



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

242  
20je.

FACULTAD DE INGENIERIA

**“ TRABAJOS NECESARIOS PARA  
LA ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

**GUILLERMO ESQUIVEL CASTAÑEDA  
ALEJANDRO MENDOZA MORALES  
TOMAS RIVERA MORELOS  
JAVIER RODRIGUEZ CEPEDA**

*Francisco E. Trejo Garcia*



TESIS CON  
FALSA DE ORIGEN

MEXICO, D.F. 1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-055

SEÑORES:  
GUILLERMO ESQUIVEL CASTAÑEDA  
ALEJANDRO MENDOZA MORALES  
TOMAS RIVERA MORELOS  
JAVIER RODRIGUEZ CEPEDA  
FRANCISCO E. TREJO GARCIA  
P r e s e n t e s .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Oscar E. Martínez Jurado, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de ingeniero civil:

" TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL  
PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS "

- INTRODUCCION  
I. GENERALIDADES SOBRE CARRETERAS  
II. ESTUDIOS PRELIMINARES  
III. OBRAS DE DRENAJE  
IV. PROYECTO GEOMETRICO  
V. EJEMPLO DE APLICACION  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis me--ses como requisito para sustentar examen profesional.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F., a 23 de febrero de 1989  
EL DIRECTOR

  
DANIEL RESENDIZ NUÑEZ

  
DRN/MDC/jrs\*

A LA MEMORIA DE NUESTRO  
GRAN AMIGO **ALEJANDRO**, COMO  
UN PREMIO A SU ESFUERZO Y  
COMO UN RECUERDO PARA SU  
FAMILIA.

TOMAS, JAVIER Y GUILLERMO.

**TESIS PROFESIONAL**

**TRABAJOS NECESARIOS  
PARA EL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS**

**INDICE**

# I N D I C E

	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>I.</b>	<b>GENERALIDADES SOBRE CARRETERAS</b>	<b>3</b>
I.1	BREVE HISTORIA DE LOS CAMINOS	3
I.1.1	LOS CAMINOS EN MEXICO	3
I.2	CLASIFICACION DE CAMINOS	7
I.2.1	CLASIFICACION POR TRANSITABILIDAD	7
I.2.2	CLASIFICACION ADMINISTRATIVA	8
I.2.3	CLASIFICACION TECNICA OFICIAL	9
I.3	MANEJO DE ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS	10
I.3.1	CORONA	10
I.3.2	SUBCORONA	12
I.3.3	CUNETAS Y CONTRACUNETAS	13
I.3.4	TALUDES	14
I.3.5	PARTES COMPLEMENTARIAS	14
I.3.6	DERECHO DE VIA	15
<b>II.</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>	<b>16</b>
II.1	ESTUDIOS FOTOGRAMETRICOS	16
II.1.1	ELECCION DE RUTA	17
II.1.2	PROYECTO TRAZO PRELIMINAR	19
II.1.3	PROYECTO TRAZO DEFINITIVO	21

II.2	ESTUDIOS TOPOGRAFICOS	23
II.2.1	TRAZO	23
II.2.2	REFERENCIACION	26
II.2.3	NIVELACION	27
II.2.4	SECCIONAMIENTO	30
II.3	ESTUDIOS GEOTECNICOS	32
II.3.1	INSPECCION GEOTECNICA	32
II.3.2	EXPLORACION Y MUESTREO	34
II.3.3	PRUEBAS DE LABORATORIO	36
II.3.4	INFORME GEOTECNICO	40
II.3.5	DISENO DEL PAVIMENTO	46
II.4	ESTUDIOS TOPOHIDRAULICOS	48
II.4.1	LOCALIZACION DE CRUCES	48
II.4.2	RECOPIACION DE INFORMACION	49
II.4.3	INFORME	52
III.	OBRAS DE DRENAJE	53
III.1	FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO	54
III.1.1	ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO	55
III.1.2	METODOS PARA OBTENER EL AREA HIDRAULICA	56
III.2	DETERMINACION DEL TIPO DE OBRA	65
III.2.1	CLASIFICACION DE LAS OBRAS DE CRUCE	65
III.2.2	LONGITUD DE LA ESTRUCTURA DE CRUCE	69
III.2.3	SECCION DE LAS TERRACERIAS	71
III.2.4	CALCULO DE LA LONGITUD DE OBRA	73
III.2.5	CALCULO DIMENSIONAL DE ALEROS	79



III.3	OBRAS AUXILIARES	80
III.3.1	EN LA CARRETERA	80
III.3.2	EN TERRENO ALEDANO	85
IV	PROYECTO GEOMETRICO	89
IV.1	SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES	89
IV.1.1	SOBREELEVACIONES	89
IV.1.2	TRANSICION DE BOMBEO A LA SOBREELEVACION	91
IV.1.3	AMPLIACIONES	93
IV.1.4	TABLAS PARA LA OBTENCION DE LA SOBREELEVACION Y AMPLIACION	95
IV.1.5	DETERMINACION DE LOS PUNTOS AUXILIARES PARA EL CALCULO DE SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES	95
IV.2	SUBRASANTE	97
IV.2.1	ALINEAMIENTO VERTICAL	97
IV.2.2	SUBRASANTE ECONOMICA	103
IV.3	SECCIONES DE CONSTRUCCION	106
IV.3.1	DETERMINACION DE AREAS	110
IV.3.2	CALCULO DE VOLUMENES	112
IV.4	CURVA MASA	112
IV.4.1	PROPIEDADES	113
IV.4.2	DETERMINACION DE LA DISTANCIA MAXIMA DE SOBRE- ACARREO ECONOMICO	115
IV.4.3	DIBUJO DE LA ORDENADA DE CURVAMASA Y ANALISIS DE LA COMPENSADORA ECONOMICA	116
IV.5	CANTIDADES DE OBRA	120

V.	EJEMPLO DE APLICACION	124
V.1	ALINEAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL	124
V.1.1	CALCULO DE CURVAS HORIZONTALES	124
V.1.2	CALCULO DE SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES	131
V.1.3	CALCULO DE CURVAS VERTICALES	134
V.2	CURVA MASA	138
V.2.1	CALCULO DEL ACARREO LIBRE	138
V.2.2	CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE ACARREO	140
V.2.3	CALCULO DE SOBRECARREROS	145
V.3	PRETAMOS DE BANCO	146
V.3.1	CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE ACARREO	146
V.3.2	CALCULO DE SOBRECARREROS	147
V.4	CANTIDADES DE OBRA	149
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	154
	BIBLIOGRAFIA	164

## **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

Las obras de infraestructura, o sea aquellas que en general estan a cargo de los gobiernos y sirven para provocar el desarrollo de un pais, deben ser eficaces y económicas, debiendo satisfacer las metas para lo cual fueron creadas, tener el menor costo de construcción, mantenimiento y operación, aunque en estas obras también deben tomarse en cuenta los beneficios sociales.

Las vias terrestres forman parte de la infraestructura de un pais, siendo los caminos, tal vez, la infraestructura de la infraestructura, pues una vez que se ha construido uno de ellos es más fácil proporcionar el resto de los servicios.

Esta tesis presenta un seguimiento de los estudios y trabajos que se deben realizar para tener un proyecto equilibrado de un camino.

En el primer capitulo se presenta una breve historia de los caminos y generalidades de ellos, como son, su clasificación, especificaciones geométricas y por último las partes que constituyen al camino.

El segundo capitulo referente a los trabajos preliminares, contiene una descripción de los estudios previos que se deben realizar para la elaboración del proyecto geométrico de un camino, como son los estudios fotogramétricos, topográficos, geotécnicos, y topohidráulicos.

Uno de los elementos naturales que mayores problemas causa a los caminos es el agua, ya que en general provoca la disminución de la resistencia de los suelos y en consecuencia de las terracerias, por lo que puede decirse que un buen proyecto de

drenaje es el alma de un camino.

Por esta razón se dedico el tercer capítulo exclusivamente para el estudio de las obras de drenaje, en el que se ven, su funcionamiento hidráulico, la determinación del tipo de obra, así como las obras auxiliares más comunes en este tipo de proyectos.

En el capítulo cuarto se ve lo referente al proyecto geométrico de un camino, en el que se describen los criterios para el cálculo del alineamiento horizontal, del alineamiento vertical, secciones de construcción, obtención de la curva masa, acarrees y cantidades de obra.

Por último en el capítulo cinco se presenta un ejemplo del proyecto geométrico de un camino con una longitud de un kilómetro, en el cual se contempla lo visto en los capítulos anteriores, mostrándose el desarrollo de los cálculos realizados, y los planos constructivos generados.

**CAPITULO I**

**GENERALIDADES  
SOBRE  
CARRETERAS**

## I. GENERALIDADES SOBRE CARRETERAS

### I.1 BREVE HISTORIA DE LOS CAMINOS

Por necesidad, los primeros caminos fueron de tipo peatonal, veredas que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones que les proporcionaban sus alimentos, posteriormente al volverse sedentarias estas tribus, los caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. En México se tuvieron ejemplo de estos caminos en las civilizaciones Maya y Azteca.

Con la invención de la rueda, apareció la carreta, motivo por el cual fué necesario acondicionar los caminos, para que los nuevos vehículos se desplazaran lo más rápido posible; así los Espartanos y Fenicios construyeron los primeros caminos de que se tiene noticia. Los Romanos construyeron caminos, tanto en la Península Itálica, como en varios puntos de Europa, Africa y Asia para poder extender sus dominios.

El Imperio Romano ofrece quizá el primer ejemplo en el sentido moderno de como una red caminera ayuda a la conquista y sostenimiento de un dominio territorial.

#### I.1.1 LOS CAMINOS EN MEXICO

La construcción de caminos en México se puede dividir en cuatro etapas:

## 1) Caminos antes de la Conquista

A la llegada de los españoles a territorio Nacional, encontraron que los pobladores sin conocer la rueda contaban con una gran cantidad de caminos y veredas de las cuales todavía se pueden admirar algunos, entre otros: El Camino blanco de los Mayas y el Camino México-Tacuba de los Aztecas, el cual se dice que contaba hasta con puentes elevados.

Se sabe que, tanto Mayas como Aztecas utilizaban ampliamente los caminos para actividades comerciales, religiosas, como belicas. Cabe citar que uno de los caminos mas grandes era el que servia para abastecer de pescado fresco al emperador Azteca y que nacia en el Golfo de México y terminaba en la gran Tenochtitlán.

Estos caminos serian útiles a los españoles durante la conquista, aunque para ello fué necesario mejorar y construir otros nuevos.

## 2) Caminos en la Colonia

En 1522 se puso en servicio el camino México-Veracruz y en 1523 el mismo Cortés abrió el camino México-Tampico.

El primer Virrey, Don Antonio de Mendoza, mandó construir dos nuevos caminos: México-Zacatecas y Zacatecas-Durango.

El 1597 el Virrey Zuñiga construye el camino México-Guadalajara y en esa misma época se realiza las siguientes obras:

En 1717 se mejora el camino a Cuernavaca.

En 1720 se construye el camino Durango - Chihuahua.



En 1760 se construye el camino San Luis Potosi-Monterrey.  
En 1768 se construye el camino México - Valladolid ( hoy Morelia ).  
En 1773 se construye el camino Chihuahua - Santa Fe ( Nuevo México ).  
En 1803 se construye el camino México - Veracruz, el cual pasaba por Jalapa.  
Al terminar la Colonia se contaba con 7605 km. de caminos carreteros.

### 3) Caminos desde la Independencia hasta la Revolución

Durante la Guerra de Independencia poco se hizo en esta materia, hasta 1825 que se crea la Junta de Carreteras.

Las leyes del 10. de junio de 1839, 2 de diciembre de 1842 y el 27 de Noviembre de 1846, crean la Dirección General de Colonización e Industria que queda encargada de la construcción y reparación de caminos, la cual funciona hasta el 22 de abril de 1853 y es sustituida por la Secretaría de Fomento. No es sino hasta el 13 de mayo de 1891, que el Presidente de la República, General Porfirio Díaz, crea la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

En la época de la Revolución no se construyeron nuevos caminos debido a la situación que imperaba.

No es sino hasta la llegada del automóvil en 1906, que cambia el sistema de transportación por carretera e influye en el incremento y modificación de caminos, de tal forma que evoluciona más, que los 400 años anteriores de nuestra historia.

#### 4) Caminos de 1910 a la Actualidad

Antes de la aparición del automóvil, las características de los caminos ( la curvatura, pendientes y superficies de rodamiento ) eran las adecuadas a las limitadas exigencias de los vehículos de tracción animal. Lo anterior aunado al rápido desarrollo del automóvil particular y de pasajeros, exigieron caminos con diferentes características.

El 30 de marzo de 1925 el Presidente Plutarco Elias Calles conociendo la realidad del atraso que se tenía, en cuanto a infraestructura carretera, expide una ley estableciendo un impuesto sobre la gasolina, en la misma ley se crea la Comisión Nacional de Caminos, este impuesto estaba destinado a la conservación y mejoramiento de caminos.

Ya en 1928 se contaba con 250 kms. de caminos pavimentados y en 1930 se había incrementado a 695 kms.

La Comisión Nacional de caminos en sus primeros 3 años ejecutó entre otros caminos los siguientes:

México -Pachuca  
Mexico -Cordoba  
México -Toluca  
México -Acapulco  
Mérida -Progreso  
Mérida -Valladolid  
Monterrey -Nuevo Laredo, entre otros.

La necesidad de conectar los diversos centros de concentración del país con zonas productivas, ha hecho que actualmente se cuente con 235 mil kms. de caminos de diferente

orden.

## 1.2 CLASIFICACION DE CAMINOS

Algunas personas acostumbran denominar caminos a las vías rurales, mientras que el término carreteras se lo aplican a los caminos de características modernas, destinadas al movimiento de un gran número de vehículos. En el presente trabajo se usarán indistintamente los dos términos para indicar lo mismo, según la siguiente definición:

"La carretera se puede definir como la adaptación de una faja de materiales sobre la superficie terrestre, que llene las condiciones de ancho, de alineamiento y de pendiente, para permitir el desplazamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido diseñada".

Las carreteras se han clasificado de diferente manera en diferentes lugares del mundo, ya sea con apego al fin que con ellas se persigue o por su transitabilidad. En la práctica mexicana se pueden distinguir varias clasificaciones, algunas de las cuales coinciden con las dadas en otros países, estas son:

### 1.2.1 CLASIFICACION POR TRANSITABILIDAD

Esta corresponde a las etapas de construcción de la carretera y se divide en:

#### 1) Terracería

Cuando se ha construido la sección de proyecto hasta nivel

de subrasante, transitable en tiempos de secas.

2) Revestida

Cuando sobre la subrasante se ha colocado ya una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.

3) Pavimentada

Cuando sobre la subrasante se ha contruido ya totalmente el pavimento.

### I.2.2 CLASIFICACION ADMINISTRATIVA

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

1) Federales

Cuando son costeadas integramente por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.

2) Estatales

Cuando son construidas por el sistema de cooperación a razón del 50 % aportado por el Estado donde se construye y el 50 % por la Federación, estos caminos quedan a cargo de la Junta local de caminos.

3) Vecinales

Cuando son contruidos por la cooperacion de los vecinos

beneficiados, pagando estos un tercio de su valor, otro tercio lo aporta la Federación y el tercio restante el Estado. Su construcción y conservación se hace por intermedio de la Junta Local de Caminos.

#### 4) De Cuota

Los cuales quedan a cargo de la dependencia oficial descentralizada denominada Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, siendo inversión recuperable a través de cuotas de paso.

### I.2.3 CLASIFICACION TECNICA OFICIAL

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toman en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino al final del periodo económico del mismo (15 años) y las especificaciones geométricas aplicadas en México. La extinta Secretaría de Obras Públicas, clasificó técnicamente a las carreteras de la manera siguiente:

#### 1) Tipo "A"

a) Tipo "A2", para un TDPA\* de tres mil (3000) a cinco mil (5000) vehículos.

b) Tipo "A4S", para un TDPA de cinco mil (5000) a veinte mil (20000) vehículos.

2) Tipo "B", para un TDPA de mil quinientos (1500) a tres mil (3000) vehículos.

- 3) Tipo "C", para un TDPA de quinientos (500) a mil quinientos (1500) vehiculos.
  - 4) Tipo "D", para un TDPA de cien (100) a quinientos (500) vehiculos.
  - 5) Tipo "E", para un TDPA hasta de cien (100) vehiculos.
- \* TDPA - Tránsito diario promedio anual.

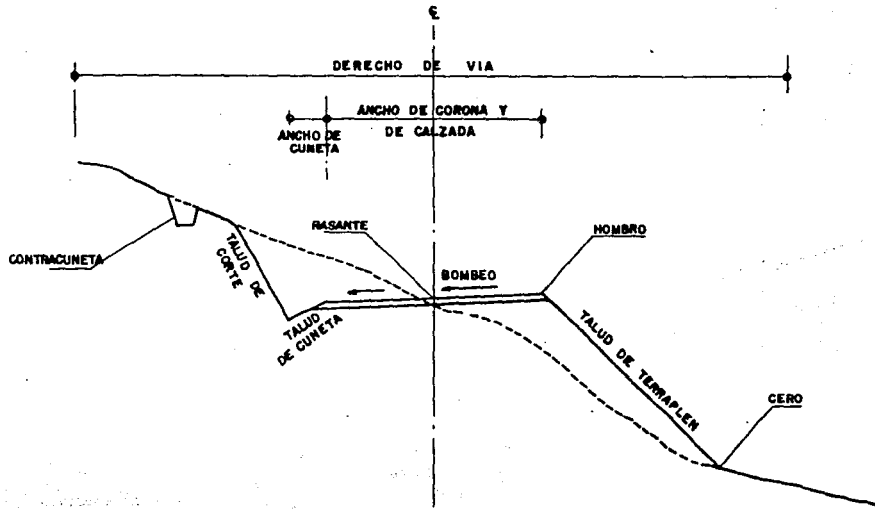
### I.3 MANEJO DE ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS

Para manejar adecuadamente las especificaciones geométricas de una carretera, es necesario conocer las características geométricas de la sección transversal de ésta.

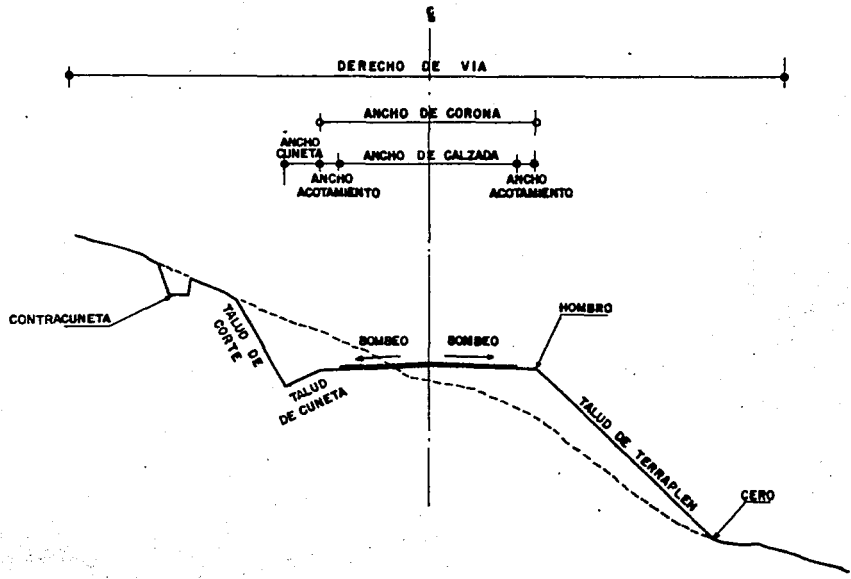
La sección transversal de un camino es un corte vertical en un punto cualquiera de éste, está integrada por: la corona, la subcorona, las cunetas, las contracunetas, los taludes, las partes complementarias y el terreno comprendido dentro del derecho de vía como se muestra en las figuras: I.3.1, I.3.2, I.3.3 y I.3.4.

#### I.3.1 CORONA

La corona es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sea las aristas superiores de los taludes del terrapien y/o las interiores de las cunetas, en la sección transversal está representada por una línea y los elementos que la definen son: la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.

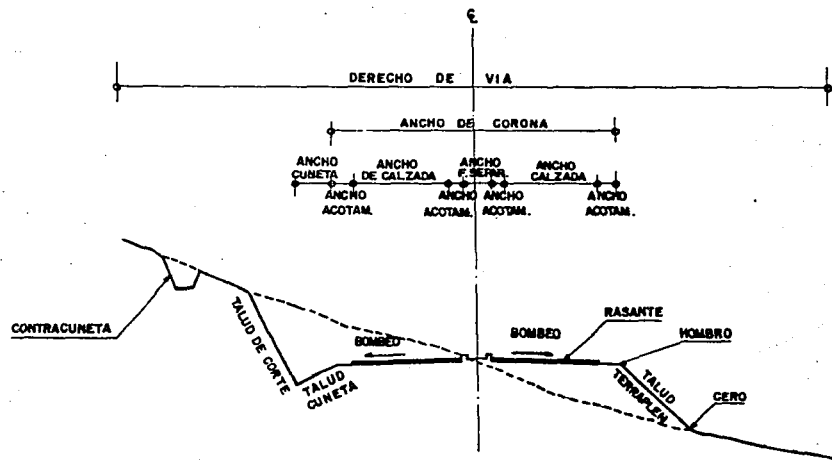


<b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS	
<b>SECCION TRANSVERSAL</b>	
CARRETERA TIPO "E"	
FIGURA No I.3.I	

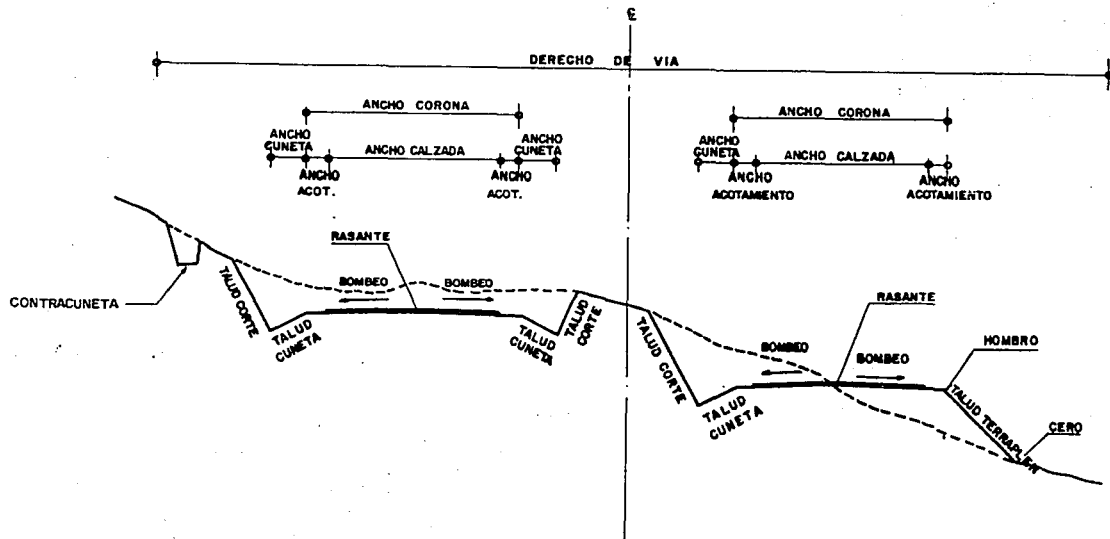


<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERA	
SECCION TRANSVERSAL	
CARRETERA TIPO "D,C,B,y A2"	
FIGURA No. I.3.2	





<b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS
<b>SECCION TRANSVERSAL CARRETERA TIPO "A4" (UN CUERPO)</b>	
FIGURA No. I. 3. 3	



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
 ELABORACION DEL PROYECTO  
 GEOMETRICO DE CARRETERAS  
**SECCION TRANSVERSAL**  
**CARRETERA TIPO "A4S" (CUERPOS SEPARADOS)**

FIGURA No. I.3.4

1) Rasante

Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical al desarrollo del eje de la corona del camino, en la sección transversal esta representada por un punto.

2) Pendiente transversal

Es la pendiente que se da a la corona, normal a su eje; se presentan 3 casos:

a) Bombeo

Es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante, para evitar la acumulación de agua sobre el camino, este es el caso de las secciones presentadas con anterioridad.

b) Sobreelevación

Es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo, en las curvas del alineamiento horizontal. En el capítulo IV se muestra la secuencia de cálculo de las sobreelevaciones en curvas horizontales.

c) Transición del bombeo a la sobreelevación

Se realiza al pasar una sección en tangente a otra en curva, en la que se requiere por lo tanto cambiar la pendiente de la corona del bombeo a la sobreelevación correspondiente a la curva.

### 3) Calzada

Es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

Normalmente el ancho de calzada se refiere al ancho en tangente del alineamiento horizontal, pero en las curvas es necesario dar un ancho adicional al que se le denomina ampliación. En el capítulo IV se muestra la secuencia de cálculo de las ampliaciones en curvas horizontales.

### 4) Acotamientos

Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y los hombros del camino, su ancho depende principalmente del volumen de tránsito y su pendiente transversal es la misma que la de la calzada.

## I.3.2 SUBCORONA

La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la cual se apoyan las capas del pavimento. En la sección transversal está representada por una línea.

Los elementos que definen a la subcorona son la subrasante, la pendiente transversal y el ancho.

### 1) Subrasante

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del

eje de la subcorona; en la sección transversal esta representada por un punto, cuya diferencia de elevación con la rasante nos da el espesor del pavimento y el desnivel con respecto al terreno natural determina el espesor de corte o terraplén.

## 2) Pendiente transversal

Es la misma que la de la corona manteniendo uniforme el espesor de pavimento.

## 3) Ancho

Es la distancia horizontal comprendida entre los puntos de intersección de la subcorona con los taludes del terraplén, cuneta o corte.

### I.3.3 CUNETAS Y CONTRACUNETAS

Las cunetas y contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas en la sección transversal.

#### 1) Cunetas

Son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o ambos lados de la corona contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas el agua que escurre por la corona y taludes de corte.

#### 2) Contracunetas

Son zanjas generalmente de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para

interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.

En el capítulo III se mencionan las características hidráulicas que deberán tener ambas.

#### I.3.4 TALUDES

El talud es la inclinación de los cortes o de los terraplenes, expresado numericamente por el recíproco de la pendiente o explicado de otra manera, es la superficie que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que los forman.

#### I.3.5 PARTES COMPLEMENTARIAS

Se denomina así a los elementos de la sección transversal con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Dichos elementos son: las guarniciones, los bordillos, las banquetas y las fajas separadoras.

##### 1) Guarniciones

Son elementos parcialmente enterrados, comunmente de concreto hidráulico, que se emplean principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento.

## 2) Bordillos

Son elementos generalmente de concreto asfáltico que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes a fin de encauzar el agua que escurre por la corona y que se descarga en lavaderos contruidos sobre el talud del terraplen.

## 3) Banquetas

Son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o ambos lados de ella. Son más comunes en zonas urbanas y suburbanas, en caminos rara vez son necesarios.

## 4) Fajas separadoras

Son las zonas que se construyen para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido. A las primeras se les llama fajas separadoras centrales y a las segundas fajas separadoras laterales.

### I.3.6 DERECHO DE VIA

El derecho de vía de una carretera es la faja que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección y en general, para el uso adecuado de esa vía. Su ancho será el requerido para satisfacer esas necesidades.

En la tabla I.3.1 se muestran la clasificación y características de las carreteras de acuerdo a la ( S.C.T. ).

CONCEPTO	U	TIPO DE CARRETERA																														
		E			D			C			B			A																		
TDPA EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	metros	HASTA 100			100 a 300			300 a 1500			1500 a 3000			MAS DE 3000																		
TIPO DE TERRENO	MONTAÑO LOMERO PLANO																															
VELOCIDAD DE PROYECTO	km/h	30	40	50	60	70	30	40	50	60	70	40	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	60	70	80	90	100	110
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	40	55	75	95	115	135	155	175	50	75	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE RESABE	m	-	-	-	-	-	130	160	220	270	345	160	220	270	345	360	400	500	585	270	345	360	400	500	585	600	400	495	585	600	690	690
GRADO MAXIMO DE CURVATURA	°	80	30	17	11	7.5	60	30	17	11	7.5	30	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	17	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	11	7.5	5.5	4.25	3.25	2.75	
CURVAS	K	CRESTA	m/%																													
		VALLE	m/%																													
VERTICALES	LOMBOS	m/%																														
PENIENTE GOBERNADORA	%	7			6			5			4			3																		
PENIENTE MAXIMA	%	10			9			8			7			6																		
ANCHO DE CALZADA	m	40			60			6.5			70			75																		
ANCHO DE CORONA	m	40			60			70			80			12.5																		
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-			-			0.8			1.0			1.5																		
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	-			-			-			-			2.0																		
BOMBEO	%	3			3			3			3			3																		
SOBREELEVACION MAXIMA	%	10			10			10			10			10																		

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
**TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS**

**CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LAS CARRETERAS (S.C.T.)**



**CAPITULO II**

**TRABAJOS  
PRELIMINARES**

## II. . TRABAJOS PRELIMINARES

Antes de elaborar el Proyecto Geométrico de una carretera es necesario realizar algunos trabajos preliminares de una precisión tal, que permitan definir las características geométricas de ésta, las propiedades de los materiales que la formarán y las condiciones de las corrientes que cruza.

Con respecto a las características geométricas, los estudios permitirán definir la inclinación de los taludes de cortes y terraplènes y las elevaciones de subrasante.

Referente a las propiedades de los materiales que formarán las terracerías, se dictan normas para su explotación, manejo, tratamiento y compactación.

Las obras de drenaje quedarán definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de las corrientes que cruza el camino unidas a las características de los materiales en el cauce.

### II.1 ESTUDIOS FOTOGRAMÉTRICOS

Los estudios fotogramétricos se realizan con la finalidad de efectuar una localización óptima de la carretera en proyecto, para esto es necesario realizar algunos trabajos, que básicamente son tres:

- Elección de ruta
- Proyecto trazo preliminar
- Proyecto trazo definitivo

## II.1.1 ELECCION DE RUTA

La elección de la mejor ruta de entre varias posibles es un problema de cuya solución depende el futuro de la carretera. Este proceso involucra varias actividades, desde el acopio de datos, exámen y análisis de los mismos, hasta los levantamientos aéreos y terrestres necesarios para determinar a este nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente.

### 1) Recopilación de Datos Previos

Se recopilará toda la información aerofotográfica existente de la zona en estudio, sobre la que se localizan en forma general las líneas de ruta, asimismo se obtiene información sobre la población ( demografía, cultura, producción ) y sobre las obras existentes y las planeadas para la zona de influencia del proyecto.

### 2) Reconocimiento Preliminar

Este reconocimiento tiene por objeto verificar y complementar directamente los datos previos recopilados y delimitar la zona que contienen las rutas posibles, así como sus cuencas económicas, geológicas e hidráulicas. El reconocimiento es llevado a cabo por técnicos en planeación, localización de vías terrestres y geotecnia, utilizando aviones, helicópteros y vehículos terrestres.

Cada técnico se dedica a cubrir los conceptos de su competencia, de los cuales hace un informe y posteriormente se elabora un informe conjunto de todos y se definen los siguientes conceptos.

- a) La faja de terreno que debe fotografiarse a escala 1:50 000.
  - b) Los puntos obligados de paso.
  - c) Los posibles problemas geotécnicos y de cobertura vegetal que se hallarán en cada una de las rutas posibles.
  - d) Los estudios económicos de rentabilidad de la obra.
- 3) Fotografía aérea a escala 1:50 000.

Se ha designado a la fotografía de ésta escala como de reconocimiento debido a las ventajas de amplitud que presenta para el estudio de rutas, así como para su interpretación desde los puntos de vista geológico, hidráulico, y de uso de la tierra.

Dependiendo de la topografía de la zona por fotografiar, para esta escala se especifica una sobreposición longitudinal de 60% a 80% y transversal de 20% a 30%. Las líneas de vuelo se proyectan generalmente sobre cartas a escala 1:250 000.

- 4) Estudio de Rutas en fotos a escala 1:50 000

Aprovechando los informes del primer reconocimiento, el localizador marca en las fotos las líneas de rutas posibles, para lo que se auxilia de las elevaciones conocidas en la zona y de la barra de paralaje en la determinación aproximada de desniveles.

- 5) Interpretación Fotogeológica

Interpretando las aerofotos desde los puntos de vista geológicos, hidrológico y geohidrológico se delimitan las unidades geomórficas, rocas, suelos, drenajes, zonas apropiadas de cruces y materiales de construcción; detallando lo necesario en los corredores de las rutas posibles.

La información obtenida es comprobada en el campo visitando puntos de control geológico previamente seleccionado por su representatividad y accesibilidad. Estos datos se presentan en mapas fotogeológicos y mosaicos fotográficos a escala 1:50 000.

#### 6) Reconocimiento de Rutas

Se debe efectuar un reconocimiento aéreo y terrestre por los mismos técnicos del reconocimiento preliminar, de cada una de las rutas posibles, para verificar y complementar directamente la información obtenida en gabinete por fotointerpretación y de ser posible, definir la ruta más conveniente.

#### 7) Evaluación de Rutas

Con los datos obtenidos hasta la etapa anterior deben elaborarse los antepresupuestos de obra y los estudios de rentabilidad correspondientes, para que por comparación se defina la ruta definitiva o la alternativa cuyo estudio debe continuarse hasta la etapa de proyecto preliminar.

### II.1.2 PROYECTO TRAZO PRELIMINAR

Tiene como finalidad la obtención de la mejor línea de anteproyecto, a través de los siguientes conceptos:

#### 1) Fotografía Aérea a escala 1:25 000

Las líneas de vuelo se marcan sobre mosaicos fotográficos elaborados con el vuelo a escala 1:50 000, centrándolas a las líneas de ruta por estudiar, de esta manera se logra precisión satisfactoria en la posición de las fajas fotográficas.

## 2) Apoyo Terrestre y Aerotriangulación

El control terrestre para aerotriangulación consiste generalmente en figuras de triangulación o poligonales, situadas en cada extremo del triángulo de aerotriangulación, aislados planimétricamente, mediante lados de poligonal y nivelación trigonométrica.

El apoyo terrestre se proyecta en gabinete y es ejecutado por brigadas de control terrestre.

Para el control angular se efectúan orientaciones astronómicas, mientras que para el control altimétrico, siempre que es económicamente conveniente, se ligan las nivelaciones a bancos de nivel con telurómetro. Cada punto de control es identificado con croquis en los registros de campo y piquete fino en las fotos de trabajo.

