transiciones mixtas, el ancho en tangente más una ampliación variable en el lado interior de la curva espiral o en el de la transición mixta, cuyo valor está dado por la expresión:



$$A = \frac{L}{L_e} A_c$$

en donde:

A= Ampliación del ancho de la calzada en un punto de la curva espiral o de la Transición mixta, en metros.

L= Distancia del origen de la transición al punto cuya ampliación se desea determinar en metros.

Le= Longitud de la curva espiral o de la transición mixta, en metros.

Ac= Ampliación total del ancho de la calzada correspondiente a la curva Circular, en metros.

3. Para carreteras tipo "E".

a) El ancho de la calzada en carreteras tipo "E", no requerirá de ampliación por Curvatura horizontal.



### Taludes

Los taludes estarán definidos por su inclinación, expresada numéricamente por el recíproco de la pendiente.

75

1. En terraplén.- el talud de la sección transversal en terraplén deberá ser de uno y medio a uno (1.5:1), pudiendo tener una inclinación diferente si así lo especifica la Secretaría.
2. En corte.- El talud de la sección transversal en corte deberá ser el que especifique la Secretaría.

### Cunetas

Las cunetas serán de forma triangular y están definidas por su ancho y sus Taludes.

1. Ancho.- El ancho de la cuneta, medido horizontalmente entre el hombro de la corona y el fondo de la cuneta, deberá ser de un metro (1.00 m), pudiendo ser mayor si por capacidad hidráulica así se requiere.
2. Taludes.- El talud interno de la cuneta deberá ser de tres a uno (3:1). El talud externo de la cuneta será el correspondiente al de corte.

Contracunetas Las Contra cunetas serán, generalmente, de forma trapezoidal y están definidas por su ancho de plantilla, su profundidad y sus taludes. Su utilización, ubicación y dimensiones estarán sujetas a los estudios de drenaje y geotécnicos, o a lo que especifique la Secretaría.

### Obras complementarias

Las obras complementarias de la sección transversal, tales como guarniciones, bordillos, lavaderos, banquetas, defensas y dispositivos para el control del tránsito, deberán considerarse en el proyecto cuando así lo especifique la Secretaría.

### Derecho de vía.

El derecho de vía está definido por su ancho y su longitud. El ancho del derecho de vía es variable. Para su determinación, es conveniente tomar en cuenta la siguiente recomendación:

El ancho del derecho de vía deberá determinarse por tramos ó en zonas de acuerdo al tipo de carretera, para lo cual se establecerá en cada caso su función, su evolución, requerimientos de construcción, conservación, futuras ampliaciones, uso actual y futuro de la tierra, así como servicios requeridos por los usuarios. Esta determinación debe apoyarse en un análisis económico y en la disponibilidad de los recursos..



## **CAPITULO III DISEÑO DE PAVIMENTOS.**

### **3.1 GENERALIDADES Y DEFINICIONES**

Puede afirmarse que en la filosofía del ingeniero de carreteras y aún en la de la ingeniería nacional como en todo, ha llegado a entronizarse explícita o insidiosamente la idea de que el costo mínimo de construcción (la inversión inicial) es una meta ideal de todo proyecto. No se ignora, por otra parte, que si en torno a cualquier proyecto se trata este tema en forma contraria a esta opinión, permitiendo que los interlocutores teoricen, todos los responsables, sin excepción, negarán el hecho de que el criterio de costo inicial mínimo en la realización de una obra, sea realmente su paradigma personal. Pero lo es, con excesiva frecuencia.

El criterio del ingeniero no puede desarrollarse, obviamente, sin una consideración de los factores económicos involucrados, pero éstos resultan siempre de una amplitud y balance que trasciende enormemente la consideración única o preponderante del costo inicial de la misma construcción. Así, un análisis tan incompleto de los factores económicos puede y suele producir serios inconvenientes en los resultados finales de los esfuerzos de la Nación.

Es claro que nadie es partidario de gastar el presupuesto nacional en números mayores que lo necesario en cada caso, pero el gasto necesario raramente coincide con la mínima inversión inicial. Suele ser mayor, por tener que tomar en cuenta otros factores. De esta manera, el criterio del costo inicial mínimo ha llevado a México y a muchos países a infraestructuras deficientes en muchos casos; no preparadas para un futuro uso y crecimiento y, a veces, con un funcionamiento defectuoso en lo construido con alto costo y gran sacrificio.

Construidos los pavimentos deben conservarse y operar para cumplir sus fines de propiciar un óptimo transporte. Conservarse, no quiere decir tenerlos siempre flamantes como el día de su estreno. México crece y progresa y lo que se hace para cubrir un servicio que va a durar mucho más de lo que suele considerarse el periodo de vida útil de una obra, deberá cubrir en cualquier futuro fines cada vez más amplios en lo cualitativo y en lo cuantitativo; esta es experiencia del pasado. Conservar una carretera, quiere decir mantenerla todos esos años en la misma calidad de servicio, haciendo frente a una demanda sin duda creciente y muy frecuentemente, grandemente creciente. Este hecho, puede y debe ser previsto en el proyecto inicial.





### 3.1.1 PAVIMENTO

El pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo de terraplén. Existen dos tipos de pavimentos: los flexibles (de asfalto) y los rígidos (de concreto hidráulico). La diferencia entre estos tipos de pavimentos es la resistencia que presentan a la flexión.

### 3.2 TIPOS DE PAVIMENTOS.

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

*El pavimento rígido* se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

*El pavimento flexible* resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento esta compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

*Terracería.* Se llama terracería al conjunto de obras compuestas de cortes y terraplenes, formadas principalmente por la sub-rasante y el cuerpo del terraplén, constituida generalmente por materiales no seleccionados y se dice que es la subestructura del pavimento. Cuando se va a construir un camino que presente un TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) mayor a 5000 vehículos, es necesario que se construya bajo la sub-rasante una capa conocida como sub-yacente; la cual deberá tener un espesor mínimo de 50 cm.

### 3.3 FUNCIONES DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

#### 3.3.1 PAVIMENTO FLEXIBLE

##### 3.3.1.1 La subbase granular.

- Función Económica. Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo., es preferible distribuir las



capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante, resultar más económica.

- Capa de transición. La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.
- Disminución de las deformaciones. Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
- Resistencia. la subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de Los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante.
- Drenaje. En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

### **3.3.1.2 La base granular.**

- Resistencia. La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.
- Función económica. Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.
- Superficie de rodamiento. La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
- Impermeabilidad. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.



- **Resistencia.** Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

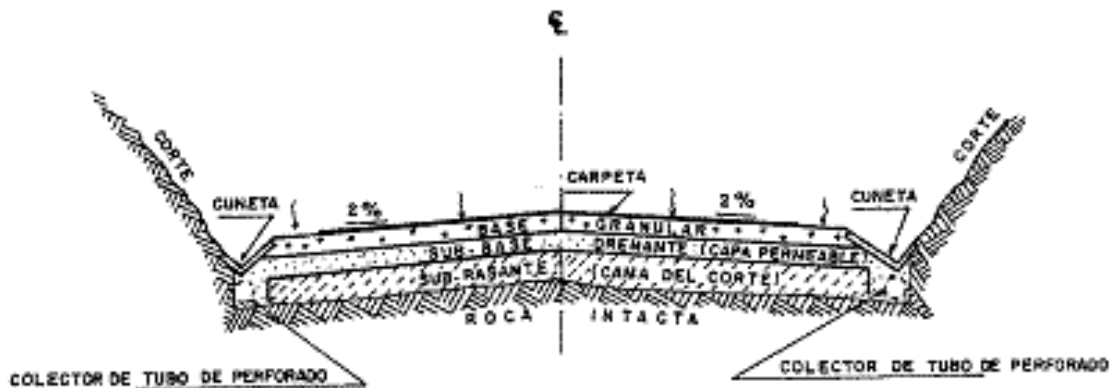


Ilustración 27. Sección de Pavimento

### 3.3.2 PAVIMENTOS RIGIDOS.

#### **3.3.2.1 La subbase**

- La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licua el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.
- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.
- Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.



### 3.3.2.2 Losa de concreto

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen.

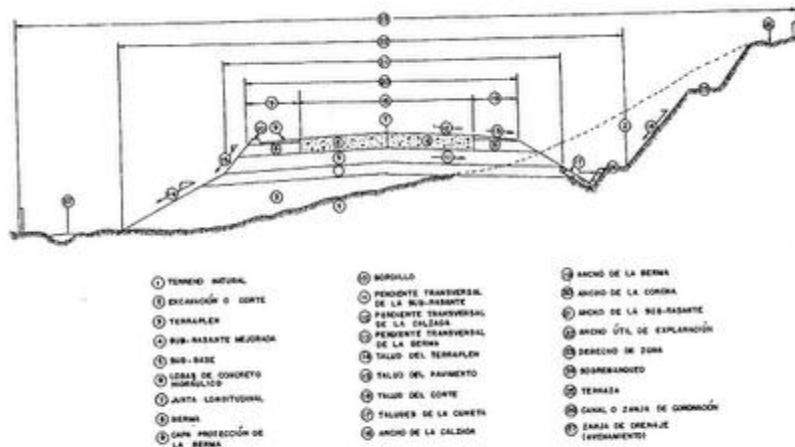


Figura 1.2 - Sección típica de un pavimento rígido.

Ilustración 29. Sección Pavimento Rígido

## 3.4 MÉTODOS DE DISEÑO.

### 3.4.1.- Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Desde hace aproximadamente tres décadas, los proyectistas de carreteras han contado en México con un método de diseño para pavimentos desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, a petición de la entonces Secretaría de Obras Públicas, luego SAHOP y ahora SCT. Este método partió del análisis de datos experimentales en tramos de prueba, en carreteras en servicio, de investigación teórica y de experimentación en laboratorio en la pista circular de pruebas, que influyó más recientemente en sucesivos perfeccionamientos. Actualmente el método está preparado para ser manejado con la ayuda de gráficas, con calculadoras programables o con la ayuda del cómputo. El conjunto del trabajo de años del Instituto de ingeniería de la UNAM se encuentra en la publicación No. 444 de dicha institución que data de 1981, pero en este trabajo sólo se hará una breve glosa de la metodología de trabajo, correspondiente a la utilización de gráficos, nomogramas y ecuaciones de diseño.



Este método considera como datos de entrada básicos el tipo de carretera, el número de carriles, la vida de proyecto, el tránsito diario promedio anual (TDP), tasa de crecimiento y variables adicionales sobre características del terreno y materiales, así como de climas, nivel freático y precipitación pluvial. Como guía para el proyectista, se recomienda la estimación de un Valor Relativo de Soporte crítico (VRS) para las condiciones previamente dadas (Tabla 24).

Profundidad del nivel freático con relación al nivel de la capa considerada**, en m	$\widehat{VRS}_z$ , en porcentaje, mínimo probable***					
	Arena no plástica	Arcilla arenosa IP = 10	Arcilla arenosa IP = 20	Arcilla limosa IP = 30	Arcilla activa IP $\geq$ 40	Limo
0.6	8-10	5-6	4-5	3-4	2-3	1
1.0	25	6-8	5-6	4-5	3-4	2-3
1.5	25	8-10	6-8	5-6	3-4	
2.0	25	8-10	7-9	5-6	3-4	
2.5	25	8-10	8-10	6-8	4-5	
3.0	25	25	8-10	7-9	4-5	Se requieren pruebas de laboratorio
3.5	25	25	8-10	8-10	4-5	
5.0	25	25	8-10	8-10	5-6	
7.0	25	25	8-10	8-10	7-9	

\* Adaptación de la tabla 2 de "Road Note 31", tercera edición, Transport and Road Research Laboratory, Her Majesty's Stationery Office, Londres, 1977 (ref 8).

\*\* De acuerdo con la variación estacional debe elegirse el nivel freático más alto.

\*\*\* Esta tabla se incluye únicamente con carácter cualitativo, y se refiere a  $\widehat{VRS}_z$  mínimos. En todos los casos se deben de realizar pruebas de campo y ensayos de laboratorio para estimar el valor de diseño. El mínimo probable corresponde al caso de subrasantes colocadas bajo pavimentos impermeables.

**Tabla 20.- VALOR RELATIVO DE SOPORTE CRÍTICO ESTIMADO PARA ELDE PAVIMENTOS, PARA SUBRASANTES COMPACTADAS 95% DEL VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO PROCTOR.**

En esta tabla se muestran valores estimados de (VRS crítico) exclusivamente para materiales de subrasante, dependiendo de algunos tipos de materiales, sus índices plásticos y diferentes profundidades del nivel freático.

Se requieren adicionalmente pruebas de laboratorio confiables, para una mejor comprensión del comportamiento de las terracerías y demás capas a diseñar, debiendo realizarse para cada material propuesto y disponible, pruebas con tres diferentes energías de compactación; esto es, baja (AASHTO estándar) compactación intermedia y alta energía (AASHTO modificada).

Encontrando la humedad óptima y teniendo normado el porcentaje de compactación que se especifique en el proyecto y dependiendo del control de la construcción, se indicará un rango de variación de humedad respecto al óptimo.



Paralelamente el laboratorio deberá reportar los valores de resistencia en VRS para cada tipo de material a utilizar.

Con el conjunto anterior, se encontrará una zona que reflejará las condiciones esperadas para la subrasante, encontrándose, en función de la humedad crítica esperada, el valor crítico de (VRS) de diseño (ver Figura 1.1).

En función del VRS crítico obtenido para la subrasante, por experiencia se asignará un valor menor para el cuerpo del terraplén, del orden del 60% obtenido para la subrasante.