El apoyo terrestre se calcula en gabinete, obteniendo finalmente las coordenadas de los puntos de control que sirven para el desarrollo de la aerotriangulación.

## 3) Anteproyecto a escala 1:5 000

En gabinete se observan estereoscópicamente los planos de proyección de los modelos completos. Esta disposición es ideal para interpretar al terreno, esbozar trazos, restituir lo necesario y leer con seguridad los perfiles de las diferentes alternativas, todo lo cual no es posible con los planos topográficos únicamente. Con la fotografía a escala 1:25 000, se debe obtener la restitución y la maqueta estereoscópica a escala 1:5 000.

### II.1.3 PROYECTO TRAZO DEFINITIVO

El proyecto del trazo definitivo lo obtenemos a través de los siguientes conceptos:

#### 1) Apoyo Terrestre ( poligonal de referencia )

Los vértices de apoyo se sitúan alternativamente a los lados de la línea de anteproyecto y distantes entre sí, buscando que el estacamiento del trazo se haga desde ellos con facilidad para simplificar el trabajo en campo y para que los puntos de nivelación lateral funcionen mejor. La brigada de control se dedica previamente a señalar todos los vértices de la poligonal, a continuación se toman las fotos a escala 1:5000, se procesan en el laboratorio y se envían al campo para identificar cada vértice y escoger los puntos laterales de nivelación en los triples traslapes de las fotos, para luego efectuar las correspondientes mediciones. Los ángulos se miden con un tránsito secundario y se controlan con orientaciones astronómicas, las distancias se miden con telurómetro y las nivelaciones son geométricas para los puntos laterales.

#### 2) Fotografía Aérea a Escala 1:5 000

Quando la brigada ha terminado el señalamiento del control se ejecuta el tercer levantamiento aerofotográfico, el que se proyecta en mosaicos fotogramétricos a escala 1:5 000 y consiste en líneas de vuelo centradas sobre las líneas de anteproyecto.

#### 3) Restitución de planos para proyecto definitivo.

Se hace en autógrafa A-B, generalmente a escala 1:2 000 con equidistancia vertical de 2m, sin embargo, en algunos casos

conviene restituirlos a escala 1:1 000 para curvas de nivel a cada metro, sobre todo cuando se atraviesa zona urbanizada o de topografía muy accidentada. Esta escala también permite una mejor forma de estudio de drenaje, inclusive la ubicación de los ejes de las obras.

El ancho de la faja a restituir depende de la seguridad que se tenga de la posición de la línea de anteproyecto, sin embargo generalmente son suficientes para el proyecto de trazo unos 200.0 m. a cada lado de la citada línea.

#### 4) Línea definitiva

Tomando como base la línea de anteproyecto estudiada y las especificaciones geométricas del proyecto se ensayan trazos deduciendo perfiles, proponiendo subrasantes, estimando cantidades de obra, factores de operación; hasta obtener el mejor proyecto.

#### 5) Reconocimiento del terreno por líneas proyectadas

A continuación es necesario que el proyectista recorra en el campo la línea proyectada para verificar la conveniencia de su posición juzgando los conceptos de paso, afectaciones, suelos y drenaje, y en su caso, para modificarlo racionalmente.

#### 6) Estudio preliminar del drenaje

En el recorrido el proyectista presta especial atención al funcionamiento del drenaje de la línea; toma los niveles de aguas máximas en los cruces y los datos hidráulicos someros que le permitan verificar las capacidades hidráulicas de las obras menores, previamente determinadas en gabinete mediante el aereado



de la cuencas delimitadas en las aerofotos durante el estudio preliminar de drenaje.

#### 7) Exploración de suelos

Definida la línea, se proporciona al departamento de geotécnia un juego de planta y perfil deducido, así como una lista preliminar de las obras menores y mayores de drenaje, para que se explore y ensaye lo necesario para proporcionar finalmente al proyectista, el perfil del suelo con sus correspondientes coeficientes de variación de empleo de los materiales para la construcción de las terracerías y demás estructuras del proyecto.

Naturalmente, algunas veces los estudios geotécnicos justifican modificaciones en el proyecto.

## II.2 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Una vez realizados los estudios fotogramétricos se procede a realizar los trabajos topográficos en campo necesarios para ubicar la línea definitiva, dichos trabajos son:

- Trazo
- Referenciación
- Nivelación
- Seccionamiento

### II.2.1 TRAZO

El trazo del eje del camino consiste en la medición angular

y longitudinal de la línea, sobre la que se fijan los PI's (puntos de inflexión) los cuales son cambios de dirección que presenta la línea del camino. Al primer punto se le denomina 0+000 en caso de ser un trazo nuevo, o será la continuación del kilometraje cuando sea una ampliación de un camino existente.

Posteriormente se procederá a medir el ángulo entre las 2 tangentes que convergen a un PI, esta medición será con tránsito o teodolito, se debe de medir la distancia entre PI's ya sea con cinta o medidor de distancias electrónico (distanciómetro), cada PI tendrá que considerar las curvas que se vayan a trazar, las cuales ya están definidas desde el proyecto. Se deberá de dejar trompo-estaca testigo, donde se marcarán los cadenamientos correspondientes a cada 20 m. y en cruces importantes ( ver forma II.2.1 ).

#### 1) Curvas Circulares Simples

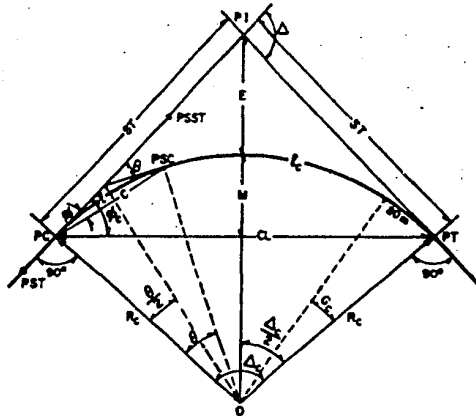
Estas curvas están constituidas por un tramo de una sola circunferencia, los elementos que deben determinarse para trazarla en campo son los que se muestran en la figura II.2.1.

El grado de curvatura ( $G_c$ ) es definido por el tipo de camino y la velocidad de proyecto por lo que es un dato conocido, lo mismo que la deflexión ( $D_c$ ) y el valor del PI, a partir de esos datos se calculan los demás, como se muestra a continuación:

a)  $R_c = 1145.92 / G_c$

b)  $ST = R_c [ \tan ( D_c / 2 ) ]$

c)  $LC = 20 ( D_c / G_c )$



- 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** Angulo de deflexión de las tangentes  
**Δ<sub>c</sub>** Angulo central de la curva circular  
**θ** Angulo de deflexión a un PSC  
**φ** Angulo de una cuerda cualquiera  
**φ<sub>c</sub>** Angulo 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** Externo  
**M** Ordenada media  
**C** Cuerda  
**CL** Cuerda larga  
**l** Longitud de un arco  
**L<sub>c</sub>** Longitud de la curva circular

<b>UNAM</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
TESIS PROFESIONAL TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS	
ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE	
FIGURA II.2.1	

d)  $E = R_c [ \sec ( D_c / 2 ) - 1 ]$

e)  $C = 2R_c [ \sen ( \theta / 2 ) ]$

f)  $M = R_c [ 1 - \cos ( D_c / 2 ) ]$

g)  $PC = PI - ST$

h)  $PT = PC + LC$

Finalmente para conocer el cadenamiento del siguiente PI, al valor del PT se le suma la distancia entre los dos PI's y se le resta la subtangente de la curva anterior ( $PI = PT + d - ST$ ).

En campo se pueden presentar diferentes casos para el trazo de curvas como son: PI inaccesibles, infinitas, etc., y cada uno tiene diferente manera de trazarse.

## 2) Curvas Circulares Compuestas

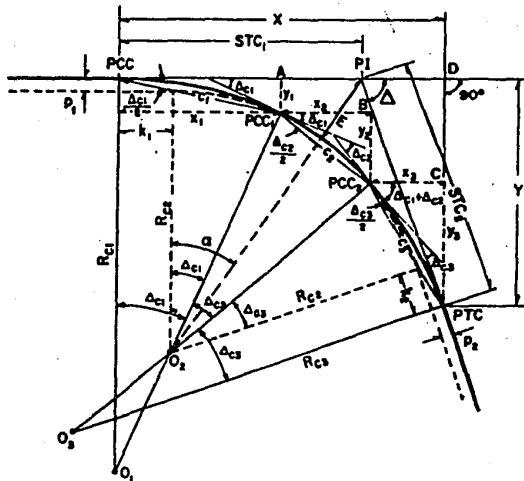
Estas curvas son formadas por varios tramos de curvas de radios diferentes, según las necesidades del terreno o de las estructuras como las de pasos a desnivel.

Cada tramo se calcula como una curva simple y por geometría y trigonometría se pueden determinar todas las distancias y elementos de las tangentes principales e intermedias y los elementos necesarios para trazarlas en campo. Los elementos de dichas curvas se muestran en la figura II.2.2.

## 3) Curvas Espirales.

Cuando se pasa de una tangente a una curva circular es





- PI** Punto de intersección de las tangentes  
**PCC** Punto donde se inicia la curva circular compuesta  
**PTC** Punto donde termina la curva circular compuesta  
**PCC<sub>1</sub>, PCC<sub>2</sub>** Puntos de curvatura compuesta, o sean los puntos en donde termina una curva circular simple y empieza otra  
**O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>** Centros de las curvas circulares simples que integran la curva circular compuesta  
  
**Δ** Angulo de deflexión entre las tangentes  
**Δ<sub>c1</sub>, Δ<sub>c2</sub>, Δ<sub>c3</sub>** Angulos centrales de los curvas circulares simples  
**R<sub>c1</sub>, R<sub>c2</sub>, R<sub>c3</sub>** Radios de cada una de los curvas circulares simples  
**STC<sub>1</sub>, STC<sub>2</sub>** Subtangentes de la curva circular compuesta  
**p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>** Desplazamientos de la curva central para curva compuesta de tres centros

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
 ELABORACION DEL PROYECTO  
 GEOMETRICO DE CARRETERAS

ELEMENTOS DE UNA CURVA  
 CIRCULAR COMPUESTA

conveniente que la disminución del radio de curvatura no sea brusco sino gradual, esto se logra con el empleo de una curva espiral; esta se puede definir como una curva cuyo radio de curvatura disminuye continuamente al aumentar la longitud de la curva.

Los elementos que hay que determinar para el trazo en campo de la curva se muestran en la figura II.2.3.

## II.2.2 REFERENCIACION

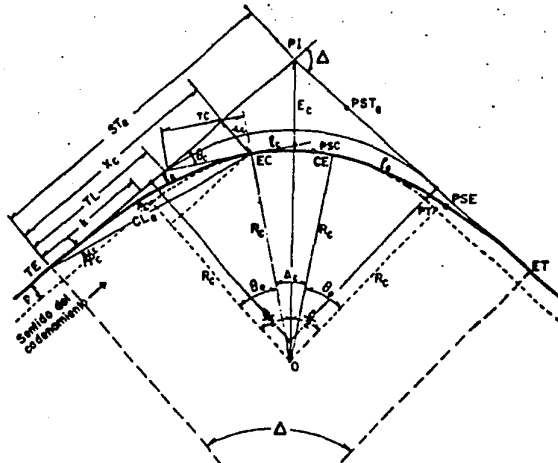
El objeto de las referencias es el de ubicar la posición de un punto con relación a otros existentes, que se supone permanecerán fijos durante la construcción del camino.

Para referenciar un punto se emplean ángulos y distancias medidas con exactitud, procurando siempre que los puntos escogidos como referencia queden fuera del derecho de vía.

Es absolutamente necesario que el ingeniero deje referenciados todos los puntos que definen el trazo, tales como los PI, PC, PT y varios PST procurando que éstos últimos no disten entre si mas de 500 m.

Los ángulos se medirán siempre en cuadrantes, tomando como origen el eje del camino y en los PI el origen será la tangente del lado del PC o sea en el sentido del avance de la línea y la numeración de los puntos de referencia se harán en el sentido de las manecillas del reloj de adentro hacia fuera y comenzando adelante y a la derecha del eje del camino.

Como puntos de referencia podrán emplearse árboles



- 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 sobre la curva circular
- PSE Punto sobre la espiral
- PST<sub>e</sub> Punto sobre la subtangente

- $\Delta$  Angulo de deflexión de las tangentes
- $\Delta_c$  Angulo central de la curva circular
- $\theta_e$  Deflexión de la espiral
- $\phi_c$  Angulo de la cuerda larga de la espiral

- ST<sub>e</sub> Subtangente
- X<sub>c</sub>, Y<sub>c</sub> Coordenadas del EC o del CE
- h, p Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)
- TL Tangente larga
- TC Tangente corta
- CL<sub>e</sub> Cuerda larga de la espiral
- E<sub>c</sub> Externa
- R<sub>c</sub> Radio de la curva circular
- l<sub>e</sub> Longitud de la espiral de entrada a salida
- l<sub>c</sub> Longitud de la curva circular

<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS
ELEMENTOS DE UNA CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES
FIGURA II. 2.3



corpulentos y notables, cantiles, torres de iglesia, aristas de edificios, etc. y en caso de no encontrar ninguno de ellos se pondrá trompo con tachuela en cada punto, y junto una estaca con el número de referencia del punto y su distancia al eje del camino.

Como puede verse, el referenciar los puntos principales de una línea, es de gran importancia y por lo tanto debe ejecutarse en forma correcta. El registro utilizado usualmente se muestra en la forma II.2.2.

### II.2.3 NIVELACION

Habiendo trazado y referenciado la línea definitiva en el campo, se nivela para apoyar las secciones de construcción y para poder tener el perfil del terreno y proyectar la subrasante o rasante.

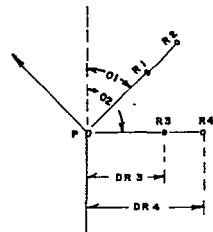
La nivelación es la operación mediante la cual se determina la diferencia de nivel entre dos o varios puntos y su estudio y práctica se agrupa en tres grandes temas: nivelación geométrica o topografía, nivelación trigonométrica y nivelación barométrica.

Dentro de la nivelación topográfica se distinguen otras clases de nivelaciones, que en esencia no son sino diferentes modalidades de la misma, como son: nivelación diferencial, de perfil, etc.

La nivelación trigonométrica se funda en las propiedades trigonométricas de un triángulo rectángulo y para su ejecución utiliza la medición de ángulos verticales y distancias practicadas a lo largo de una poligonal.

## REFERENCIAS DEL TRAZO

PTO. REFERENCIADO (P)		ANGULOS ( $\theta$ ) A LA DERECHA DESDE PROLONGACION TANGENTE ATRAS Y DISTANCIAS (D) P a R						
IDENT	Km.	$\theta$	DR1	DR2 en	$\theta$	DR3	DR4 en	



<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"
REFERENCIAS DE PUNTOS PRINCIPALES DE UNA LINEA
FORMA II.2.2

La nivelación barométrica es aquella que se lleva a cabo mediante el uso de barómetros, y tiene su apoyo en la variabilidad de la presión atmosférica con relación a la altura del lugar, la temperatura del lugar y la temperatura del aire.

En caminos se sigue generalmente la nivelación de perfil y se comprueba con la nivelación diferencial.

Se llama perfil de una línea, a la obtención después de vaciar a escalas convenientes las cotas de todas las estacas.

A manera de ejemplo, vamos a continuación a llevar a cabo una nivelación de perfil, partiendo de un punto cuya cota es conocida y que generalmente se llama banco de nivel. Los puntos de liga se escogen, casi siempre fuera de la poligonal.

Colocando y nivelando el aparato en un punto conveniente, con el objeto de ver el mayor número de estaciones desde el mismo lugar, se coloca el estadal sobre el banco de nivel y se hace la lectura 0.361, la cual sumada a la cota 100.00 del banco, nos da la altura 100.361 del aparato.

Se mueve el estadal de estación en estación y se hacen las lecturas 0.850, 0.910, 1.450, etc., las cuales restadas de la altura 100.361 del aparato nos dan las cotas 99.511, 99.451, 98.911 etc.

Cuando la visibilidad ya no permite leer más adelante, se busca un PL fuera de la poligonal poniendo un trompo, se hace la lectura 1.832 y se obtiene su cota 98.529.

Se cambia el aparato y ya nivelado y con el estadal en el PL se hace la nueva lectura 0.651, con lo cual, sumada a la cota del

PL de 98.529, se obtiene la nueva lectura del aparato y se prosigue la nivelación.

La nivelación es un aspecto que tiene mucha importancia en la construcción de un camino y por lo tanto se recomienda que siempre se ejecute con cuidado y se compruebe si ha sido bien llevada a cabo la misma. El registro de datos se llevaría como se muestra a continuación: ( ver forma II.2.3 ).

#### REGISTRO DE NIVELACION DE PERFIL

PUNTOS VISADOS	+	*	LECTURAS INTERMEDIAS	-	COTAS
BN1	0.361	100.361			100.000
0+000			0.850		99.511
0+020			0.910		99.451
0+040			1.450		98.911
0+060			1.630		98.731
0+080			1.780		98.581
PL1	0.651	99.180		1.832	98.529
0+100			0.750		98.430
0+120			1.110		98.070
0+140			1.580		97.600
0+160			1.730		97.450
PL2				1.854	97.326

COMPROBACION. La comprobación aritmética se haría así:

$$0.361 + 0.651 = 1.012$$



$$1.832 + 1.854 = 3.686$$

$$3.686 - 1.012 = 2.674$$

Este ultimo resultado debe ser igual a la diferencia entre las cotas del BN y la del PL2.

Cierre de la nivelación - Si se ha hecho con la tolerancia debida (1 cm en cada 500 m en caminos) se regresa con una nivelación diferencial o con doble punto de liga.

Para comprobar una nivelación de perfil o para encontrar la diferencia de niveles entre dos puntos, se hace uso de la nivelación diferencial.

#### REGISTRO DE NIVELACION DIFERENCIAL

PV	+	*	-	COTAS
BN1	0.325	100.325		100.000
PL1	0.462	99.150	1.637	98.688
PL2			1.824	97.326
	-----		-----	
	0.787		3.461	

$$\text{Desnivel} = 100.000 - 97.326 = 2.674$$

$$\text{Comprobación} = 3.461 - 0.787 = 2.674$$

#### II.2.4 SECCIONAMIENTO

Las secciones transversales son nivelaciones que se realizan

normales al eje del camino a cada 20 m y 20 ó 30 m a cada lado según las necesidades de proyecto o de la sección tipo del camino.

A diferencia de la nivelación del perfil del eje, estas no deben de llevar ninguna comprobación, pero si deben de contener las distancias de todos los detalles que crucen para obtener una buena configuración del terreno.

La longitud que se debe de levantar a cada lado del eje variará según si el cuerpo del camino sea un corte o en terraplén pues es necesario conocer la distancia hasta donde llegarán (patearan) los taludes.

El cálculo es idéntico al del nivel, estas se deben de dibujar en papel milimétrico y a escala 1:100 horizontal y vertical para que se dibuje la sección de proyecto ( ver forma II.2.4 ).

#### REGISTRO DE SECCIONAMIENTO

##### LADO DERECHO

PUNTOS VISADOS	+	*	-	COTAS
0 + 000	0.98	100.491		99.511
5.00			1.32	99.171
10.00			1.50	98.991
15.00			1.88	98.611
20.00			2.73	97.761

	<b>REGISTRO DE SECCIONES</b>	CARRETERA _____ TRAMO _____ SUBTRAMO _____ DE Km. _____ A Km. _____ FECHA _____
--	------------------------------	--

	<b>REGISTRO DE SECCIONES</b>	CARRETERA _____ TRAMO _____ SUBTRAMO _____ DE Km. _____ A Km. _____ FECHA _____
--	------------------------------	--

_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
<b>REGISTRO DE SECCIONES</b>	
	FORMA II.2.4



## LADO IZQUIERDO

PUNTOS VISADOS	+	*	-	COTAS
0 + 000	0.98	100.491		99.511
5.00			1.10	99.391
10.00			0.85	99.641
15.00			0.32	100.171
20.00			0.10	100.391

### II.3 ESTUDIOS GEOTECNICOS

Para iniciar una obra de ingeniería es necesario tener la mayor información para determinar la factibilidad de construir una obra civil.

#### II.3.1 INSPECCION GEOTECTICA

La inspección de un sitio consiste fundamentalmente en la recopilación de datos de geología y geotécnica, obtenidos de datos de campo y laboratorio, los estudios antes mencionados se pueden desarrollar en dos etapas, primero haciendo un reconocimiento preliminar y segundo, con una investigación detallada empleando métodos directos e indirectos.

Los estudios preliminares para un camino como se mencionó anteriormente, deben realizarse siempre durante la etapa del anteproyecto mediante la recopilación y análisis de la información existente y el reconocimiento de campo.

Es necesario obtener la mayor cantidad de información, derivada de estudios desarrollados en el área de influencia de los mismos, recurriendo a las dependencias u organismos que dispongan de ella, dicha información debe ser analizada y sintetizada para obtener datos generales relacionados a problemas característicos de la región.

Los datos geológicos son necesarios primero, cuando se selecciona en gabinete la ruta de un camino en la etapa de anteproyecto, en seguida, en la etapa que corresponde a la definición de las características geotécnicas del trazo de la línea definitiva, luego en la etapa de construcción de la obra y finalmente estando la obra en operación.

En el anteproyecto, los datos geológicos se obtienen principalmente de fotografías aéreas y planos.

Para garantizar el éxito en la obtención de los datos geológicos, es necesario contar con técnicos experimentados para los trabajos de campo y proporcionar durante todas las etapas de la exploración geológica una íntima colaboración entre el geólogo, el geotécnico y el proyectista.

Se debe hacer un reconocimiento de campo preliminar por uno ó varios especialistas en geotécnica, recorriendo el trazo del camino en proyecto, realizando toma de muestras y haciendo observaciones de las características geológicas generales, valiéndose de los cortes y afloramientos naturales existentes a todo lo largo del trazo del camino.

Del reconocimiento preliminar debe resultar un informe en el que se establezcan cuales deben ser y cual será la secuencia de los estudios del detalle.

### II.3.2 EXPLORACION Y MUESTREO

Los métodos de exploración y muestreo en una obra vial pueden dividirse en dos tipos, según los objetivos que se persigan.

#### 1) Primer tipo

Es preciso conocer las características de los materiales con los que se formará la terracería. Hay dos modos de obtener material para este fin: Por préstamo lateral y por préstamo de banco; en el primer caso el material de los terraplenes se obtiene de excavaciones laterales poco profundas a lo largo del camino y a relativa poca distancia de éste. La exploración se circunscribe normalmente a la realización de pozos a cielo abierto en el número y profundidad adecuados, de los que se extraen muestras alteradas que permitan clasificar el suelo, a fin de establecer su posibilidad de utilización en el cuerpo de la terracería, la separación de los pozos la fijará el experto en mecánica de suelos de acuerdo a su criterio; en caso de no realizarlo este, se fija una distancia, generalmente a cada 500 mts.

En el segundo caso, casi siempre más costoso, el material se acarrea de algún lugar donde exista en la cantidad y calidad requeridas, se puede considerar como un caso particular de éste, el de las terracerías compensadas longitudinalmente, en el que se forma un terraplén con material que proviene de un corte próximo.

La exploración se circunscribe a localizar el banco conveniente y muestrear sus materiales a fin de fijar sus características.

## 2) Segundo tipo

Consiste en conocer las características del terreno de cimentación en que la obra vial estará colocada. Se explorarán especialmente aquellas zonas en que se recele la presencia de problemas específicos (puentes, obras de drenaje, pasos superiores, etc.).

Cuando sea posible utilizar el método de pozos a cielo abierto, debe considerarsele como el mas idóneo para conocer las condiciones del subsuelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico puede bajar directamente y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo.

Aunque como se sabe, este tipo de excavación no puede llevarse a grandes profundidades, a causa de la dificultad de controlar el flujo de agua bajo el nivel freático.

De estos pozos se toman las muestras alteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado. Las muestras alteradas son simplemente porciones de suelo que se protegerán contra pérdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas emparafinadas.

De lo descrito anteriormente, se ve de manera obvia la necesidad que se tiene de contar en la etapa de proyecto con datos firmes, seguros y abundantes respecto al suelo que se está tratando. En realidad es en el laboratorio de mecánica de suelos en donde el proyectista ha de obtener los datos definitivos para su trabajo, por lo que resultan así estrechamente ligados el muestreo de los suelos y la realización de pruebas de

laboratorio.

Durante la exploración de campo y las pruebas de laboratorio se deberá tener mucho cuidado de la información que se tenga, para poder preveer los problemas que se presenten durante el trazo de la línea del camino en los puntos obligados que se tengan que pasar o en otros puntos que presenten algunas fallas geológicas o de inestabilidad de los materiales, en estos casos especiales se señalarán las causas del problema o las características geotécnicas del sitio investigado y se darán los lineamientos para la exploración adicional que deba ejecutarse y que proporcione información base para la solución del problema.

La omisión de algunos de los datos geológicos o características y propiedades de los suelos, pueden llevar a una interpretación u obtención de resultados equivocados en los estudios.

### II.3.3 PRUEBAS DE LABORATORIO

Todas las muestras obtenidas durante los trabajos de exploración, son mandadas al laboratorio debidamente protegidas para evitar la pérdida de humedad, y de su estructuración en caso de ser muestras inalteradas. Para poder determinar las propiedades índice del suelo se deben de efectuar las siguientes pruebas de laboratorio:

- Contenido de agua
- Granulometría
- Límites de consistencia
- Clasificación de los suelos
- Peso volumétrico

Estas propiedades permiten la evaluación de las relaciones volumetrico - gravimetricas y la clasificación del suelo.

#### 1) Contenido de agua

El contenido de agua (w) se define como la relación entre el peso del agua y el peso de la muestra en su fase sólida y se expresa en porcentaje.

La prueba consiste en pesar la muestra (Wh) y después secarla en un horno durante 18 ó 20 hrs. a una temperatura constante de 110 grados centígrados. Posteriormente se procede a pasar la muestra seca (Ws).

El valor del contenido de agua se obtiene aplicando la fórmula:

$$W (\%) = [ ( W_h - W_s ) / W_s ] * 100$$

#### 2) Granulometria

Se define como granulometria de un suelo la distribución cuantitativa del tamaño de las partículas que lo forman. La forma de la curva granulométrica de los suelos gruesos se define en función de los coeficientes de curvatura (Cc) y uniformidad (Cu), permitiendo clasificarlos como bien o mal graduados, y el porcentaje de partículas menores de 0.074 mm (malla 200) los agrupa como suelos limpios o con fracción limpia.

Los datos obtenidos de la curva son necesarios para conocer que tan susceptibles son los suelos granulares a compactarse y a perder resistencia cuando son sujetas a cargas dinámicas.

La prueba de la granulometria se hace mediante 2 metodos que son los más usuales: el cribado por malla para particulas mayores de 0.074 mm. (malla 200) y usando el hidrómetro para particulas menores.

Las mallas usadas en la prueba son las siguientes:

Material retenido en malla No. 4		Material que pasa malla No. 4	
Malla	Diámetro (mm)	Malla	Diámetro (mm)
3"	76.20	No. 10	2.00
2"	50.80	No. 20	0.84
1"	25.40	No. 40	0.42
1/2"	12.70	No. 60	0.25
3/8"	9.52	No.100	0.149
No.4	4.76	No.200	0.074

### 3) Limites de Consistencia

La obtención de los limites de consistencia es muy útil, ya que nos permite clasificar e identificar a los suelos finos, siendo éstos: limite líquido (LL), limite plástico (LP), índice de plasticidad (IP).

El limite líquido se define como el contenido de agua de un suelo, expresado en porcentaje, para el cual se cierra una ranura de dimensiones normalizada en una muestra remoldeada, colocada en la copa de Casagrande al someterla a 25 golpes. Los contenidos de agua se grafican siendo las abscisas el contenido de agua y las ordenadas el número de golpes.

El limite líquido nos indica que tan sujeto a la expansión está un suelo ante la presencia del agua.

El límite plástico se define como el contenido de agua con el que se rompe en fragmentos de 1.0 cm, un rollo de 0.32 mm de diámetro, formado con un suelo al rodarlo con la palma de la mano sobre una superficie plana.

El índice plástico ó índice de plasticidad se define como el intervalo de contenidos de agua donde el suelo exhibe propiedades plásticas.

$$IP = LL - LP$$

#### 4) Clasificación de suelos

La clasificación de los suelos se hará con base en el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS). En la tabla II.3.1 se presenta en forma resumida el SUCS, y en la tabla II.3.2 se presenta gráficamente el procedimiento auxiliar para la identificación de los suelos en el laboratorio.

Es conveniente que al clasificar los suelos gruesos se señalen las características siguientes: forma de los granos, mineralogía, compacidad en el campo y el nombre geológico.

Al clasificar los suelos finos debe incluirse: color, olor, consistencia, estructuración y nombre geológico.

#### 5) Peso Volumétrico Seco Máximo (PVSM)

La determinación del PVSM en laboratorio nos sirve para tener un control de la compactación en el campo. La prueba que generalmente se utiliza es la de impactos tipo próctor modificada y la porter.



PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Escribirse los parámetros mayores de Tabla I) y después los menores de estos parámetros)		SÍMBOLO DEL SUELO (N)		NOMBRES TÍPICOS		INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS											
SUELOS DE PARTICULAS GROSAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE (Las partículas de 0.075 mm. de diámetro hasta 2.00 mm. son aproximadamente las más pequeñas que se agregan a la masa total.)	ARENAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE PERO MENOS DE 60 MILÍMETROS EN SU MENOR EJE PARA IDENTIFICACIÓN VERSE SUELOS L/S O SUELOS ENTERRADOS EN EL SECCIONADO DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE	ARENAS FINAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE PERO MENOS DE 60 MILÍMETROS EN SU MENOR EJE PARA IDENTIFICACIÓN VERSE SUELOS L/S O SUELOS ENTERRADOS EN EL SECCIONADO DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE	ARENAS LINDAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE PERO MENOS DE 60 MILÍMETROS EN SU MENOR EJE PARA IDENTIFICACIÓN VERSE SUELOS L/S O SUELOS ENTERRADOS EN EL SECCIONADO DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE	ARENAS LINDAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE PERO MENOS DE 60 MILÍMETROS EN SU MENOR EJE PARA IDENTIFICACIÓN VERSE SUELOS L/S O SUELOS ENTERRADOS EN EL SECCIONADO DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE	ARENAS LINDAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE PERO MENOS DE 60 MILÍMETROS EN SU MENOR EJE PARA IDENTIFICACIÓN VERSE SUELOS L/S O SUELOS ENTERRADOS EN EL SECCIONADO DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE	ARENAS LINDAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE PERO MENOS DE 60 MILÍMETROS EN SU MENOR EJE PARA IDENTIFICACIÓN VERSE SUELOS L/S O SUELOS ENTERRADOS EN EL SECCIONADO DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE	ARENAS LINDAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE PERO MENOS DE 60 MILÍMETROS EN SU MENOR EJE PARA IDENTIFICACIÓN VERSE SUELOS L/S O SUELOS ENTERRADOS EN EL SECCIONADO DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE	AMPLIA GAMA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	GW	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	Darse el nombre típico, indiquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y gruesa de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.  Para los suelos inestables agréguese información sobre estratificación, compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje.  Ejemplo: Arena limosa, cc; grava, como un 20% de grava de partículas gruesas angostas y de 15 cm. de tamaño máximo; arena gruesa a fina de partículas redondeadas o subangulosas, alrededor de 15% de fines no plásticos de baja resistencia en e.s.d. seco; compacta y húmeda en el lugar; arena cubrial (SM).						
								PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑOS CON ABSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	GP	GRAVAS MAL GRADUADAS MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.							
								FRACCIÓN FINA POCO O NADA PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VERSE GRUPO ML ABAJO).	GM	GRAVAS LINDAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO							
								FRACCIÓN FINA PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VERSE GRUPO CL ABAJO).	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA - ARENA Y ARCILLA.							
								AMPLIA GAMA EN LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	SW	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA CON POCO O NADA DE FINOS.							
								PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑOS CON ABSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS.	SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA CON POCO O NADA DE FINOS.							
								FRACCIÓN FINA POCO O NADA PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VERSE GRUPO ML ABAJO).	SM	ARENAS LINDAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO							
								FRACCIÓN FINA PLÁSTICA (PARA IDENTIFICACIÓN VERSE GRUPO CL ABAJO).	SC	ARENAS, ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA							
								PROCEDIMIENTOS DE IDENTIFICACION EN LA FRACCIÓN FINE PARA LA MALLA Nº 40									
								SUELOS DE PARTICULAS FINAS MÁS DE 10 MILÍMETROS EN SU MAYOR EJE (Las partículas de 0.075 mm. de diámetro hasta 0.0075 mm. de diámetro)	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO MEJOR DE 80	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO PEOR DE 80		LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO PEOR DE 80	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO PEOR DE 80	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO PEOR DE 80	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO PEOR DE 80	LIMOS Y ARCILLAS LÍMITE LÍQUIDO PEOR DE 80	RESISTENCIA DE TORSIÓN (EN TONELADAS) / DILATANCIA RELATIVA (EN PORCIENTO) / REACCIÓN AL MOLDEO (AL COMPACTARSE)
MULA A LIBERA	RÁPIDA A LENTA	MULA	LIMOS INORGANICOS DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, MEZCLAS LINDAS, MEZCLAS POCAS.														
MEDIA A ALTA	MUY LENTA	MEDIA	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LINDAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD.														
LIBERA A MEDIA	LENTA	LIBERA	LIMOS INORGANICOS, LIMOS REACIDOS O DIATOMEOS, LIMOS ELASTICOS.														
LIBERA A MEDIA	LENTA A MULA	LIBERA A MEDIA	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD														
ALTA A MUY ALTA	MULA	ALTA	ARCILLAS ORGANICAS.														
MEDIA A ALTA	MULA A MUY LENTA	LIBERA A MEDIA	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD.														
FACILMENTE IDENTIFICABLES POR COLOR OLORO, SENSACION ESPUMOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FINERA.																	
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS																	
P <sub>t</sub> TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS																	

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA  
**TESIS PROFESIONAL**  
**"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"**  
**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS**

CRITERIO DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO										
SUELOS DE PARTICULAS GRANDES MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO EN LA MALLA # 100 (φ)	ARENAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION ARENOSA PARA LA MALLA # 4 (se usa la curva de clasificación para identificar las fracciones de arena)	GRANAS MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION ARENOSA ES RETENIDA EN LA MALLA # 4 (se usa la curva de clasificación para identificar las fracciones de arena)	GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SC
			ML	CL	OL	MH	CH	OH	Pt	
SUELOS DE PARTICULAS FINAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PARA LA MALLA # 100 (se usa la curva de clasificación para identificar las fracciones de arena)	LIBROS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	LIBROS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE AGUA Y ARENA DE LA CURVA Wp - L Y DETERMINAR EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA LA MALLA # 100) LOS MEJORES VALORES DE CLASIFICACION COMO SIGUE: MAS DE 15% Wp, SP, SW, GP MAS DE 12% Wp, MH, MC, SH, SO							
			COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) COEF. DE CURVATURA (Cc) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ - MENOR DE 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ - ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACER TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA GW							
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	LIBROS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	LIBROS Y ARCILLAS LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE AGUA Y ARENA DE LA CURVA Wp - L Y DETERMINAR EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA LA MALLA # 100) LOS MEJORES VALORES DE CLASIFICACION COMO SIGUE: MAS DE 15% Wp, SP, SW, GP MAS DE 12% Wp, MH, MC, SH, SO							
			COEF. DE UNIFORMIDAD (Cu) COEF. DE CURVATURA (Cc) $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ - MENOR DE 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ - ENTRE 1 Y 3 NO SATISFACER TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACION PARA SW							
EQUIVALENCIA DE SUELOS G. MAS MELHO O MEJORES ORGANICOS MAS GRANDES LLAMA COMPRESIBLE S. ARENA CAPILAR P. TURBA P. MAL GRADUADA MALTA COMPRESIBLE										
COMPARANDO SUELOS A UN MISMO LIMITE LIQUIDO, LA TEROSIDAD Y LA REBENTANCIA EN ESTADO HEDROABIENTADO CON EL SIGUE PLANTIO										
CARTA DE PLASTICIDAD PARA CLASIFICACION DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO										

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS

CRITERIO DE CLASIFICACION  
DE SUELOS EN LABORATORIO

La prueba consiste en ir agregando agua a la muestra y colocándola en un molde se le aplicarán 25 golpes con un pisón o varilla metálicos según el tipo de prueba. Cada vez que se repita el procedimiento se graficarán el peso específico seco y los contenidos de agua hasta formar una curva, de la cual se obtendrá el Peso Volumétrico Seco Máximo y la humedad óptima, valores que serán útiles en la etapa de compactación de las terracerías del camino.

#### II.3.4 INFORME GEOTECNICO

En esta etapa se recopilará todo el conjunto de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, análisis y cálculos que nos conducirán a la elaboración de los planos, recomendaciones y conclusiones necesarias para establecer las normas geotécnicas y los procedimientos de construcción a que ha de ajustarse el proyecto.

Se deberá poner a disposición del grupo encargado del proyecto, toda la información relevante sobre el terreno de cimentación, tipos de materiales a emplear y el provecho que puede obtenerse de los disponibles, señalando su probable comportamiento y los tratamientos que se requieran en todos los suelos y rocas por usar, así como los procedimientos de construcción idóneos a utilizar.

La información geotécnica deberá presentarse en forma sencilla, clara y sistematizada, traduciendo las características de las formaciones existentes en el campo y todos los datos pertinentes a valores numéricos y recomendaciones escuetas, que puedan ser tomados en cuenta por los restantes miembros del grupo de proyecto con seguridad y correcta comprensión, aún no siendo

especialistas en las disciplinas geotécnicas.

En el informe geotécnico se pueden distinguir tres etapas que son: zonificación fisiográfica y litológica, datos de suelos para el cálculo del diagrama de masas y bancos de préstamo de materiales.

#### 1) Zonificación Fisiográfica y Litológica

Con los datos de suelos recabados en campo de la zona en que se construirá el camino, se procede a hacer una división de zonas de características similares, lo cual se hace en base a la fisiografía, tomando en cuenta características morfológicas. Los aspectos litológicos y de suelos permiten después hacer una división de subzonas.

Cada una de estas subzonas deberá ser descrita con detalle y puesto que presentarán características mas o menos homogéneas, tendrán la misma clasificación y recomendaciones.

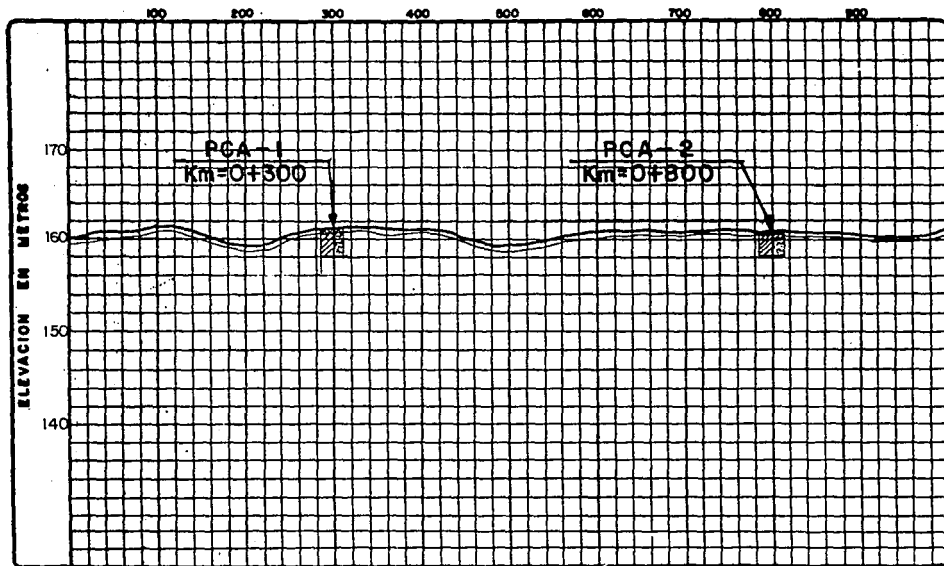
La descripción de cada subzona se hace verticalmente, clasificando cada una de las capas o estratos que la componen.

En perfil estratigráfico se dibuja por medio de un sistema cartesiano, en el cual el eje de las "y" representa las elevaciones en metros y el eje de las "x" representa los kilometrajes del camino, ( ver. forma II.3.1 ).





#### 2) Datos de Suelos para el Cálculo del Diagrama de Masas

El correcto cálculo de un diagrama de masas, tan importante para definir los procedimientos constructivos, el aprovechamiento de los materiales disponibles y el costo de un proyecto, depende

CADENAMIENTO



SIMBOLOGIA

-  SUELO VEGETAL
-  ARENA
-  ARCILLA
-  LIMO

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS

DATOS DE PERFIL ESTATIGRAFICO

FORMA II.3.1

en mucho de consideraciones geotécnicas y de la información de ese tipo que puede ofrecerse a los encargados del proyecto geométrico de la vía.

En la forma II.3.2 se presenta un modo de sistematizar la información a que debe llegarse en estos aspectos.

En esta forma, la 1a. columna (km) corresponde a la localización por medio de kilometrajes del camino, y la 2a. al No. del estrato, la 3a. al espesor de dicho estrato. Por ejemplo, la clasificación típica de un depósito fluvial sería:

Grava limpia, uniforme gruesa, muy dura, redondeada, gris clara, con 20% de arena y 30% de fragmentos chicos con 15 cm de tamaño máximo muy húmeda y medianamente compacta (GP-Fc).

La columna que aparece bajo el encabezado de tratamiento probable se refiere al tratamiento mecánico que se recomienda para cada uno de los materiales encontrados, en el momento de ser colocados en el terraplen. Los tratamientos más frecuentes son la compactación de suelos, el bandeado o la simple colocación a volteo.

En la columna de variación volumétrica, van los coeficientes que dependiendo de los grados de compactación, nos permiten conocer los volúmenes de materiales que han de ser excavados y obtenidos en los préstamos, ya sean longitudinales, laterales o de banco, para llegar al volumen que se requiere en las terracerías.

Este coeficiente se obtiene con la siguiente expresión.

$$C_{uu} = ( d_n / d_{n\text{m}\acute{a}\text{x}} ) / G_c$$

KILOMETRO DESDE HASTA	ESTRATO		CLASIFICACION SA.H.O.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A B C	CORTE		TERRAPIEN		OBSERVACIONES
	№	ESPESOR (m.)			90 %	95 %	100 %	BANDEADO		H. MAX.	TALUD	H. MAX.	TALUD	

**UNAM** FACULTAD DE  
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

DATOS DE SUELO PARA EL  
CALCULO DE DIAGRAMA DE MASAS

FORMA II.3.2

donde:

$d_n$  = al peso volumétrico seco del suelo en estado natural, en el lugar del que ha de ser extraído.

$d_{nmax}$  = al peso volumétrico seco máximo que puede obtenerse para ese suelo con la prueba de control de compactación que se esté usando.

$G_c$  = grado de compactación que se especifique para el caso.

En el caso de manejar materiales constituidos por fragmentos de roca, la fórmula anterior no puede emplearse, pues estos materiales no pueden por el tamaño de sus partículas, ser sometidos a las pruebas de compactación ordinarias. De esta manera, en esos materiales, el coeficiente de variación volumétrica ha de ser estimado, y su tratamiento es bandeado. En la tabla II.3.3 se presentan algunos coeficientes de variación volumétrica típicos de materiales.

En la columna correspondiente a clasificación, para presupuesto, se hace una clasificación de los materiales que han de moverse, hecha con fines de pago de los trabajos correspondientes, juzgando la dificultad de las operaciones, los equipos y métodos que es preciso usar, a fin de llegar a definir un precio unitario para cada tipo de material encontrado en la obra.

Desde este particular punto de vista, la práctica mexicana diferencia tres tipos de materiales. El A, que es fácilmente excavable, por ejemplo con pico y pala; el B, que presenta mayores dificultades, pero no requiere para su remoción del



TIPO DE MATERIAL	C O M P A C T A D O			BANDEADO	ABUNDAM.
	90 %	95 %	100 %		
ARENA					
SUELTA	0.87	0.82	0.78		1.00
MEDIANAMENTE COMPACTA	0.96	0.91	0.86		1.10
COMPACTA	1.03	0.98	0.93		1.20
MUY COMPACTA	1.11	1.05	1.00		1.28
LIMO NO PLASTICO					
MUY SUELTO	0.82	0.78	0.74		1.06
SUELTO	0.91	0.86	0.82		1.17
MEDIANAMENTE COMPACTO	0.99	0.94	0.89		1.27
COMPACTO	1.06	1.00	0.95		1.36
MUY COMPACTO	1.11	1.05	1.00		1.43
ARCILLA Y LIMO PLASTICO					
MUY BLANDA	0.78	0.74	0.70		1.08
BLANDA	0.87	0.82	0.78		1.20
MEYA	0.95	0.90	0.85		1.30
FIRME	1.01	0.96	0.91		1.40
MUY FIRME	1.08	1.02	0.97		1.49
DURA	1.14	1.08	1.02		1.57
ROCAS					
MUY INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, con grietas apreciables, rellenas de suelo; se disgregan fácilmente. Podrán atacarse con un tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas arenas y arcillas.				1.00	1.10
MEDIANAMENTE INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de arado y de explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.				1.07	1.25
POCO INTEMPERIZADAS. Rocas con poca alteración física o química, bien cementadas, poco fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos medianos, chicos, grandes y gravas.				1.15	1.50
SANA. Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas bien cementadas, densas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos grandes y medianos.				1.25	1.75

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

VALORES TIPICOS DE COEFICIENTES  
DE VARIACION VOLUMETRICA

TABLA II. 3. 3

empleo de explosivos y el C, que ha de ser extraído por dicho procedimiento. Así, es usual en México, describir un material cualquiera por medio de tres números, que suman siempre 100, que representan los porcentajes de material A, B y C que componen el total que ha de removerse.

Finalmente el conjunto de recomendaciones, en donde se especifica la inclinación que haya de darse a los taludes de corte o terraplen, así como también la utilización que debe darse dentro del cuerpo de las terracerías, a los diferentes materiales encontrados en el campo y que la propia tabla menciona.

De la misma manera, deberán señalarse como complemento a la tabla los lugares en que será preciso construir escalones de liga entre los terraplenes y el terreno de cimentación, los sitios en que se efectuarán despalmes u operaciones similares y demás operaciones que requieran de movimientos de tierra y hagan variar el costo de la obra.

### 3) Bancos de Préstamo de Materiales

En general, los materiales para formar las terracerías se obtienen de tres fuentes distintas. Se utiliza el que se obtiene de la excavación de un corte, para formar un terraplén vecino; éste procedimiento suele denominarse de compensación longitudinal y resulta económico, en el sentido de que tiende a disminuir los volúmenes de desperdicio y a utilizar todo el material removido; es obvio que en muchos casos la compensación que se logra no es completa, produciéndose faltantes o desperdicios, según los volúmenes de terraplén superen o no a los de corte; el procedimiento está limitado por la calidad de los materiales que se obtengan al excavar los cortes y la que se requiera en el que se haya de colocar en los terraplenes.

El segundo procedimiento para la obtención de los materiales para la construcción es el llamado préstamo lateral. En él se extrae material necesario de excavaciones paralelas al eje de la vía adosadas a ésta, generalmente dentro del derecho de vía. Con este procedimiento se disminuyen los acarrees de los materiales, que son un renglón importante en el costo total de construcción.

El tercer método para obtener materiales de construcción en las vías terrestres es la localización de un depósito o formación natural, constituido por un material de características apropiadas, el cual se explota en forma masiva, para acarrearlo y tenderlo en la vía. A éstos se les denomina comúnmente bancos de préstamo.

Los bancos de materiales deberán ser objeto de una búsqueda especial, y para cada uno de los encontrados deberá llenarse una tabla como la que se presenta en la forma II.3.3.

La mayor parte de los datos de esta tabla ya han sido antes comentados, pero en añadidura deberá proporcionarse información precisa sobre la utilización y forma del banco, posición de los frentes de ataque, volumen aprovechable, localización y, por supuesto, tratamientos necesarios, según el uso que de los materiales pretenda hacerse.

La capa subrasante y los materiales para subbase, base y carpeta de pavimentos flexibles y los materiales para concreto suelen provenir de bancos especialmente localizados. Los materiales para construir capas más bajas de las terracerías se obtienen muchas veces de compensaciones longitudinales o de préstamos laterales, aunque cada día sea más frecuente la utilización de materiales de bancos adecuados, sobre todo cuando, por alguna razón, se desee utilizar materiales de calidad

PRESTAMO DE MATERIAL PARA _____					DENOMINACION _____							
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.A.M.O.P	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO			
	Nº	ESPEZOR (m)			90%	95%	100%	UNDESIC	A	B	C	
DIMENSIONES		VOLUMEN		OBSERVACIONES:								
LARGO _____ m.	ANCHO _____ m.											
ESPEZOR _____ m.	APROVECHABLE											

CROQUIS DE LOCALIZACION

fuera de escala

<b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS	
DATOS DE BANCOS DE PRESTAMO DE MATERIALES	
FORMA II.3.3	

superior.

### II.3.5 DISEÑO DE PAVIMENTO

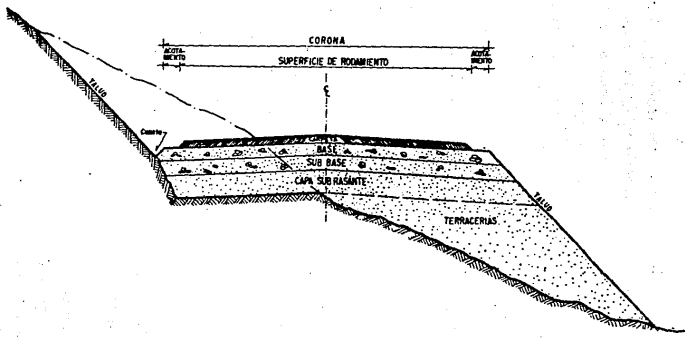
El diseño de un pavimento debe satisfacer dos condiciones físicas: ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con las llantas de los vehículos y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos; en segundo lugar debe poseer la resistencia apropiada y las características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas por el tránsito, sin falla y con deformaciones que no sean permanentes y que garanticen un tráfico en buenas condiciones. Obviamente, un pavimento debe ser capaz de soportar los ataques del intemperismo su función primordial es la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que ésta no se deforme de manera perjudicial.

El tipo de pavimento que se diseña para una carretera es el llamado de tipo flexible.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas originadas, la base y la subbase. En la figura II.3.1 se muestra un corte típico de un pavimento flexible en terraplén.

La función de la subbase consiste en servir de transición entre el material de base y la capa subrasante. La subbase más fina que la base, actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la subrasante.

Otra función de la subbase es la de actuar como dren para



<b>UNAM</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
TESIS PROFESIONAL	
TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS	
SECCION TIPICA DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN BALCON	
FIGURA II. 3.1	

desalojar el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de la terracería.

La función de la base 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. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca através de la carretera o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

La función de la carpeta es la de proporcionar una superficie de rodamientos adecuada, con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tránsito. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Hay varios factores que afectan en diseño del pavimento, de entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Las características de los materiales que constituyen la terracería y la capa subrasante.
- El clima, en especial la precipitación pluvial.
- El tránsito o sea la magnitud de las cargas, las presiones de inflado de las llantas, su área de contacto, así como su disposición y arreglo en el vehículo.

Los métodos de diseño que se han desarrollado hasta la fecha, para determinar los espesores requeridos en las diferentes capas de un pavimento para una carretera, son métodos semiempíricos que aplican los resultados de alguna teoría más o

menos modificada a las conclusiones derivadas de una prueba de laboratorio específica.

## II.4 ESTUDIOS TOPOHIDRAULICOS

Una vía de comunicación no solo exige una planeación adecuada para la selección mas conveniente de ruta y para la selección de materiales de construcción a utilizar, sino también el diseño apropiado de estructuras de drenaje que trabajen en forma eficiente cuando sean requeridos.

La importancia de un sistema de drenaje adecuado es más relevante si se toma en cuenta que del costo total del camino, en promedio un 15% de este corresponde al drenaje, lo cual justifica la inversión para resguardar el camino del agua.

### II.4.1 LOCALIZACION DE CRUCES

Ya confirmado el trazo definitivo se deberá realizar el reconocimiento de la zona para verificar los puntos de cruce con escurrideros, arroyos y rios.

Una vez localizados los cruces se procederá a ubicarlos con respecto al eje de trazo, de la siguiente forma:

Cuando el arroyo y el eje del camino forman 90 grados:

- Normal en tangente
- Radial en curva circular
- Normal en curva espiral



Cuando el arroyo y el eje del camino forman un ángulo diferente de 90 grados:

- Esviajado en tangente
- Esviajado en curva circular
- Esviajado en curva espiral

Por lo que se refiere a los esviajes, estos pueden estar comprendidos entre 10 y 45 grados, los cuales pueden ser de esviaje derecho ó izquierdo, como se muestra en la figura II.4.1.

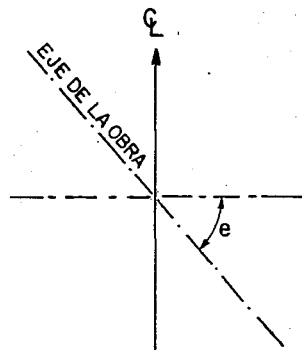
Una vez localizado el cruce se procederá a rectificar el eje del arroyo, ya que por lo general en la zona de cruce los cauces son sinuosos, tratando de no variarse en más de 30 grados el cauce original. Una vez hecho lo anterior se procederá a trazar y nivelar el eje propuesto.

Es indispensable proporcionar por lo menos tres secciones transversales representativas del arroyo (aguas arriba, en el cruce con el trazo y aguas abajo) en las que se localizarán las huellas del NAME.

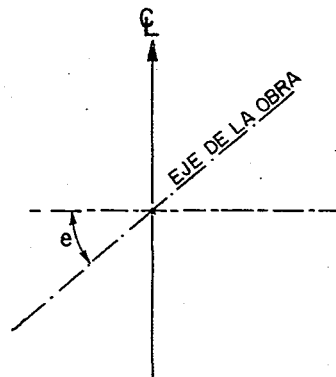
#### II.4.2 RECOPIACION DE INFORMACION

Es recomendable complementar la información topográfica con otra adicional, que será de ayuda durante la etapa de proyecto, el tipo de información puede ser:

- Información Hidráulica
- Información Hidrológica
- Información Geotécnica



ESVIAJE DERECHO



ESVIAJE IZQUIERDO

<b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
ESVIAJE EN OBRAS DE DRENAJE	
FIGURA II.4.1	

- Información de Transito
- Otro tipo de Información

#### 1) Información hidráulica

La información que se puede proporcionar va desde las características geométricas del cauce hasta la profundidad de excavación estimada.

Entre otros se pueden enumerar los siguientes:

- Zona del arroyo en que se encuentra el cauce ( captación, conducción o deyección ).
- Material de arrastre.
- Si el arroyo es de caracter torrencial o permanente.
- Elevación máxima y anchura de la lámina de agua en épocas de estiaje, en aguas extraordinarias y en aguas ordinarias.
- Gasto estimado en crecientes extraordinarias.
- En caso de existir alcantarillas cercanas al cruce, sobre el mismo arroyo proporcionar dimensiones, así como las condiciones en que se encuentra trabajando, tanto estructural como hidráulicamente.

#### 2) Información Hidrológica

Los datos hidrológicos pueden ser desde las características fisiográficas de la cuenca hasta información obtenida de estaciones climatológicas cercanas, por ejemplo:

- Área y forma de la cuenca ( en forma aproximada ).
- Orografía de la cuenca (plana, lomerío, montañosa, etc.).
- Precipitación media de la cuenca.

- Región hidrológica.
- Características geológicas de la cuenca.
- Longitud y pendiente del cauce.
- Tipo de suelo de la cuenca.
- Uso del suelo.
- Tipo y densidad de drenaje en la cuenca.
- Distribución de vegetación en la cuenca.

### 3) Información Geotécnica

Para complementar las recomendaciones de los estudios geotécnicos realizados se pueden proporcionar los siguientes datos:

- Descripción de los materiales que forman el fondo y las margenes de la corriente
- Datos de cimentación en caso de existencia de obras aledañas.
- Existencia de problemas de estabilidad tanto en cortes como en terraplenes.

### 4) Información de Tránsito

Estos datos se refieren basicamente a las características de la sección de proyecto:

- Ancho de corona
- Ancho de carpeta
- Ancho de calzada
- Ancho de banquetas en caso de tránsito de peatones
- Tipo de vehiculo de proyecto

## 5) Otro Tipo de Información

Entre otros tipos de datos que se pueden proporcionar:

- Cruces con otras vías de comunicación.
- Cruces con líneas de electrificación.
- Cruces con líneas de conducción de agua potable.
- Cruces con oleoductos y gasoductos.

### II.4.3 INFORME

Los datos topográficos así como la información adicional recopilada, se deberán presentar de la siguiente manera

- 1) Topografía de cruces con curvas de nivel, mostrando la deflexión y el esviajamiento, el sentido de escurrimiento, el eje de la obra elegido (en papel albanene a una escala apropiada).
- 2) Perfil según el eje de la obra ( en papel milimétrico transparente, a escala 1:100 ).
- 3) Secciones transversales del arroyo mostrando los niveles de aguas máximas extraordinarias y de estiaje.
- 4) Pendiente hidráulica en un tramo no menor de 200 m. ( 50 m. aguas abajo y 150 m. aguas arriba ).
- 5) Libretas de campo correspondientes a los trabajos anteriores
- 6) La información adicional se presentará en un informe en el que se menciona de una manera explícita, todos aquellos datos que se consideren importantes de tomar en cuenta durante el proyecto.

**CAPITULO III**

**OBRAS  
DE  
DRENAJE**

### III. OBRAS DE DRENAJE.

El estudio del sistema de drenaje es uno de los elementos más importantes dentro del proyecto de una carretera, ya que éste determinará el tipo de obra a utilizar para la protección de las terracerías, la cual puede ser desde una obra complementaria (bordillos, lavaderos, etc.), hasta una obra de cruce (alcantarilla o puente). El drenaje también fijará puntos de subrasantes mínimas las cuales deberán ser respetadas cuando se elabore el proyecto de subrasante.

Dicho estudio comprenderá a grandes rasgos las siguientes actividades:

- Funcionamiento Hidráulico
- Determinación del tipo de obra
- Obras auxiliares

Dentro del funcionamiento hidráulico se verán los elementos necesarios para realizarlo, y algunos métodos para obtener el área hidráulica de los cruces.

Por lo que se refiere a la determinación del tipo de obra, se verán algunas características de los tipos de obras más usuales hasta la obtención de su longitud.

Se verá por último lo que se refiere a las obras que ayudan a desalojar los escurrimientos que se presentan sobre la carretera o en zonas aledañas a ésta.

### III.1 FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO.

El funcionamiento hidráulico, se refiere a la justificación de las obras, que se utilizarán para solucionar el cruce de escurrimientos através de las terracerías. Explicando para cada caso, el porque de su ubicación, la necesidad de la obra y todos aquellos elementos que puedan servir para la elaboración de un buen proyecto, así como la necesidad de construir obras complementarias.

#### III.1.1 ELEMENTOS DEL FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO.

Para poder hacer los estudios hidráulicos del proyecto se deberá contar con la siguiente información:

##### 1) Planta topográfica.

Esta planta, debe contener lo siguiente:

- Eje de trazo.
- Alineamiento horizontal (longitud de tangentes, datos de curvas, rumbos).
- Curvas de nivel.
- Información de cruce de instalaciones con el eje de trazo (líneas de conducción, de teléfono, de luz, de petróleo, etc.).
- Ubicación, caminos, carreteras, vías de ferrocarril, etc.

##### 2) Perfil del eje de trazo.

Este perfil será el obtenido de la nivelación del eje de



trazo, y contendrá:

- Elevaciones del terreno natural.
- Bancos de nivel.

3) Secciones transversales.

Las secciones de terreno natural que generalmente son levantadas a cada 20 metros sirven de ayuda para la localización adecuada de una estructura de cruce o bien de protección.

4) Registro de nivel de ejes trazados.

El registro de nivel del eje de trazo propuesto por la brigada de topografía sirve para determinar la elevación de desplante y la pendiente de la obra de cruce. (Ver forma III.1.1)

5) Carta topográfica de la zona y fotografías aéreas de contacto.

Las plantas topográficas y las fotografías aéreas tienen por finalidad con ayuda del trazo del eje de proyecto, localizar las áreas de aportación y cuencas que influyen en el tipo y dimensiones de las estructuras de cruce.

6) Hoja de datos generales para el proyecto de estructuras menores.

Esta contiene toda la información de las estructuras de cruce en estudio, parte de la información será proporcionada por la brigada de campo, la cual se complementará con los estudios efectuados en gabinete, ( Ver forma III.1.2 ).

REGISTRO DE DRENAJE

**UNAM** FACULTAD DE  
INGENIERIA  
TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

ESTACION	+	π	-	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES

TRAMO \_\_\_\_\_  
SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
ORIGEN \_\_\_\_\_  
DE KM \_\_\_\_\_ A KM \_\_\_\_\_ NIVELLO \_\_\_\_\_

EST. \_\_\_\_\_ ESV. \_\_\_\_\_

### DATOS HIDRAULICOS .

Cose de terreno \_\_\_\_\_  
Densidad de Vegetación \_\_\_\_\_  
Mat. de Arrostre \_\_\_\_\_  
Nat. del Cauce \_\_\_\_\_  
Area Drenada \_\_\_\_\_  
Area Hidr. Nec. \_\_\_\_\_  
Obra Propuesta \_\_\_\_\_  
Drena a la \_\_\_\_\_

### ..DATOS GEOTECNICOS

Mat. en la Superficie del Cruce \_\_\_\_\_  
Clasificación \_\_\_\_\_ Fatiga \_\_\_\_\_

### CROQUIS DE LOCALIZACION



Con los elementos antes mencionados, se podrá obtener el área de aportación, para cada una de las obras de drenaje, así como determinar el encauzamiento de escurrimientos y empleo de obras complementarias, en el proyecto.

Con esta información solo faltaría determinar el área hidráulica necesaria, y el tipo de obra, para determinar puntos de control obligados para el proyecto de subrasante del camino (subrasante mínima).

### III.1.2 METODOS PARA OBTENER EL AREA HIDRAULICA.

Proteger las terracerías contra la acción destructiva del agua, es el principal problema que hay que solucionar en la elaboración del proyecto de una vía de comunicación, por lo que deberán proyectarse estructuras de cruce que permitan el paso de esta, procurando que no requieran de excesivos trabajos de conservación.

Para determinar el área hidráulica, que deberá contener nuestra estructura de cruce, es necesario conocer el gasto de diseño, por lo que citaremos algunos métodos de los cuales solo se verán con detalle los más comunes.

Los métodos para obtención de gasto de diseño se clasifican de acuerdo a la tabla III.1.1.

1) Métodos de campo.

a) Por comparación.

El diseño de alcantarillas por el método de comparación es

recomendable cuando existen obras de drenaje cercanas al cruce en estudio.

Por lo general en obras existentes se pueden detectar huellas dejadas por el agua, que sirven para definir las características hidráulicas de la alcantarilla que se pretende diseñar.

El diseño de obras de drenaje utilizando este método es confiable ya que se puede ver físicamente si la obra existente con la cual se hace la comparación funciona adecuadamente o no.

b) Método de sección pendiente.

Para emplear este método, el cauce en estudio debe estar bien definido, debiendo levantarse por lo menos tres secciones transversales representativas de las características de éste.

En estas secciones se deberá indicar la huella de la avenida máxima extraordinaria (NAME), la cual nos servirá para aplicar las siguientes expresiones matemáticas.

Fórmula de Manning:

$$V = 1 / n [ R^{2/3} * S^{1/2} ]$$

donde:

V = Velocidad

R = Radio hidráulico

S = Pendiente del cauce (en decimales)

n = Coeficiente de rugosidad

Fórmula de continuidad:

Métodos para la obtención de gastos de diseño

a) Métodos de campo

\*Método de comparación

\*Método de sección pendiente

1) Métodos empíricos

\*De Creager

\*De Talbot

b) Métodos hidrológicos

2) Métodos semiempíricos

\*Racional

\*De I Pai Wu

\*Dickens

3) Métodos Estadísticos

\*Método de Gumbel

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

CLASIFICACION DE METODOS PARA LA OBTENCION DE GASTOS DE DISEÑO

TABLA III.1.1

$$Q = V * A$$

donde:

Q = Gasto (m<sup>3</sup>/seg)

V = Velocidad (m/seg)

A = Area hidráulica (m<sup>2</sup>)

De las secciones transversales se obtendrán sus características hidráulicas (área hidráulica, perímetro mojado, pendiente y coeficiente de rugosidad). La precisión de la fórmula de Manning depende de la localización del tirante, del coeficiente de rugosidad empleado y de las dimensiones obtenidas de la sección. La pendiente a utilizar será la media y no la pendiente del fondo del cauce de las secciones.

La razón de obtener por lo menos tres gastos es para evitar errores en la determinación del gasto de diseño, ya que se pueden comparar éstos para detectar posibles errores, ya sea en el cálculo de los elementos hidráulicos o en la obtención de las dimensiones proporcionadas por el personal de campo.

Referente a las secciones auxiliares levantadas a lo largo del cauce éstas deberán localizarse por lo menos una en el cruce con el eje de trazo, otra aguas arriba y la tercera aguas abajo.

2) Métodos Hidrológicos.

a) Métodos empíricos.

Los métodos empíricos se emplean para obtener un gasto preliminar de diseño, o para obtener un gasto de diseño cuando no se conocen las características de precipitación en la zona de estudio.

- Método de Creager.

Para la obtención de su fórmula, Creager graficó los gastos máximos, registrados en diferentes cuencas del mundo, contra el área de cada una de ellas, trazando posteriormente una envolvente de todos los puntos graficados (figura III.1.1), con lo cual obtuvo la siguiente ecuación:

$$q = [ 130.3 C(0.386A)^a ] / A \quad a = 0.936 / A^{0.048}$$

donde:

q = gasto unitario en m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>

A = área de la cuenca en km<sup>2</sup>

C = coeficiente que depende de la región considerada.

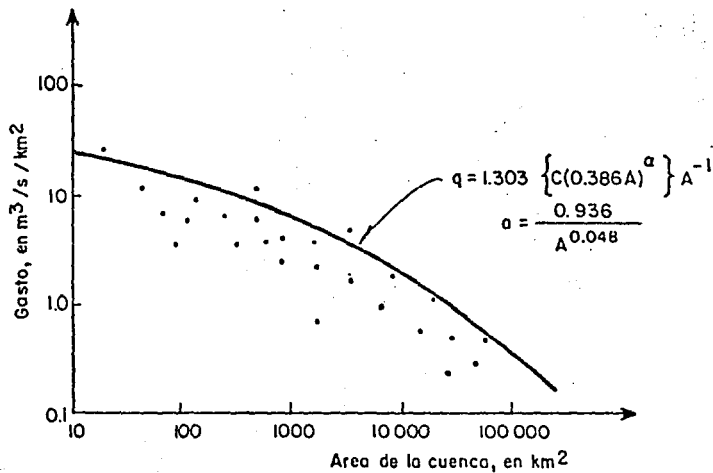
Creager encontró que C = 100 para la envolvente de los datos con que trabajó, a la cual se le conoce como envolvente mundial.

Para la República Mexicana la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, calculó el valor de C para envolventes regionales (figura III.1.2. y tabla III.1.2).

Este método es fácil y sencillo de aplicar, pero tiene el inconveniente de no tomar en cuenta las características fisiográficas y precipitación de la cuenca en estudio, desconociendo también el período de retorno relacionado con el gasto obtenido.

Cuando se estudian cuencas menores de 30 km<sup>2</sup>, la información es escasa por lo que este método no es muy recomendable.





**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
 ELABORACION DEL PROYECTO  
 GEOMETRICO DE CARRETERAS"

ENVOLVENTE MUNDIAL  
 METODO DE CREA GER

FIGURA III.1.1



<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
REGIONALIZACION PARA COEFICIENTE DE CREEGER	
	FIGURA III.1.2

Región	Coefficiente de Creager
1. Baja California Norte	30.0
2. Baja California Sur	72.0
3. Río Colorado	14.0
4. Noreste	
a) Zona Norte	35.0
b) Zona Sur	64.0
5. Sistema Lerma-Chapala-Santiago	
a) Lerma-Chapala	16.0
b) Santiago	19.0
6. Pacífico Centro	100.0
7. Cuenca Río Balsas	
a) Alto Balsas	18.0
b) Bajo Balsas	32.0
8. Pacífico Sur	62.0
9. Cuenca Río Bravo	
a) Zona Conchos	23.0
b) Zona Salado y San Juan	91.0
10. Golfo Norte	61.0
11. Cuenca Río Pánuco	
a) Alto Pánuco	14.0
b) Bajo Pánuco	67.0
12. Golfo Centro	59.0
13. Cuenca Río Papaloapan	36.0
14. Golfo Sur	36.0
15. Sistema Grijalba-Usumacinta	50.0
16. Península de Yucatán	3.7
17. Cuencas Cerradas del Norte	
a) Zona Norte	4.0
b) Zona Sur	26.0
18. El Salado, Zona Sur	45.0
19. Durango	8.4
20. Cuencas de Cuitzeo y Pátzcuaro	6.8
21. Valle de México	19.0
22. Cuenca del Río Metztitlán	37.0

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

COEFICIENTE "C" DE CREAGER

TABLA III.1.2

- Metodo de Talbot.