Para obtener el VRS crítico de las capas restantes, esto es la subbase y base, el método emplea la siguiente ecuación, en donde interviene un coeficiente de variación estimado (v) entre 0.2 y 0.3, debido a cambios posibles del material, procedimiento constructivo, etc. Lo anterior, siempre tenderá a disminuir el VRS de campo promedio, que como ya se dijo cubrirá incertidumbres tanto de la prueba de valor relativo de soporte como de los materiales, redundando en lo que se conoce como factor de seguridad.

$$\text{VRS crítico} = \text{VRS} (1 - 0.84v)$$

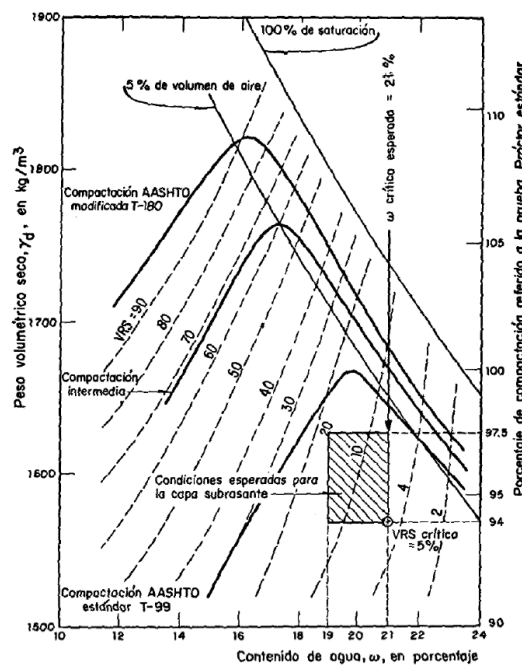


Ilustración 30. Ejemplo relaciones peso volumétrico seco – contenido de agua - VRS, para un suelo arcilloso.

El segundo paso contemplado en el método, consiste en la información y procesamiento de los datos del tránsito, partiendo del TDPA inicial, su tasa de crecimiento en porcentaje anual y la composición vehicular detallada,



considerando desde los automóviles y vehículos ligeros hasta los vehículos más pesados de carga. Se hace notar que el método contempla en este análisis los porcentajes de vehículos pesados, tanto cargados con carga legal, como totalmente vacíos.

Para el análisis del tránsito equivalente acumulado ( $\sum L$ ), el método inicia el cálculo de los coeficientes de daño a diferentes profundidades de la estructura del pavimento, lo cual podrá procesarse con el empleo de las tablas del Apéndice E del método de diseño original del Instituto de Ingeniería, reporte No. 444 o con la ecuación general No. 1.1 incluida en este trabajo. Se deberá calcular el coeficiente de daño de cada vehículo tanto en condiciones de carga reglamentada y vacíos, para profundidades de  $Z = 0$  cm para obtener los ejes equivalentes en carpeta y base, y  $Z = 30$  cm para el resto de la sección.

$$\log d_i = \frac{\log \sigma_{z(i)} - \log \sigma_{z(eq)}}{\log A} = \frac{\log(pF_{z(i)}) - \log(5.8F_z)}{\log A}$$

Donde:

$d_i$  = Coeficiente de daño equivalente en la capa  $i$ .

$\sigma_z$  = Esfuerzo a la profundidad  $z$ , en Kg/cm<sup>2</sup>.

$p$  = Peso del eje, en Kg.

$F_z$  = Coeficiente de influencia de Boussinesq a la profundidad  $z$ .

$A$  = Constante experimental.

$z$  = Profundidad en cm.

5.8 = Presión de contacto de la llanta en Kg/cm<sup>2</sup>.

Al obtenerse los coeficientes de daño para todos y cada uno de los vehículos vacíos y cargados a las profundidades  $Z = 0$  y  $Z = 30$ , el proyectista deberá multiplicar éstos por la composición del tránsito en porcentaje. Con ello se obtendrá el Número de ejes equivalentes para cada vehículo y para cada profundidad. Al efectuar la sumatoria de tales valores en el carril de proyecto por el coeficiente de acumulación del tránsito  $C_T$  (y por el valor de TDPA inicial, se obtendrá el tránsito equivalente acumulado  $\Sigma L$  para las capas de carpeta y base, y subbase y terracerías respectivamente

$$C_T = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1} = 365 \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \quad (1.2)$$

Donde:



$C_T$  = Coeficiente de acumulación del tránsito.

$n$  = Años de servicio.

$r$  = Tasa de crecimiento anual.

Finalmente el método presenta un procedimiento sencillo para obtener los espesores equivalentes de diseño de la sección estructural del pavimento, procedimiento que incluye varios nomogramas que están en función del nivel de confianza  $Q_u$  que se elija, el Valor Relativo de Soporte Crítico de cada capa y el tránsito equivalente acumulado en ejes sencillos de 8.2 ton en el carril de proyecto, Figuras 1.3 y 1.4.

Con los nomogramas citados, el proyectista podrá obtener los espesores equivalentes para cada capa a las profundidades  $Z_N$ , tomando en cuenta coeficientes de resistencia estructural recomendados  $a_i$ , que considera 1 cm de asfalto equivalente a 2 cm de grava.





CARRETERA :

HOJA: /

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS O VACIOS		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADOS O VACIOS	COEFICIENTES DE DAÑO		NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES DE 8.2 ton	
	①	②		③ = ① x ②	④ CARPETA Y BASE Z = _____	⑤ SUB-BASE Y TERRACERIAS Z = _____	⑥ = ③ x ④	⑦ = ③ x ⑤
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
		CARGADOS						
		VACIOS						
<b>SUMAS</b>	1.000	—		1.000			<b>EJES EQUIVALENTES PARA TRANSITO UNITARIO</b> ⑧	
<b>COEFICIENTE DE ACUMULACION DEL TRANSITO, <math>C_T = \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365</math></b> n = AÑOS DE SERVICIO = _____ T = TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRANSITO = _____ %					<b>TDPA INICIAL EN EL CARRIL DE PROYECTO</b> ⑨			
<b>TDPA = TRANSITO DIARIO MEDIO ANUAL = _____</b>					<b>CD CARRIL PROYECTO = _____</b>		<b><math>C_T</math></b> ⑩	
					<b><math>\Sigma L</math> ⑪ = ⑧ x ⑨ x ⑩</b>			

Tabla 21. cálculo del tránsito equivalente acumulado ( $\Sigma L$ ).



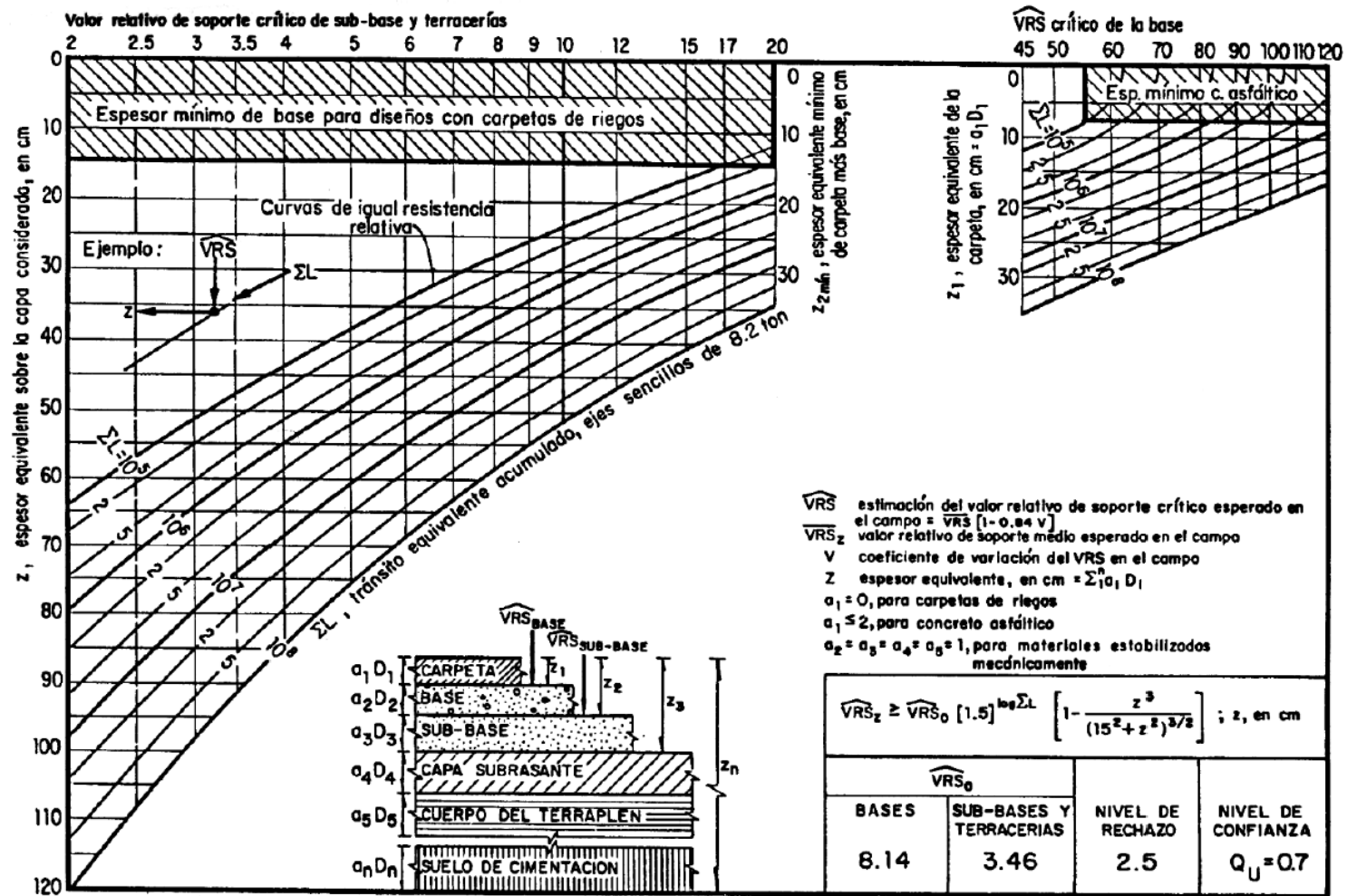


Ilustración 31. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible.



FIGURA 1.4.

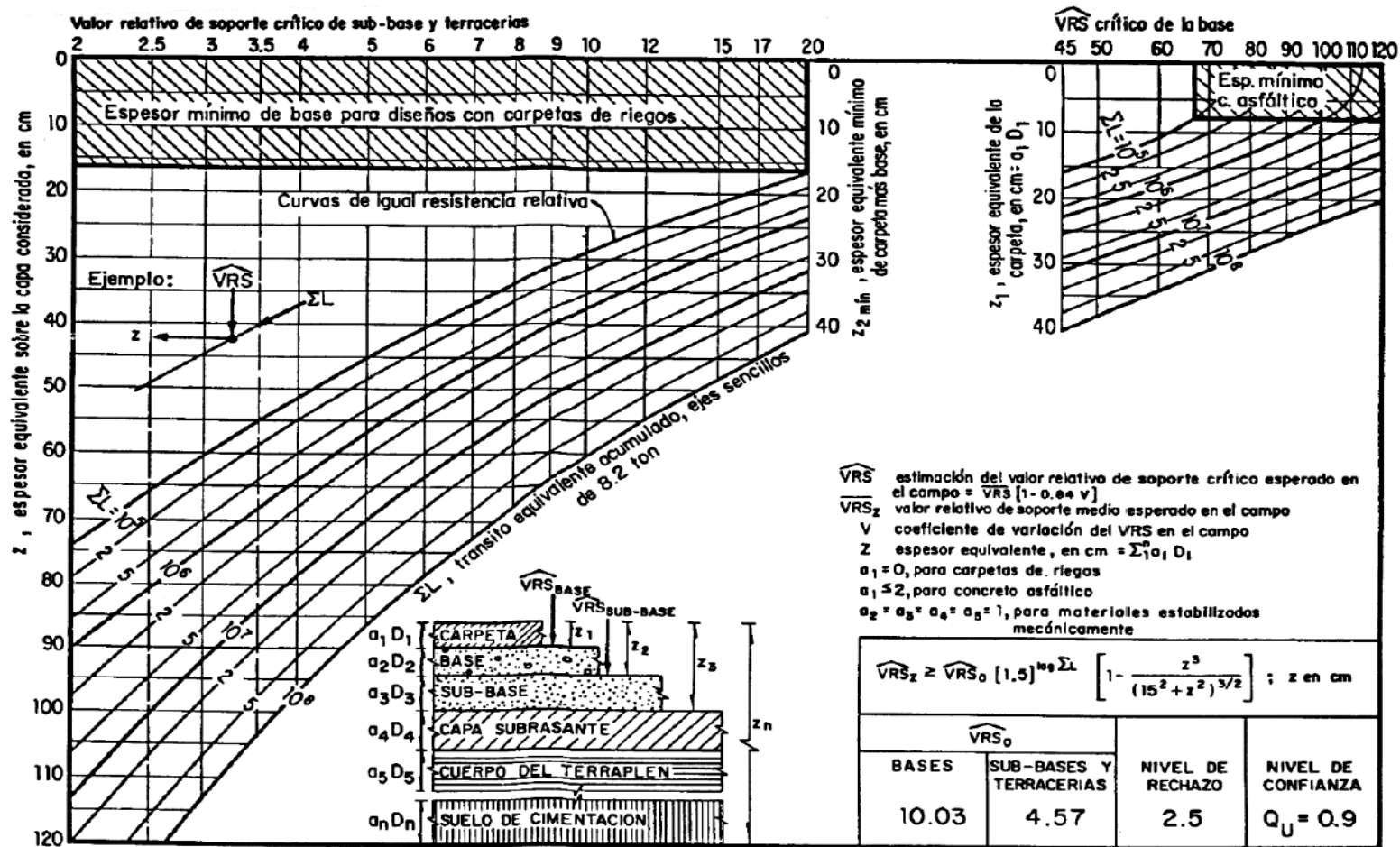


Ilustración 32. Gráfica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible.



### 3.4.2.- Método de diseño AASHO.

Los procedimientos involucrados en el actual método de diseño, versión 1993, están basados en las ecuaciones originales de la AASHO que datan de 1961, producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese organismo entre el método original y su versión más moderna, además de incluir experiencias de otras dependencias y consultores independientes.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga solicitado. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general y la gráfica de la Figura 4.1, que involucra los siguientes parámetros:

El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado, “ $W_{18}$ ”.