Este método consiste en la obtención del área hidráulica de la obra de cruce, en función del área de aportación y de las características topográficas de la cuenca en estudio.

La fórmula de Talbot es:

$$a = 0.183 C * 4 ( A^3 ) ^{1/2}$$

donde:

- a = área necesaria para la obra de cruce (en m<sup>2</sup>)
- A = área de la cuenca a drenar (en has.)
- C = coeficiente de escurrimiento que depende de las características topográficas de la cuenca, (ver tabla III.1.3).

Esta fórmula está basada en estudios efectuados en el valle de Mississipi en Estados Unidos, para su obtención Talbot consideró una precipitación media de 100 mm por hora y velocidades en las alcantarillas donde se realizaron los experimentos cercanas a los 3 m/seg. Por lo que este método es poco general y poco exacto, no siendo recomendable su empleo para cuencas mayores de 20,000 has.

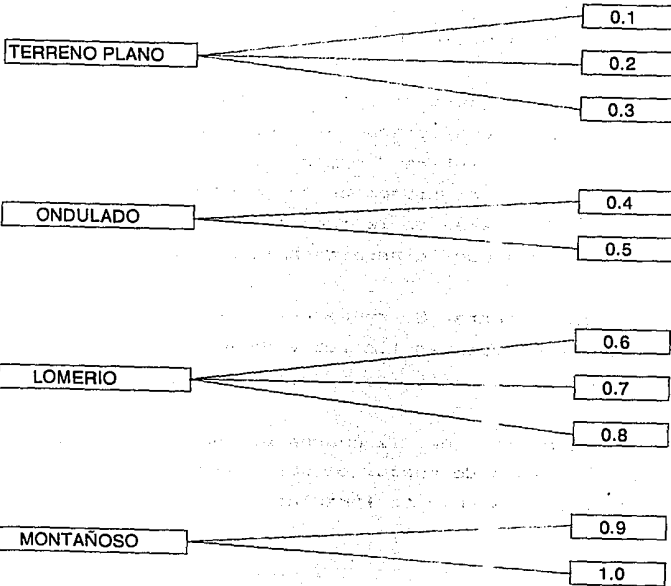
b) Metodos semiempíricos.

Los métodos empíricos se diferencian de los semiempíricos en que los primeros hacen intervenir la intensidad de lluvia para definir el gasto de diseño.

Los resultados obtenidos en los metodos semiempíricos, va a depender de la precisión con la cual se tomen los factores que intervienen en el ciclo hidrológico.

CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS  
DE LA CUENCA

VALOR  
DE C



**UNAM** FACULTAD DE  
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

VALORES DE COEFICIENTE "C"  
PARA LA FORMULA DE TALBOT

- Método Racional.

Este método es de los más antiguos (1889) y es utilizado actualmente con sus respectivas consideraciones ya que se apartan de la realidad mientras mayor sea la cuenca en estudio, la fórmula es la siguiente:

$$Q_p = 0.278 \text{ CIA}$$

donde:

$Q_p$  = gasto máximo o gasto pico, en  $m^3/seg$

$C$  = coeficiente de escurrimiento adimensional

$I$  = intensidad media de lluvia para duración igual al tiempo de concentración de la cuenca (mm/hr)

$A$  = área de la cuenca, en  $km^2$

0.278 = coeficiente de homogeneidad de unidades

El coeficiente  $C$  representa la relación entre volumen escurrido y el volumen llovido y depende de las características de la cuenca (ver tabla III.1.4).

En caso de que la cuenca en estudio esté formada por diferentes tipos de suelo, el coeficiente de escurrimiento  $C$  se obtendrá con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n [C_i * A_i]}{A}$$

donde:

$C$  = coeficiente de escurrimiento global.

$C_i$  = coeficiente de cada área parcial.

$A_i$  = área parcial.

$n$  = número de áreas parciales.

$A$  = área total de la cuenca.

TIPO DE AREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MINIMO	MAXIMO
<b>ZONAS COMERCIALES:</b>		
Zona Comercial	0.70	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
<b>ZONAS RESIDENCIALES:</b>		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares, compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
<b>ZONAS INDUSTRIALES</b>		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
<b>CEMENTERIOS, PARQUES.</b>	0.10	0.25
<b>CAMPOS DE JUEGO</b>	0.20	0.35
<b>PATIOS DE FERROCARRIL</b>	0.20	0.40
<b>ZONAS SUBURBANAS</b>	0.10	0.30
<b>CALLES:</b>		
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.80	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
<b>ESTACIONAMIENTOS</b>	0.75	0.85
<b>TECHADOS</b>	0.75	0.95
<b>PRADERAS:</b>		
Suelos arenosos planos, (pendientes 0.02)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 ó mas)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 ó mas)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 ó mas).	0.25	0.35

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

VALORES DEL COEFICIENTE DE  
ESCURRIMIENTO PARA EL METODO RACIONAL

TABLA III .1.4

Una de las hipótesis en las que se basa la fórmula racional expresa que el gasto producido por una lluvia de intensidad constante sobre una cuenca, es máximo cuando dicha intensidad se mantiene por un lapso igual o mayor que el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo que tarda en recorrer el agua desde el punto hidráulicamente más alejado hasta el punto de salida de la cuenca, al cumplir con esta condición toda la cuenca contribuye al escurrimiento.

Por lo anterior, es necesario calcular el tiempo de concentración, para lo cual se emplean algunas fórmulas empíricas, como Kirpich, el nomograma de Robinson Rowe, el diagrama usado por el Departamento de Caminos de Kentucky, etc.

Utilizando la fórmula determinada por Kirpich:

$$T_c = [ ( 0.86 * L^3 ) / H ] * 0.325$$

donde:

$T_c$  = tiempo de concentración en horas

$L$  = longitud del cauce principal en km

$H$  = desnivel entre los extremos del cauce principal en m

o bien:

$$T_c = ( 0.0662 * L^{0.77} ) / S^{0.385}$$

donde :

$t_c$  = tiempo de concentración en horas

$L$  = longitud del cauce principal en km

$S$  = pendiente del cauce, en decimales

Para determinar la intensidad de lluvia, la Dirección General de Proyectos Y servicios Técnicos de S.C.T., elaboró planos de isoyetas de intensidad de lluvia - duración - periodo de retorno, de toda la República Mexicana.



Conocida la intensidad, área de la cuenca y el coeficiente de escurrimiento, se puede obtener el gasto máximo.

c) Métodos estadísticos.

El empleo de métodos estadísticos para la obtención del gasto de diseño es aplicable cuando se cuenta con una estación de aforo cercana al punto donde se va a construir una estructura de cruce, la cual deberá contar con los suficientes años de registro.

- Método de Gumbel.

Este tipo de métodos (estadísticos) requiere conocer los gastos máximos anuales. Cuantos más datos se tengan, mayor será la aproximación. Permiten conocer el gasto máximo para un periodo de retorno considerado.

Todos los métodos estadísticos se basan en considerar que el gasto máximo es una variable aleatoria que tiene una cierta distribución. En general, se cuenta con pocos años de registro, por lo que la curva de distribución de probabilidades de los gastos máximos se tiene que prolongar en su extremo, si se quiere inferir un gasto mayor a los registrados.

Gumbel considera una distribución de valores extremos.

Para calcular el gasto máximo en función de un periodo de retorno determinado se utiliza la ecuación siguiente:

$$Q_{\max} = Q_m - [ ( q / N ) * ( Y_N - \text{Loge } 1 ) / T_r ]$$

$$q = [ ( E Q_e^2 \times 10 )^4 * ( 10^4 - N Q_m^2 ) ] / ( N-1 )$$

donde:

- $Q_e$  = Gastos máximos anuales registrados, en m /Seg.
- $Q_{max}$  = Gasto máximo para un periodo de retorno, en m /Seg.
- $Q_m$  =  $E Q_e / N$  gasto medio, en m /Seg.
- $N$  = Número de años de registro
- $Tr$  = Periodo de retorno, en años
- $N, YN$  = Constantes función de  $N$ .
- $q$  = Desviación estándar de los gastos.

Para calcular el intervalo de confianza, o sea, aquel dentro del cual puede variar el gasto máximo dependiendo del registro disponible, se hace lo siguiente:

$$\text{Si } \emptyset = 1 - ( 1 / Tr ) \quad \text{y} \quad 0.20 \leq \emptyset \leq 0.8$$

el intervalo de confianza se calcula con la fórmula:

$$Q = \pm [ Na * m ( q / ( N * ( N^{1/2} ) ) ) ]^{1/2}$$

donde:

$(Na * m)^{1/2}$  = Constante función de  $\emptyset$

Si  $\emptyset = 0.9$  el intervalo de confianza se calcula con la ecuación.

$$Q = ( 1.14 * q ) / N$$

El gasto máximo de diseño será igual al gasto máximo calculado más o menos el intervalo de confianza.

$$Q_d = Q_{Max} \pm Q$$

Este método sólo es aplicable para 15 años de registro

cuando menos, ya que de otro forma la curva de distribuciones sería muy pequeña.

### III.2 DETERMINACION DEL TIPO DE OBRA.

Con la información hasta aquí recavada, se puede obtener el gasto y el área hidráulica para determinar el tipo de obra, se deberán tomar en cuenta también, los siguientes factores para una elección adecuada.

- a) Importancia de la vía de comunicación, (su costo y volumen de tránsito).
- b) Daños posibles, a propiedades adyacentes.
- c) Costo de mantenimiento.
- d) Costo de la amortización de la estructura de drenaje, durante la vida útil del camino.
- e) Peligro de la vida humana.

En cualquier caso es recomendable comprobar, el funcionamiento del drenaje, para las condiciones más críticas.

Al proyectar, no se deberá subestimar la importancia del funcionamiento hidráulico previo, y para mayor seguridad, se realizarán proyectos conservadores.

#### III.2.1 CLASIFICACION DE OBRAS DE CRUCE.

Las obras de cruce de escurrimientos se clasifican en dos clases: alcantarillas y puentes.

Las alcantarillas por lo general son obras pequeñas (claros

hasta de 6.00 m), aunque esta diferencia no puede determinar el tipo de obra de que se trata, la diferencia básica es que sobre una alcantarilla puede existir un colchón de tierra y sobre la estructura de un puente no. Por lo que se refiere a alcantarillas hay de tubo, de losa, de bóveda, de cajón, sifón y vado.

Ya que en el proyecto de una carretera el sistema de drenaje está constituido en su mayor parte por alcantarillas, se enfocará el estudio hacia el proyecto de este tipo de estructuras.

Por lo que se refiere a puentes, dada la variedad de éstos, tanto en el tipo de materiales que lo constituyen, como en las dimensiones y características geométricas de los elementos que los forman, se debe hacer un estudio más detallado y en forma, lo cual no es tema de este trabajo.

#### 1) Alcantarillas de Tubo.

Estas alcantarillas son obras que están formadas por tubos de concreto ó de lámina, pudiendo contar con muros de cabeza o no ( ver foto III.2.1 ), cuando se trata de tubos de lámina éstos pueden ser circulares o abovedados. Los diámetros más comunes de tubos son:

DE CONCRETO: 0.75, 0.90, 1.05, 1.20 y 1.50 m.

DE LAMINA : 0.76, 0.91, 1.07, 1.22 y 1.52 m.

Cuando se utiliza éste tipo de alcantarilla es importante tomar en cuenta lo siguiente:

a) El colchón mínimo en el hombro más desfavorable deberá ser

de 0.50 m para tubos de concreto y de 0.30 m para tubos de lámina circulares y abovedados.

b) En caso de rellenos bajo la tubería, estos no tendrán espesor máximo, de 1.0 m.

c) La pendiente máxima de plantillas sin empleo de muros de anclaje es del 30 %, en caso contrario será necesario uno de estos.

Lo anterior tiene como finalidad, garantizar la estabilidad y el buen funcionamiento estructural de la alcantarilla.

## 2) Alcantarillas de Losa.

Este tipo de obra está formada por una losa de concreto armado la cual puede estar apoyada en estribos de concreto o de mampostería o bien sobre estribos mixtos; las dimensiones que se dan son el claro y el galibo (dimensión horizontal y vertical), que de acuerdo con la clasificación son de claros menores o iguales a 6.00 m.

La altura de colchón sobre la losa puede ser cero, aunque generalmente se le da un colchón mínimo de 20 cm por no ser recomendable que sea la superficie de rodamiento; la pendiente máxima que se debe dar a éste tipo de alcantarilla para no escalonar la cimentación es de 12% (ver foto III.2.2).

## 3) Alcantarilla de Bóveda.

Este tipo de estructura está formada geoméricamente por una sección rectangular y un medio círculo en la parte superior y puede ser de mampostería o concreto ciclópico, sus dimensiones se

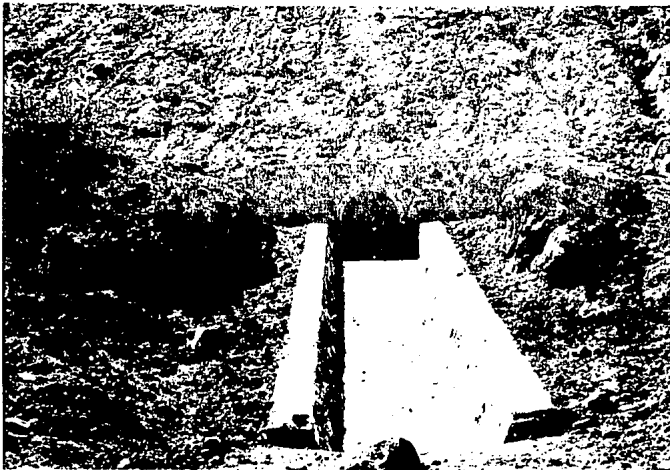


FOTO №. III.2.1

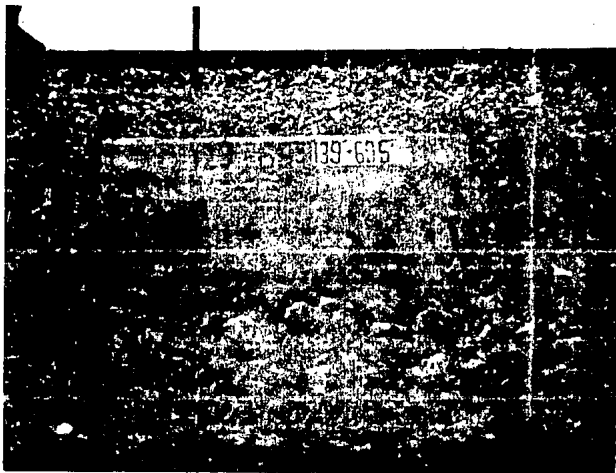


FOTO №. III.2.2

expresan de la siguiente manera: primero el diametro o claro horizontal y después la altura de la sección rectangular.

El colchón mínimo sobre la clave en el hombro más desfavorable será de 1.00 m y la pendiente máxima sin escalonar la cimentación es de 15 % pudiendo incrementarse a 25 % si se escalona (ver foto III.2.3).

#### 4) Alcantarilla de Cajón.

La estructura de cajón es rectangular y es de concreto reforzado, sus dimensiones se dan por su claro y su galibo, se debèn de hacer las mismas consideraciones que para las alcantarillas de losa en cuanto al colchón mínimo y la pendiente longitudinal debe ser como máximo del 12 %, éste tipo de obra es recomendable para terrenos con baja capacidad de carga (ver foto III.2.4).

#### 5) Sifones.

Este tipo de obra está formado por tubos de concreto y cajas de entrada y de salida pudiendo ser éstas de concreto o de mampostería. En lo que se refiere al colchón mínimo, será de 0.50 m y la pendiente longitudinal desde 0 % hasta 1 %

#### 6) Vados.

Son estructuras que se diseñan con la finalidad de permitir que el agua escurra sobre la corona de la obra vial sin deteriorarla, el tirante máximo para permitir la circulación de vehiculos sera de 30 cm. Este tipo de obra generalmente se localiza en curva vertical en columpio y es recomendable su utilización en caminos de poco tránsito.

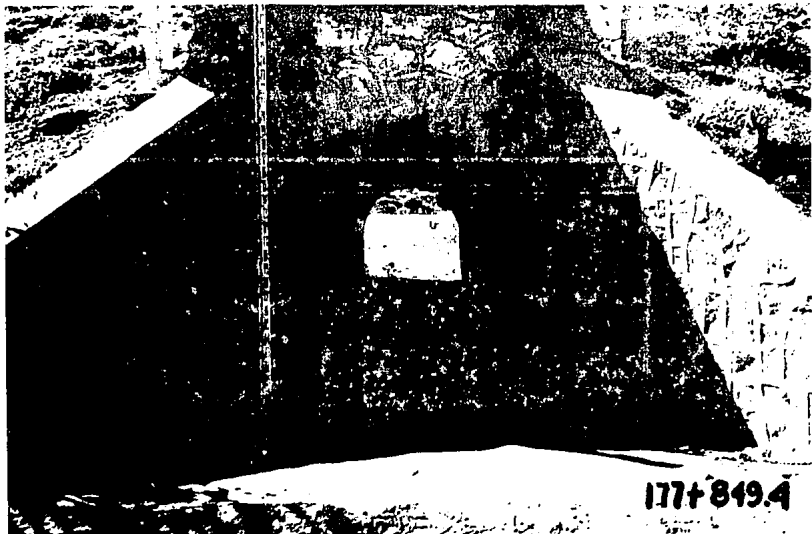


FOTO No. III.2.3



FOTO No. III.2.4



### III.2.2 LONGITUD DE LA ESTRUCTURA DE CRUCE.

El calculo de la longitud de obra, consiste en realizar los cálculos necesarios para que la longitud de la alcantarilla quede dimensionada de acuerdo a las características de la carretera en estudio.

Estos cálculos incluyen: dimensiones, elevaciones, cantidades de obra, en otras palabras el proyecto completo de la alcantarilla, para ello se deberá contar con la siguiente información:

- 1) Datos generales para el proyecto de estructuras menores.

Esta información será proporcionada por el drenajista de campo y deberá contener: la localización de las obras, datos hidráulicos, capacidad de carga, tipo de obra, pendiente y desplante propuesto.

- 2) Funcionamiento de drenaje.

El funcionamiento contiene información que puede ser de ayuda durante la etapa de proyecto así como recomendaciones para el mismo.

- 3) Sección longitudinal por el eje de la obra.

Dicha información también será proporcionado por la brigada de campo.

- 4) Recomendación de cimentación para obras de drenaje.

Esta información se proporcionará, en base a los resultados

obtenidos de los estudios Geotécnicos, realizados en el sitio.  
(ver forma III.2.1).

Con la ayuda de ésta información , los elementos y métodos para realizar el funcionamiento hidráulico antes mencionado, podemos determinar el tipo de obra.

Una vez seleccionado el tipo de obra a emplear, se deberá obtener la rasante mínima que servirá para conocer los puntos obligados en la elaboración del proyecto de subrasante; una vez determinada la ubicación de la subrasante de proyecto definitiva, se podrá calcular la longitud de obra de las estructuras de cruce. Para ello se deberán llenar la hoja de datos de terracerías para el proyecto de estructuras menores, (ver forma III.2.2).

Esta forma contiene:

- a) Datos generales de la vialidad como son: el nombre de la carretera, tramo de proyecto y origen de ésta.
- b) Características de la sección tipo de proyecto.
  - Espesores, dimensión de la base + subbase, espesor de carpeta; éstos datos serán proporcionados por geotécnia.
  - Ancho de corona (en tangente horizontal).
  - Características geométricas de las cunetas (profundidad y ancho).
- c) Ubicación en alineamiento horizontal y en alineamiento vertical.
  - Estación de cruce. Kilometraje en el cual el eje de la



## DATOS DE TERRACERIAS PARA PROYECTO DE ESTRUCTURAS MENORES

Camino: \_\_\_\_\_ Tramo: \_\_\_\_\_  
 Sub-Tramo: \_\_\_\_\_ De Km: \_\_\_\_\_ a Km: \_\_\_\_\_  
 Origen: \_\_\_\_\_ Ancho Corona Tipo \_\_\_\_\_  
 Pavimento: { Espesores Base y Sub-Base \_\_\_\_\_ Cuneta: { Ancho \_\_\_\_\_  
                   { Espesor Carpeta \_\_\_\_\_                                  { Profundidad \_\_\_\_\_

ESTACION	C R U C E	ELEV SUB- RAS.	ALINEAMIENTO				SECCION NORMAL						NOTAS	
			HORIZONTAL		VERTICAL		AMPLIACION		SOBRE ELEVACION		TALUDES			
			CLASE	RADIO	CLASE	PEND.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.		

Calculó: \_\_\_\_\_ Revisó: \_\_\_\_\_ Aprobó: \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

DATOS DE TERRACERIAS PARA PROYECTO DE ESTRUCTURAS MENORES

FORMA III.2.2

carretera y el eje de la obra se cruzan, se puede obtener ya sea de los estudios de campo, de los datos generales o del funcionamiento de drenaje.

- Cruce. Será el alineamiento horizontal del eje de la obra con respecto al eje de la carretera.

- Elevación de subrasante. Esta corresponde a la elevación de la subrasante en el punto considerado y se puede obtener del perfil de trabajo, en caso que sea estación de 20 m. o en su defecto deberá calcularse.

- Alineamiento horizontal y vertical. Ubicación de la obra de cruce con respecto al alineamiento de la carretera en el tramo; en tangente horizontal, curva circular, en curva espiral en tangente vertical, en curva vertical, pendiente, etc.

- Características de la sección. En el punto de cruce como son: ampliación, sobreelevación, taludes, etc.

### III.2.3 SECCION DE LAS TERRACERIAS.

Es necesario contar con ésta información para poder obtener la longitud de obra, para ésto nos apoyaremos en la figura III.2.1 para obtener los datos de terracerias en el cruce.

Nomenclatura usada:

- e esviaje
- R rasante
- P pendiente de la obra vial (con su signo)
- Y1,Y2 semicoronas normales en la estación de cruce

W1,W2 bombeo o sobreelevación en la estación de cruce (con su signo)  
 X1,X2 proyección de la semicorona esviada sobre el eje de la carretera  
 C1,C2 semicoronas esviadas  
 R1,R2 elevación de las rasantes de cálculo en la estación de cruce del eje de la obra con el hombro  
 H1,H2 elevación de los hombros  
 tn talud normal  
 K parámetro para obtención de taludes esviados  
 t1,t2 taludes de cálculo

Los subíndices 1 y 2 indican lado izquierdo y lado derecho, respectivamente.

$$X1 = \pm Y1 * ( \tan e ) \quad X2 = \pm Y2 * ( \tan e )$$

Llevarán signo (-) del lado del esviaje.

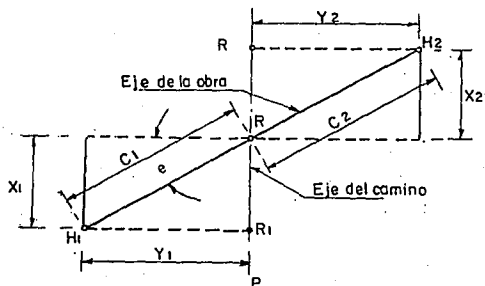
$$\begin{aligned}
 C1 &= Y1 / \cos e & C2 &= Y2 / \cos e \\
 R1 &= R + X1 (P) & R2 &= R + X2 (P) \\
 H1 &= R1 + Y1 (W1) & H2 &= R2 + Y2 (W2)
 \end{aligned}$$

Para la obtención del talud de cálculo cuando el cruce es normal, los taludes de cálculo también serán normales, no siendo así cuando el cruce es esviado; para la obtención, de taludes esviados será necesario obtener el parámetro K, para éstos fines:

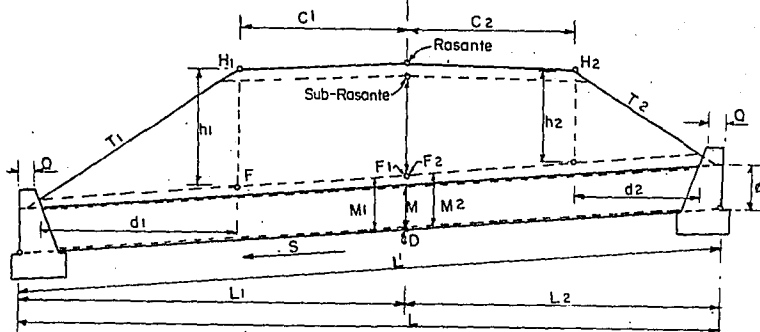
$$K = Tn ( \sin e * P )$$

donde:

$$Tn = \text{Talud normal}$$



PLANTA



ELEVACION

- R = Elevación de la rasante
- p = Pendiente Long. de la carretera
- e = Esviaje de la Obra
- H = Elev. del hombro de la carretera en el punto considerado
- Y = Semicorona normal
- C = Semicorona esviada
- X = Distancia provocada por el esviaje
- L = Longitud de la Obra
- Ø = Diámetro del Tubo

- Tn = Talud normal
- Q = Ancho corona del cabezote
- h = Altura del hombro a la directriz
- d = Distancia del hombro a intersección del tubo con cabezote
- F = Elev. de la directriz
- D = Elev. del desplante
- S = Pendiente de la Obra
- L = Longitud de la Obra considerando la Pendiente de lo mismo

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

SECCION DE TERRACERIAS

P = Pendiente del camino en decimales

e = Esviaje

K tendrá el signo de la pendiente del camino del lado del esviaje.

$$T_i = T_m (\cos e \pm K)$$

### III.2.4 CALCULO DE LA LONGITUD DE OBRA.

Conociendo la sección de las terracerias según el eje de la carretera, el tipo de obra, la pendiente de la carretera y la elevación de la rasante, se procede al cálculo de la longitud de obra.

La longitud de cualquier alcantarilla se calcula en base a una línea directriz que parte de la intersección de los taludes de las terracerias con la estructura. La directriz tendrá la misma pendiente de la plantilla, para el cálculo tomaremos los datos que arroje la información de campo y los datos generales para el proyecto de estructuras menores, utilizando la forma III.2.3.

1) En la plantilla del cauce.

S = es la pendiente en % de la plantilla.

D = es la elevación de desplante en el eje de la obra.

2) Espesor de la superestructura (e).

En el caso de tubos, cajones o losas se tomará el espesor de éstos. Cuando se trate de bóvedas el peralte de la clave.



Camino: _____	Hoja No. _____
Tramo: _____	Estación: _____
Sub tramo: _____	Alcantarilla: _____ de _____ de _____
	Calculo: _____; _____ 19.
	Reviso: _____; _____ 19.

### CALCULO DE LONGITUD DE OBRA

#### LOCALIZACION

Cruce: \_\_\_\_\_ Sentido del escurrimiento \_\_\_\_\_

#### DATOS DE TERRACERIAS EN EL CRUCE

##### SECCION NORMAL

Sub rasante Elev. \_\_\_\_\_ m. Espesor del revestimiento \_\_\_\_\_ m. Espesor de carpeta \_\_\_\_\_ m.  
 Rasante de calculo \_\_\_\_\_ m. Rasante del camino \_\_\_\_\_ m. Pend. long. del camino \_\_\_\_\_ %  
 Semi-coronas  $\left\{ \begin{array}{l} Y_1 \text{ (Izq.)} \text{ _____ m.} \\ Y_2 \text{ (Der.)} \text{ _____ m.} \end{array} \right.$  Sobre elevaciones  $\left\{ \begin{array}{l} W_1 \text{ (Izq.)} \text{ _____ \%} \\ W_2 \text{ (Der.)} \text{ _____ \%} \end{array} \right.$

#### SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA OBRA

$X_1 =$ _____	Tang. $\theta =$ _____	$X_2 =$ _____
$C_1 =$ _____	Cos. $\theta =$ _____	$C_2 =$ _____
$R_1 =$ _____	Sen. $\theta =$ _____	$R_2 =$ _____
$H_1 =$ _____		$H_2 =$ _____
Cos. $\theta - K =$ _____	$T_n =$ _____	Cos. $\theta - K =$ _____
$T_1 =$ _____	$K =$ _____	$T_2 =$ _____

#### LONGITUD DE OBRA

Plantilla del cauce  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Pendiente } S = \text{ _____ \%} \\ \text{Elevación } \mathcal{E} \text{ D} = \text{ _____ m.} \end{array} \right.$  Espesor de superestructura = \_\_\_\_\_ m  
 Altura de la diretriz b = \_\_\_\_\_ m

$\frac{1}{T_1} =$ _____		$\frac{1}{T_2} =$ _____
$\frac{1}{T_1} - S =$ _____	$M =$ _____	$Q =$ _____
$F_1 =$ _____	$M =$ _____	$M =$ _____
$h_1 =$ _____	$F_1 =$ _____	$h_2 =$ _____
$d_1 =$ _____	$Q_1 =$ _____	$Q_1 S =$ _____
$L_1 =$ _____	$L =$ _____	$L_2 =$ _____
$\alpha =$ _____	$L =$ _____	$\beta =$ _____

Tramos de m  $L_1$  \_\_\_\_\_ m. Dif. \_\_\_\_\_ m Corrección \_\_\_\_\_

#### AJUSTE A N° CERRADO DE TRAMOS DE TUBO

$h_1 =$ _____	$\Sigma R =$ _____	$h_2 =$ _____
$d_1 =$ _____	$T_1 + T_2 =$ _____	$d_2 =$ _____
$L_1 =$ _____	$L =$ _____	$L_2 =$ _____
$L_{T1} =$ _____	$L_T =$ _____	$L_{T2} =$ _____

Elev = \_\_\_\_\_ m. Centro, Elev. \_\_\_\_\_ m Elev = \_\_\_\_\_ m

#### DATOS COMPLEMENTARIOS

Colchon en el  $\mathcal{E}$  \_\_\_\_\_ m. Clasificación terreno ( \_\_\_\_\_ ) Altura promedio \_\_\_\_\_ m

NOTAS: \_\_\_\_\_

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
 ELABORACION DEL PROYECTO  
 GEOMETRICO DE CARRETERAS"

CALCULO DE LONGITUD DE OBRA

FORMA III. 2. 3

3) Altura de la directriz (b).

ALCANTARILLA	DIRECTRIZ
TUBO	$b = H - \varnothing - E - 0.15$
LOSA CON COLCHON	$b = 0.10$
LOSA EN SUBRASANTE	$b = 0.20$
LOSA EN RASANTE	$b = 0$
CAJON CON COLCHON	$b = 0.10$
CAJON EN SUBRASANTE	$b = 0.20$
BOVEDA	$b = 0.15$

donde:

b = directriz en metros

H = altura del muro de cabeza

$\varnothing$  = diametro del tubo

E = espesor del tubo

Nomeclatura usada en la forma III.2.3 :

M - distancia vertical entre la directriz y la plantilla

M1, M2 - distancias verticales entre las directrices y la plantilla a la izquierda y a la derecha

Q' - dimensión que depende del tipo de estructura y es la proyección del coronamiento del muro de cabeza a la altura de la directriz en el caso de tubos y es el ancho de la garnición en caso de losas, cajones y bóvedas

F1, F2 - elevaciones de las directrices en el eje

Q' - ancho esviado de Q

F1', F2' - elevaciones de las directrices bajo los hombros

h1, h2 - distancias verticales entre los hombros y las directrices

d1, d2 - distancias horizontales de los hombros a los puntos

donde los taludes tocan los muros de cabeza en el caso de tubos o las guarniciones en el caso de cajones, losas y bóvedas

L1, L2 - longitudes parciales horizontales de la obra

L - longitud total de la obra (horizontal)

L' - longitud real de la obra (inclinada)

B - en caso de tubos será la longitud real que se deberá aumentar a la entrada de la obra

Secuela de cálculo de la forma III.2.3 :

Cálculo de M, en caso de alcantarillas de tubo ésta será igual a la suma del diametro de esta más la directriz o sea:

$$M = \emptyset + b$$

En caso de losas o bóvedas será igual a la altura de esta más el espesor de la superestructura y más la directriz, quedando como sigue:

$$M = h + e + b$$

$Q' = Q / \cos e$  ( dimensión esviada de Q )

$M1 = M \pm Q'S$  ( el término Q'S sólo es aplicable en caso de tubos )

$F1' = D \pm M1$  ( elevación de desplante  $\pm$  el valor M1 )

$1/T1$  ( reciproco del talud T1, obtenido de la sección de la terracería )

$( 1/T1 ) \pm S$  ( el valor antes obtenido  $\pm$  la pendiente en decimales )

$F1 = F1' \pm C1S$  ( suma de F1 ya conocido,  $\pm$  el producto de la semicorona por la pendiente en decimales )

$h1 = H1 - F1$  ( diferencia de H1 de la sección de la terracería ya obtenida y F1 )

$$d1 = h1 / ( 1/T1 + S )$$

$L1 = C1 + d1 + Q$  ( suma de la semicorona de la sección de terracerías más  $d$  y  $Q$  ya conocidos )

La misma secuela de cálculo es válida del lado derecho, en las expresiones donde aparecen  $+$  se sumaría a la entrada y se restaría a la salida.

Ya conocidas las longitudes de ambos lados se obtiene:

$$L = L1 + L2$$

Hasta aquí el cálculo para tubos, losas, bóvedas y cajones es el mismo, en el caso de alcantarillas de tubo se deberían hacer dos correcciones más al valor obtenido de  $L$ .