El parámetro de confiabilidad, “ $R$ ”.

La desviación estándar global, “ $S_o$ ”.

El módulo de resiliencia efectivo, “ $M_r$ ” del material usado para la subrasante.

La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados, “ $\Delta PSI$ ”.

#### 4.1.1.-Tránsito.

Para el cálculo del tránsito, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb (8.2 ton) acumulados durante el período de diseño, por lo que no ha habido grandes cambios con respecto a la metodología original de AASHTO.

Solamente se aconseja que para fines de diseño en “etapas o fases” se dibuje una gráfica donde se muestre año con año, el crecimiento de los ejes acumulados (ESAL) vs tiempo, en años, hasta llegar al fin del período de diseño o primera vida útil del pavimento. La ecuación siguiente puede ser usada para calcular el parámetro del tránsito  $W_{18}$  en el carril de diseño.

$$W_{18} = D_D * D_L * \overline{W}_{18} \quad (4.1)$$

Donde:



$W_{18}$  = Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

$D_D$  = Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

$W_{18}$  = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

$D_L$  = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido. Se recomiendan los siguientes valores:

Nº CARRILES EN CADA SENTIDO	PORCENTAJE DE $W_{18}$ EN EL CARRIL DE DISEÑO
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4 o más	50 - 75

Tabla 22. Factor de distribución por carril.

Una vez calculados los ejes equivalentes acumulados en el primer año, el diseñador deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados y así contar con un parámetro de entrada para la ecuación general o para el nomograma de la Figura 4.1. Es importante hacer notar que la metodología original de AASHTO usualmente consideraba períodos de diseño de 20 años; en la versión actual de 1993, recomienda los siguientes períodos de diseño en función del tipo de carretera:

TIPO DE CARRETERA:	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 - 20 años

Tabla 23. Períodos de diseño en función del tipo de carretera.



#### 4.1.2- Confiabilidad “R”.

Con el parámetro de Confiabilidad “R”, se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño. Se consideran posibles variaciones en las predicciones del tránsito en ejes acumulados y en el comportamiento de la sección diseñada.

El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios.

* NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL:	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

Tabla 24. Valores de “r” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales.

Desviación estándar global “S<sub>o</sub>”.

Este parámetro está ligado directamente con la Confiabilidad (R), descrita en el punto (4.1.2.); habiéndolo determinado, en este paso deberá seleccionarse un valor S<sub>o</sub> “Desviación Estándar Global”, representativo de condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Valores de “S<sub>o</sub>” en los tramos de prueba de AASHO no incluyeron errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos, fue de 0.25 para pavimentos rígidos y 0.35 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de 0.35 y 0.45 para pavimentos rígidos y flexibles respectivamente.





## Módulo de Resiliencia efectivo.

91

En el método actual de la AASHTO, la parte fundamental para caracterizar debidamente a los materiales, consiste en la obtención del Módulo de Resiliencia, con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa subrasante (Método AASHTO T-274), con muestras representativas (esfuerzo y humedad) que simulen las estaciones del año respectivas. El módulo de Resiliencia “estacional” será obtenido alternadamente por correlaciones con propiedades del suelo, tales como el contenido de arcilla, humedad, índice plástico, etc.

Finalmente, deberá obtenerse un “módulo de resiliencia efectivo”, que es equivalente al efecto combinado de todos los valores de módulos estacionales.

Para la obtención del módulo estacional, o variaciones del  $M_r$  a lo largo de todas las estaciones del año se ofrecen dos procedimientos: uno, obteniendo la relación en el laboratorio entre el módulo de resiliencia y el contenido de humedad de diferentes muestras en diferentes estaciones del año y, dos, utilizando algún equipo para medición de deflexiones sobre carreteras en servicio durante diferentes estaciones del año.

Sin embargo, para el diseño de pavimentos flexibles, únicamente se recomienda convertir los datos estacionales en módulo de resiliencia efectivo de la capa subrasante, con el auxilio de la Figura 4.7 que proporciona un valor sopesado en función del “daño equivalente anual” obtenido para cada estación en particular. También puede utilizarse la siguiente ecuación:

$$U_f = 1.18 \times 10^8 * M_R^{-2.32} \quad (4.2)$$

Donde:

$U_f$  = Daño relativo en cada estación (por mes o quincenal).

$M_R$  = Módulo de Resiliencia de la capa subrasante, obtenido en laboratorio o con deflexiones cada quincena o mes.

Y por último:

$$\bar{U}_f = \text{promedio de daño relativo} = \frac{\sum U_f}{n}$$

por lo que el

$M_R$  efectivo, será el que corresponda al  $U_f$  promedio (Ecuación 4.2).



#### 4.1.5.-Pérdida o diferencia entre índices de servicio inicial y terminal.

92

El cambio o pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:

PSI = Índice de Servicio Presente

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (4.3)$$

Donde:

$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal deseado.

$p_o$  = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para flexibles).

$p_t$  = Índice de servicio terminal, para el cual AASHTO maneja en su versión 1993 valores de 3.0, 2.5 y 2.0, recomendando 2.5 ó 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.

Se hace notar que aún en la versión actual, AASHTO no ha modificado la escala del índice de servicio original de 0 a 5 para caminos intransitables hasta carreteras perfectas, respectivamente. Sin embargo, se sugiere que el criterio para definir el índice de servicio terminal o mínimo de rechazo (menor índice tolerado antes de realizar alguna operación de rehabilitación, reencarpetado o reconstrucción) esté en función de la aceptación de los usuarios de la carretera.

Para el caso de diseños de pavimentos en climas muy extremos, en especial los fríos, la guía de diseño del método actual recomienda evaluar adicionalmente la pérdida del índice de servicio original y terminal debida a factores ambientales por congelamiento y deshielo, que producen cambios volumétricos notables en la capa subrasante y capas superiores de la estructura del pavimento. En tales casos, el diseñador deberá remitirse al método AASHTO 1993, capítulo 2.1.4.

#### .- Determinación de espesores por capas.

Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, utilizando el gráfico o la ecuación general básica de diseño, (Figura 4.1) donde se involucraron los parámetros anteriormente descritos (tránsito, R,  $S_o$ ,  $M_R$ ,  $\Delta PSI$ ), se requiere ahora determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original. La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta, base y





subbase, haciéndose notar que el actual método de AASHTO, versión 1993, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (4.4)$$

**Donde:**

$a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y subbase respectivamente.

$D_1$ ,  $D_2$  y  $D_3$  = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente, en pulgadas.

$m_2$  y  $m_3$  = Coeficientes de drenaje para base y subbase, respectivamente.

Para la obtención de los coeficientes de capa  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  deberán utilizarse las Figuras 4.2 a 4.6, en donde se representan valores de correlaciones hasta de cinco diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Elástico, Texas Triaxial, R - valor, VRS y Estabilidad Marshall.

---

Para carpeta asfáltica.	( $a_1$ )	Figura 4.2
Para bases granulares.	( $a_2$ )	Figura 4.3
Para subbases granulares.	( $a_3$ )	Figura 4.4
Para bases estabilizadas con cemento.		Figura 4.5
Para bases estabilizadas con asfalto.		Figura 4.6

---

Para la obtención de los coeficientes de drenaje,  $m_2$  y  $m_3$ , correspondientes a las capas de base y subbase respectivamente, el método actual de AASHTO se basa en la capacidad del drenaje para remover la humedad interna del pavimento, definiendo lo siguiente:



CALIDAD DEL DRENAJE:	AGUA REMOVIDA EN:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	agua no drena

Tabla 25. Capacidad del drenaje para remover la humedad.

En la Tabla 30 se presentan los valores recomendados para m2 y m3 (bases y subbases granulares sin estabilizar) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Calidad del Drenaje	Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación			
	Menor del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 26. valores mi recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases y subbases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.

Para capas estabilizadas con cemento o asfalto y para la superficie de rodamiento elaborada con concreto asfáltico, el método no considera un posible efecto por el drenaje, por lo que en la ecuación de diseño sólo intervienen valores de m2 y m3 y no se asigna valor para m1 correspondiente a la carpeta.

Para el cálculo de los espesores D1, D2 y D3 (en pulgadas), el método sugiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en ejes equivalentes sencillos acumulados:



TRÁNSITO (ESAL's) EN EJES EQUIVALENTES	CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO	BASES GRANULARES
Menor de 50,000	1.0 ó T.S.	4.0
50,001 - 150,000	2.0	4.0
150,001 - 500,000	2.5	4.0
500,001 - 2'000,000	3.0	6.0
2'000,001 - 7'000,000	3.5	6.0
Mayor de 7'000,000	4.0	6.0

T.S. = Tratamiento superficial con sellos.

Tabla 26. Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes.

#### 4.3.- Análisis del diseño final con sistema multicapa.

Deberá reconocerse que para pavimentos flexibles, la estructura es un sistema de varias capas y por ello deberá diseñarse de acuerdo a ello. Como ya se describió al principio del método, el “número estructural SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén es lo primero a calcularse. De la misma manera deberá obtenerse el número estructural requerido sobre las capas de la subbase y base, utilizando los valores de resistencia aplicables para cada uno. Trabajando con las diferencias entre los números estructurales que se requieren sobre cada capa, el espesor máximo permitido de cualquier capa puede ser calculado. Por ejemplo, el número estructural máximo permitido para material de la capa de subbase, debe ser igual al número estructural requerido sobre la subbase restado del SN requerido sobre la subrasante.

El Método AASHTO recomienda el empleo de la siguiente figura y ecuaciones:

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \qquad D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 = a_1 D_1 \geq SN_1$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$



$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

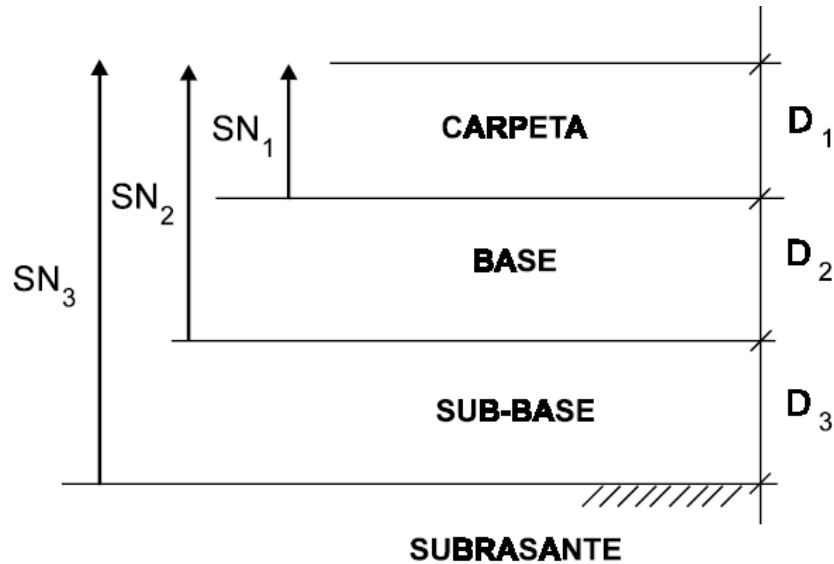


Tabla 27.Recomendación de AASHTO.

Con todo lo anterior queda configurada la sección estructural de proyecto para pavimento flexible.



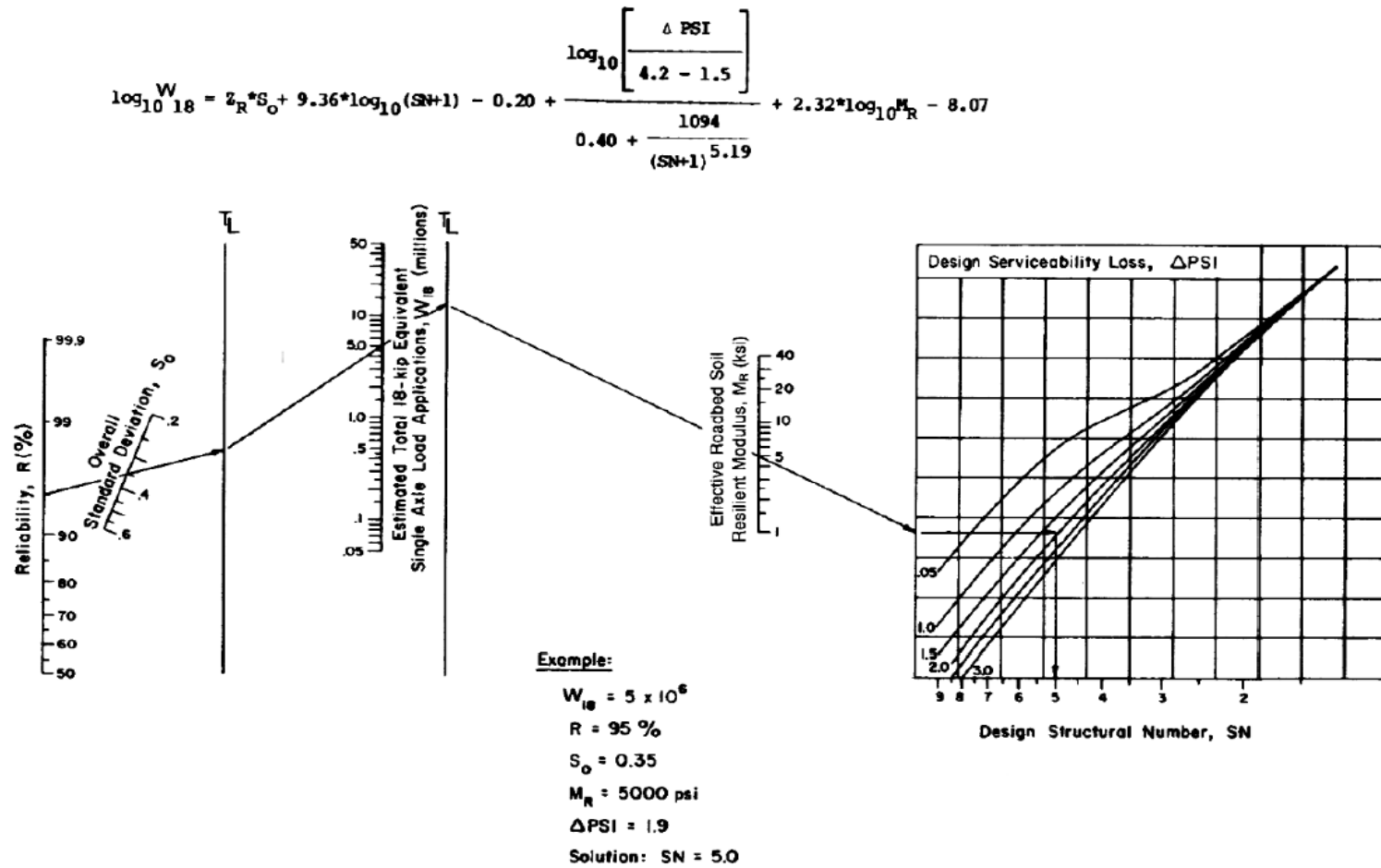


Ilustración 33. Gráfica de diseño para estructuras de pavimento flexible.



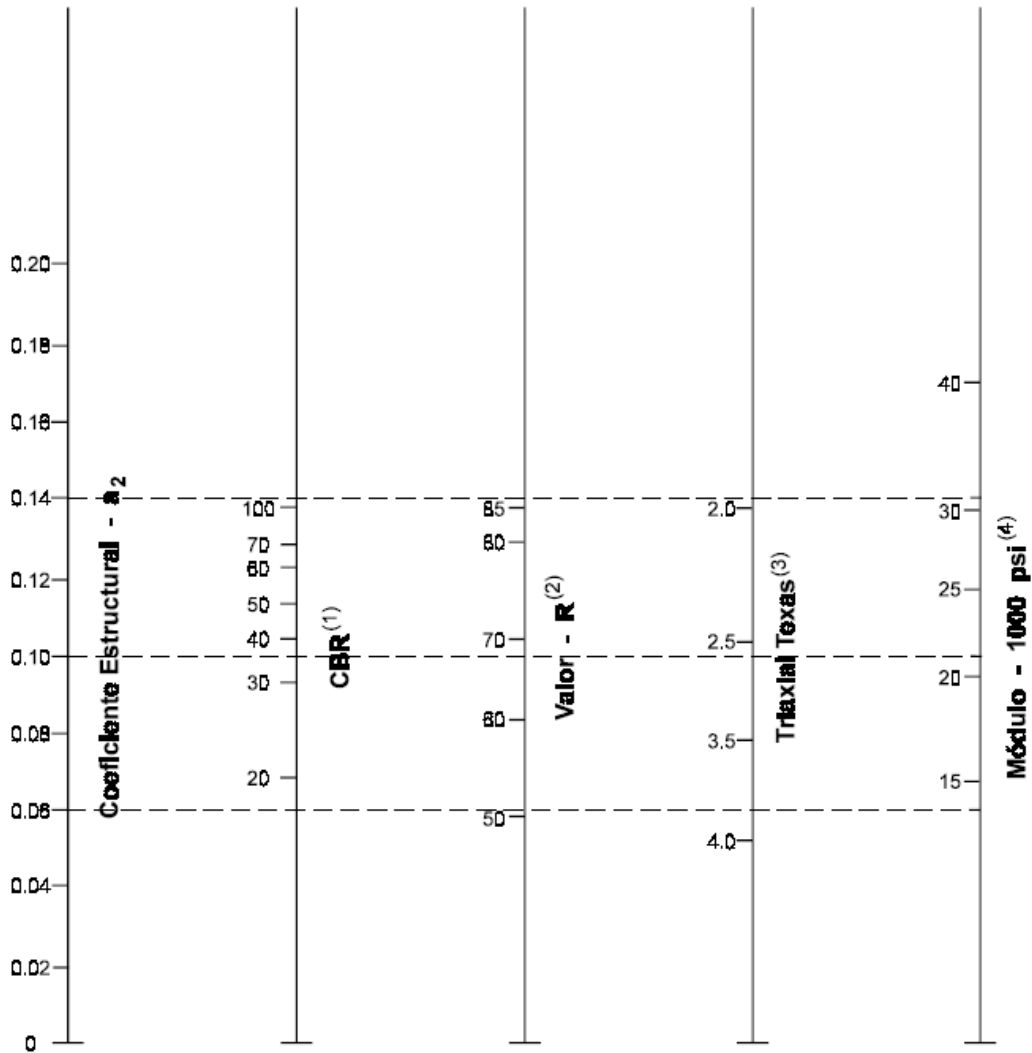


Ilustración 34. variación de los coeficientes de capa "a2", en bases granulares

- (1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.



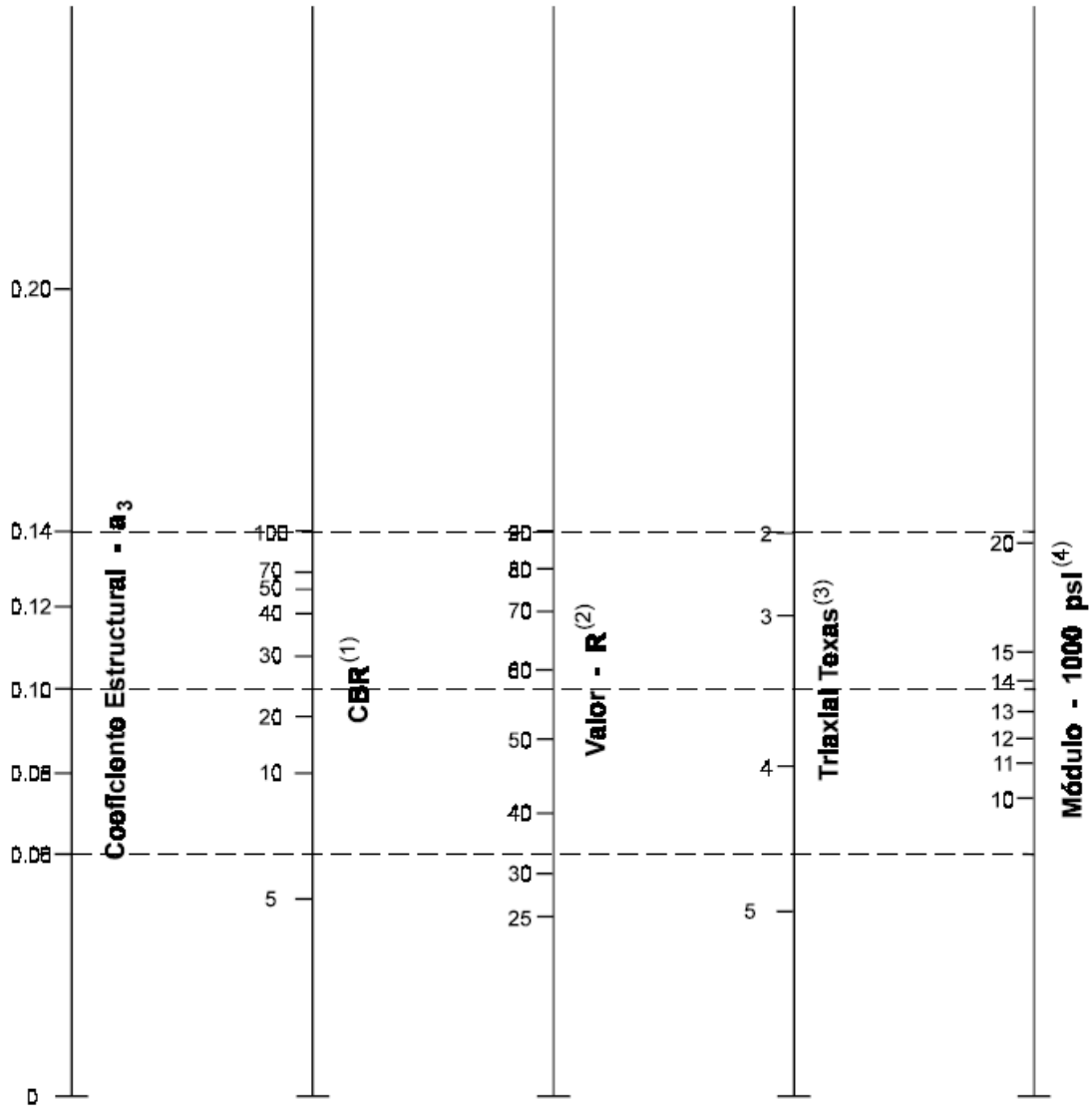
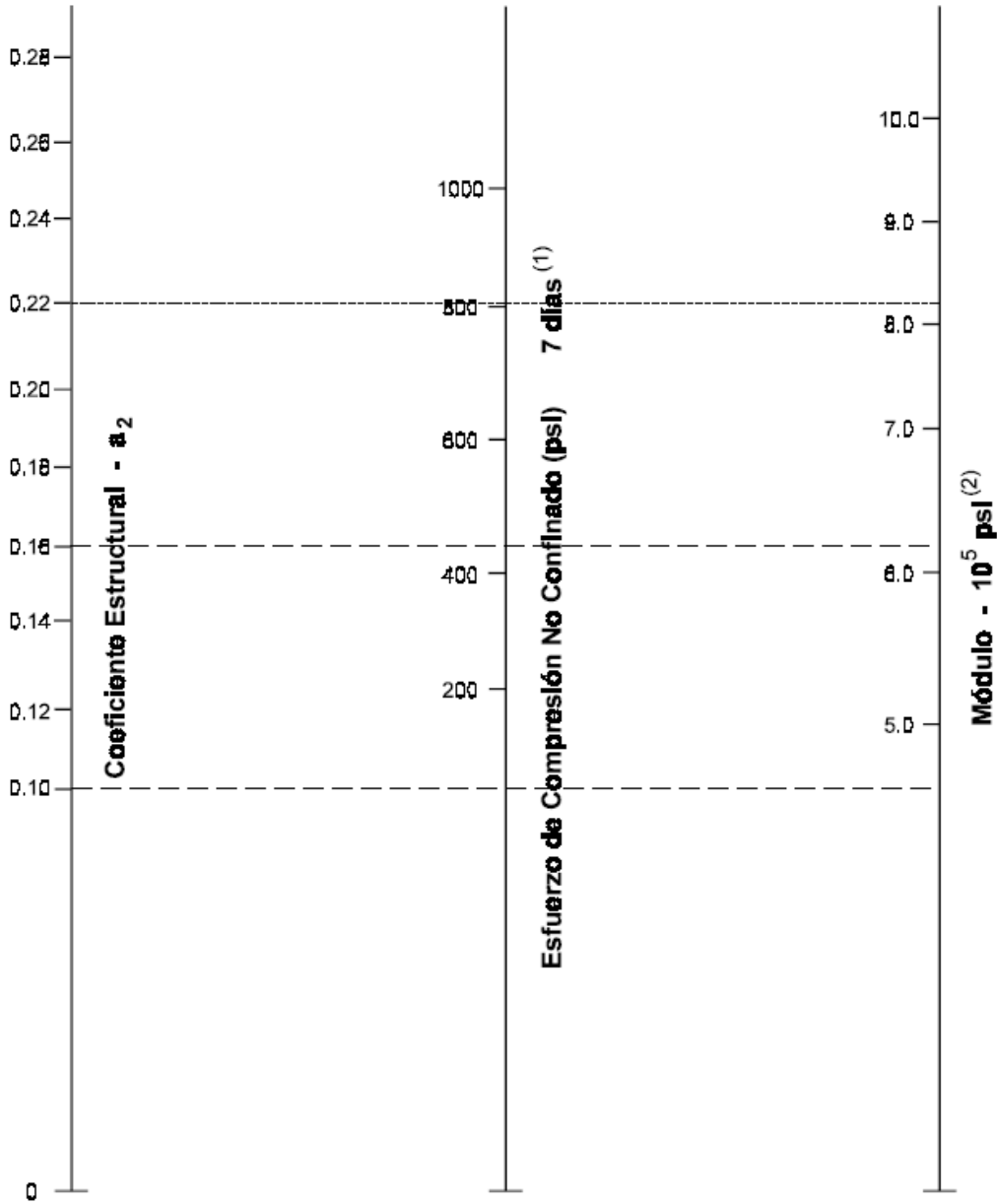


Ilustración 35. variación de los coeficientes de capa "a3", en subbases granulares.

- (1) Escala derivada de correlaciones de Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones obtenidas del Instituto del Asfalto, California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.





- (1) Escala derivada por correlaciones promedio obtenidas de Illinois, Louisiana y Texas.
- (2) Escala derivada del proyecto (3) del NCHRP.

Ilustración 36. variación de los coeficientes de capa "a2", en bases estabilizadas con cemento portland.