Estas correcciones son:

$a = (1 + S^2)^{1/2}$  a la raíz cuadrada de la suma de la pendiente al cuadrado (en decimales) más uno.  
 $\beta = S ( \emptyset + E )$  al diámetro más el espesor del tubo multiplicados por la pendiente en decimales

Con estos valores obtendremos la longitud total de la estructura, la cual toma en cuenta la inclinación del tubo:

$$Lt = L ( a + \beta )$$

Ya que por lo general la longitud  $Lt$  no es múltiplo de las dimensiones comerciales de tubos, se debe hacer un ajuste a número cerrado de tubos:

Para obtener la longitud cerrada de tubos se puede emplear una corrección por talud o bien de corrección por elevación por desplante; para lo cual se pueden emplear las siguientes expresiones:

Corrección por Talud.

$$Ct = [ ( ( d1 + d2 \pm dif ) * Tn ) / ( d1 + d2 ) ] > 1.45$$

donde:

- Ct - talud modificado (Tn) con el que se obtendrán los nuevos taludes de las terracerías
- d1 y d2 - dimensiones ya obtenidas
- dif - diferencia entre la longitud de tramos de tubo y la longitud Lt

Con el nuevo valor de cálculo Tn así obtenido, se hace el cálculo de los nuevos taludes de la longitud de obra:

Corrección por Desplante:

para  $S > 4 \%$

$$CD = dif / [ 1 / ( ( 1/T1 ) \pm S ) + ( 1 / ( ( 1/T2 ) \pm S ) ) ]$$

para  $S < 4 \%$

$$CD = dif / ( T1 + T2 )$$

donde:

CD = corrección por desplante en cm

Dif = diferencia entre la longitud de tramos de tubo y la longitud Lt

El valor CD deberá sumarse o restarse según el caso a h1 y h2, continuándose el cálculo de la longitud de obra para obtener la longitud cerrada de tubos.

Además de la obtención de la longitud de obra, se deberán dimensionar los elementos que forman la alcantarilla, a continuación se enumeran de acuerdo al tipo.

Tipo de alcantarilla	Elementos que la forman
Tubos	Muros de cabeza
Losa	Guarniciones Estribos Aleros
Boveda	Estribos Arco Clave Timpanos Guarniciones aleros

Para uniformizar dimensiones de las alcantarillas que se utilizan en vías de comunicación, se han elaborado proyectos tipo para tales fines. Los cuales fueron elaborados entre otras dependencias por la S.C.T. vigentes a la fecha.

### III.2.5 CALCULO DIMENSIONAL DE ALEROS.

En caso de alcantarillas de losa y bóveda, la sección de los aleros, es prolongación de la sección de los estribos. Los aleros son muros que se construyen tanto a la entrada como a la salida de la alcantarilla y tienen la finalidad de impedir que las terracerías invadan el cauce.

Para el dimensionamiento de los aleros se emplea la siguiente nomenclatura:

G = Guarnición

Q = Ancho normal de la guarnición

Z = Distancia vertical entre el coronamiento de la guarnición y del alero en el arranque.

a = Ancho del coronamiento del alero.

ae = Ancho del coronamiento del estribo (alcantarillas de losa)

b' = Ancho del estribo a la altura del escarpio

Vz = Ancho del volado de la zapata

Bt = Ancho total de la base de la zapata

Hp = Altura promedio del estribo

E = Dimension auxiliar

Pz = Altura del escarpio

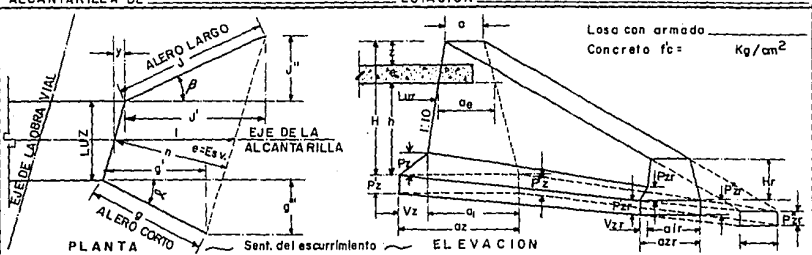
P'z = Espesor de la zapata

Las fórmulas que intervienen en el dimensionamiento se presentan en la forma III.2.4.

Ya conocidas la longitud de obra, las dimensiones de los elementos de la alcantarilla y aleros se deberán cuantificar las cantidades de obra por sitio y por tramo, ver forma III.2.5.

**CALCULO DIMENSIONAL DE ALEROS PARA ESTRUCTURA MENOR**

OBRA VIAL \_\_\_\_\_  
 TRAMO \_\_\_\_\_ DE Km. \_\_\_\_\_ A Km. \_\_\_\_\_  
 SUB-TRAMO \_\_\_\_\_ ORIGEN \_\_\_\_\_  
 ALCANTARILLA DE \_\_\_\_\_ ESTACION \_\_\_\_\_



CONDICION:  $l'' = g''$  Cot  $\beta = 1.73205 + 2 \text{ Tan } =$   
 LADO IZQUIERDO \_\_\_\_\_ LADO DERECHO \_\_\_\_\_

$H_1 =$ m	$H_{r1} =$ m	$H_2 =$ m	$H_{r2} =$ m
<b>LONGITUDES Y PROYECCIONES</b>			
$H_1 - H_{r1} =$ m	<b>ANGULOS</b>	<b>FUNCIONES</b>	$H_2 - H_{r2} =$ m
$l_1 - s =$ m	$\theta =$	Tan =	$\frac{l_1}{2} - s =$ m
$l_2 =$ m	$\beta + \epsilon =$	Cos =	$l_2 =$ m
$n_1 =$ m	$\beta =$	Cos =	$n_2 =$ m
$j_1 =$ m	$(\alpha - \epsilon) =$	Sen =	$j_2 =$ m
$j_2 =$ m	$\alpha = 30^\circ 0'$	Cos = 0.86603	$j_2' =$ m
$j_2'' =$ m		Sen = 0.50000	$j_2''' =$ m
$g_1 =$ m			$g_2 =$ m
$g_1' =$ m			$g_2' =$ m
$g_1'' =$ m			$g_2'' =$ m

DIMENSIONES DE LA SECCION				
EN EL ARRANQUE		EN EL CORTE		AUXILIARES
NORMALES		NORMALES	ESVIAJADAS	
$a =$ m	$a' =$ m	$a' =$ m	$a' =$ m	$H_p =$ m
$az =$ m	$azr =$ m	$azr =$ m	$azr =$ m	$Luz/2 =$ m
$al =$ m	$alr =$ m	$alr =$ m	$alr =$ m	$y =$ m
$Vz =$ m	$Vzr =$ m	$Vzr =$ m	$Vzr =$ m	$h =$ m
$Pz =$ m	$Pzr =$ m	$Pzr =$ m	$Pzr =$ m	$oe =$ m
$P_2 =$ m	$P_2r =$ m	$P_2r =$ m	$P_2r =$ m	$K =$ m
$P_2' =$ m	$P_2'r =$ m	$P_2'r =$ m	$P_2'r =$ m	$cn =$ m

**DATOS DE CIMENTACION**

Prof. del desplante \_\_\_\_\_ m; Falla recomendada \_\_\_\_\_ Kg/cm²; Clasif. del terreno \_\_\_\_\_

**NOTAS:** \_\_\_\_\_  
 CALCULO \_\_\_\_\_ REVISO \_\_\_\_\_ APROBO \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"  
 CALCULO DIMENSIONAL DE ALEROS  
 FORMA III.2.4



CONCEPTO	SUMA HOJA	ESTACION	ESTACION	ESTACION	ESTACION	ESTACION	ESTACION	ESTACION	ESTACION	ESTACION	SUMA
CRUCE											
TUBO											
LOSA											
BOVEDA											
LONGITUD DE OBRA											
EXCAVACION A											
EXCAVACION B											
EXCAVACION C											
MAMP. MORT. CEMENTO											
ZANPEADO MORT. CEMENTO											
ZANPEADO MORT. CAL											
CONCRETO f'c=100 Kg/cm <sup>2</sup>											
CONCRETO f'c=150 Kg/cm <sup>2</sup>											
CONCRETO f'c=200 Kg/cm <sup>2</sup>											
CONC. CICLOPEO EN MASA											
ACERO DE REFUERZO											
DIAMETRO 0.75 m. ø											
DIAMETRO 0.90 m. ø											
DIAMETRO 1.05 m. ø											
DIAMETRO 1.20 m. ø											
DIAMETRO 1.50 m. ø											

**UNAM** FACULTAD DE  
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

RESUMEN DE CANTIDADES  
DE OBRA

FORMA III.2.5

### III.3 OBRAS AUXILIARES.

Las obras auxiliares son aquellas que ayudan a encauzar y eliminar los escurrimientos superficiales que se presentan sobre la carretera y en terrenos aledaños. No considerar este tipo de obras en el proyecto podría afectar el comportamiento adecuado de las terracerías.

#### III.3.1 EN LA CARRETERA.

##### 1) Bombeo.

Bombeo es la pendiente transversal que se le da al camino para que el agua que cae sobre éste pueda escurrir hacia los hombros, evitando estancamientos y filtraciones en las terracerías que con el tiempo provocarían su destrucción.

La pendiente del bombeo será de acuerdo al tipo de carretera de que se trate. En el caso de existir camellón central la pendiente del bombeo será hacia los hombros, si es angosto; si el camellón es muy ancho el bombeo será hacia ambos lados del eje de cada cuerpo debiendo canalizarse el agua que escurre hacia el camellón, colocándose un colector central con el cual se encauzará hacia alguna obra de cruce, lo anterior también es válido si la carretera es de dos cuerpos separados sin camellón.

##### 2) Guarniciones.

El empleo de guarniciones en obras de drenaje complementario es necesario cuando el proyecto de la carretera requiere de la utilización de franjas separadoras o camellones entre cuerpos.

### 3) Cunetas.

La cuneta es un canal que se ubica en los cortes en uno o ambos lados de la corona contigua a la línea de los hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y/ó por el talud, estas obras generalmente se construyen en zonas donde hay cortes y en ocasiones en terraplenes ó en lugares donde sea necesario hacer pequeños encauzamientos hacia estructuras de cruce.

La sección de la cuneta es necesario que sea constante, ya que con esto se facilitará tanto la construcción como el mantenimiento de la misma. Esta sección puede ser: trapezoidal, rectangular o triangular. (Ver foto III.3.1).

En la elección de la forma de la cuneta influyen algunos factores como son: el tipo de vía de comunicación, necesidades hidráulicas, etc.

La sección trapezoidal ofrece mayor capacidad en lo que se refiere a gasto por transportar pero se erosiona con mayor facilidad, es recomendable cuando el gasto por transportar es grande y la pendiente es suave.

La sección rectangular no es recomendable ya que sus paredes no son muy estables, provoca azolves y en consecuencia fallas en su funcionamiento.

La sección triangular es la más usual ya que ofrece mayores ventajas sobre las demás.

El gasto por drenar en una cuneta depende del área de influencia, del coeficiente de escurrimiento, de la intensidad de lluvia y de la pendiente longitudinal del camino; en general es



FOTO No. III.3.1



FOTO No. III.3.2

recomendable que la pendiente longitudinal de la cuneta no sea menor del 0.5 % para evitar azolve provocado por material en suspensión.

En el proyecto de cunetas hay que tener cuidado con la relación que debe existir entre la lámina de agua y las capas del pavimento, si la cuneta va a ser revestida el agua deberá llegar más abajo del lecho inferior de la base, si la cuneta no es revestida el agua deberá llegar más abajo del lecho inferior de la subbase. (Ver figura III.3.1).

Con las consideraciones anteriores se evitará el humedecimiento de las capas del pavimento, cualquiera que sea el caso.

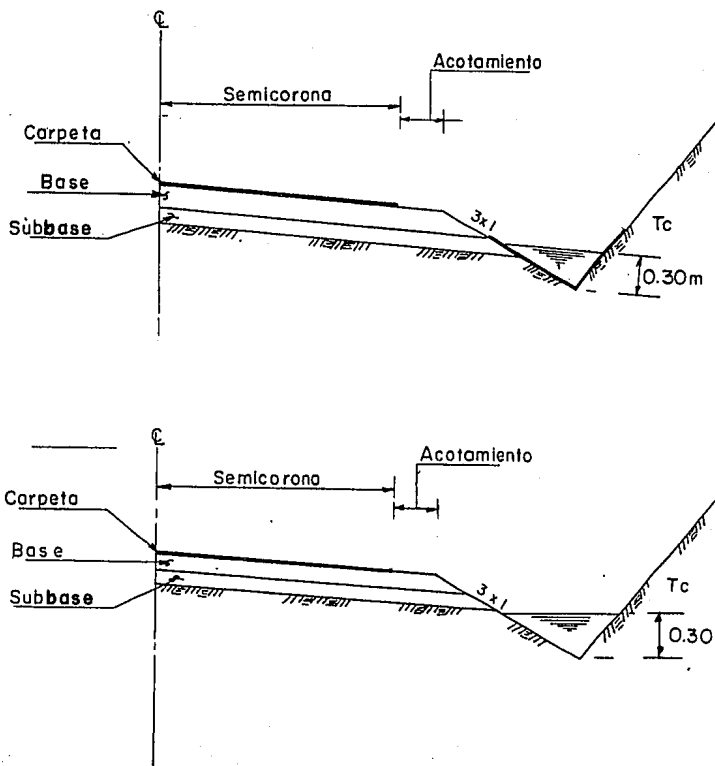
Cabe mencionar, que lo anterior generalmente no se lleva a la práctica y que la sección se considera a partir de donde terminan los acotamientos.

Cualquiera que sea el caso y el tipo de vía de comunicación, se tratará de que el nivel del agua en una cuneta sea como máximo de 30 cm.

No hay un criterio establecido, que nos indique cuando revestir o no una cuneta, pero si se pueden hacer algunas consideraciones como las que mencionaremos a continuación.

Las cunetas deberán revestirse cuando el material con el que se contruirán sea factible de erosionarse y se presenten humedecimientos de los materiales de las capas superiores del pavimento.

No se revestirán cuando se encuentren labradas en roca,



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
 ELABORACION DEL PROYECTO  
 GEOMETRICO DE CARRETERAS"

CUNETAS REVESTIDAS Y NO  
 REVESTIDAS, SECCION TRIANGULAR

FIGURA III.3.1

cuando estén sujetas a gastos pequeños o eventuales o cuando las capas de la cama de los cortes y las capas superiores del pavimento sean permeables.

Finalmente las cunetas descargan ya sea en lavaderos o bien en cauces naturales y/o en estructuras de cruce que son las que se encargan de alejar el agua de las terracerías.

Debe tenerse cuidado que tanto en cambios de pendiente como en cambios de alineamiento horizontal, la velocidad del agua sea constante, ya que en el caso de curvas horizontales el agua tiende a salirse por la tangente derramándose por las paredes de la cuneta y acotamientos del camino, en tanto que en curvas verticales el cambio de pendiente en la cuneta provoca depósito de materiales sólidos en ésta.

#### 4) Bordillos.

El bordillo es la estructura que se construye sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes para evitar que el agua erosione el talud del terraplen. Otra finalidad de éste es conducir el agua hacia lavaderos o bajadas.

Cuando el trazo se localiza en un terreno plano es recomendable utilizar este tipo de elemento, ya que con ello se evita la construcción de obras de cruce que desalojarían gastos pequeños.

Si el camino está en tangente los bordillos se construirán del lado exterior de los acotamientos, si está en curva horizontal se construirán en la parte interior de la curva.

Con la colocación de bordillos se evita que el agua escurra

por los terraplenes evitando con ello tanto la saturación, como la erosión de éstos ( ver foto III.3.2 ). El gasto que encauzará un bordillo será en función al área a drenar, la precipitación máxima por hora y su duración.

#### 5) Lavaderos.

Los lavaderos son obras complementarias de drenaje que se construyen para desalojar el agua de la estructura de la carretera ( ver foto III.3.3 ), captan el agua que es encauzada por bordillos, bordos, etc., y la conducen a puntos alejados de los terraplenes.

La separación entre lavaderos dependerá de la pendiente del camino y de la precipitación. Cuando el camino se encuentra en tangente y en terrapién generalmente se ubican a cada 60 ó 100 m y a la entrada o salida o en ambas si se encuentra en corte.

Las bajadas de los lavaderos son de sección estándar generalmente, pero será necesario asegurarse que la altura de los bordos de éste sean los adecuados.

#### 6) Bajadas.

Este tipo de obra es semejante a los lavaderos, con la diferencia de que éstos sirven para llevar directamente los escurrimientos que se presentan en zonas de corte, a una obra de cruce.

#### 7) Vegetación.

La plantación de vegetación en terreno natural, terraplenes e incluso en cortes cuando el material lo permite, se puede



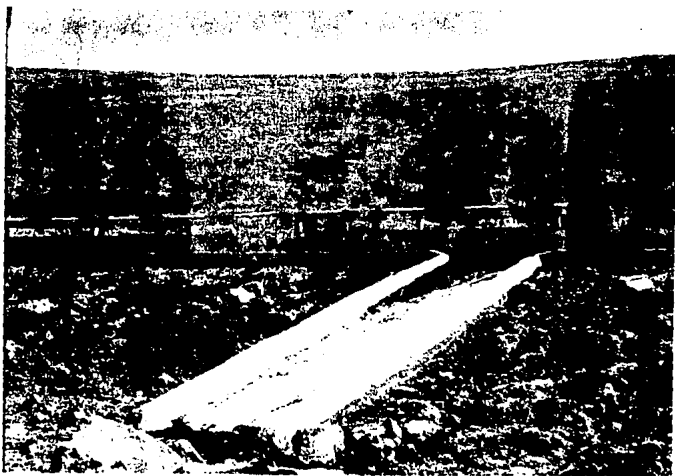


FOTO No. III.3.3



FOTO NO. III.3.4

considerar como una obra complementaria de drenaje ya que ésta ayuda a evitar la acción erosiva del agua, para ello deberán elegirse plantas adecuadas para este fin, por ejemplo: pastos, arbustos y algunas clases de plantas trepadoras, (Ver foto III.3.4).

### III.3.2 TERRENO ALEDAÑO.

#### 1) Contracunetas.

Las contracunetas son canales que se ubican aguas arriba de la zona de ceros de los cortes para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Con la construcción de contracunetas también se evita que las cunetas lleguen a sobrecargarse al recibir escurrimientos adicionales, la distancia a la que se construyen estas es variable, dependiendo de la altura del corte.

Deberá asegurarse que la superficie comprendida entre la contracuneta y el corte no provoque escurrimientos que sean difíciles de controlar y provocar daños a éste. Por lo general se acostumbra en cortes de altura normal una separación de contracuneta entre  $h/2$  y  $h$  del corte, si el corte es muy alto la separación puede variar entre 8 y 10 m de coronamiento del corte. (Ver foto III.3.5).

La sección de una contracuneta será función de la frecuencia de la precipitación pluvial de la zona y del área por drenar; puede variar de 0.60 m a 0.80 m en la plantilla y en sus paredes de acuerdo al talud de corte del material sobre el que se construirá, dicha altura puede variar entre 0.40 m y 0.60 m.

La contracuneta puede ser revestida o no, para definir esto



FOTO No. III.3.5

se hacen las mismas consideraciones que se hicieron en el caso de las cunetas. Este tipo de obra se utiliza en terrenos montanosos y lomerios y/o en terrenos que tengan pendiente hacia la carretera.

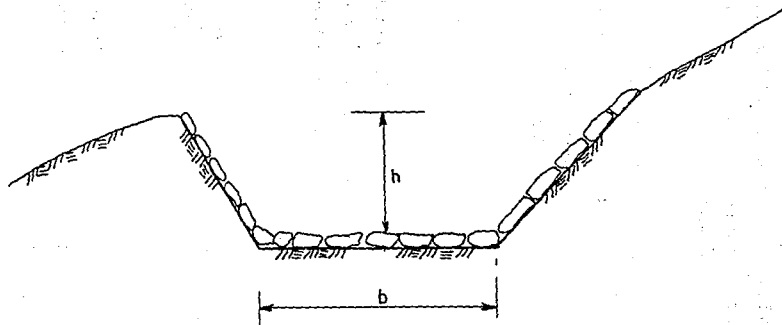
La localización de estas obras se determinarán de acuerdo al tipo de suelo y la distancia de encauzamiento de ésta, al lugar de descarga y a la topografía del lugar.

En cuanto a forma tiene menos restricciones que las cunetas, estas pueden ser: rectangulares o trapezoidales.

Cabe mencionar que es importante hacer algunas consideraciones, como son: no manejar pendientes fuertes ya que éstas pueden ocasionar problemas de socavación y tratar de que sean pendientes uniformes hasta el lugar de descarga evitando con esto azolves y socavaciones a lo largo de la estructura. Los azolves provocan la disminución del área hidráulica y la socavación el derrumbe de las paredes de la contracuneta, provocando a la vez azolves.

Hay que evitar que esta obra sea construida sobre una capa impermeable ya que ésto puede provocar serios problemas en los cortes y en los terraplenes, como por ejemplo deslizamientos y derrumbes, e incluso el deslizamiento total del camino cuando la capa impermeable se encuentra abajo del cuerpo de éste. En caso de que se presente esta situación será necesario revestir la sección.

Se recomienda que cuando sea necesario construir una contracuneta, esta se revista o en su defecto que no se construya; ya que presenta mayor riesgo dejarla sin revestir como ya se mencionó, (ver figura III.3.2).



**UNAM** FACULTAD DE  
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

SECCION TRAPEZOIDAL DE UNA  
CONTRACUNETA REVESTIDA

FIGURA III.3.2

## 2) Canales interceptores.

Los canales interceptores son zanjas que se construyen con el objeto de evitar que los escurrimientos que se presenten en terrenos que tengan pendiente hacia el camino, lleguen a este, o bien se construyen a la salida o entrada de las obras de cruce, ya sea para encauzar los escurrimientos a éstas o para alejarlos del camino y evitar que sufra daños.

Para el proyecto y construcción de éste tipo de elementos, son válidas las observaciones que se hicieron para las contracunetas. A diferencia de las contracunetas, los canales se construyen a mayor distancia de los cortes o más bien dicho del camino.

## 3) Bordos.

Son elementos que tienen por finalidad encauzar escurrimientos provenientes de laderas y zonas cercanas, hacia cauces naturales o bien hacia obras de cruce evitando que el agua llegue a la vía terrestre.

Dada la importancia de este tipo de elemento es indispensable hacer estudios hidrológicos y de mecánica de suelos.

El material con que se construirán dependerá de los requerimientos básicos, en especial de la velocidad con que circulará el agua que se encauzará por éstos.

Estos materiales pueden ser: tierra, mampostería e incluso se pueden utilizar los mismos terraplenes dándoles la protección necesaria para éste fin.

#### 4) Bermas.

Las bermas tienen por objeto disminuir la fuerza erosiva del agua que escurre sobre el terreno natural, cortes y taludes de terraplenes, pueden utilizarse para controlar aguas brutas, ya que estos elementos se pueden encauzar de manera conveniente hacia lavaderos, cunetas, etc., donde estos últimos se encargaran de su eliminación.

Las bermas que se utilizan en terraplen con fines de drenaje, generalmente tienen una relación peralte - huella de 1:1 a 1:1.5, en terreno natural de 1:2 a 1:3 y en corte de 0.75:1 a 1:1.

Las bermas se pueden proteger contra la erosión provocada por el agua, sembrando pasto ó arbustos, ó bien, dándole una pequeña pendiente hacia el interior del corte.

No es recomendable construir bermas sobre terreno susceptible a filtraciones, ya que hacerlo es poner en peligro la estabilidad del terreno (terraplen o corte). Algunos materiales susceptibles a filtraciones son: las rocas junteadas o agrietadas, los suelos residuales en formación desfavorable, los suelos limosos, etc.

## CAPITULO IV

PROYECTO  
GEOMETRICO



#### IV. PROYECTO GEOMETRICO

Una vez terminados los trabajos preliminares y el estudio de drenaje descritos en los capítulos II y III respectivamente, se procede a realizar el proyecto geométrico de la carretera, en el cual se establecen las normas para su construcción.

El proyecto geométrico está basado tanto en las especificaciones geométricas, como en la búsqueda de la mayor economía posible en la construcción, operación y mantenimiento de la carretera. Los elementos básicos que lo integran son:

- Sobreelevaciones y ampliaciones
- Alineamiento vertical
- Secciones de construcción
- Curva masa
- Cantidades de obra

##### IV.1 SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES

Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva, requiere hacerlo en forma gradual, tanto en sobreelevación como en ampliación.

##### IV.1.1 SOBREELEVACIONES

La sobreelevación máxima que se da a la corona en las curvas del alineamiento horizontal, está dada por la expresión:

$$S = [ 0.00785 * ( ( V^2 ) / R ) ] - u$$

en donde:

S= Sobreelevación, en valor absoluto.

V= Velocidad de vehículo, en km/h.

R= Radio de la curva en m.

u= Coeficiente de fricción lateral.

Con la expresión anterior puede calcularse la sobreelevación necesaria para que no deslice un vehículo que circule por la curva a una velocidad dada; sin embargo, algunos problemas relacionados con la construcción, operación y conservación de las carreteras, han demostrado la necesidad de fijar una sobreelevación máxima de 12 % en aquellos lugares en donde no existen heladas ni nevadas y el porcentaje de vehículos pesados en la corriente de tránsito es mínimo, se usa 10 % en los lugares en donde sin haber nieve o hielo se tiene un gran porcentaje de vehículos pesados, se usa 8 % en zonas en donde las heladas o nevadas son frecuentes y finalmente, se usa 6 % en zonas urbanas.

Una vez fijada la sobreelevación máxima, el grado máximo de curvatura queda definido para cada velocidad mediante la aplicación de la expresión anterior; de ella, expresando el radio en función del grado, se tendrá:

$$G_{max} = [ 146000 * ( u + S_{max} ) ] / V^2$$

En la tabla IV.1.1 se tienen tabulados los valores que tendría la expresión anterior, para diferentes velocidades de proyecto, coeficientes de fricción y sobreelevación.

A las curvas que tienen el grado máximo, corresponderá la sobreelevación máxima.

VELOCIDAD DE PROYECTO	COEF. DE FRICCIÓN LATERAL	GRADO MÁXIMO CALCULADO PARA SOBREELEVACION DE				VALORES PARA PROYECTO							
						S = 0.12		S = 0.10		S = 0.08		S = 0.06	
		0.12	0.10	0.08	0.06	B	R	B	R	B	R	B	R
30	0.280	64.89	61.64	58.40	55.16	65.0	17.63	62.0	18.48	58.0	19.76	55.0	20.63
40	0.230	31.99	30.11	28.29	26.46	32.0	35.81	30.0	38.20	28.0	40.93	26.0	44.07
50	0.190	18.10	16.94	15.77	14.60	18.0	63.66	17.0	67.41	16.0	71.62	15.0	76.39
60	0.165	11.56	10.75	9.94	9.12	12.0	95.49	11.0	104.17	10.0	114.59	9.0	127.32
70	0.150	8.04	7.45	6.85	6.26	8.0	143.24	7.5	152.79	7.0	163.70	6.5	183.34
80	0.140	5.93	5.48	5.02	4.56	6.0	190.99	5.5	208.35	5.0	229.18	4.5	254.65
90	0.135	4.60	4.24	3.88	3.51	4.5	259.65	4.25	246.10	4.0	286.48	3.5	327.40
100	0.130	3.65	3.36	3.07	2.77	3.5	327.40	3.25	352.59	3.0	381.97	2.75	416.79
110	0.125	2.96	2.72	2.47	2.23	3.0	381.97	2.75	416.89	2.5	458.37	2.25	509.29

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
**"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"**

GRADOS MÁXIMOS DE CURVATURA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

TABLA IX. 1.1

Para tener en cuenta las distintas combinaciones de grado y velocidad, se ha planteado el siguiente procedimiento.

Calcular la sobreelevación proporcionalmente al grado de curvatura de manera que  $S = 0$  para  $G = 0$  y  $S = S_{max}$  para  $G = G_{max}$ ; o sea que para un grado  $G$  cualquiera tendremos:

$$S = ( S_{max} * G ) / G_{max}$$

#### IV.1.2 TRANSICION DE BOMBEO A LA SOBREELEVACION

La transición del bombeo a la sobreelevación correspondiente a la curva, se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva; sin embargo, esta solución tiene el defecto de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino; esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Se ha determinado empíricamente que los transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.

La consideración anterior limita la longitud mínima de la tangente entre dos curvas circulares consecutivas de sentido contrario que no tengan espirales de transición; esa longitud debe ser igual a la semisuma de las longitudes de transición de las dos curvas.

La longitud mínima de transición para dar la sobreelevación puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

O sea que su expresión será:

$$l_e = 8*V*S$$

Donde:

$l_e$  = Longitud de transición en m.

$V$  = Velocidad de proyecto de km/hr.

$S$  = Sobreelevación en valor absoluto.

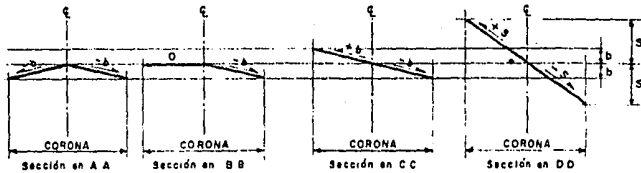
Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tienen tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona ( ver figura IV.1.1 ); el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona ( ver figura IV.1.2 ). El primer procedimiento es el más conveniente, ya que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y sólo se emplean en casos especiales.

En caminos divididos por una faja separadora central, el procedimiento para dar la sobreelevación depende de los anchos de la corona y de la faja; en general, pueden considerarse los siguientes procedimientos:

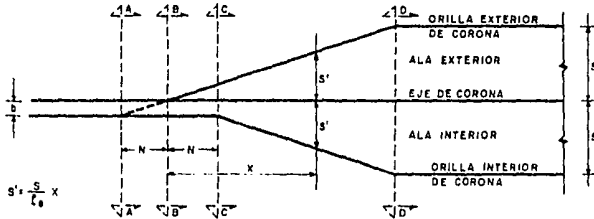
a) La sección total del camino se sobreleva girando sobre el eje de simetría, girando también la faja separadora central.

b) La faja separadora central se mantiene horizontal y cada

SECCIONES TRANSVERSALES



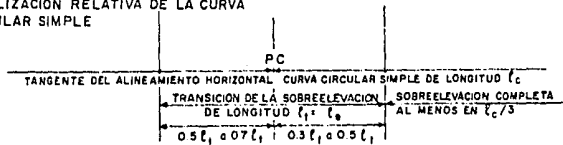
VARIACION DE LA SOBREELEVACION



LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CON ESPIRALES DE TRANSICION



LOCALIZACION RELATIVA DE LA CURVA CIRCULAR SIMPLE



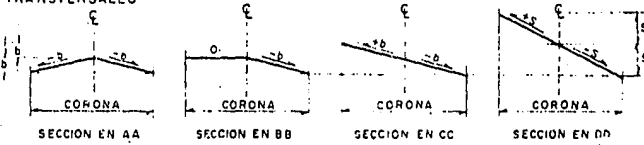
**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

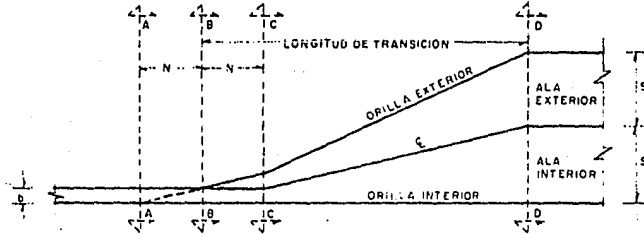
TRANSICION GIRANDO SOBRE EL EJE DE LA CORONA

SECCIONES TRANSVERSALES

GIRO SOBRE LA ORILLA INTERIOR

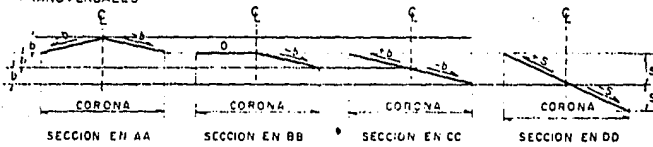


VARIACION DE LA SOBREELEVACION

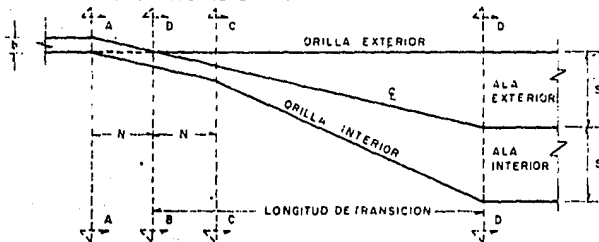


SECCIONES TRANSVERSALES\*

GIRO SOBRE LA ORILLA EXTERIOR



VARIACION DE LA SOBREELEVACION



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

TRANSICION GIRANDO SOBRE UNA ORILLA DE LA CORONA

FIGURA IV.1.2

ala se gira sobre la orilla contigua a la faja.

c) Las dos alas se giran independientemente, en torno al eje de cada una.

#### IV.1.3 AMPLIACIONES

Cuando un vehiculo circula por una curva del alineamiento horizontal, ocupa un ancho mayor que cuando circula sobre una tangente y el conductor experimenta cierta dificultad para mantener su vehiculo en el centro del carril por lo que se hace necesario dar un ancho adicional a la calzada respecto al ancho en tangente. A este sobreaño se le llama ampliación, la cual debe darse tanto a la calzada como a la corona.

Para caminos de dos carriles, el ancho de calzada en curva se calcula sumando el ancho definido por la distancia entre huellas externas ( U ) de dos vehiculos que circulan por la curva; la distancia libre lateral ( C ) entre los vehiculos y entre éstos y la orilla de la calzada; el sobreaño ( Fa ) debido a la proyección del vuelo delantero del vehiculo que circula por el lado interior de la curva; y un ancho adicional ( Z ) que toma en cuenta la dificultad de maniobra en la curva. En la figura IV.1.3 se ilustra la forma en que intervienen cada uno de los elementos mencionados en el cálculo de la ampliación para obtener el ancho de calzada en curva.

Para caminos de cuatro carriles sin dividir, la ampliación en curva tendrá un valor doble que el calculado para caminos de dos carriles.

Si están divididos, a cada calzada le corresponde la



**SÍMBOLOS**

- a - Ancho de calzada en tangente
- $O_c$  - Ancho de calzada en curva
- A - Ampliación en curva
- $V_f$  - Vuelo trasero
- $V_d$  - Vuelo delantero
- DE - Distancia entre ejes
- EV - Entreeje (en este caso igual al ancho total del vehículo)
- C - Distancia libre entre vehículos
- U - Distancia entre huellas externas
- $F_A$  - Proyección del vuelo delantero
- Z - Sobreeje por dificultad de maniobra

NOTA: Todos las medidas en metros y normales al alineamiento horizontal.