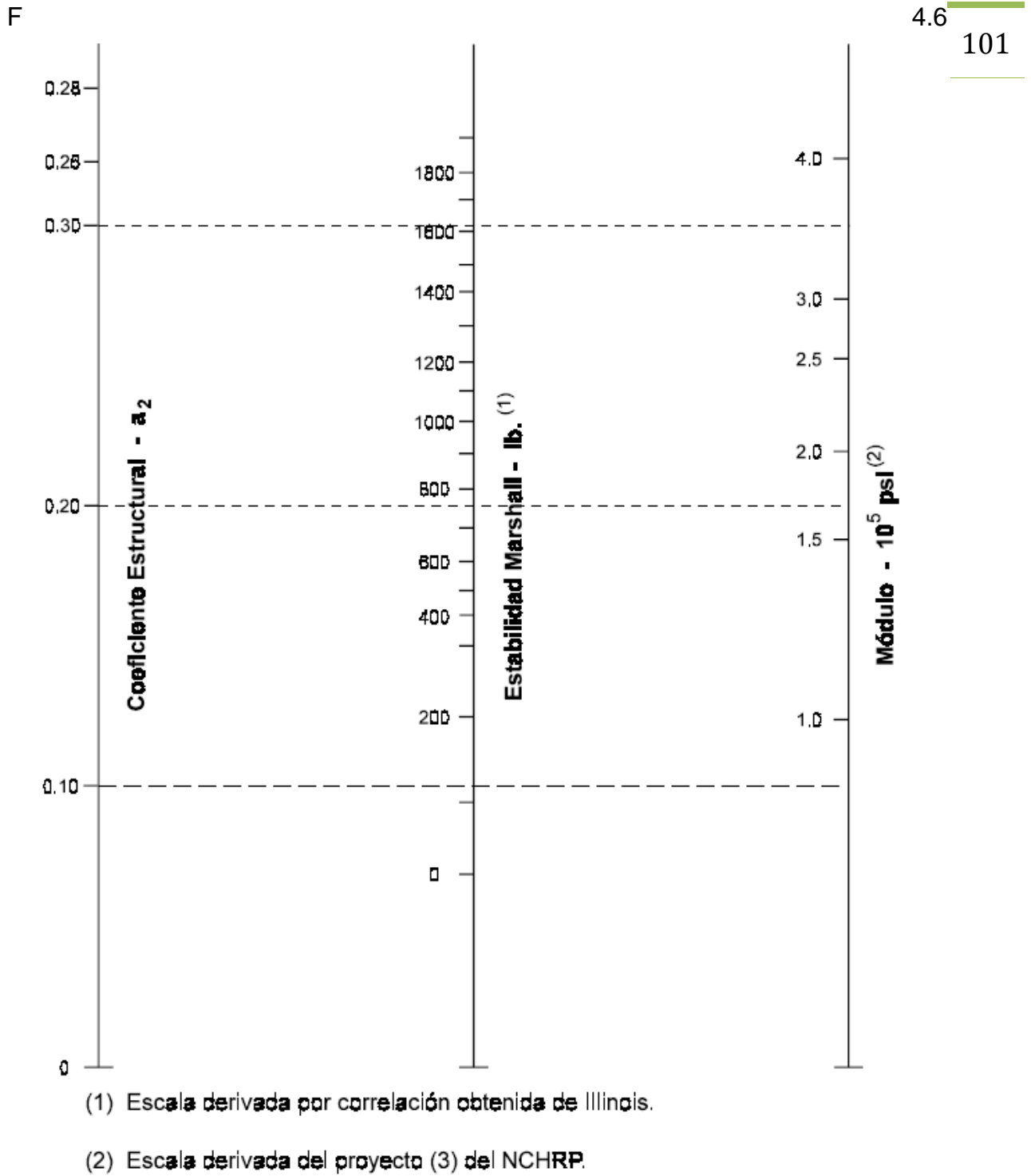


Ilustración 37. - variación de los coeficientes de capa "a2", en bases estabilizadas con asfalto.



Mes	Módulo de Resiliencia de la Subrasante $M_R$ (psi)	Daño Relativo $U_f$
Ene.		
Feb.		
Mar.		
Abr.		
May.		
Jun.		
Jul.		
Ago.		
Sep.		
Oct.		
Nov.		
Dic.		
<b>Sumatoria:</b>	$\Sigma U_f =$	

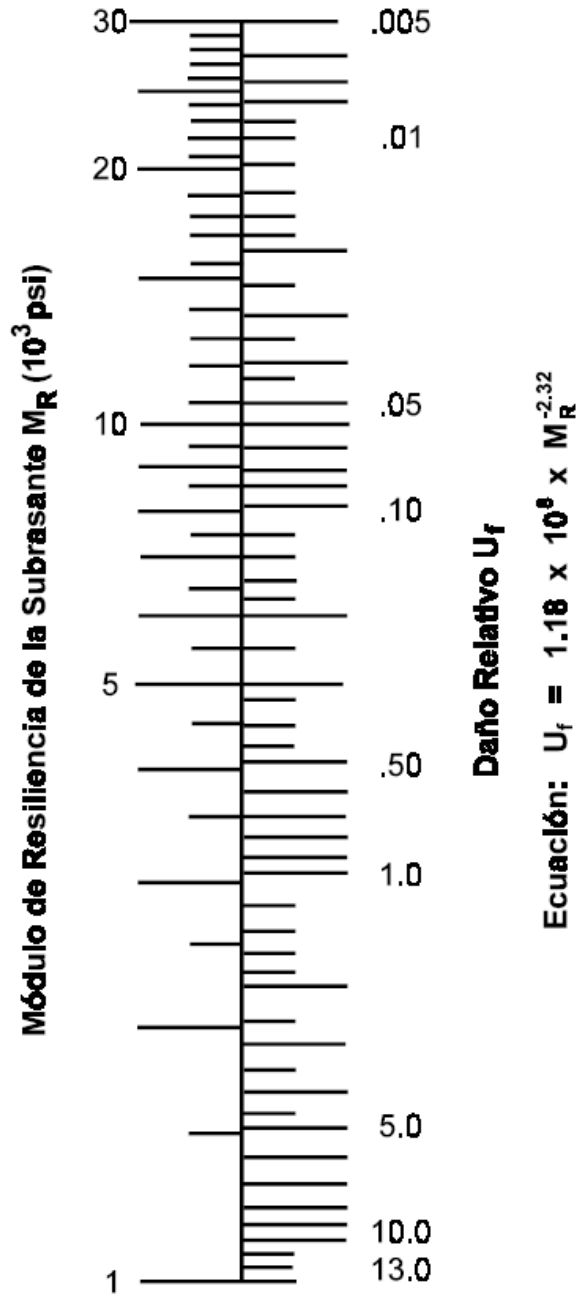


Ilustración 38 formato para calcular el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante en pavimentos flexibles.



## CAPITULO IV. ELABORACION DE PROYECTO

### Estimación de Transito.

La obra propuesta es para generar una alternativa de movilidad interna tanto de acceso y salida de las viviendas colindantes al río, como del centro de la población hacia las avenidas primarias tanto a la Ave. Del Ferrocarril, como a la Carretera Estatal No. 200, ya que actualmente la única salida hacia estas vialidades es la calle Emiliano Zapata, vialidad en dos sentidos de circulación y por donde circula el transporte público, sin tener la sección adecuada para ese nivel de servicio.

La mayor concentración de vehículos por la calle Emiliano Zapata son de las 7:30 horas a las 9:00 horas por traslados a las fuentes de trabajo y escuelas; de las 12:00 a las 14:30 horas y de las 19:00 a 21:30 horas. La Velocidad promedio de circulación es de 35 Kms/hora para cualquier tipo de vehículo, por el tipo de sección.

### SISTEMA VIAL PROPUESTO POR EL PLAN MUNICIPAL DE DESARROLLO



Ilustración 39. Ubicación de la vialidad



*Urbanización del camino paralelo al río Querétaro en el tramo de la avenida Ricardo Avendaño al Pan de dulce, la Cañada, El Marques, Qro.*

Se realizo el Aforo Vehicular dentro de los horarios pico por la mañana de la 104 avenida para conocer la cantidad de vehículos que se espera transiten por la nueva avenida. (Ver Tabla).

24-feb-12	am	sm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales	10-ago-11	am	sm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales	20-jun-11	am	sm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales
	7:00-7:15		62	12		74		7:00-7:15		60	10		70		7:00-7:15		62	12		74
	7:15-7:30		75	11		86		7:15-7:30		76	12	2	90		7:15-7:30		75	11		86
	7:30-7:45		86	11		97		7:30-7:45		83	12		95		7:30-7:45		86	11		97
	7:45-8:00		54	12	2	68		7:45-8:00		48	15		63		7:45-8:00		54	12	2	68
	8:00-8:15		51	11		62		8:00-8:15		52	10		62		8:00-8:15		51	11		62
	8:15-8:30		88	11	3	102		8:15-8:30		91	12	5	108		8:15-8:30		88	11	3	102
	8:30-8:45		85	11		96		8:30-8:45		86	9		95		8:30-8:45		85	11		96
	8:45-9:00		56	15	2	73		8:45-9:00		62	15		77		8:45-9:00		56	15	2	73
	9:00-9:15		56	3		65		9:00-9:15		53	11		70		9:00-9:15		56	3		65
	9:15-9:30		48	8		56		9:15-9:30		41	3	3	53		9:15-9:30		48	8		56
			661	111	7					658	115	10					661	111	7	

24-feb-12	pm	pm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales	10-ago-11	pm	pm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales	20-jun-11	pm	pm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales
	12:00-12:15		80	14		94		12:00-12:15		75	12	2	89		12:00-12:15		78	11	1	90
	12:15-12:30		75	13	5	93		12:15-12:30		76	15		91		12:15-12:30		72	12		84
	12:30-12:45		58	12		70		12:30-12:45		60	11		71		12:30-12:45		61	10		71
	12:45-13:00		56	18	1	75		12:45-13:00		50	15	5	70		12:45-13:00		52	15		67
	13:00-13:15		56	8	1	65	340	13:00-13:15		49	11		60		13:00-13:15		61	3		70
	13:15-13:30		91	19		110		13:15-13:30		95	17	1	113		13:15-13:30		105	15		120
	13:30-13:45		63	8		71		13:30-13:45		65	11		76		13:30-13:45		70	7		77
	13:45-14:00		79	15		94		13:45-14:00		80	13		93		13:45-14:00		81	11		92
	14:00-14:15		65	14		79		14:00-14:15		67	16	1	84		14:00-14:15		60	12	1	73
	14:15-14:30		55	12		67		14:15-14:30		50	12		62		14:15-14:30		43	12	2	57
			678	133	7					667	133	9					683	114	4	

24-feb-12	pm	pm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales	10-ago-11	pm	pm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales	20-jun-11	pm	pm	Automoviles	Autobuses	Camiones	totales
	7:00-7:15		46	8		54		7:00-7:15		45	3		54		7:00-7:15		42	6		48
	7:15-7:30		42	7		49		7:15-7:30		44	3	1	54		7:15-7:30		42	8		50
	7:30-7:45		33	6		39		7:30-7:45		38	10	1	49		7:30-7:45		31	6	1	38
	7:45-8:00		29	7	2	38		7:45-8:00		30	11		41		7:45-8:00		27	5		32
	8:00-8:15		35	6		41		8:00-8:15		40	3		43		8:00-8:15		38	7		45
	8:15-8:30		48	5		53		8:15-8:30		51	7	3	61		8:15-8:30		40	6		46
	8:30-8:45		45	5	2	52		8:30-8:45		43	7		50		8:30-8:45		42	6		48
	8:45-9:00		46	7		53		8:45-9:00		41	8	1	50		8:45-9:00		39	8		47
	9:00-9:15		49	7		56		9:00-9:15		50	11		61		9:00-9:15		52	7	2	61
	9:15-9:30		41	6		53		9:15-9:30		50	7		57		9:15-9:30		55	6		61
			420	64	4					432	88	6					408	65	3	

Las cantidades obtenidas se en cuanto a vehículos serian los siguientes.

Ilustración 40 y 41. Trancito Vehicular de la Zona.



A1	B1	C2
1759.00	308.00	18.00
0.84	0.15	0.01



De esta manera conociendo que el VHMD =340 vehículos y la formula que lo relaciona con el TDPA obtenemos.

o paralelo al rio Querétaro en el tramo de la avenida Ricardo Avendaño al Pan de dulce, la Cañada, Él Marques, Qro.



$$TDPA = \frac{340}{k} = 4250 \text{ vehiculos. } k=0.08$$

Se procedió a hacer el levantamiento topográfico de la zona donde se encontraría la vialidad proyectada.



Ilustración 42 y 43. Estado Actual de la Vialidad a Modernizar

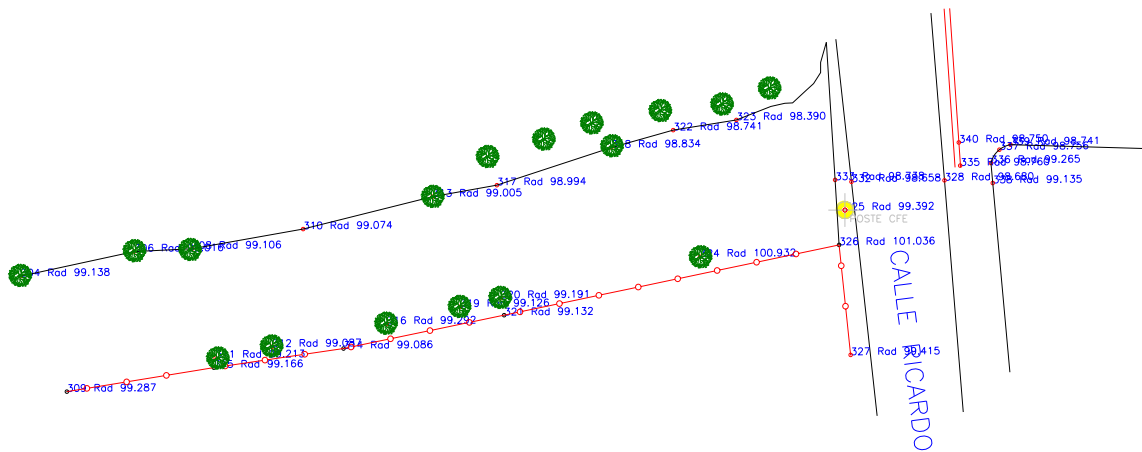
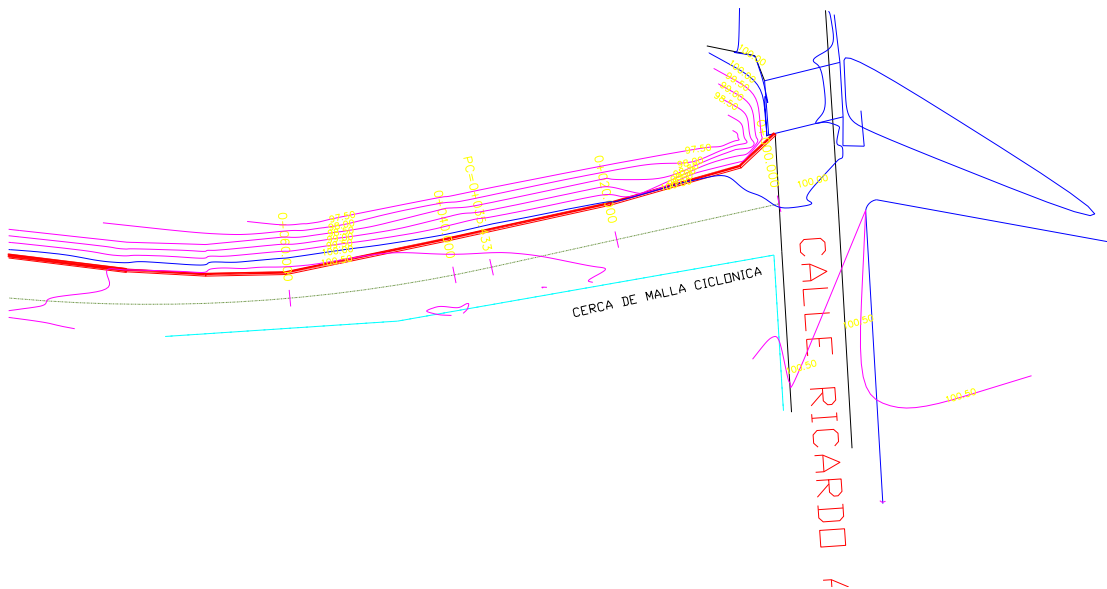