**EXPRESIONES PARA EL CALCULO:**

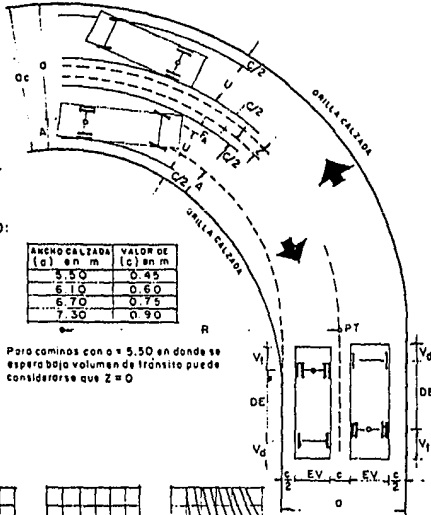
$$A = O_c - a$$

$$U = 2U + 2C + F_A + Z$$

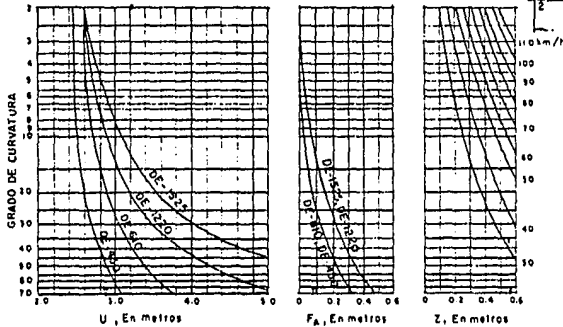
$$O_c = \frac{EV + R - \sqrt{R^2 - DE^2}}{2}$$

$$F_A = \sqrt{R^2 + V_d^2} - 2DE + V_d - R$$

$$Z = 0.1 \frac{V}{\sqrt{R}}$$



**GRAFICAS PARA EL CALCULO:**



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

AMPLIACIONES EN CURVAS DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

ampliación calculada.

Para fines de proyecto no se consideran las ampliaciones que resulten menores de 20 cm.; si la ampliación resultase mayor deberá redondearse al decímetro superior.

La ampliación de la calzada en las curvas, se da en el lado interior, la raya central se pinta posteriormente en el centro de la calzada ampliada. Para pasar del ancho de calzada en tangente al ancho de calzada en curva, se aprovecha la longitud de transición requerida para dar la sobreelevación, de manera que la orilla interior de la calzada forme una curva suave sin quiebres bruscos a lo largo de ella.

En curvas circulares con espirales, la ampliación y la sobreelevación en la transición pueden darse proporcionalmente a la longitud de la espiral, esto es:

$$A' = (A * L) / L_e$$

$$S' = (S * L) / L_e$$

en donde A' es la ampliación y S' es la sobreelevación en una sección que está a L metros del TE, L<sub>e</sub> es la longitud de la espiral y A es la ampliación total en curva y S es la sobreelevación total en curva. Procediendo de esta manera se tendrán ampliaciones y sobreelevaciones nulas en el TE, ampliación y sobreelevación totales en el CE.

Este mismo criterio puede seguirse en curvas circulares sin espirales.

La ampliación y sobreelevación totales se encuentran ya tabuladas para diferentes grados de curvatura, velocidades de proyecto y tipo de camino.

#### IV.1.4 TABLAS PARA LA OBTENCION DE LA SOBREELEVACION Y AMPLIACION

Estas tablas se obtuvieron del libro de Normas de Servicios Técnicos correspondiente a Proyecto Geométrico.

Las tablas fueron calculadas usando en todos los casos sobre elevación máxima de 10% ( ver tablas IV.1.2, IV.1.3, IV.1.4 y IV.1.5 ).

La forma en que se usan es la siguiente:

1<sup>o</sup> Se elige la tabla correspondiente al tipo de camino que se este proyectando.

2<sup>o</sup> Con el grado de curvatura y la velocidad de proyecto entramos a la tabla elegida, la intersección de el renglón correspondiente a los  $G_c$  y la columna de la velocidad de proyecto nos dará la sobre elevación, longitud de transición y ampliación buscados.

#### IV.1.5 DETERMINACION DE LOS PUNTOS AUXILIARES PARA EL CALCULO DE SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES

En el cálculo de sobre elevaciones y ampliaciones se nos presentan tres casos importantes para la determinación de los puntos auxiliares, los que se mencionan a continuación:

En curvas circulares cuando la longitud de transición entre dos es menor que la longitud de curva entre tres ( $L_t/2 \leq L_c/3$ ) se satisface la condición de que cuando menos el tercio medio de la curva quede con sobre elevación máxima.

VELOCIDAD	30			40			50			60			70				
	Gc	Rc		Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le		
0 30	2281.84	20		30	10	20	30	13	20	30	16	30	30	19	30	10	22
1 00	1149.92	10		30	10	20	30	13	30	30	16	30	30	19	30	30	22
1 30	763.94	20		30	10	30	30	13	30	30	16	30	30	19	40	30	22
2 00	572.96	20		30	10	30	30	13	30	30	16	40	30	19	40	30	22
2 30	458.37	30		30	10	30	30	13	40	30	16	40	30	19	50	30	22
3 00	361.93	30		30	10	40	30	13	40	30	16	50	30	19	50	30	22
3 30	327.62	30		30	10	40	30	13	40	30	16	50	30	19	60	47	26
4 00	286.48	30		30	10	40	30	13	50	30	16	50	30	16	60	35	30
4 30	254.65	40		30	10	40	30	13	50	30	16	60	41	20	50	60	34
5 00	229.18	40		30	10	50	30	13	50	30	16	60	43	22	70	67	37
5 30	208.33	40		30	10	50	30	13	50	30	16	60	30	24	70	73	41
6 00	190.99	40		30	10	50	30	13	60	30	16	60	45	26	70	80	43
6 30	176.29	50		30	10	50	30	13	60	30	16	70	49	28	80	87	49
7 00	163.70	50		30	10	50	30	13	60	41	16	70	64	31	80	93	51
7 30	152.19	50		30	10	60	30	13	70	44	18	70	63	33	80	100	56
8 00	143.24	50		30	10	60	30	13	70	47	19	80	73	35			
8 30	134.81	50		30	10	60	30	13	70	50	20	80	77	37			
9 00	127.33	50		30	10	60	30	13	70	53	21	80	81	39			
9 30	120.62	60		30	10	70	32	13	70	55	22	80	86	41			
10 00	114.59	60		30	10	70	33	13	80	58	24	90	91	44			
11 00	104.17	60		30	10	70	37	13	80	63	26	90	100	48			
12 00	95.48	80		30	10	80	40	13	90	71	28						
13 00	88.15	70		30	10	80	43	14	90	76	31						
14 00	81.85	70		30	10	80	47	15	90	82	33						
15 00	76.39	70		30	10	90	50	16	100	88	35						
16 00	71.62	80		30	10	90	53	17	100	94	38						
17 00	67.41	80		30	10	90	57	18	110	100	40						
18 00	63.66	80		30	10	100	60	19									
19 00	60.31	90		30	10	100	63	20									
20 00	57.30	90		30	10	100	67	21									
22 00	52.09	100		30	10	110	73	23									
24 00	47.73	100		40	10	120	80	26									
26 00	44.05	110		40	10	130	87	28									
28 00	40.93	110		40	11	130	93	30									
30 00	38.20	120		50	12	140	100	32									
32 00	35.81	130		50	13												
34 00	33.70	100		50	14												
36 00	31.83	140		60	14												
38 00	30.18	150		60	15												
40 00	28.83	150		60	16												
42 00	27.28	160		70	17												
44 00	26.04	160		70	18												
46 00	24.91	170		70	19												
48 00	23.87	180		80	19												
50 00	22.92	180		80	20												
52 00	22.04	190		80	21												
54 00	21.22	190		90	22												
56 00	20.46	200		90	23												
58 00	19.76	200		90	24												
60 00	19.10	210		100	24												

- Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.  
En carreteras tipo E no se dará la ampliación por curvatura a menos que se proyecten libraderos en curva horizontal.
- Sc Sobreelevación, en porcentajes.
- Le Longitud de la transición mixta, en metros.

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

AMPLIACIONES SOBRELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO EYD



VELOCIDAD		50			60			70			80			90			100			110		
Gc	Rc	Ac	Sc	Lc	Ac	Sc	Lc	Ac	Sc	Lc	Ac	Sc	Lc	Ac	Sc	Lc	Ac	Sc	Lc	Ac	Sc	Lc
09.15	4593.68	0	2.0	28	0	2.0	34	0	2.0	39	0	2.0	45	0	2.0	50	0	2.0	56	0	2.0	62
09.30	4281.84	0	2.0	28	0	2.0	34	2.0	2.0	39	2.0	2.0	45	2.0	2.0	50	2.0	2.0	56	2.0	2.0	62
09.45	4027.80	10	2.0	28	10	2.0	34	2.0	2.0	39	2.0	2.0	45	2.0	2.0	50	2.0	2.0	56	2.0	2.0	62
1.00	149.31	10	2.0	28	10	2.0	34	2.0	2.0	39	2.0	2.0	45	2.0	2.0	50	2.0	2.0	56	2.0	2.0	62
15.15	816.74	20	2.0	28	20	2.3	34	3.0	3.0	39	3.0	3.7	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
15.30	783.38	20	2.0	28	20	2.4	34	3.0	3.0	39	3.0	3.8	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
15.45	654.81	30	2.4	28	30	2.7	34	3.0	3.0	39	3.0	4.0	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
2.00	572.94	30	2.5	28	30	2.8	34	3.0	3.0	39	3.0	4.2	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
2.15	502.54	30	2.7	28	30	3.0	34	3.0	3.0	39	3.0	4.4	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
2.30	456.33	30	3.1	28	40	3.4	34	4.0	3.4	39	4.0	3.8	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
2.45	416.70	30	3.4	28	40	3.7	34	4.0	3.4	39	4.0	4.0	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
3.00	381.37	40	3.7	28	40	3.9	34	5.0	3.4	39	5.0	3.7	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
3.15	332.58	40	3.9	28	40	4.1	34	5.0	3.4	39	5.0	3.8	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
3.30	327.40	40	4.2	28	50	3.7	34	5.0	3.4	39	5.0	4.0	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
3.45	305.38	40	4.4	28	50	4.0	34	5.0	3.4	39	5.0	4.2	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
4.00	289.48	40	4.7	28	50	5.3	34	5.0	3.4	39	5.0	4.4	45	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
4.15	269.63	50	4.9	28	50	6.6	34	6.0	4.4	45	6.0	4.5	50	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
4.30	224.66	50	5.1	28	50	8.2	34	6.0	4.4	45	6.0	4.7	50	4.0	4.3	50	4.0	4.3	56	4.0	4.3	62
4.45	241.73	50	5.4	28	60	7.1	34	6.0	4.4	45	6.0	4.7	49	7.0	9.3	61						
5.00	228.18	5.0	5.6	28	60	7.4	35	6.0	4.2	46	6.0	4.9	50	7.0	9.3	61						
5.15	205.35	6.0	6.0	28	60	7.8	37	7.0	5.3	52	6.0	5.2	50	7.0	9.3	61						
6.00	193.89	6.0	6.3	28	70	8.2	39	7.0	6.5	54												
6.15	176.28	6.0	6.7	28	70	8.6	41	8.0	39	55												
7.00	163.70	6.0	7.0	28	70	8.9	43	8.0	39	55												
7.15	152.76	7.0	7.3	28	80	9.1	44	8.0	10.0	56												
8.00	143.24	7.0	7.6	30	80	9.4	45															
8.15	134.81	7.0	7.9	32	80	9.6	46															
9.00	121.33	8.0	8.2	33	90	9.7	47															
9.15	120.62	8.0	8.4	34	80	9.8	47															
10.00	114.57	8.0	8.6	34	90	9.9	48															
10.15	109.13	8.0	8.8	35	100	10.0	48															
11.00	104.17	8.0	9.0	36	100	10.0	48															
11.15	99.64	8.0	9.2	37																		
12.00	94.98	8.0	9.3	37																		
12.15	91.61	10.0	9.5	38																		
13.00	86.15	10.0	9.6	38																		
14.00	84.80	11.0	9.7	38																		
14.15	81.83	11.0	9.8	38																		
14.30	79.00	11.0	9.8	38																		
15.00	76.38	11.0	9.9	40																		
15.15	73.53	10.0	9.9	40																		
16.00	71.62	12.0	10.0	40																		
16.15	69.45	12.0	10.0	40																		
17.00	67.41	13.0	10.0	40																		

Ac Ampliación de la calzada y la corona,  
en cm.

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Lc Longitud de la transición, en metros

(Aboja de la línea gruesa se emplearán espirales  
de transición y arriba se usaron transiciones  
mixtas)

# UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACION DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

AMPLIACIONES SOBREELEVACIONES Y  
TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO B Y A(2)

VELOCIDAD		70						80						90						100						110					
Gc	Rc	Ac		Sc	Ls		Ac		Sc	Ls		Ac		Sc	Ls		Ac		Sc	Ls		Ac		Sc	Ls		Ac		Sc	Ls	
		A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4	A4S	A4		A4S	A4
0° 15'	4583.68	0	20	20	39	67	0	20	20	45	76	0	30	20	50	86	0	30	20	56	95	0	30	20	62	105					
0° 30'	2291.84	20	30	20	39	67	20	30	20	45	76	20	40	20	50	86	20	40	25	56	95	20	50	2.7	62	105					
0° 45'	1527.89	20	40	20	39	67	20	40	23	45	76	30	50	28	50	86	30	60	34	56	95	30	60	4.0	62	105					
1 00	1145.92	20	50	25	39	67	30	50	3.0	45	76	30	60	3.6	50	86	30	70	45	56	95	30	70	5.2	62	105					
1 15	916.14	30	30	30	39	67	30	60	3.7	45	76	40	60	4.5	50	86	40	70	55	56	95	40	80	6.3	62	105					
1 30	763.94	30	60	35	39	67	30	60	4.4	45	76	40	70	5.3	50	86	40	80	64	56	95	40	90	7.3	64	109					
1 45	684.81	30	60	41	39	67	40	70	5.0	45	76	40	80	6.1	50	86	40	90	73	58	99	50	100	8.1	71	121					
2 00	572.96	30	70	46	39	67	40	80	5.7	45	76	40	90	6.7	50	86	50	90	81	65	110	50	100	8.9	78	133					
2 15	509.50	40	80	51	39	67	40	90	6.2	45	76	50	100	7.3	53	89	50	100	87	70	118	60	110	9.4	83	141					
2 30	458.37	40	80	55	39	67	50	90	6.8	45	76	50	100	7.9	57	97	60	110	92	74	125	60	120	9.8	86	147					
2 45	416.70	40	80	60	39	67	50	90	7.3	47	79	50	110	8.4	60	103	60	110	96	77	131	60	120	10.0	88	150					
3 00	381.97	50	90	64	39	67	50	100	7.7	49	84	60	110	8.8	63	108	60	120	99	79	135										
3 15	352.59	50	90	67	39	67	50	110	8.1	52	88	60	120	9.2	66	113	60	130	100	80	136										
3 30	327.40	50	100	71	40	58	60	110	8.5	54	92	60	120	9.6	69	118															
3 45	305.58	50	110	75	42	71	60	120	8.8	55	95	60	130	9.8	71	120															
4 00	286.48	50	110	78	44	74	60	120	9.1	58	99	70	130	9.9	71	121															
4 15	269.63	60	110	81	45	77	60	130	9.4	60	102	70	140	10.0	72	122															
4 30	254.65	60	120	84	47	80	70	130	9.6	61	104																				
4 45	241.25	60	120	87	49	83	70	140	9.7	62	106																				
5 00	229.18	60	130	89	50	85	70	140	9.9	63	108																				
5 15	218.27	60	130	91	51	87	80	140	10.0	63	106																				
5 30	208.35	70	140	93	52	89	80	150	10.0	64	109																				
5 45	199.29	70	140	95	53	90																									
6 00	190.99	70	150	96	54	91																									
6 15	183.35	70	150	97	54	92																									
6 30	176.29	80	160	98	55	93																									
6 45	169.77	80	160	99	55	94																									
7 00	163.70	80	160	99	55	94																									
7 15	158.06	80	160	100	56	95																									
7 30	152.79	80	170	100	56	95																									

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición, en metros.

(Abajo de la línea gruesa se emplearán espirales de transición y arriba se usarán transiciones mixtas)

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

AMPLIACIONES SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO AIA4S YA4)

TABLA IX. I. 5

Los puntos auxiliares se obtienen de la siguiente manera:

$$N1 = TT1 - N$$

$$TT1 = PC - ( Le / 2 )$$

$$N2 = TT1 + N$$

$$TT2 = PC + ( Le / 2 )$$

$$N3 = TT4 - N$$

$$TT3 = PT - ( Le / 2 )$$

$$N4 = TT4 + N$$

$$TT4 = PT + ( Le / 2 )$$

$$N = ( Le / Sc ) * \text{bombeo en tangente}$$

donde: PC = principio de curva  
PT = principio de tangente

En curvas circulares cuando la longitud de transición entre dos es mayor que la longitud de curva entre tres ( $Le/2 \geq Lc/3$ ), los puntos auxiliares se obtienen de la siguiente manera:

$$N1 = TT1 - N$$

$$TT1 = TT2 - Le$$

$$N2 = TT1 + N$$

$$TT2 = PC + ( Lc / 3 )$$

$$N3 = TT4 - N$$

$$TT3 = PT - ( Lc / 3 )$$

$$N4 = TT4 + N$$

$$TT4 = TT3 + Le$$

En este caso se utiliza la ( $Lc / 3$ ) para calcular los puntos auxiliares y así cumplir con la condición antes mencionada.

Cuando tenemos una curva espiral no es necesario hacer la revisión anterior ya que en este caso la curva circular queda con sobreelevación máxima en toda su longitud, es decir la transición no se introduce en la curva circular.

Los puntos auxiliares se obtienen de la siguiente manera:



$$N1 = TE - N$$

$$Ec = TE + Le$$

$$N2 = TE + N$$

$$Ce = TE - Le$$

$$N3 = ET - N$$

$$N4 = ET - N$$

En la forma IV.1.1 se muestra el formato utilizado para el cálculo de sobreelevaciones y ampliaciones.

## IV.2 SUBRASANTE

### IV.2.1 ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona se le llama subrasante.

El alineamiento vertical de un camino se compone de tangentes y curvas, se basa en sus especificaciones y en los costos de construcción.

#### 1) Tangentes

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma.

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivos se le denomina PIV.



a) Pendiente gobernadora

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deben proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

b) Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto, queda determinada por el volumen y la configuración del terreno, y la composición del tránsito previsto.

La pendiente máxima se empleará cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas, fuertes volúmenes de corte ó terraplén.

La AASHO recomienda que para caminos principales las pendientes máximas no excedan a las dadas en la tabla IV.2.1.

Para caminos secundarios, con escaso volumen de tránsito, las pendientes dadas en la tabla pueden incrementarse hasta en dos por ciento.

Se considera terreno plano, aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula.

Se considera como lomerío, al terreno cuyo perfil longitudinal presenta una serie de cimas y depresiones de cierta magnitud con pendiente transversal hasta de 25 grados.

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE MAXIMA PARA DIVERSAS VELOCIDADES DE PROYECTO						
	50	60	70	80	90	100	110
PLANO	6	5	4	4	3	3	3
LOMERIO	7	6	5	5	4	4	4
MONTAÑOSO	9	8	7	7	6	5	5

<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"
PENDIENTES MAXIMAS EN CARRETERAS
TABLA IV. 2.1

Se considera terreno montañoso el que acusa pendientes transversales mayores de 25 grados, caracterizado por accidentes topográficos notables y cuyo perfil obliga a fuertes movimientos de tierra.

c) Pendiente mínima

Se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula: en los cortes se recomienda 0.5% mínimo para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas, en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente.

d) Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical

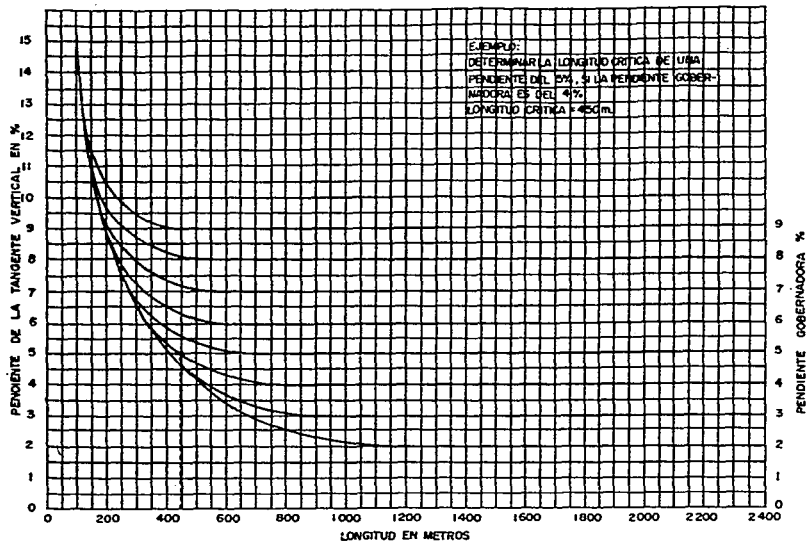
Es la longitud máxima de una tangente vertical con pendiente mayor que la gobernadora, pero sin exceder la pendiente máxima.

Los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora, se obtendrán de la gráfica mostrada en la figura IV.2.1.

2) Curvas verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como P<sub>CV</sub> y como P<sub>TV</sub> al punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

a) Forma de la curva



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

LONGITUD CRITICA DE TANGENTES CON PENDIENTE MAYOR QUE LA GOBERNADORA

FIGURA IV. 2.1

La forma parabólica es la recomendada para emplearse en curvas verticales, siendo su ecuación correspondiente:

$$Y = [ K ( X^2 ) ] + ( P * X )$$

en donde :

K= Constante

P= Pendiente de la tangente de entrada

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente. En la fig. IV.2.2 se ilustran los tipos representativos de curvas verticales en cresta y en columpio; en los tipos I y III las pendientes de las tangentes de entrada y salida tienen signos contrarios, en los tipos II y IV tienen el mismo signo.

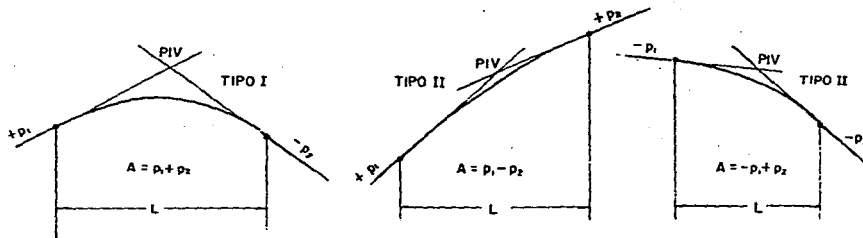
b) Cálculo de los elementos de la curva parabólica

Los elementos de una curva vertical son los mostrados en la figura IV.2.3 y se calculan como sigue:

- Longitud. Es la distancia medida horizontalmente entre el PCV y el PTV. Existen cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas que son:

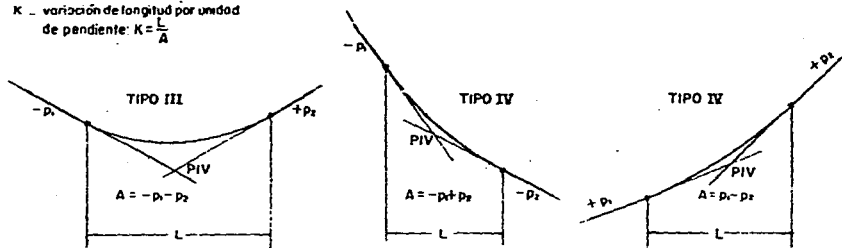
\* Criterio de comodidad. Se aplica al proyecto de curvas verticales en columpio, en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo, se debe cumplir que:

$$K = ( L / A ) \geq ( V^2 / 395 )$$



CURVAS VERTICALES EN CRESTA

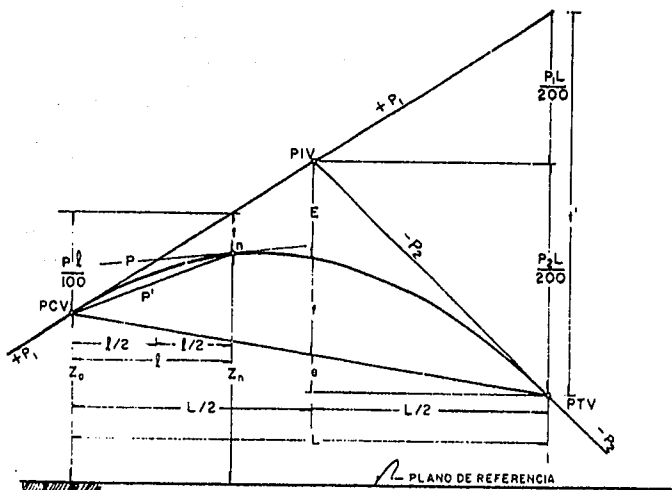
- $p_1$  - pendiente de entrada
- $p_2$  - pendiente de salida
- $A$  - diferencia de pendientes
- $L$  - Longitud de la curva.
- $K$  - variación de longitud por unidad de pendiente:  $K = \frac{L}{A}$



CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO.

<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
TIPOS DE CURVAS VERTICALES	
FIGURA IV. 2. 2	





- PIV ... Punto de intersección de las tangentes.
- PCV ... Punto en donde comienza la curva vertical.
- PTV ... Punto en donde termina la curva vertical
- n ... Punto cualquiera sobre la curva.
- P<sub>1</sub> ... Pendiente de la tangente de entrada en por ciento.
- P<sub>2</sub> ... Pendiente de la tangente de salida en por ciento.
- P ... Pendiente en un punto cualquiera de la curva en por ciento.
- P' ... Pendiente de una cuerda a un punto cualquiera en por ciento.
- A ... Diferencia algebraica entre las pendientes de la tangente de entrada y la de salida.
- L ... Longitud de la curva.
- E ... Externa
- f ... Flecha
- ℓ ... Longitud de curva a un punto cualquiera
- ℓ ... Desviación respecto a la tangente de un punto cualquiera
- K ... Variación de longitud por unidad de pendiente, K= L/A
- Z<sub>0</sub> ... Elevación del PCV.
- Z<sub>n</sub> ... Elevación de un punto cualquiera.

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
ELEMENTOS DE UNA CURVA VERTICAL	
FIGURA IV.2.3	

\* Criterio de apariencia. Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas en columpio, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente. Empíricamente la ASSHO ha determinado que:

$$K = ( L / A ) \geq 30$$

\* Criterio de drenaje. Se aplica al proyecto de curvas verticales en cresta o en columpio, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva, debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente la ASSHO ha encontrado que para que esto ocurra se debe cumplir que:

$$K = ( L / A ) \leq 43$$

\* Criterio de seguridad. Se aplica a curvas en cresta y en columpio. La longitud de curva debe ser tal, que en toda la curva la distancia de visibilidad sea mayor ó igual que la de parada. En la tabla IV.2.2 se muestran los valores mínimos del parámetro K.

En algunos casos, el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de rebase, en donde los valores del parámetro K para satisfacer este requisito son:

VELOCIDAD DE PROYECTO ( Km / hr )	30	40	50	60	70	80	90	100	110
PARAMETRO K DE REBASE ( m / % )	18	32	50	73	99	130	164	203	245

Para proyecto, el criterio a seguir debe ser el de seguridad, que satisfaga, cuando menos la distancia de

VELOCIDAD DE PROYECTO  ( Km/hr )	VALORES DEL PARAMETRO K EN ( m / % )				LONGITUD MINIMA ACEPTABLE  ( 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

**UNAM** FACULTAD DE  
INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
ELABORACIÓN DEL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS"

VALORES DEL PARAMETRO K Y LONGITUD  
MINIMA DE CURVAS VERTICALES

TABLA IX. 2.2

visibilidad de parada. El criterio de apariencia solo debe emplearse en caminos de tipo muy especial. Por otra parte, el drenaje siempre debe resolverse, sea con la longitud de curva o modificando las características hidráulicas de las cunetas.

- Pendiente en un punto cualquiera de la curva.

$$P = P_1 - [ ( A * 1 ) / L ]$$

- Pendiente de la cuerda a un punto cualquiera.

$$P' = P_1 - [ ( A * 1 ) / L ]$$

- Desviación respecto a la tangente. Es la diferencia de ordenadas entre la prolongación de la tangente y la curva llamada  $t$  y se determina con la siguiente expresión:

$$t = [ A * ( L^2 ) ] / ( 200 * L )$$

- Externa. Es la distancia entre la curva y la cuerda PCV-PTV medida verticalmente, se le representa como  $E$ .

$$E = ( A * L ) / 800$$

- Flecha. Es la distancia entre la curva y la cuerda PCV-PTU, medida verticalmente; se representa como  $f$ .

$$f = ( A * 1 ) / 800 = E$$

- Elevación de un punto cualquiera de la curva  $Z_n$ .

$$Z_n = Z_o + [ ( P_1 / 5 ) - ( ( A * 1 ) / ( 200 * L ) ) ] * 1$$

Para fines prácticos en el proyecto de un camino, se pueden aplicar las siguientes ecuaciones, para obtener las elevaciones de la curva vertical.

Curva vertical en cresta y en columpio

$$Lc = K * A \qquad A = ( S2 - S1 )$$

$$C = Y ( N^2 ) \qquad Y = A / ST$$

donde :

- Lc = longitud de la curva vertical
- K = constante
- A = diferencia algebraica de pendientes
- S2 = pendiente de entrada en por ciento
- S1 = pendiente de salida en por ciento
- C = corrección
- Y = constante
- N = No de estaciones de 20 m.
- ST = subtangente

#### IV.2.2 SUBRASANTE ECONOMICA

El costo de construcción, parte integrante de los costos en que se basa la evaluación de un camino, está gobernado por los movimientos de terracerías. Esto implica una serie de estudios que permitan tener la certeza de que los movimientos a realizar sean los más económicos, dentro del tipo de camino a proyectar.

La subrasante a la que corresponden los movimientos de terracerías más económicos, se le conoce como subrasante

económica.

Al iniciar el estudio de la subrasante de un tramo dado, se debe analizar el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno, los datos relativos a la calidad de los materiales y las elevaciones mínimas que se requieren para dar cabida a las obras del drenaje, alcantarillas, puentes, pasos a desnivel, torres de energía eléctrica, teléfonos, ductos, etc.

Se considera que los elementos que definen el proyecto de la subrasante económica son los siguientes:

- Condiciones topográficas
- Condiciones geotécnicas
- Subrasante mínima
- Costo de las terracerías

#### 1) Condiciones topográficas

En terreno plano, el proyecto de la subrasante será generalmente en terraplén, sensiblemente paralela al terreno, con una altura suficiente para quedar a salvo de la humedad propia del suelo y de los escurrimientos laminares, y lo más importante dar cabida a las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel. En este tipo de terreno los terraplenes estarán formados con material producto de préstamo, ya sea lateral o de banco.

En terreno considerado como lomerío, se deberá estudiar la subrasante combinando las pendientes especificadas, procurando un alineamiento vertical ondulado, aprovechando el material producto de los cortes para formar los terraplenes contiguos.

En terreno montañoso, como consecuencia de la configuración topográfica, la formación de las terracerías, se obtiene mediante la excavación de grandes volúmenes, por lo cual el proyecto de la subrasante queda generalmente obligada a la pendiente transversal del terreno y al análisis de las secciones transversales en zonas críticas o en balcón.

## 2) Condiciones geotécnicas

La calidad de los materiales que se encuentran en la zona, es factor muy importante para lograr el proyecto de la subrasante económica, ya que además del empleo que tendrán en la formación de las terracerías, se deberán conocer los datos relativos a su clasificación para fines de presupuesto y tratamiento a darles en el momento de la construcción.

## 3) Subrasante mínima

Es la elevación mínima correspondiente a puntos determinados del camino, los elementos que fijan estas elevaciones mínimas son: obras menores, puentes, zonas de inundación e intersecciones.

## 4) Costo de las terracerías

Los siguientes conceptos debemos tenerlos muy presentes al iniciar el estudio y proyecto de una subrasante económica en la construcción de las terracerías del camino.

- Excavación en corte.
- Excavación en préstamo lateral o de banco.
- Compactación en el terraplén del material de préstamo.
- Sobrecarreo del material de corte a terraplén.
- Sobrecarreo del material de préstamo a terraplén.

- Coeficientes de variabilidad volumetrica del material de corte y del material de préstamos.

Como se verá en el inciso correspondiente a Curva Masa, en estos elementos se basa fundamentalmente al estudio de Diagrama de masas.

#### IV.3 SECCIONES DE CONSTRUCCION.

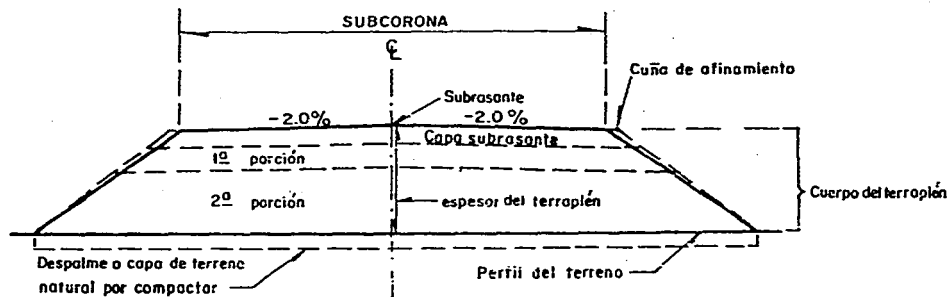
Se llama así a la representación gráfica de las secciones transversales, que contienen tanto los datos propios del diseño geométrico, como los correspondientes al empleo y tratamiento de los materiales que formarán las terracerías (ver figuras IV.3.1 y IV.3.2).

El proyecto de una sección de construcción está definido por el diseño geométrico y por el procedimiento de construcción a que deban sujetarse las terracerías.

El diseño geométrico está definido por las especificaciones aplicables al tipo de camino que se esté proyectando como son:

- Ancho de corona
- Ancho de calzada
- Ancho de acotamiento
- Espesor de corte ó terraplén
- Pendiente transversal
- Ampliación en curva
- Longitud de transición
- Espesor de pavimento
- Ancho de subcorona
- Talud de corte ó terraplén



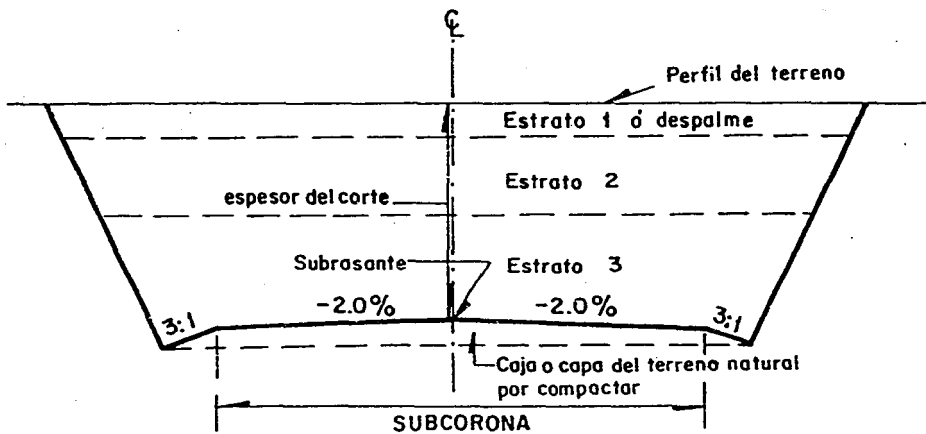


**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

SECCION DE CONSTRUCCION DE UN TERRAPLEN EN TANGENTE

FIGURA IV. 3.4



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

SECCION DE CONSTRUCCION DE UN CORTE EN TANGENTE

FIGURA IV. 3.2

- Dimensiones de las cunetas

Dichas especificaciones geométricas ya se mencionaron en los capítulos anteriores. Con lo que respecta al diseño geométrico lo definen los siguientes elementos:

- Despalse
- Compactación del terreno natural
- Escalón de liga
- Cuerpo de terraplén
- Capa subrasante
- Cuña de afinamiento
- Muro de retención
- Berma
- Estratos en corte
- Caja en corte

A continuación se describen dichos elementos:

1) Despalse

Es la remoción de la capa superficial del terreno natural, que por sus características no es adecuada para la construcción, ya sea que se trate de zonas de corte de zonas destinadas para el desplante de terraplenes o de zonas de préstamo (ver figuras IV.3.1 y IV.3.2).

2) Compactación del terreno natural

Es la que se dá al material del terreno sobre el que se desplantará un terraplén o al que quede abajo de la subcorona o de la capa subrasante en un corte, para proporcionarle a ese material el peso volumétrico requerido (ver figura IV.3.3.A y

#### IV.3.3.B).

#### 3) Escalón de liga

Es el que se forma en el área de desplante de un terraplén, cuando la pendiente transversal, del terreno natural es poco menor que la inclinación del talud 1.5:1 a fin de obtener una liga adecuada entre ellos y evitar un deslizamiento del terraplén (ver figura IV.3.3.A). También se proyecta en casos de ampliación o reconstrucción de caminos existentes, cuando la distancia horizontal entre taludes es menor que el ancho del equipo de construcción, para lo cual hay que recortar el terraplén existente, hasta obtener la distancia mínima necesaria (ver figura IV.3.3.B). Las dimensiones de los escalones de liga se fijan de acuerdo con las características de los materiales y del equipo de construcción.

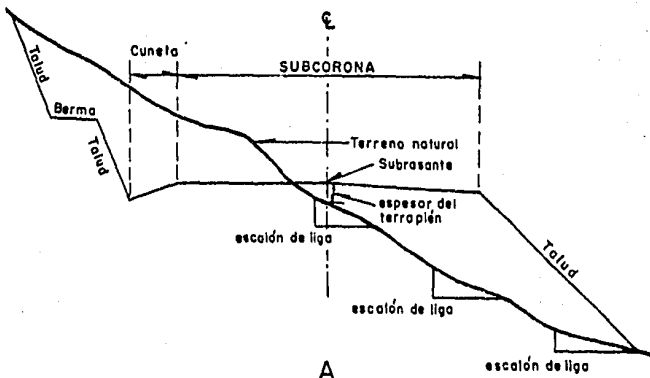
#### 4) Cuerpo de terraplén

Se llama así a la parte del terraplén que queda abajo de la subcorona. Esta formado por una o más porciones según sea la elevación del terraplén, las características de los materiales y el tratamiento que se les dé (ver figura IV.3.1).

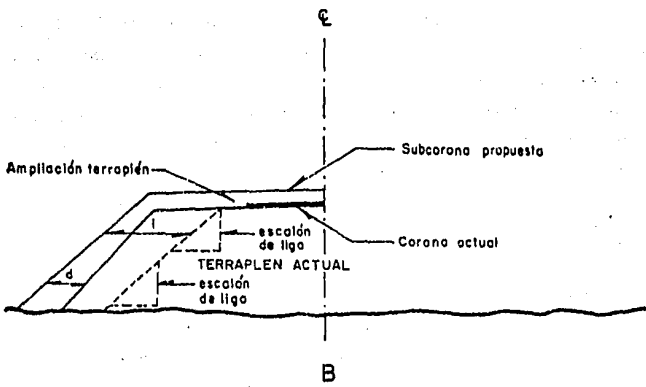
#### 5) Capa subrasante

Es la porción subyacente a la subcorona tanto en corte como en terraplén. Su espesor es comunmente de 30 cm. y está formada por suelos seleccionados para soportar las cargas que le transmite el pavimento. (ver figura IV.3.1 y IV.3.2).

#### 6) Cuña de afinamiento



A



B

<b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL	
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
ESCALON DE LIGA	
FIGURA IV. 3. 3	

Es el aumento lateral que se le da a un talud de terraplén, para lograr la compactación debida en las partes contiguas a él. Es de forma triangular, comunmente de 20 cm. de ancho en su parte superior al nivel del hombro de la subcorona y termina en la línea de ceros del talud, (ver figura IV.3.1).

#### 7) Muro de retención

Quando la línea de ceros del terraplén no llega al terreno natural (no patea el talud), es necesario construir muros de retención, cuya ubicación y altura estarán dadas como resultado de un estudio económico (ver figura IV.3.4.A).

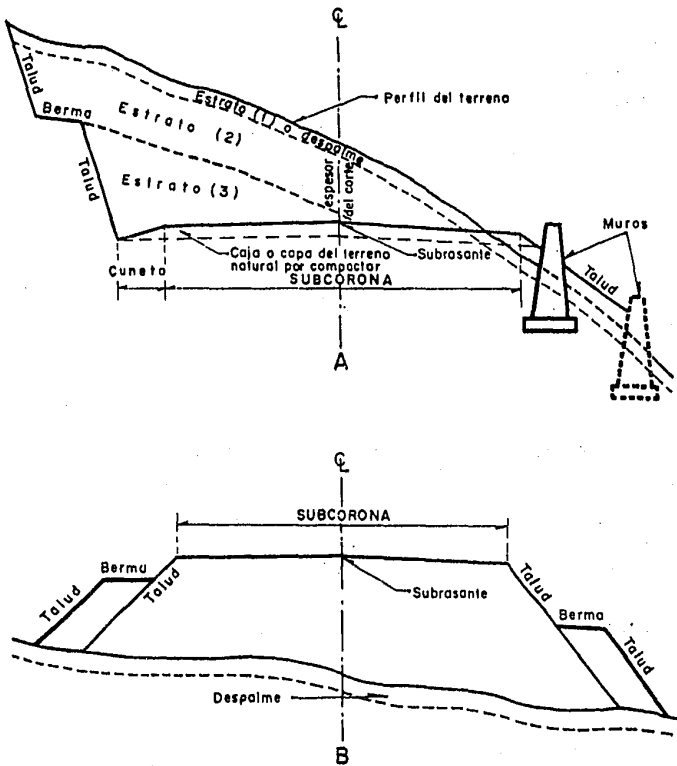
#### 8) Berma

En un terraplén está formada por el material que se coloca adosado a un talud, a fin de darle mayor estabilidad al terraplén (ver figura IV.3.4.B). En corte, es un escalón que se hace recortando el talud, con el objeto de darle mayor estabilidad y de detener en él al material que se pueda desprender, evitando que llegue hasta la corona del camino, (ver figura IV.3.4.A).

#### 9) Estratos en corte

Se designan así a las diferentes capas que aparecen en un corte, cuando cada una de ellas está formada por material de distintas características. Una sección típica en corte se muestra en la figura IV.3.4.A, en donde se observa lo siguiente:

a) Estrato 1.- Es la capa superficial del terreno, que en general está formada por materiales finos; si es aprovechable por su calidad para formar el terraplén, se considera como tal, si por el contrario es inadecuado para ese empleo es el despalme



<b>UNAM</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
TESIS PROFESIONAL	
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
Muros y Bermas	
FIGURA IV. 3.4	

antes descrito.

b) Estrato 2 y 3.- Estan formados por material adecuado para la formación de terracerías, pero cuyas características son distintas.

#### 10) Caja en corte

Es la excavación del material subyacente a la subcorona, inadecuado para formar la capa subrasante. Este material debe ser sustituido por otro de características apropiadas (ver figura IV.3.2).

### IV.3.1 DETERMINACION DE AREAS

Para fines de presupuesto y pago de la obra, es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de terraplén. Para lograr lo anterior, es necesario calcular el área de las distintas capas o porciones consideradas en el proyecto de la sección de construcción.

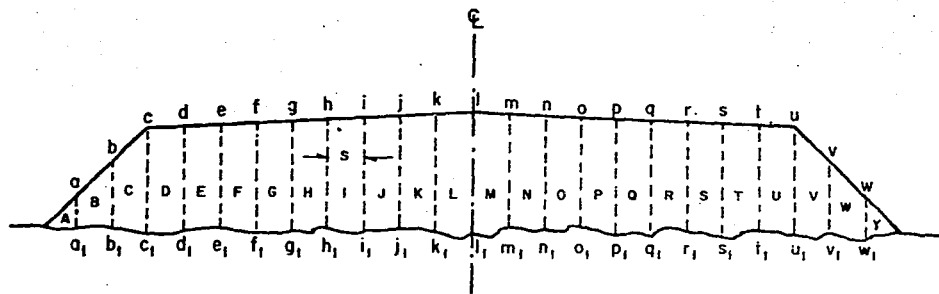
Existen varios procedimientos empleados para la determinación de dichas áreas de los cuales se mencionarán los dos más comunes.

#### 1) Método gráfico

En la figura IV.3.5 se muestra una sección en terraplén, la cual ha sido dividida en trapecios y dos triángulos extremos, mediante líneas verticales a una separación constante.

El área de la sección es igual a la suma de las áreas





**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
 ELABORACIÓN DEL PROYECTO  
 GEOMETRICO DE CARRETERAS"

DETERMINACION DE AREAS  
 METODO GRAFICO

FIGURA IX . 3.6

parciales.

$$AT = [(a \cdot S)/2] + [((a+b) \cdot S)/2] + [((b+c) \cdot S)/2] + [((c+d) \cdot S)/2]..$$

Factorizando y simplificando tenemos que:

$$AT = S ( a + b + c + d + e + . . . )$$

La aplicación del método gráfico, basada en ésta expresión, consiste en acumular las distancias  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$ ,  $dd'$ , etc., marcándolas en una tirilla de papel; una vez efectuada la operación en toda la sección, la distancia entre las marcas extremas en la tirilla, multiplicada por la equidistancia  $s$ , define el área total de la sección.

Para que esta expresión fuera exacta se necesitaría que las líneas verticales coincidieran en todos los casos con los puntos de cambio de pendiente del terreno y con los cerros, hombros y centro de línea de la sección, lo que no siempre sucede. El error que se origina es función de la equidistancia,  $S$  y lógicamente será menor conforme sea más pequeña.

## 2) Método del planimetro

Por la rapidez en su operación y por la precisión que proporciona el planimetro es el instrumento que más se presta para la determinación de áreas.

Teniendo en cuenta que la escala del papel milimétrico puede no corresponder a las dimensiones nominales, sea por una impresión defectuosa o por condiciones climatológicas, es norma práctica, antes de efectuar las mediciones de áreas, ajustar el planimetro para obtener las áreas correctas.

#### IV.3.2. CALCULO DE VOLUMENES

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones de construcción se procede al cálculo de los volúmenes de tierras. Para ello es necesario suponer que el camino está formado por una serie de prismoides tanto en corte como en terraplén; cada uno de éstos prismoides está limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes de la subcorona y del terreno natural.

Aplicando la fórmula de áreas medias se llega a la siguiente expresión matemática para calcular los volúmenes, aceptándose como una aproximación suficiente.

$$V = [ ( A_1 * L_1 ) + ( A_2 * L_2 ) ] / 2$$

Se ha optado por calcular los volúmenes con esta fórmula pero considerando al mayor número posible de secciones transversales posibles. Generalmente se consideran secciones en las estaciones cerradas de 20 m., en los puntos principales de las curvas del alineamiento horizontal y en donde ocurren cambios notables en la pendiente longitudinal o transversal del terreno.

#### IV.4 CURVA MASA

La curva masa es la línea que une los extremos superiores de las ordenadas representadas por las resultantes de las sumas algebraicas sucesivas de los volúmenes de terracerías, considerando los de cortes como positivos, los de terraplenes como negativos y las obscisas representadas por las distancias en unidad de estación de 20 m, desde el origen del proyecto de una

vía. Se utiliza para distribuir económicamente los volúmenes de terracería.

#### IV.4.1 PROPIEDADES

- 1) Las ordenadas representan volúmenes.
- 2) Las abscisas representan estaciones.
- 3) El volumen de una estación de 20 m. ó fraccionaria se considera distribuido uniformemente en ella.
- 4) Son positivos los volúmenes de cortes cuando en sus secciones transversales los cortes dominan a los terraplenes.
- 5) Son negativos los volúmenes de terraplenes cuando en sus secciones transversales los terraplenes dominan a los cortes.
- 6) Los tramos ascendentes son los tramos en donde, en sus secciones transversales los terraplenes dominan a los cortes.
- 7) Los tramos descendentes son los tramos en donde, en sus secciones transversales los terraplenes dominan a los cortes.
- 8) Las partes rectas son las partes de volúmenes constantes por unidad de longitud.
- 9) Los tramos de mayor pendiente son de mayores volúmenes por unidad de longitud.
- 10) Los tramos de menor pendiente son de menores volúmenes por unidad de longitud.

11) Tramo horizontal es el tramo en que no hay terracería o donde en sus secciones transversales hay compensación de volúmenes de cortes y de terraplenes.

12) Los máximos son los puntos donde terminan los tramos de secciones transversales en las que dominan los cortes.

13) Los mínimos son los puntos donde terminan los tramos de secciones transversales en las que dominan los terraplenes.

14) Los volúmenes de cortes deben estar abundados de acuerdo con la clasificación del material.

15) Cuando se cortan los tramos ascendentes y descendentes contiguos con una línea horizontal, los volúmenes de corte y de terraplén en ese tramo quedan compensados; a esta línea horizontal se le llama "Línea de Compensación o Compensadora", y el sentido del movimiento de volúmenes es del tramo ascendente hacia el tramo descendente.

16) Cuando se cortan los tramos descendentes y ascendentes contiguos con una línea horizontal, los volúmenes de terraplén y corte quedan compensados en ese tramo y el sentido del movimiento de volúmenes es del tramo ascendente hacia el tramo descendente.

17) El volumen de corte que no se aprovecha para la formación del terraplén se llama "desperdicio", D.

18) El volumen de terraplén que no se forma con el corte, si no de excavación fuera del lecho se llama "préstamo", P.

19) El acarreo que no se paga a los contratistas, por

convenio, se le llama "acarreo libre", AL.

20) La diferencia de ordenadas representa la diferencia de volúmenes de terracerías entre las estaciones consideradas.

21) La distancia entre los centros de gravedad del corte y del terraplén, menos la del acarreo libre, se llama "distancia media de sobreacarreo".

22) Cuando la figura comprendida entre la curva de masas y las dos líneas de compensación contiguas difieren del trapecio, es conveniente subdividirla en el número de trapecios necesarios para poder estimar las distancias medias parciales de sobreacarreo.

#### IV.4.2 DETERMINACION DE LA DISTANCIA MAXIMA DE SOBREACARREO ECONOMICO

Existen dos métodos para formar un terraplén: uno sobreacarrenado el material del corte y el otro con el material del préstamo. Si el primero resulta más económico que el segundo, conviene sobreacarrear; pero si el segundo resulta más económico, indudablemente conviene prestar y desperdiciar el producto del corte.

El costo de sobreacarreo es una función de la distancia cuando el volumen y el precio unitario son constantes; así que si se varía gradualmente la distancia  $L$  de sobreacarreo, este costo puede acercarse gradualmente al del préstamo. La distancia con la que el costo de sobreacarreo resulte igual al costo del préstamo para formar un mismo volumen de terraplén, se llama distancia máxima de sobreacarreo económico.

La condición matemática para la determinación de la distancia máxima de sobreacarreo económico es la siguiente:

$$L = [ ( A_c / A_p ) * ( P / \$ ) ] + AL$$

en la cual:

- L = Distancia máxima de sobreacarreo económico.
- Ac= Coeficiente de abundamiento del material de corte.
- AL= Número de estaciones de acarreo libre.
- \$ = Precio unitario de sobreacarreo.
- Ap= Coeficiente de abundamiento del material de préstamo.
- P = Precio unitario de la excavación de préstamo.

#### IV.4.3 DIBUJO DE LA ORDENADA DE CURVAMASA Y ANALISIS DE LA COMPENSADORA ECONOMICA

De acuerdo con la magnitud de los volúmenes a mover en todo el tramo o en zonas bien localizadas, escogemos una escala de dibujo tal que nos permita ver claramente los cambios de pendiente de la curva de masas, tomando en cuenta que éste es el instrumento de que nos valemos para determinar los acarreos algunas escalas comunes son  $1cm= 20m^3$ ,  $1cm= 100m^3$ ,  $1cm= 500m^3$ ,  $1cm= 2000m^3$ . Con ella procedemos a dibujar la sucesión de puntos que obtenemos con los resultados.

Si trazamos una línea horizontal que corte a la curva de masas en dos puntos consecutivos, éstos tendrán naturalmente la misma ordenada, por lo que los volúmenes de corte y terraplén entre ellos serán iguales. La línea horizontal la denominamos compensadora por esa razón.

La distancia que hay entre los dos puntos de la curva cortada por la compensadora, es la abertura del diagrama y representa la máxima distancia de acarreo de excavación a relleno; sin embargo, para fines de pago, ésta no es la distancia que se toma, sino una denominada distancia media de acarreo que se determina de la siguiente manera:

Empezamos por limitar el acarreo libre cuyo precio está incluido dentro del precio de excavación, es de 20 m. es decir una estación. Dividiendo el área comprendida entre los puntos 1, 2 y 3 por la diferencia de ordenadas  $h$  nos da una distancia  $a$ ; si hacemos lo mismo con el área comprendida entre los puntos entre los puntos 4, 5 y 6 obtendremos la distancia  $b$ ; la suma de ambas será la distancia media de acarreo que emplearemos para el cálculo del movimiento. En la figura IV.4.1 se muestra el acarreo libre y la distancia media de acarreo.

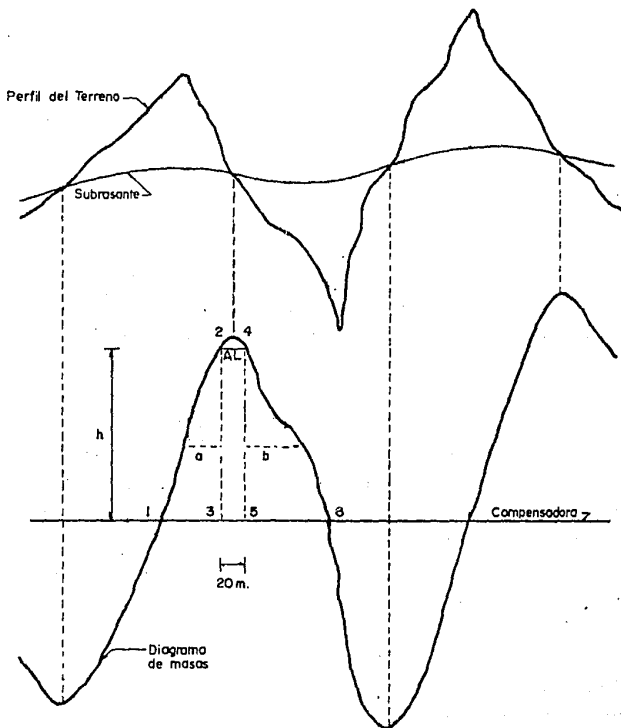
El movimiento se determina multiplicando la diferencia de ordenadas " $h$ " afectada por el coeficiente de variabilidad volumétrica correspondiente, por la distancia media de acarreo  $(a+b)$  con las unidades correspondientes, o sea:

$$\text{sobreacarreo} = ( h / \text{coef} ) * ( a + b )$$

La compensadora económica se determina en función de los precios unitarios vigentes para acarreos y para excavaciones en préstamos, de las aberturas del diagrama medidas sobre la compensadora en estudio, de los coeficientes de variabilidad volumétrica de los materiales, tanto en lecho como en los préstamos y del precio de compactación.

Lo que se pretende con la compensadora económica es obtener una compensadora que nos permita llevar a cabo los movimientos de





<b>UNAM</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
TESIS PROFESIONAL	
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
PROPIEDADES DEL DIAGRAMA DE MASAS	

FIGURA IV. 4.1

tierra a un costo mínimo, haciendo intervenir las condiciones especiales que se presentan en los extremos de la compensadora, como préstamos y desperdicios.

Los casos que se nos pueden presentar en los extremos son: entre dos préstamos, entre préstamo y desperdicio, entre desperdicio y préstamo y entre dos desperdicios, ( ver figura IV.4.2 ).

Para ilustrar un poco el punto relativo a la determinación de la compensadora económica, sólo presentaremos el primer caso, pero éste nos puede servir como pauta a la aplicación para cualquier otra, ya que el mecanismo es semejante.

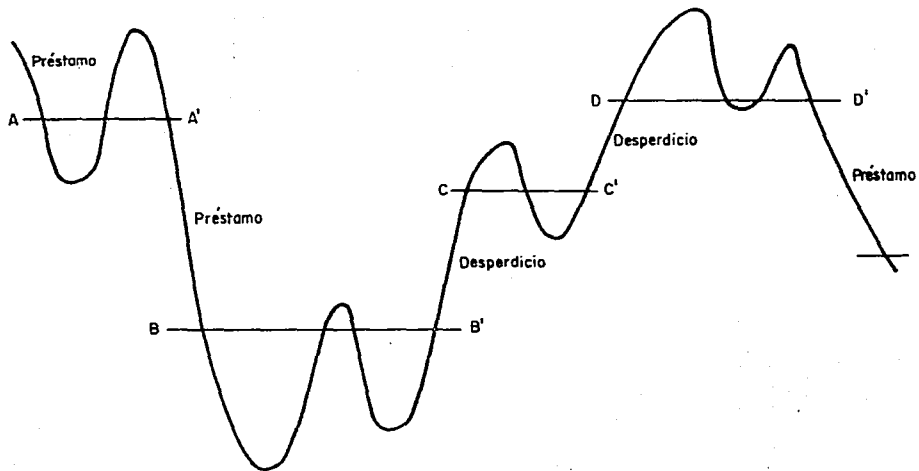
La diferencia entre los precios de los préstamos deberá ser igual a la diferencia entre el costo de los movimientos hacia atrás y el costo de los movimientos hacia adelante, observando que préstamo es el más caro. Desde luego si el más caro es el de adelante, nosotros deberemos tomar más material del préstamo más barato (el de atrás), lo que nos indica que los movimientos hacia adelante deberán ser los más largos (más caros) en la misma proporción que el préstamo de adelante es más caro que el de atrás.

Todo lo que se diga, es con respecto a 1 m<sup>3</sup> y a las aberturas del diagrama sobre la compensadora.

Lo anterior se puede expresar mediante la ecuación:

$$Ppat/Cp.at - Ppad/Cpad = Mov.At/C.At - Mov.Ad/C.Ad$$

La aplicación de ella es sencilla:



<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
CASOS EN QUE SE PRESENTAN LAS DIFERENTES COMPENSADORAS	
	FIGURA IV. 4.2

Calculamos el precio de excavación en préstamo (de acuerdo con su clasificación) y lo dividimos por el coeficiente de abundamiento que para ese material tengamos conforme al grado de compactación a que se va a someter; al realizar esta operación para los dos préstamos, tendremos resuelta la primera parte de la ecuación. No olvidemos agregar a estos precios, los correspondientes al costo de acarreo del lugar de excavación al extremo de la compensadora al que se vaya a llevar.

Para el cálculo del segundo miembro de la ecuación, procedemos a medir las aberturas del diagrama para cada movimiento, restándoles a cada una de ellas el acarreo libre de 20 m.; cuantificamos cada movimiento empleando la abertura menos el acarreo libre, dividiendo ésto por el coeficiente de abundamiento o reducción correspondiente al material que forma el corte que se va a acarrear (puede ser una combinación de materiales con distinto coeficiente, en cuyo caso se determinará un coeficiente proporcional a los volúmenes que intervienen, de ambos materiales); el resultado se verá afectado por el precio unitario correspondiente a la distancia a la cual se acarreará.

Se ve inmediatamente que éste es un método de tanteos, en los cuales se irá subiendo ó bajando la compensadora general hasta encontrar en forma lo más cercana posible la igualación.

Con el objeto de dejar más claro lo que ocurre en los otros tres casos, sólo diremos que cuando tengamos un desperdicio adelante ó atras un miembro de la primera parte de la ecuación anterior valdrá cero, y cuando tengamos ubicada la compensadora entre dos desperdicios sólo tendremos que hacer que las aberturas de los movimientos hacia atrás sean iguales que las aberturas de los movimientos hacia adelante.

Existen casos en que las condiciones especiales del tramo en estudio impiden llevar a cabo el analisis de compensacion como se indic6 (por ejemplo puente, material inadecuado para formar un terrapl6n bajo zonas montañosas en las que no se pueden hacer acarreos largos por la dificultad de acceso, y en que por esas razones estemos obligados a una compensadora determinada.

Despu6s de fijar la o las compensadoras a lo largo del tramo que se est6 trabajando y de ligar con la curva de masas de los tramos adyacentes, procedemos a determinar las distancias medias de acarreo de todos y cada uno de los movimientos de tierra resultantes, asi como a asignarles un n6mero o una letra, para identificaci6n.

Finalmente, nos quedar6 cuantificar los sobreacarreos seg6n las unidades que les corresponden m<sup>3</sup>-Est, m<sup>3</sup>-1er Hm, m<sup>3</sup>-Hm-H, m<sup>3</sup> a 5.0 Hm, m<sup>3</sup>-Hm-H, m<sup>3</sup>-1er Km, y m<sup>3</sup>-Km subs.

Normalmente, los movimientos de tierra a calcular, corresponden al material producto de las excavaciones que se llevan a cabo en el lecho del camino, asi como de los materiales que se requiere obtener de bancos de pr6stamo o de pr6stamos laterales. Casi nunca se calculan movimientos de tierra de materiales desperdiciados ya que se desconocen una serie de factores que pueden hacer cambiar totalmente la ubicaci6n de las zonas m6s adecuadas para el dep6sito de esos materiales; por esta raz6n, se deja a juicio del Ingeniero Residente la soluci6n del problema.

#### IV.5 CANTIDADES DE OBRA.

En general, esta cuantificaci6n no ofrece mayores problemas,

pero si es indispensable tener una visión correcta de lo que se está haciendo, por lo que vale la pena dedicarle un poco de atención a fin de obtener resultados apegados al resto del proyecto y bien basados.

#### 1) Despalme

Aquí deberemos obtener los volúmenes de despalme en corte (Dc) y despalme en terraplén (Dt).

#### 2) Excavación en lecho o corte

De acuerdo con los coeficientes de variabilidad volumétrica, así como la clasificación para presupuesto asignados a cada tipo de material, habrá que separar volúmenes geométricos de corte, para obtener totales de excavación de materiales A, B y C y comprobar al final, que la suma de totales de A, B y C sea igual al total de corte.

#### 3) Escarificación o compactación de la cama de los cortes

Es nada más la cuantificación de los volúmenes obtenidos en las secciones.

#### 4) Bandeado y Compactación al 90%

Es el tratamiento a que se someterá el material destinado a formar el cuerpo del terraplén, por lo que la suma de los volúmenes de bandeado y compactación al 90% deberá ser igual al total de cuerpo de terraplén. Por otra parte la compensación se hace con el material producto de excavaciones en lecho o préstamos, abundados o reducidos, para tener la transformación a material en el relleno.

De esta forma, el calculo se reduce a una serie de sumas y restas en las que intervienen los siguientes conceptos:

Excavación total -----	1
Terraplén -----	2
Excavación en material bandeable -----	3
Excavación en material compactable -----	4
Desperdicios en material bandeable -----	5
Desperdicios en material compactable -----	6
Material procedente de otros tramos bandeable -----	7
Material procedente de otros tramos compactable -----	8
Material que se llevará a otros tramos bandeable -----	9
Material que se llevará a otros tramos compactable -----	10

El bandeado será  $b = (3 + 7) - (5 + 9)$  y el compactado al 90 %  $c = (4 + 8) - (6 + 10)$  siempre y cuando no se haya usado parte del material compactable para compensar finos, en cuyo caso será necesario cuantificar ese volumen para descontarlo.

La suma de  $b+c$  deberá ser igual a 2 según se había dicho al principio.

#### 5) Compactación al 95%

Aquí es importante hacer la debida separación de cantidades puesto que para trabajos aparentemente similares, es diferente el precio si se trata de camino nuevo, ampliación, rebaje de corona, etc.

Los conceptos más comunes en cuanto a compactación al 95% (fuera del llamado "compactación de la cama de los cortes") están consignados dentro de la "Formación y Compactación"; enseguida se enuncian:

De terraplenes con o sin cunas de afinamiento.- Se refiere a la capa subrasante en rellenos formados por material compactable exclusivamente.

De la capa superior de terraplenes construida sobre material no compactable.- Que desde luego se refiere al caso en que el cuerpo de terraplén esté formado por material bandeado.

Del relleno para formar la capa subrasante en cortes.- Que es la llamada comúnmente caja en nuestro medio.

#### 6) Movimientos de tierra

Solamente se trata de obtener el total de valores de las mismas unidades m<sup>3</sup>-Est, m<sup>3</sup>-1er Hm, m<sup>3</sup>-Hm-H, m<sup>3</sup> a 5.0 Hm, m<sup>3</sup>-Hm H, m<sup>3</sup>-1er Km y m<sup>3</sup>-Km subs.

En las tablas IV.5.1, IV.5.2 y IV.5.3 se muestran los formatos utilizados para la cuantificación de los conceptos antes mencionados.



# CANTIDADES DE OBRA

## TERRACERIAS

DESMONTE PARA DENSIDAD 100% VEGETACION TIPO		MANGLAR	SELVA O BOSQUE	TIERRAS O SEMIARIDAS	DESERTICAS O CULTIVADAS	UNIDAD		
						has.		
DESPALME		PARA DESPLANTE DE TERRAPLENES (MATERIAL "A") DE CORTES (MATERIAL "A")					m <sup>3</sup>	
EXCAVACIONES	TOTAL	EN CORTES Y ADIC.	AMPLIACION DE CORTES	ABAT. TALUDES	REBAJE CORONA CORTES Y TERRAPLEN	ESCALONES	m <sup>3</sup>	
	1- EN MATERIAL "A"						m <sup>3</sup>	
	2- EN MATERIAL "B"						m <sup>3</sup>	
	3- EN MATERIAL "C"						m <sup>3</sup>	
	4- MATERIAL APROVECHADO						m <sup>3</sup>	
	5- MATERIAL DESPERDICADO						m <sup>3</sup>	
PRESTAMOS	TOTAL	LATERALES DENTRO DE LA FAJA DE					DE	
		20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	BANCO	m <sup>3</sup>
	1- EN MATERIAL "A"							m <sup>3</sup>
	2- EN MATERIAL "B"							m <sup>3</sup>
3- EN MATERIAL "C"							m <sup>3</sup>	
COMPACTACION		SIN CUNA BANDEADO	CON CUNA DE AFINAMIENTO					
			85 %	90 %	95 %	100 %		
	1- DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE TERRACERIAS						m <sup>3</sup>	
	2- DE LA CAMA DE LOS CORTES						m <sup>3</sup>	
	3- DE TERRACERIAS EXISTENTES						m <sup>3</sup>	
4- DE PAVIMENTO EXISTENTE						m <sup>3</sup>		
FORMACION Y COMPACTACION								
1- DE TERRAPLENES CON/SIN CUÑAS DE AFINAMIENTO							m <sup>3</sup>	
2- DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLENES CONSTRUIDA SOBRE MATERIAL NO COMPACTABLE							m <sup>3</sup>	
3- DE TERRAPLENES DE RELLENO PARA FORMAR LA CAPA SUBRASANTE EN CORTES							m <sup>3</sup>	
4- DE AMPLIACION DE CORONA EN TERRAPLENES EXISTENTES							m <sup>3</sup>	
5- DE ELEVACION DE SUBRASANTE EN TERRAPLENES EXISTENTES (hasta 0.30m.)							m <sup>3</sup>	
6- DEL TENDIDO DE TALUDES EN TERRAPLENES EXISTENTES							m <sup>3</sup>	
RECIBIDO	ACARREOS	m <sup>3</sup> Est.	m <sup>3</sup> Hm.	m <sup>3</sup> Hm.ad.	m <sup>3</sup> a 5.0Hm	m <sup>3</sup> Hm ad.	m <sup>3</sup> -Km.	m <sup>3</sup> Km.Sub
ENTREGADO	PROD.DE CORTE							
	PROD.DE PREST							

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

FORMATO PARA CALCULO DE CANTIDADES DE OBRA

TABLA DE 8.1



## CALCULO DE LOS PRESTAMOS

<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>	<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>
--	--

<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>	<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>
--	--

<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>	<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>
--	--

<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>	<p>PRESTAMO DE</p> <p>COMP A 100% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 95% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>COMP A 90% _____ = m<sup>3</sup> a</p> <p>S.A. = m<sup>3</sup> x Hm. = m<sup>3</sup> Hm.</p> <p>A =                      B =                      C =</p>
--	--

<b>PRESTAMOS</b>	<b>CLASIFICACION</b>	<b>MATERIAL "A"</b>		<b>MATERIAL "B"</b>	<b>MATERIAL "C"</b>	<b>TOTAL</b>	
	DENTRO DE LA FAJA DE	20 m.	40 m.	60 m.	80 m.	100 m.	DE BANCO
	<b>ACARREOS PARA TERRACERIAS</b>	m <sup>3</sup> Est.	m <sup>3</sup> Hm.	m <sup>3</sup> Hm.ad.	m <sup>3</sup> a 5.0 Hm	m <sup>3</sup> Hm.ad.	m <sup>2</sup> Km.

**UNAM FACULTAD DE INGENIERIA**

TESIS PROFESIONAL  
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

FORMATO PARA CALCULO DE PRESTAMOS DE BANCO



## V. EJEMPLO DE APLICACION

Para tratar de explicar de una manera más clara lo visto teóricamente en los capítulos anteriores, en este capítulo veremos como se llevan a cabo algunos de los trabajos necesarios, para realizar el proyecto geométrico de un camino.

Para esto hemos tomado como ejemplo un 1 km del proyecto geométrico de un camino cualquiera.

A continuación se presentan los datos de diseño y en la ( figura V.1 ) su sección tipo.