Ilustración 44. Estado Actual de la Vialidad a Modernizar

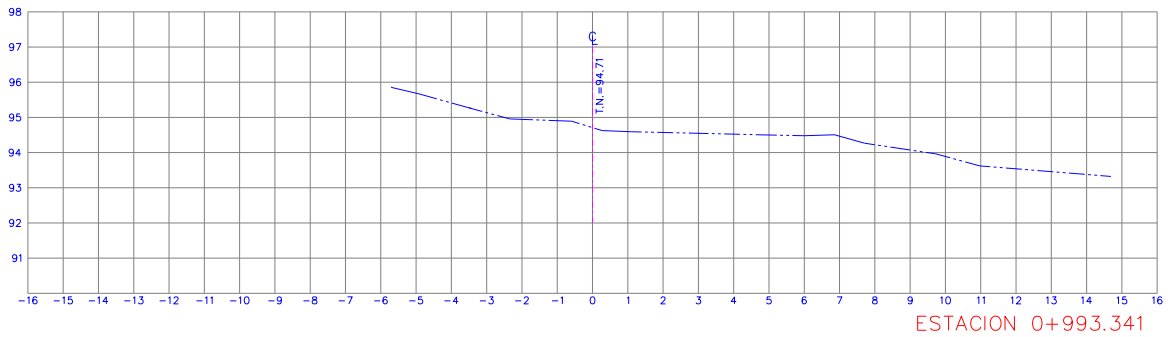
Con la ayuda de una poligonal abierta. midiendo los ángulos y las distancias sin utilizar coordenadas. Esto con el fin de que al dibujar la poligonal pueda salir el error de cierre de la poligonal y puedan evaluarse si la calidad del levantamiento es la adecuada y en caso afirmativo, proceder a realizar la compensación del la poligonal.



Una vez realizado el levantamiento completo con el ayuda de civilcad triangulamos los puntos procedemos a obtener las curvas de nivel que después nos servirán para obtener elevaciones tanto del perfil longitudinal como de de la sección transversal de la vialidad que contara con 7 m.



**Ilustración 45.** Elaboración de Curvas de Nivel Con la Ayuda de CivilCad



**Ilustración 46.** Secciones de Terreno natural de la Vialidad.





Como parte del proyecto también se realizó el diseño geométrico se realiza el cuadro de construcción de la vialidad. Esto se podrá ver mas a detalle en los planos anexos a este documento. 107

CUADRO DE CONSTRUCCION EJE DE VIALIDAD RICARDO AVENDAÑO A PAN DE DULCE						
LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	COORDENADAS	
EST	PV				X	Y
PST=0+000.000	PC=0+035.433	S 77°35'15.37" W	35.434	PST=0+000.000	9,992.2630	9,994.6503
PC=0+035.433	PT=0+105.075	S 88°02'02.17" W Δ = 20°53'33.60" der Rc = 190.986	69.257 Lc = 69.642 ST = 35.212	PC=0+035.433	9,957.6576	9,987.0339
PT=0+105.075	PC=0+171.657	N 81°31'11.03" W	66.581	PT=0+105.075	9,888.4414	9,984.6579
PC=0+171.657	PT=0+263.318	S 84°43'51.86" W Δ = 27°29'54.22" izq Rc = 190.986	90.784 Lc = 91.661 ST = 46.731	PC=0+171.657	9,822.5879	9,994.4766
PT=0+263.318	PC=0+294.930	S 70°58'54.74" W	31.612	PT=0+263.318	9,732.1874	9,986.1398
PC=0+294.930	PT=0+354.072	S 68°01'29.07" W Δ = 5°54'51.34" izq Rc = 572.958	59.116 Lc = 59.143 ST = 29.598	PC=0+294.930	9,702.3013	9,975.8386
PT=0+354.072	PC=0+394.418	S 65°04'03.40" W	40.345	PT=0+354.072	9,647.4800	9,953.7169
PC=0+394.418	PT=0+425.275	S 65°50'20.56" W Δ = 1°32'34.31" der Rc = 1,145.916	30.856 Lc = 30.857 ST = 15.430	PC=0+394.418	9,610.8946	9,936.7094
PT=0+425.275	PC=0+516.532	S 66°36'37.71" W	91.257	PT=0+425.275	9,582.7413	9,924.0798
PC=0+516.532	PT=0+552.350	S 71°58'59.32" W Δ = 10°44'43.23" der Rc = 190.986	35.765 Lc = 35.818 ST = 17.962	PC=0+516.532	9,596.9030	9,930.2051
PT=0+552.350	PC=0+574.810	S 77°21'20.94" W	22.459	PT=0+516.532	9,498.9827	9,887.8524
PC=0+574.810	PT=0+613.933	S 71°29'14.20" W Δ = 11°44'13.48" izq Rc = 190.986	39.055 Lc = 39.124 ST = 19.630	PC=0+574.810	9,464.9711	9,876.7903
PT=0+613.933	PC=0+740.148	S 65°37'07.46" W	126.215	PT=0+613.933	9,482.4971	9,880.7220
PC=0+740.148	PT=0+779.952	S 47°42'25.94" W Δ = 35°49'23.04" izq Rc = 63.662	39.158 Lc = 39.803 ST = 20.576	PC=0+740.148	9,443.0564	9,871.8741
PT=0+779.952	PC=0+792.140	S 29°47'44.42" W	12.188	PT=0+779.952	9,406.0221	9,859.4734
PC=0+792.140	PT=0+838.878	S 50°49'40.33" W Δ = 42°3'51.83" der Rc = 63.662	45.696 Lc = 46.738 ST = 24.479	PC=0+792.140	9,423.9020	9,867.5770
PT=0+838.878	PC=0+923.793	S 71°51'36.24" W	84.915	PT=0+838.878	9,291.0631	9,807.3710
PC=0+923.793	PT=0+993.341	S 44°02'27.39" W Δ = 55°38'17.70" izq Rc = 71.620	66.847 Lc = 69.548 ST = 37.791	PC=0+923.793	9,262.0971	9,781.0270
PT=0+993.341	PC=1+054.314	S 16°13'18.54" W	60.973	PT=0+923.793	9,272.3217	9,798.8270
PC=1+054.314	PT=1+111.982	S 45°03'20.72" W Δ = 57°40'4.36" der Rc = 57.296	55.264 Lc = 57.668 ST = 31.543	PC=1+054.314	9,256.0408	9,770.4438
PT=1+111.982	PC=1+124.094	S 73°53'22.89" W	12.112	PT=1+111.982	9,220.6152	9,741.5801
PC=1+124.094	PT=1+152.961	S 62°20'34.33" W Δ = 23°5'37.13" izq Rc = 71.620	28.672 Lc = 28.867 ST = 14.632	PC=1+124.094	9,243.8772	9,749.2012
PT=1+152.961	PST=1+202.197	S 50°47'45.76" W	49.236	PT=1+152.961	9,139.9202	9,715.1426
PST=1+202.197				PST=1+202.197	9,093.341	9,667.0899
					9,104.0071	9,703.3767
					9,076.4167	9,608.5446
					9,037.3009	9,569.5048
					9,067.6050	9,578.2576
					9,025.6648	9,566.1440
					9,000.2688	9,552.8350
					9,011.6072	9,562.0837
					8,962.1156	9,521.7137

LONGITUD = 1,202.197m

Tabla 29.- Coordenadas de trazo

ESTACION	COORDENADAS		
	X	Y	Z
ESTACION 1	10000.000	10000.000	100.000
ESTACION 2	9632.166	9945.512	99.161
ESTACION 3	9467.313	9919.409	97.198
ESTACION 4	8960.558	9529.420	94.307
ESTACION 5	8928.586	9577.966	95.404

Tabla 30.- Estaciones de Control



Para el diseño utilizaremos el método de diseño de la UNAM, Este método considera como datos de entrada básicos el tipo de carretera, número de carriles, la vida de Proyecto, el tránsito diario promedio anual (TDPA), tasa de crecimiento y variables adicionales como guía se recomienda el cálculo de la el VRS crítico.

A partir Del volumen de tránsito Mezclado realizado en el Análisis de flujo vehicular, se procederá a realizar la conversión de ejes sencillos de 8.2 toneladas todo esto con la Ayuda de el programa de Diseño DISPAV. Que es el programa basado en el Metodo de diseño de la UNAM.

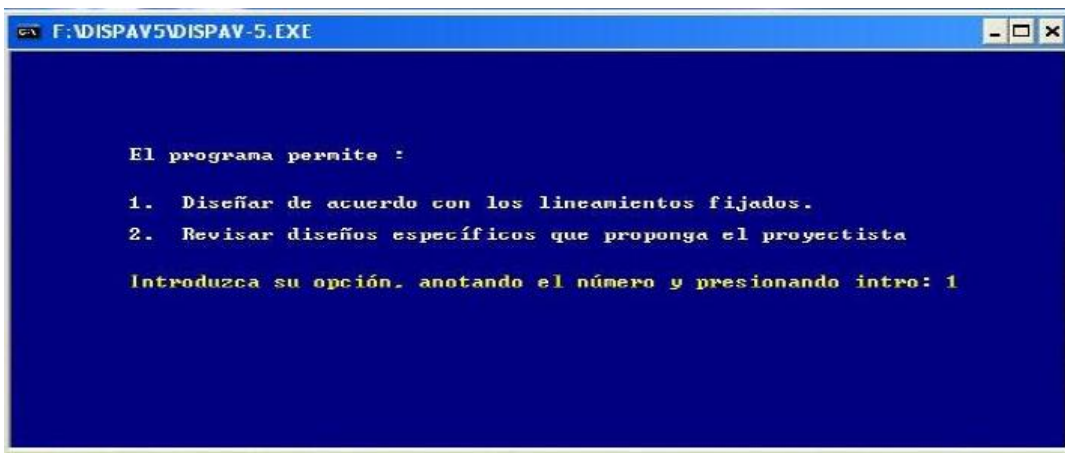


Ilustración 47. Pantalla de Inicio Dispav.

Se diseñara de acuerdo con los lineamientos fijados por lo tanto daremos en la opción 1 des pues seleccionaremos el caso # 2 que se refiere a la opción de diseño según el tipo de Camino.

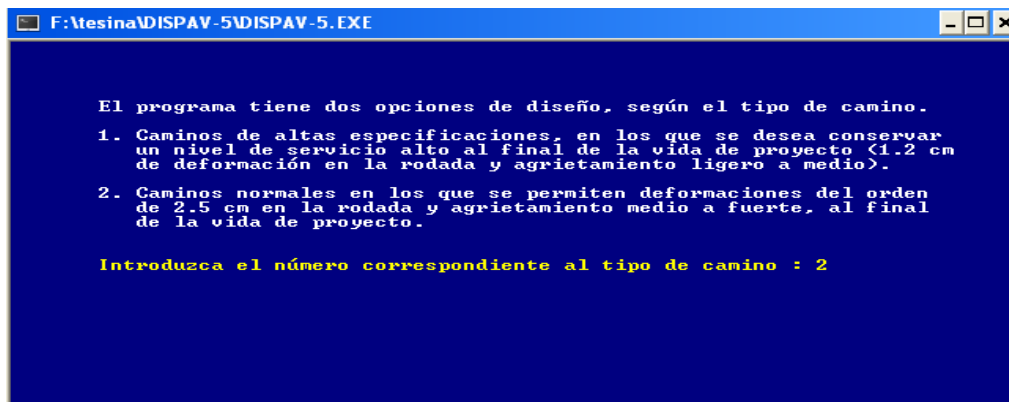
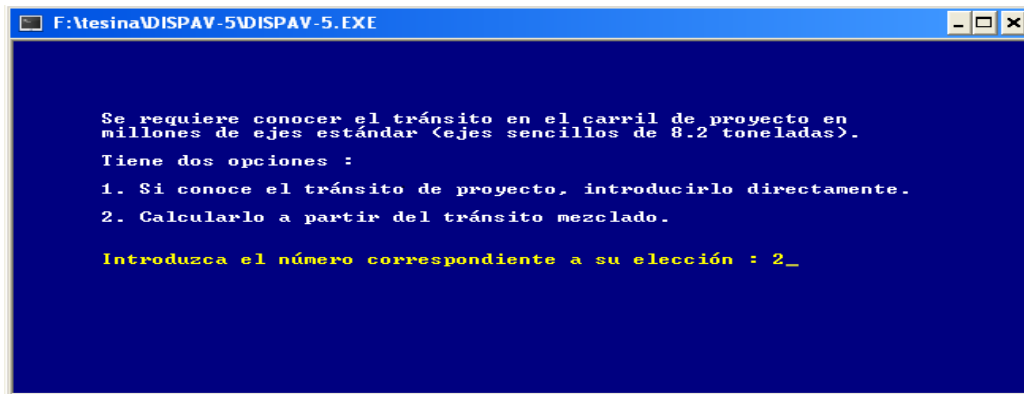


Ilustración 48. Opciones de diseño Dispav.



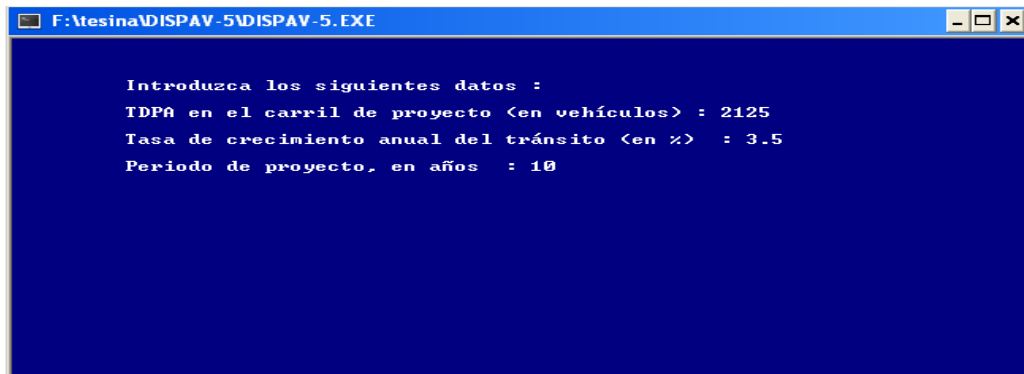


En base al estudio de flujo vehicular realizado se procedera a realizar la conversion a ejes sencillos de 8.2 toneladas por lo cual introducimos la opcion 2.



*Ilustración 49. Calculo del transito a partir del Mezclado.*

Se introducen los datos como sabemos existen dos carriles por lo tanto se considera que la distribución de vehículos en la vialidad es del 50 % por lo tanto se introduce el valor de 2125 como TDPA, Tasa de Crecimiento Y el Periodo de Diseño.



*Ilustración 50. Calculo del transito a partir del Mezclado.*

El camino será de tipo Secundario por lo tanto se Elije la Opción Dos.



*Ilustración 51. Introducción de Datos a Partir del Estudio de Flujo Vehicular.*



Introducción de los datos de tránsito Mezclado de acuerdo a los porcentajes del aforo de flujo vehicular realizado

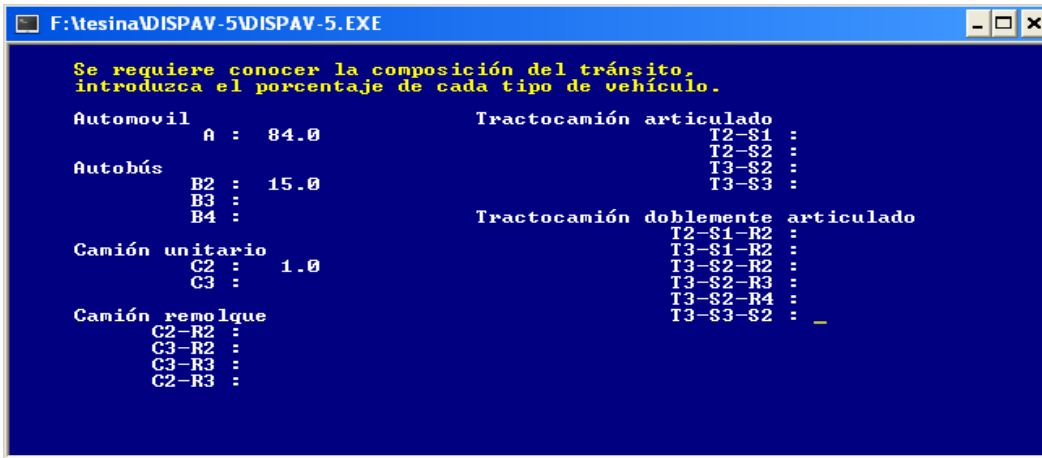
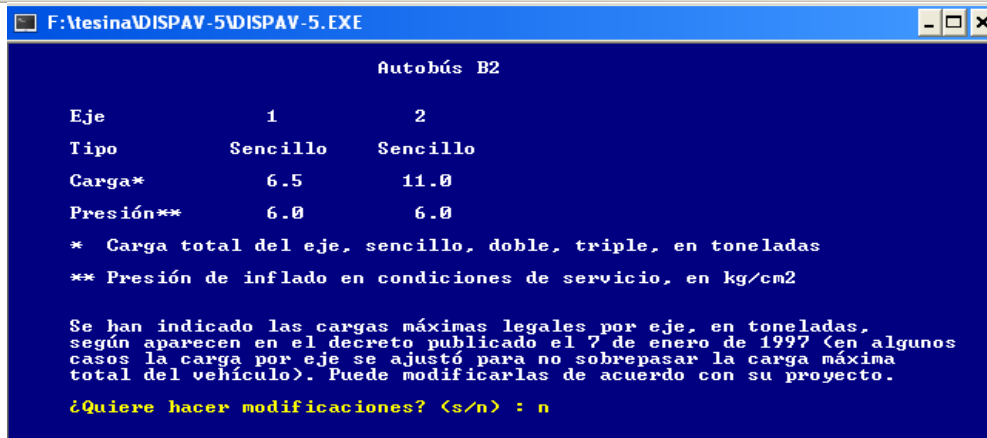
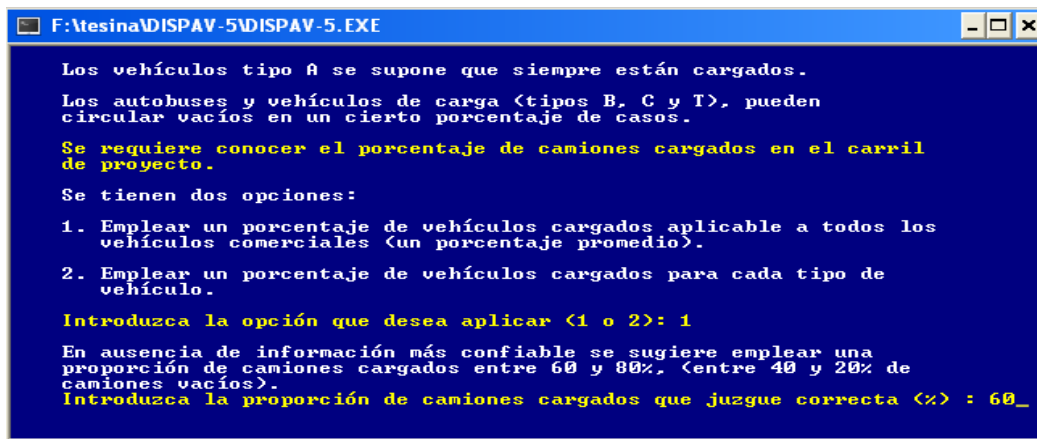


Ilustración 52. Porcentajes por tipo de Vehículo

A continuacion el DisPav mostrara datos de las cargas consideradas para cada eje de cada vehiculo participante. En el diseño del pavimento , asi como las presiones de inflado de los neumáticos, el programa permite modificar esos valores, a criterio del diseñador.



El programa, ahora muestra el número total de millones de ejes equivalentes a diferentes profundidades.



COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHICULO CARGADO						
Autobús B2						
EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.12	0.62	0.37	0.29	0.28	0.27
2	1.28	2.11	3.55	4.69	5.01	5.14
TOTAL	2.40	2.73	3.93	4.99	5.29	5.41

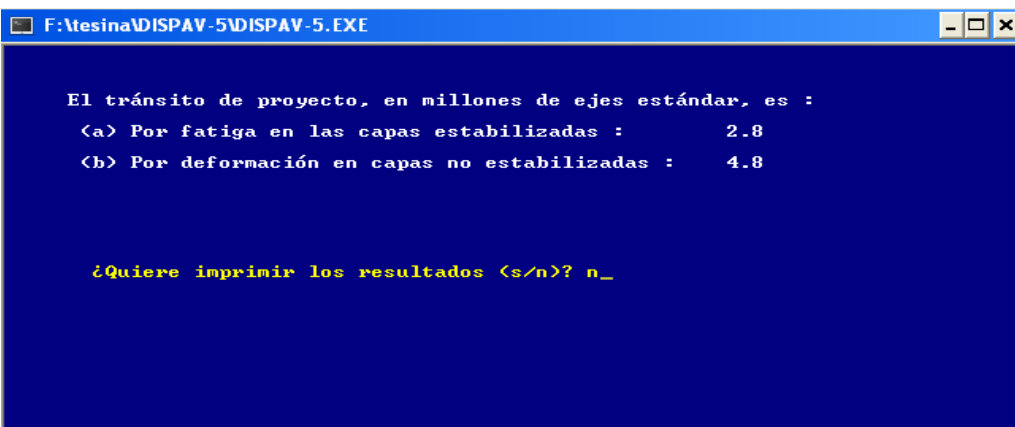
Para continuar oprima cualquier tecla

Ilustración 55. Coeficientes de Equivalencia B2

El DisPav permite hacer un Diseño por Deformación en las capas estabilizadas y un Diseño por Fatiga en la capa o capas estabilizadas con asfalto.

Para cada diseño, se debe seleccionar la profundidad con la cual se desea trabajar, el programa sugiere tomar los tránsitos de proyecto a las profundidades de 15 cm para diseño por Fatiga y 90 cm para diseño por deformación.

Para el proyecto se Acepta la propuesta de el DisPav.



El tránsito de proyecto, en millones de ejes estándar, es :

(a) Por fatiga en las capas estabilizadas :	2.8
(b) Por deformación en capas no estabilizadas :	4.8

¿Quiere imprimir los resultados <s/n>? n\_

Ilustración 56. Transito del Proyecto.



El siguiente paso considera la elección de las capas de el pavimento . en nuestro caso consideramos solo 3 capas



Ilustración 57. Cantidad de capas a considerar en el proyecto.

Una vez seleccionadas las capas se procede a introducir el  $VRS_z$  que es el valor relativo de Soporte Crítico que se calcula con la forma.  $VRS_z = VRS(1 - CV)$

Donde C es un factor que depende del nivel de confianza deseado. Para fines prácticos, puede Considerarse una distribución normal en la resistencia por ejemplo, si se desea un nivel de confianza del 80 %  $C= 0.84$

Por su parte V es el Coeficiente de Variación de la resistencia. Si no tiene suficiente información para estimarlo se puede emplear un valor alrededor de 0.3 que se considera aceptable.



Ilustración 58. Volores de  $VRS_z$  y  $VRS_p$



El DisPav muestra además los VRSp (valor relativo de soporte de Proyecto) que utilizara en el diseño del pavimento.

Los VRSp, son sugeridos por el programa, ya que en el campo existen variaciones de humedad y temperatura, por lo cual los VRSz pueden ser afectados y variar, el VRSp siempre será menor al VRSz, en caso contrario el programa finalizara automáticamente.

De los datos, es conocido el modulo de rigidez de la carpeta, pero se desconocen los módulos de rigidez de las capas no estabilizadas con asfalto. El DisPav permite estimar el modulo de rigidez con una formula desarrollada por el propio Instituto de ingeniería de la UNAM; la formula es:  $E = 130VRS^{0.7}$ .



Ilustración 59. Modulos de Rigidez

La relación de Poisson también puede ser obtenida de cualquier prueba en la cual sea posible medir la deformación vertical y horizontal de una muestra de suelo, como la prueba triaxial; pero al carecer de estos datos, se aceptan los propuestos por el DisPav.

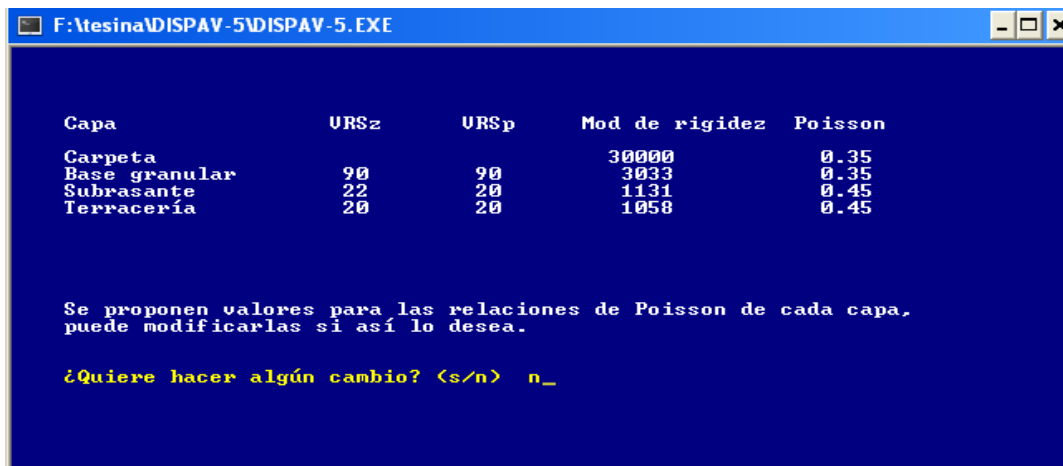


Ilustración 60. Relación de Poisson



El nivel de confianza puede ser entre 55% y 99% para este ejemplo, se acepta el nivel de confianza propuesto por DisPav del 85 %.

El diseño propuesto omite la capa de subrasante pero por norma no se puede eliminar dicha capa así que se integrara igualmente en el diseño don un espesor de 30 cm de acuerdo a proyecto.

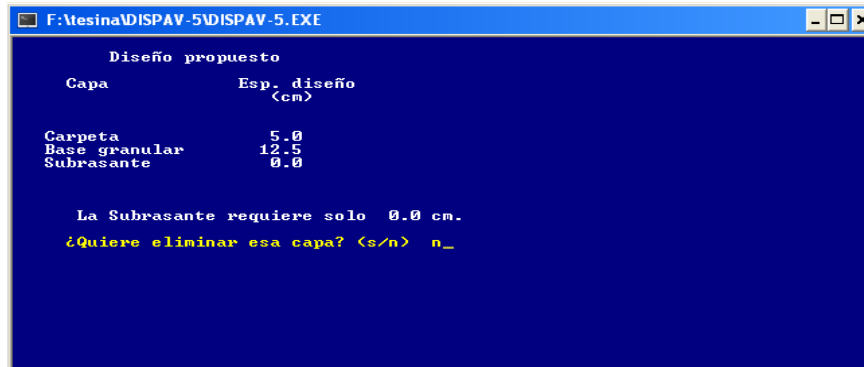


Ilustración 61. Espesores de Diseño

Los Espesores de capa calculados se ajustan, a un espesor constructivo minimo el cual depende de la capa y del tránsito de proyecto. Este diseño previene contra la deformación excesiva pero al revisarlo nos indica que el diseño no es adecuado por lo que se replantean los espesores obteniendo los siguientes:



Ilustración 62. Espesores de Diseño ajustados.



Con los espesores propuestos el diseño es adecuado, ya que difiere en mas del 10% la vida previsible del tránsito de Proyecto.

Una vez Conocida nuestra estructura de pavimento podremos proceder a elaborar las secciones de toda la vialidad con el uso del modulo de carreteras de la SCT (civilcad) visto en el diplomado.

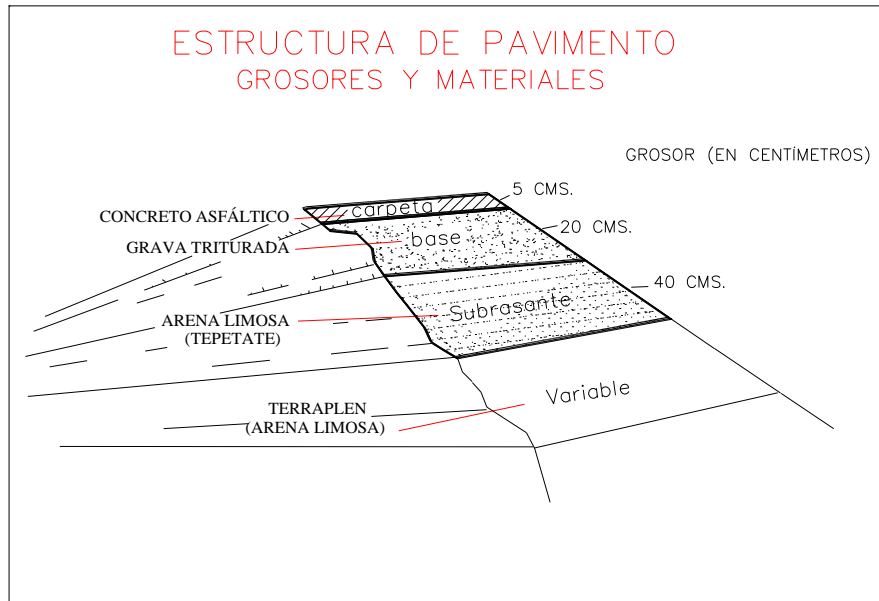


Ilustración 63. Espesores obtenidos y con los cuales e obtendrán secciones de proyecto.

De esta forma obtenemos el diseño completo de la vialidad y se concluye satisfactoriamente con la creación del proyecto. todo lo elaborado para la ejecución del proyecto se podrá ver en los planos anexos a este documento.

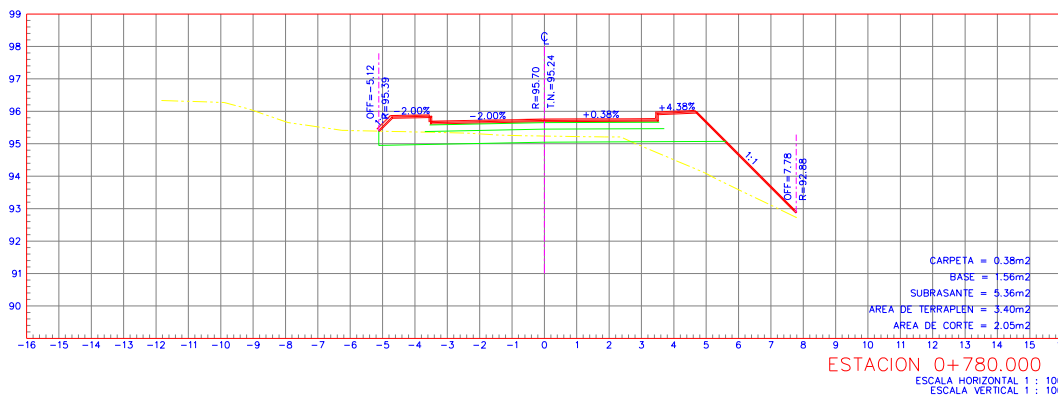


Ilustración 64. Sección Ejemplo de Proyecto



## CONCLUSIÓN

En una Obra Vial se deben hacer los estudios necesarios para saber de que materiales se dispone. Es importante señalar los tratamientos que requieren para poder utilizarse en la estructura. Siempre hay que analizar los procedimientos de construcción marcados en el proyecto.

Como sabemos en todo diseño de una vialidad, la condición que debe tener preferencia es proporcionarle seguridad al tránsito. El objetivo es lograr que el conductor circule cómodamente por las distintas vialidades evitando en lo menos posible, que le afecten factores externos como por ejemplo: el clima, el uso del suelo, los medios de comunicación, el tránsito y la vía.

El tipo de infraestructura vial, las características geométricas, la estética, y la uniformidad de las soluciones, harán que el conductor pueda transitar con el menor riesgo posible ante situaciones climáticas especiales como las lluvias intensas y problemas de tránsito como mezclarse en un flujo de vehículos ligeros y pesados en una intersección de tamaño reducido y con puntos de congestionamiento o cuellos de botella.

Con este anteproyecto se pretende resolver problemas de congestión urbana además que cabe señalar que si este anteproyecto se llevara a cabo, es necesario realizar cálculos estructurales para el diseño de la losa de un puente . así como estudios de mecánica de suelos e hidrológico. Para poder colocar dicho puente así, como cunetas y drenajes, lo que repercutiría en el presupuesto del proyecto.





## **BIBLIOGRAFIA**

Diseño Estructural de Carreteras con Pavimento Flexible.  
Series del Instituto de Ingeniería 325.  
Santiago Corro, Guillermo Prado.  
Instituto de Ingeniería de la UNAM.  
1974.

Instructivo para Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras.  
Series del Instituto de Ingeniería 444.  
Santiago Corro, Guillermo Prado.  
Instituto de Ingeniería de la UNAM.  
1981

Diseño Estructural de Pavimentos, Incluyendo Carreteras de Altas  
Especificaciones DisPav – 5  
Series del Instituto de Ingeniería CI – 8.  
Santiago Corro, Guillermo Prado.  
Instituto de Ingeniería de la UNAM.  
1999

Catalogo del deterioro de Pavimentos Flexibles de Carreteras Mexicanas,  
Publicación Técnica No. 21, IMT, México, 1991.

Normas de Servicios Técnicos Proyecto Geométrico de la SCT

Asfáltica  
Revista Técnica  
AMAAC  
2006

Apuntes Diplomado en Vías Terrestres  
UAQ  
2011



# ANEXOS



## INDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

---

 119
 

---

Ilustración 1. Croquis de ubicación.....	7
Ilustración 2. Croquis de localización y área de influencia.....	8
Ilustración 3. Diagrama con la obra a pavimentar.....	8
Ilustración 4 Variación diaria de. Volúmenes de transito.....	11
Ilustración 5. Variación semanal del volumen de transito.....	12
Tabla1. Tabla de aforo semanal.....	12
Ilustración 6. Variación anual de volumen de transito.....	13
Tabla 2. Tabla de aforo anual.....	13
Tabla 3. Clasificación funcional del señalamiento vertical.....	16
Tabla 4. Dimensiones del tablero de las señales preventivas.....	18
Tabla 5. Dimensiones de tableros.....	19
Tabla 6. Ubicación longitudinal de las señales preventivas.....	19
Tabla 7. Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilicen en señales verticales.....	21
Ilustración 7. Señales preventivas.....	22
Tabla 8 Dimensiones del tablero de las señales preventivas.....	24
Tabla 9. Dimensiones del tablero adicional de las señales restrictivas.....	25
Ilustración 8. Señales restrictivas.....	27
Ilustración 9. Señal informativa de destino diagramático.....	32
Tabla 10 altura del tablero de las señales informativas de destino bajas.....	33
Tabla 11 Altura del tablero de las señales informativas de destino elevadas.....	34
Ilustración 10... Señales informativas de Destino.....	36
Ilustración 11... Señal de destino.....	37



Tabla 12. Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los colores que se utilizan en las marcas y dispositivos para señalamiento horizontal.....	38	120
Ilustración 12. Poligonal Abierta.....	43	
Ilustración 13 Medición de Ángulos.....	44	
Ilustración 14. Poligonal cerrada con ángulos.....	46	
Tabla 13. Poligonal de apoyo.....	47	
Ilustración 15. Plano de Curvas de nivel.....	48	
Tabla14. Códigos de levantamiento.....	51	
Tabla 15. Ejemplo de levantamiento Con código.....	53	
Ilustración 16. Ejemplo de una poligonal de apoyo para control horizontal y vertical.....	56	
Ilustración 17. Ejemplo de un trazo de vialidades.....	57	
Ilustración 18. Ejemplo de Cuadro de construcción y curvas.....	58	
Ilustración 19. Ejemplo de plano de trazo de guarniciones.....	59	
Ilustración 20.ejemplo de plano de rasantes en planta.....	60	
Ilustración 21. Diseño de curvas.....	63	
Tabla 16. Grado de Curvatura.....	64	
Ilustración 22. Curva Circular.....	66	
Ilustración 23. Pendientes mayores que la gobernadora.....	67	
Tabla 17. Valores mínimos del parámetro k y limites inferiores de longitud.....	69	
Ilustración 24. Longitud mínima de las curvas verticales en cresta.....	70	
Ilustración 25.longitud mínima de las curvas verticales en columpio.....	70	
Ilustración 26. Sección transversal en tangente del alineamiento horizontal.....	72	
Tabla 18. Anchos de corona, de calzada, de acotamiento y de la faja.....	73	
Ilustración 27. Sección de pavimento.....	79	
Ilustración 29. Sección pavimento rígido.....	80	
Tabla 20. Valor relativo de soporte critico estimado para pavimentos, subrasantes compactadas 95% PSVM.....	81	



Ilustración 30. Ejemplo relaciones peso volumétrico seco- contenido de agua- VRS, para un suelo arcilloso.....	82	121
Tabla 21. Calculo del transito equivalente acumulado.....	85	
Ilustración 31. Grafica para el diseño estructural de carreteras con pavimento flexible...	86	
Ilustración 32. Grafica para diseño estructural de carreteras con pavimento flexible.....	87	
Tabla 22. Factor de distribución por carril.....	89	
Tabla 23. Periodos de diseño en función del tipo de Carretera.....	89	
Tabla 24. Valores de “r” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales .....	90	
Tabla 25. Capacidad del drenaje para remover la humedad.....	94	
Tabla 26. Valores recomendados para modificar los coeficientes estructurales de capa de bases y subbases sin tratamiento, en pavimentos flexibles.....	94	
Tabla 27. Recomendación de AASHTO.....	96	
Ilustración 33. Grafica de diseño para estructuras de pavimento flexible.....	97	
Ilustración 34. Variación de los coeficientes de capa en bases granulares.....	98	
Ilustración 35. Variación de los coeficientes de capa en subbases granulares.....	99	
Ilustración 36. Variación de los coeficientes de capa en bases estabilizadas con cemento portland.....	100	
Ilustración 37. Variación de los coeficientes de capa en bases estabilizadas con asfalto.....	101	
Ilustración 38. Formato para calcular el modulo de resiliencia efectivo de la subrasante en pavimentos flexibles.....	102	
Ilustración 39. Ubicación de la vialidad.....	103	
Ilustración 40 Transito vehicular de la zona.....	104	
Ilustración 41. Transito vehicular de la zona.....	104	
Ilustración 42. Estado Actual de la vialidad a modernizar.....	105	
Ilustracion43... Estado Actual de la vialidad a modernizar.....	105	
Ilustración 44. Estado Actual de la vialidad a modernizar.....	105	
Ilustración 45. Elaboración de Curvas de nivel con ayuda de civilcad.....	106	



Ilustración 46 Secciones de terreno natural de la vialidad.....	106
Tabla 29.Coordenadas de Trazo.....	107
Tabla 30. Estaciones de Control.....	107
Ilustración 47 Pantalla de inicio DISPAV.....	108
Ilustración 48. Opciones de diseño DISPAV .....	108
Ilustración 49. Calculo del transito a partir del Mezclado.....	109
Ilustración 50. Calculo del transito a partir del mezclado.....	109
Ilustración 51. Introducción de datos a partir del estudio de flujo vehicular.....	109
Ilustración 52. Porcentajes por tipo e vehículo.....	110
Ilustración 55. Coeficientes de equivalencia B2.....	111
Ilustración 56. Transito del proyecto.....	111
Ilustración 57 Cantidad de capas a considerar en el proyecto.....	112
Ilustración 58 Valores de VRS z y VRS p.....	112
Ilustración 59. Módulos de rigidez.....	113
Ilustración 60 relación de poisson.....	113
Ilustración 61. Espesores de diseño.....	114
Ilustración 62 Espesores de diseño ajustados.....	114
Ilustración 63. Espesores obtenidos y con los cuales se obtendrán secciones de proyecto.....	115
Ilustración 64 Sección ejemplo de Proyecto.....	115