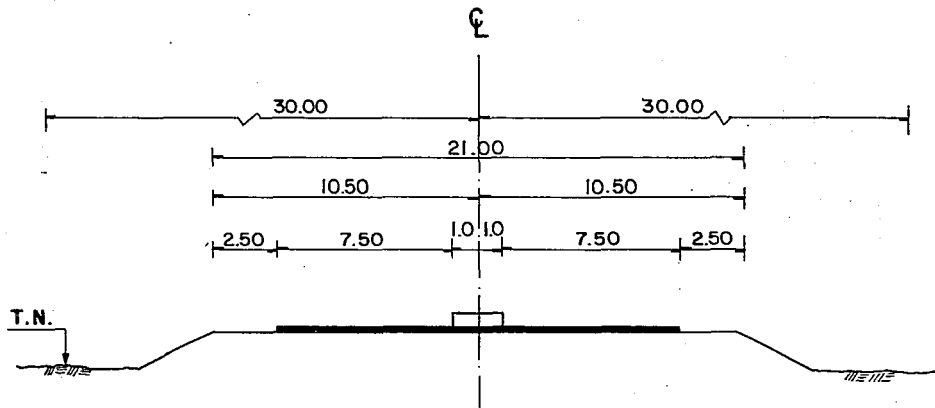
### D A T O S   D E   D I S E Ñ O

Tránsito ( D.P.A. )	6180 Vehiculos	Año 1992	A=47% B=8% C=45%
Carretera tipo	A4		
Curvatura máxima	2o 45'		
Ancho de corona	21.00 m		
Espesor de pavimento	0.40 m		
Velocidad de proyecto	110 km/hr		
Pendiente gobernadora	4.00 %		
Ancho de calzada	2 cuerpos de 7.50 m cada uno		

#### V.1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

##### V.1.1 CALCULO DE CURVAS HORIZONTALES

Este tramo consta de 2 curvas horizontales, por lo que se calcularán cada uno de los elementos geométricos de dichas curvas para que posteriormente se puedan trazar en campo.



Acot. en metros

<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
SECCION TIPO	
	FIGURA V.1

Se cuenta con los siguientes datos:

- Datos generales del trazo ( ver figura V.1.1 ).

PTO. PARTIDA	CADENAMIENTO	COORDENADAS
Pst1	206+736.740	Y = 2789093.929 X = 324231.556

Rbo. partida = N 71o50'33.8" W

DT curva 1 = 36o14'52.97" ( Der. )

DT curva 2 = 17o09'31.74" ( Izq. )

Distancia 1 = 414.178 m

Distancia 2 = 934.632 m

Distancia 3 = 1095.425 m

1) Cálculo de los elementos de la curva circular N<sub>o</sub> 1 con espirales de transición.

Datos:

DT1 = 36o14'52.97" (Der.)

Gc = 1o30'

Vp = 110 km/hr

Camino tipo A4

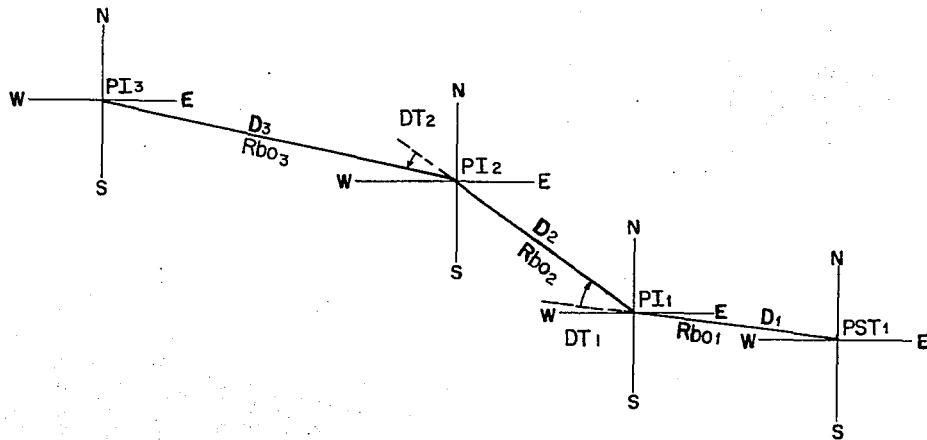
a) Obtención de la longitud de espiral ( Le )

De la tabla IV.1.8 ( Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para caminos tipo A4S y A4 ) se obtiene :

Sc = 7.30 %

Ac = 0.90 m

Le = 109.00 m



<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
CROQUIS DEL TRAZO DE PROYECTO	
	FIGURA V.I.1



b) Cálculo del radio de curvatura ( R<sub>c</sub> )

$$R_c = 1145.92/G_c = 1145.92/1030' \text{ (decimal)}$$

$$R_c = 763.947 \text{ m}$$

c) Deflexión de la espiral (  $\theta_e$  )

$$\theta_e = (G_c * L_e) / 40.000 = (1030' * 109.000) / 40.000$$

$$\theta_e = 4005'15''$$

d) Ángulo central de la curva circular ( D<sub>c</sub> )

$$D_c = DT - 2\theta_e = 36014'52.97'' - 2(4005'15'')$$

$$D_c = 28004'23''$$

e) Longitud de la curva circular ( L<sub>c</sub> )

$$L_c = 20D_c / G_c = 20(28004'23'') / (1030')$$

$$L_c = 374.307 \text{ m}$$

f) Longitud total de la curva circular con espirales ( LT )

$$LT = 2L_e + (20D_c / G_c) = 2L_e + L_c$$

$$LT = 2(109.000) + 374.307$$

$$LT = 592.307 \text{ m}$$

g) Coordenadas del EC ó del CE ( X<sub>c</sub> y Y<sub>c</sub> )

$$X_c = (L_e / 100) * [100 - 0.00305 * (\theta_e^2)]$$

$$X_c = (109.000 / 100) * [100 - 0.00305 * (4005'15'')^2]$$

$$X_c = 108.945 \text{ m}$$

$$Y_c = (L_e / 100) * [0.582\theta_e - 0.0000126 * (\theta_e^3)]$$

$$Y_c = (109.000/100) * [0.582(4005'15") - 0.0000126(4005'15")^3]$$

$$Y_c = 2.592 \text{ m}$$

h) Coordenadas del PC o del PT ( K y P )

$$K = X_c - (R_c * \text{sen } \theta_e) = 108.945 - [763.947 \text{ sen}(4005'15")]$$

$$K = 54.491 \text{ m}$$

$$P = Y_c - (R_c * \text{sen ver } \theta_e) = 2.592 - [763.947 * (1 - \cos(4005'15"))]$$

$$P = 0.649 \text{ m}$$

i) Subtangente ( Ste )

$$\text{Ste} = K + (R_c + P) * \tan(DT/2)$$

$$\text{Ste} = 54.491 + (763.947 + 0.649) * [\tan(36014'52.97"/2)]$$

$$\text{Ste} = 304.754 \text{ m}$$

j) Tangente larga ( TL )

$$TL = X_c - (Y_c * \cot \theta_e)$$

$$TL = 108.945 - [2.592 / \tan(4005'15")]$$

$$TL = 72.672 \text{ m}$$

k) Tangente corta ( Tc )

$$T_c = Y_c * \csc \theta_e = 2.592 / \text{sen}(4005'15")$$

$$T_c = 36.365 \text{ m}$$

l) Cuerda larga de la espiral ( Cle )

$$Cle = (X_c^2 + Y_c^2)^{1/2}$$

$$Cle = [(108.945)^2 + (2.592)^2]^{1/2}$$

$$Cle = 108.976 \text{ m}$$

m) Externa ( Ec )

$$Ec = (Rc+P)*\sec(DT/2)-Rc$$

$$Ec = [(763.947+0.649)*(1/\sec(36014'52.94"))]-763.947$$

$$Ec = 529.168 \text{ m}$$

2) Cálculo de los elementos de la curva circular simple No 2

Datos:

$$DT = Dc = 17009'31.74'' \text{ ( Izq. )}$$

$$Gc = 0045'$$

$$Vp = 110 \text{ km/hr}$$

Camino tipo A4

De la tabla IV.1.8 ( ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para caminos tipo A4S y A4 ) se obtiene :

$$Sc = 4.00 \%$$

$$Ac = 0.60 \text{ m}$$

$$TT = 105.000 \text{ m ( Transición mixta )}$$

a) Cálculo del radio de curvatura ( Rc )

$$Rc = 1145.92/Gc = 1145.92/0045' \text{ ( decimal )}$$

$$Rc = 1527.893 \text{ m}$$

b) Subtangente ( ST )

$$ST = Rc*\tan(Dc/2) = 1527.893*\tan(17009'31.74''/2)$$

$$ST = 230.510 \text{ m}$$

c) Externa ( E )

$$E = R_c * (\sec(D_c/2) - 1)$$

$$E = 1527.893 * [(1/\cos(17^{\circ}09'31.74''/2)) - 1]$$

$$E = 17.291 \text{ m}$$

d) Ordenada media ( M )

$$M = R_c * \text{sen ver}(D_c/2)$$

$$M = 1527.893 * [1 - \cos(17^{\circ}09'31.74''/2)]$$

$$M = 17.097 \text{ m}$$

e) Cuerda larga ( CL )

$$CL = 2R_c * \text{sen}(D_c/2)$$

$$CL = 1527.893 * \text{sen}(17^{\circ}09'31.74''/2)$$

$$CL = 455.862 \text{ m}$$

f) Longitud de la curva circular ( Lc )

$$L_c = 20D_c/G_c = 20 * (17^{\circ}09'31.74'') / 0^{\circ}45'$$

$$L_c = 457.568 \text{ m}$$

3) Cálculo de los cadenamientos de PI, TE, EC, CE, y ET de la curva circular con espirales de transición y del PI, PC y PT de la curva circular simple.

a) Punto donde termina la tangente y empieza la espiral ( TE )

$$TE = Pst1 + Dist1 - Ste = 206736.740 + 414.178 - 304.754$$

$$TE = 206 + 846.164$$

b) Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular ( EC )

$$Ec = TE + Le = 206846.164 + 109.000 = 206955.164$$
$$Ec = 206 + 955.164$$

c) Punto de intersección de las tangentes ( PI )

$$PI = TE + Ste = 206846.164 + 304.754 = 207150.918$$
$$PI = 207 + 150.918$$

d) Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral ( CE )

$$CE = EC + Lc = 206955.164 + 374.307 = 207329.471$$
$$CE = 207 + 329.471$$

e) Punto donde termina la espiral y empieza la tangente ( ET )

$$ET = CE + Le = 207329.471 + 109.000 = 207438.471$$
$$ET = 207 + 438.471$$

f) Punto en donde comienza la curva circular simple ( PC )

$$PC = ET + Dist2 - Ste - ST$$
$$PC = 207438.471 + 934.632 - 304.754 - 230.510 = 207837.839$$
$$PC = 207 + 837.839$$

g) Punto de intersección de las tangentes ( PI )

$$PI = PC + ST = 207837.839 + 230.510 = 208068.349$$
$$PI = 208 + 068.349$$

h) Punto en donde termina la curva circular simple ( PT )

$$PT = PC + Lc = 207837.839 + 457.568 = 208295.407$$

$$PT = 208+295.407$$

4) Cálculo del Psc = 207+000.000 ( punto sobre la curva )  
ver figura V.1.2.

$$Lc = 207000.000 - EC = 207000.000 - 206955.164$$

$$Lc = 44.836 \text{ m}$$

$$\theta_c = Lc * (Gc / 20)$$

$$\theta_c = 44.836 * (1030' / 20)$$

$$\theta_c = 3021' 45.72''$$

$$Dc = e + c$$

$$Dc = (4005' 15'' + 3021' 45.72'')$$

$$Dc = 7027' 00.72''$$

5) Cálculo del Psc = 208+000.000, ver fig. V.1.3.

$$Lc = (208000.000 - Pc) = (208000.000 - 207837.839)$$

$$Lc = 162.161 \text{ m}$$

$$Dc = Lc * (Gc / 20)$$

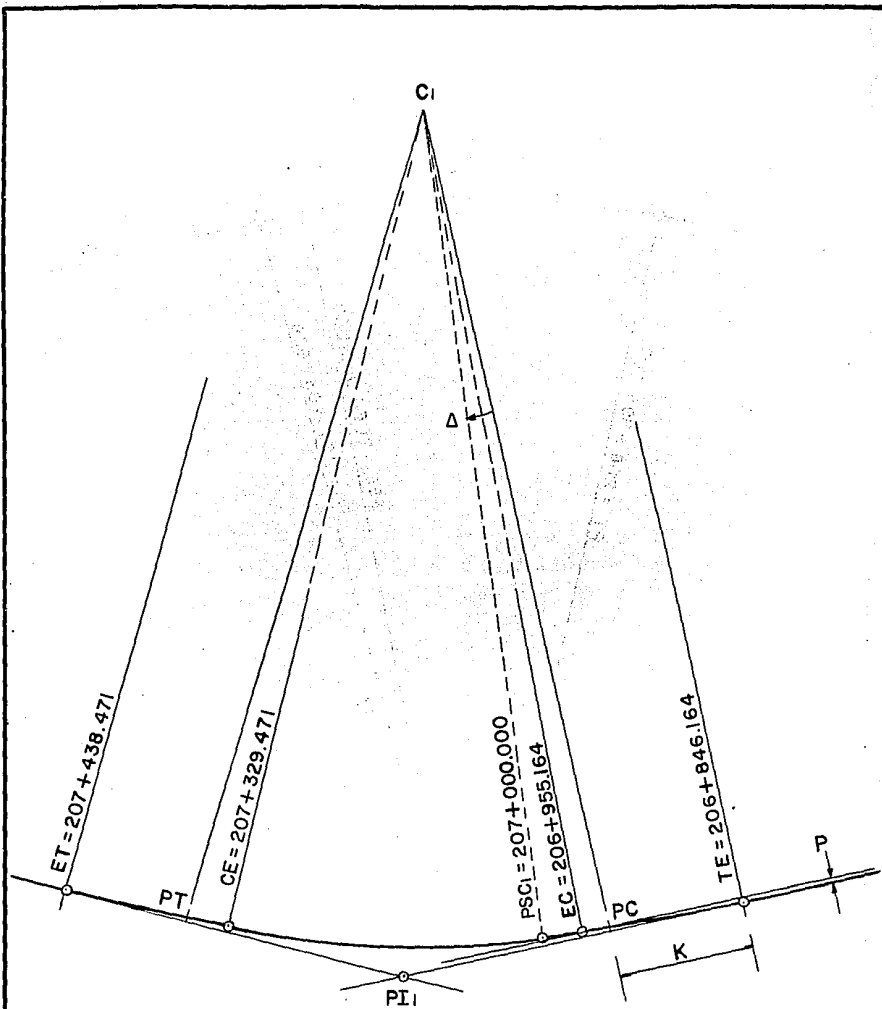
$$Dc = 162.161 * (0045' ) / 20$$

$$Dc = 6004' 52''$$

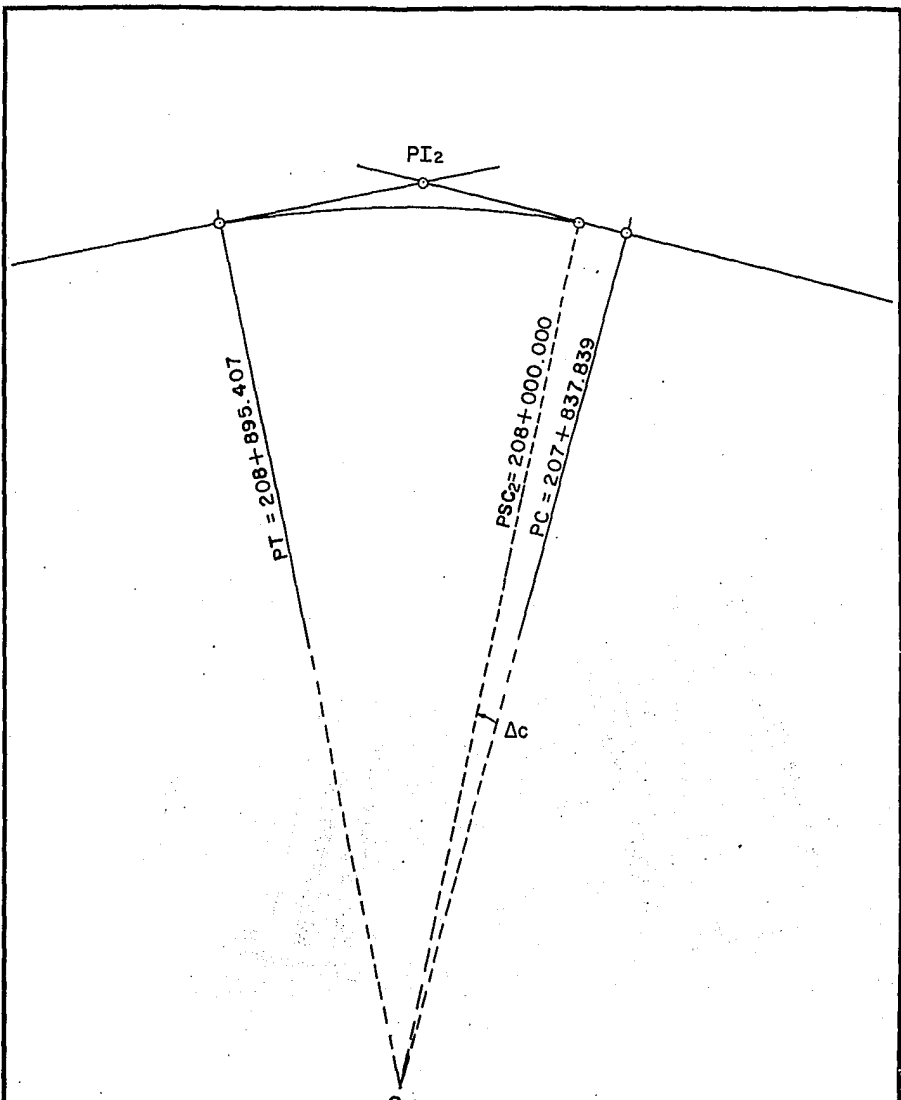
En la tabla V.1.1 presentamos el cálculo de las coordenadas de los puntos importantes en el trazo.

#### V.1.2 SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES

1) Cálculo de las sobreelevaciones y ampliaciones de la curva circular N<sup>o</sup> 1 con espirales de transición.



<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"
CROQUIS DE LOCALIZACION PSC <sub>1</sub> = 207+000
FIGURA V.1.2



<b>UNAM</b> FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"	
CROQUIS DE LOCALIZACION	
PSC2 = 208+000	
FIGURA V.1.3	



CALCULO DE COORDENADAS DEL TRAZO DEFINITIVO

OBRA VIAL :

TRAMO :

SUBTRAMO :

ESTACIONES : KM 207+000.000 A KM: 208+000.000

ESTACION	PUNTO OBSERVADO	SUB-TANGENTE ATRAS	SUB-TANGENTE ADELANTE	SUB-DISTANCIA	DEFLEXIONES		RBO ASTRONÓMICO CALCULADO G M S	SENO	PROYECCIONES					COORDENADAS			
					IZQ.	DER.			+ E	- W	COSENO	+ N	- S	X	Y		
					S	M	S	G	M	S							
	IPST1=208+736.740															324231.5560	2789093.9290
206+736.740	TE =206+846.164		109.424					N 71 50 33.50 W	0.9502		103.9752	0.3116	34.0954			324127.5806	2789128.0254
206+846.164	PI1 =207+150.918			304.754				N 71 50 33.80 W	0.9502		289.5787	0.3116	94.9694			323338.0021	2789222.9978
206+736.740	PI1 =207+150.918				414.178			N 71 50 33.80 W	0.9502		393.5539	0.3116	129.0688			323338.0021	2789222.9978
207+150.918	ET =207+436.471	304.754						N 35 35 40.83 W	0.5820		177.3613	0.8132	247.8122			323660.8209	2789470.8190
207+436.471	PC =207+317.819		339.368			36 14 52.97		N 35 35 40.83 W	0.5820		232.4511	0.8132	324.7469			323428.1697	2789792.8581
208+837.839	PI2 =208+068.349			250.510				N 35 35 40.83 W	0.5820		134.1677	0.8132	167.4403			323294.0020	2789922.9984
207+150.918	PI2 =208+068.349				934.632			N 35 35 40.83 W	0.5820		544.0001	0.8132	760.0006			323294.0020	2789922.9984
208+068.349	PT =208+295.407	250.510				17 09 31.74		N 52 45 12.57 W	0.7960		185.4949	0.6052	155.5151			323110.5671	2790122.5132
208+295.407	PI3 =208+150.322		864.915					N 52 45 12.57 W	0.7960		655.5060	0.6052	523.4253			322422.0011	2790245.9994
208+068.349	PI3 =208+150.322			1095.425				N 52 45 12.57 W	0.7960		872.0009	0.6052	663.0010			322422.0011	2790245.9994
	TE =206+846.164															324127.5806	2789128.0284
206+846.164	K			54.491				N 71 50 33.80 W	0.9502		51.7776	0.3116	16.9688			324075.8032	2789145.0092
	K	P		0.649		90 00 00		N 18 09 20.20 E	0.3116	0.2022		0.9502	0.8167			324076.0054	2789145.6259
	F	C1		763.947				N 18 09 20.20 E	0.3116	238.0001		0.5002	763.9066			324114.4278	2789207.8119
	C1	PSC1=207+000.000		763.947		172 32 59.28		S 10 42 25.48 W	0.1853		141.9322	0.9826		750.5466		324172.1394	2789120.5359
	PC							N 35 35 40.83 W								323428.1697	2789792.8581
207+837.839	C2			1527.693		90 00 00		S 54 24 19.17 W	0.8132		1242.4156	0.5820		869.3061		322185.7561	2788906.2520
	C2	IPSC2=208+000.000		1527.392		173 55 05		N 45 13 37.17 E	0.7425	1141.3127		0.5649	1013.3155			323326.9683	2789222.1706

$$N = (L_e/S_c) * \text{Bombeo}$$

$$N = (109.000/7.3) * 2.00$$

$$N = 29.863 \text{ m}$$

$$\text{cte } S_c = 7.30/109.000$$

$$\text{cte } S_c = 0.0670$$

$$\text{cte } A_c = 0.90/109.000$$

$$\text{cte } A_c = 0.0083$$

CADENAMIENTO	SOBREELEVACION		AMPLIACION		TRANSICION
	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	
N1 = 206+816.301	-2.00%	-2.00%			29.86
TE = 206+846.164	0.00%	-2.00%	0.00		0.00
N2 = 206+876.027	2.00%	-2.00%	0.25		29.86
EC = 206+955.164	7.30%	-7.30%	0.90		109.00
CE = 207+329.471	7.30%	-7.30%	0.90		109.00
N3 = 207+408.608	2.00%	-2.00%	0.25		29.86
ET = 207+438.471	0.00%	-2.00%	0.00		0.00
N4 = 207+468.334	-2.00%	-2.00%			29.86

2) Calculo de las sobreelevaciones de la curva circular simple  
 No 2.

$$N = (105.000/4.00) * 2.00$$

$$N = 52.50 \text{ m}$$

$$\text{cte } S_c = 4.00/105.000$$

$$\text{cte } S_c = 0.038$$

$$\text{cte Ac} = 0.60 / 105.000$$

$$\text{cte Ac} = 0.006$$

3) Condiciones que se deben de cumplir cuando la curva circular carece de espirales de transición:

a) si  $L_c/3 < L_e/2$  ;  $TT = L_c/3$

Con esto obligamos a que, cuando menos el tercio medio de la curva tenga sobreelevación máxima.

b) si  $L_c/3 > L_e/2$  ;  $TT = L_e/2$

$$L_c/3 = 457.568/3 = 152.523 ; L_e/2 = 105.000/2 = 52.50 \text{ m}$$

$$152.523 > 52.50$$

por lo tanto se cumple la 2ª condición y  $TT = 52.50 \text{ m}$

	CADENAMIENTO	SOBREELEVACION		AMPLIACION TRANSICION	
		IZQ.	DER.	IZQ.	DER.
N1	= 207+732.839	-2.00%	-2.00%		52.50
TT1	= 207+785.339	-2.00%	0.00%	0.00	0.00
N2 = Pc	= 207+837.839	-2.00%	2.00%	0.32	52.50
AUXE	= 207+890.339	-4.00%	4.00%	0.60	105.00
AUXS	= 208+242.907	-4.00%	4.00%	0.60	105.00
N3 = PT	= 208+295.407	-2.00%	2.00%	0.32	52.50
TT2	= 208+347.907	-2.00%	0.00%	0.00	0.00
N4	= 208+400.407	-2.00%	-2.00%		52.50

### V.1.3 CALCULO DE CURVAS VERTICALES

En este tramo tenemos 3 curvas verticales localizadas en los cadenamientos 207+400, 207+650 y 207+860

#### 1) Calculo de la curva del km. 207+400

Datos :

Cad. PIV = 207+400 Elev. en tangente = 2049.99 m

S1 = Pendiente de entrada = + 5.0 %

S2 = Pendiente de salida = + 6.0 %

Velocidad de proyecto = 110 km/hr

Curva en columpio ( concavidad hacia abajo )

#### a) Calculo de la longitud de curva vertical ( Lcv )

$$Lcv = K * A$$

en donde:

A = Diferencia algebraica de pendientes

K = Parámetro de la curva cuyo valor minimo se especifica en la tabla IV.2.5

$$K = 43$$

$$A = (S2 - S1) = (6 - 5) = 1$$

$$Lcv = 43 * 1 = 43$$

Por lo que podemos tomar como longitud de curva 60.000 m, esto es con la finalidad de que los cadenamientos del PCV y del PTV sean multiples de 10.

b) Cálculo de las elevaciones de la subrasante en los cadenamientos de interés que queden dentro de la curva.

$$PCV = PIV - Lc/2 = 207400 - (60/2) = 207370$$

$$PCV = 207+370$$

$$PTV = PIV + Lc/2 = 207400 + (60/2) = 207430$$

$$PTV = 207+430$$

$$Y = (S2 - S1) / (n * 10)$$

donde:

Y = cte para conocer la corrección

S2 = Pendiente salida

S1 = Pendiente entrada

n = Ng de estaciones a cada 20.00 m

$$Y = (6 - 5) / [(60/20) * 10] = 0.0333$$

$$C = Y * n^2$$

donde:

C = Corrección

ESTACION	TANGENTE PEND.	VERTICAL ELEV.	CORRECCION			ELEVACION SUBRASANTE
			n	n <sup>2</sup>	C	
207+370	PCV	2048.49	0.00	0.00	0.0000	2048.49
207+380	+5.00%	2048.99	0.50	0.25	0.0083	2049.00
207+400	PIV	2049.99	1.50	2.25	0.0749	2050.06
207+420	+6.00%	2050.99	2.50	6.25	0.2081	2051.20
207+430	PTV	2051.49	3.00	9.00	0.0999	2051.59

2) Cálculo de la curva del Km. 207+650.000

Datos :

Cad. PIV = 207+650.000 Elev. tang. 2064.99 m  
 S1 = Pendiente de entrada = + 6.00 %  
 S2 = Pendiente de salida = + 3.20 %  
 Velocidad de proyecto = 110 km/hr  
 Curva en cresta ( concavidad hacia abajo )

a) Cálculo de la longitud de curva vertical

$K = 72$  ( de tabla IV.2.5 )  
 $A = (3.20 - 6.00) = - 2.80$   
 $L_{cv} = K * A = 72 * 2.80 = 201.60$  ;  $L_{cv} = 220.00$  m

b) Cálculo de las elevaciones de la subrasante en los cadenamientos de interés que queden dentro de la curva.

$$Y = (3.20 - 6.00) / ((220/20) * 10) = - 0.0255$$

ESTACION	TANGENTE VERTICAL		CORRECCION			ELEVACION SUBRASANTE
	PEND.	ELEV.	n	n <sup>2</sup>	C	
207+540	PCV	2058.39	0.0	0.0	0.0000	2058.39
207+560		2059.59	1.0	1.0	-0.0255	2059.56
207+580		2060.79	2.0	4.0	-0.1018	2060.69
207+600	+6.00	2061.99	3.0	9.0	-0.2291	2061.76
207+620		2063.19	4.0	16.0	-0.4073	2062.78
207+640		2064.39	5.0	25.0	-0.6364	2063.75
207+650	PIV	2064.99	5.5	30.3	-0.7700	2064.22
207+660		2065.59	6.0	36.0	-0.9164	2064.67
207+680		2066.79	7.0	49.0	-1.2473	2065.54
207+700	+3.20	2067.99	8.0	64.0	-1.6291	2066.36

207+720		2069.19	9.0	81.0	-2.0618	2067.13
207+740		2070.39	10.0	100.0	-2.5455	2067.84
207+760	PTV	2071.59	11.0	121.0	-3.0800	2068.51

3) Cálculo de la curva del Km. 207+860

Datos:

Cad. PIV = 207+860 Elev. Tangente 2071.71 m

S1 = + 3.20 %

S2 = + 6.00 %

Velocidad de proyecto = 110 km/hr

Curva en columpio

a) Cálculo de la longitud de curva vertical

$$K = 43$$

$$L_{cv} = (6.00 - 3.20) * 43 = 120.40 ; 120.00 \text{ m}$$

b) Cálculo de las elevaciones de la subrasante en los cadenamientos de interés que quedan dentro de la curva

$$Y = (6.00 - 3.20) / [(120/20) * 10] = 0.0467$$

ESTACION	TANGENTE VERTICAL PEND.	VERTICAL ELEV.	CORRECCION			ELEVACION SUBRASANTE
			n	n2	C	
207+800	PCV	2069.79	0	0	0.0000	2069.79
207+820	+3.20%	2070.43	1	1	0.0467	2070.48
207+840		2071.07	2	4	0.1867	2071.26
207+860	PIV	2071.71	3	9	0.4200	2072.13
207+880	+6.00%	2072.35	4	16	0.7467	2073.10
207+900		2072.99	5	25	1.1667	2074.16
207+920	PTV	2073.63	6	36	1.6800	2075.31

## V.2 CURVA MASA

### V.2.1 CALCULO DEL ACARREO LIBRE ( 20.00 m )

#### 1) Movimiento N<sub>o</sub> 5 ( ver figura V.2.1 ).

Cadenamiento	Ordenada
206+880.000	469573 m3
206+900.000	470081 m3
206+920.000	469962 m3

$$S1 = (470081 - 469573) / 20 = 25.40 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$S2 = (470081 - 469962) / 20 = 5.95 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$D1 = [25.40 / (25.40 + 5.95)] * 20 = 16.20 \text{ m}$$

$$D2 = [5.95 / (25.40 + 5.95)] * 20 = 3.80 \text{ m}$$

$$ORD1 = 470081 - (16.20 * 5.95) = 469985 \text{ m}^3$$

$$ORD2 = 470081 - (3.80 * 25.40) = 469985 \text{ m}^3$$

#### 2) Movimiento N<sub>o</sub> 6 ( ver figura V.2.1 ).

Cadenamiento	Ordenada
206+080.000	453334 m3
207+100.000	453005 m3
207+120.000	454137 m3

$$S1 = (453334 - 453005) / 20 = 16.45 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$S2 = (454137 - 453005) / 20 = 56.60 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$D1 = [56.60 / (16.45 + 56.60)] * 20 = 15.50 \text{ m}$$

$$D2 = [16.45 / (16.45 + 56.60)] * 20 = 4.50 \text{ m}$$

$$ORD1 = 453005 + (15.50 * 16.45) = 453260 \text{ m}^3$$

$$ORD2 = 453005 + (4.50 * 56.60) = 453260 \text{ m}^3$$



3) Movimiento N<sup>o</sup> 7 ( ver figura V.2.2 ).

Cadenamiento Ordenada

207+240.000	495020 m <sup>3</sup>
207+260.000	497620 m <sup>3</sup>
207+280.000	497294 m <sup>3</sup>

$$S1 = (497620 - 495020) / 20 = 130.00 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$S2 = (497620 - 497294) / 20 = 16.30 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$D1 = [16.30 / (130.00 + 16.30)] * 20 = 2.22 \text{ m}$$

$$D2 = [130.00 / (13.00 + 16.30)] * 20 = 17.77 \text{ m}$$

$$ORD1 = 497620 - (2.22 * 130.00) = 497330 \text{ m}^3$$

$$ORD2 = 497620 - (17.77 * 16.30) = 497330 \text{ m}^3$$

4) Movimiento N<sup>o</sup> 8 ( ver figura V.2.3 ).

Cadenamiento Ordenada

207+520.000	352419 m <sup>3</sup>
207+540.000	352300 m <sup>3</sup>
207+560.000	355441 m <sup>3</sup>

$$S1 = (352419 - 352300) / 20 = 5.95 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$S2 = (355441 - 352300) / 20 = 157.05 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$D1 = [157.05 / (5.95 + 157.05)] * 20 = 19.27 \text{ m}$$

$$D2 = [5.95 / (5.95 + 157.05)] * 20 = 0.73 \text{ m}$$

$$ORD1 = 352300 + (19.00 * 5.95) = 352415 \text{ m}^3$$

$$ORD2 = 352300 + (0.73 * 157.05) = 352415 \text{ m}^3$$

5) Movimiento N<sup>o</sup> 9 ( ver figura V.2.3 )

Cadenamiento Ordenada

207+740.000 475807 m3  
 207+760.000 477952 m3  
 207+780.000 477608 m3

$$S1 = (477952-475807)/20 = 107.25 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$S2 = (477952-477608)/20 = 17.20 \text{ m}^3/\text{m}$$

$$D1 = [17.20/(107.25+17.20)]*20 = 2.76 \text{ m}$$

$$D1 = [17.20/(107.25+17.20)]*20 = 2.76 \text{ m}$$

$$D2 = [107.25/(107.25+17.20)]*20 = 17.24 \text{ m}$$

$$ORD1 = 477952 - (107.25*2.76) = 477656 \text{ m}^3$$

$$ORD2 = 477952 - (17.20*17.00) = 477656 \text{ m}^3$$

## V.2.2 CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE ACARREO (DM)

1) Cálculo de la (DM) del movimiento No 5

a) Cálculo del área de la fig. formada por los puntos 1, 2 y 3  
 ( ver figura V.2.1 )

$$X = (464001 - 462590) * 20 / (464647 - 462590)$$

$$X = 13.72 ; 14.00 \text{ m}$$

$$A1 = (464647 - 464001) * ((206896 - 206814) + (206896 - 206820)) / 2 = 51034$$

$$A2 = (466689 - 464647) * ((206896 - 206820) + (206896 - 206840)) / 2 = 134772$$

$$A3 = (468427 - 466689) * ((206896 - 206840) + (206896 - 206860)) / 2 = 79948$$

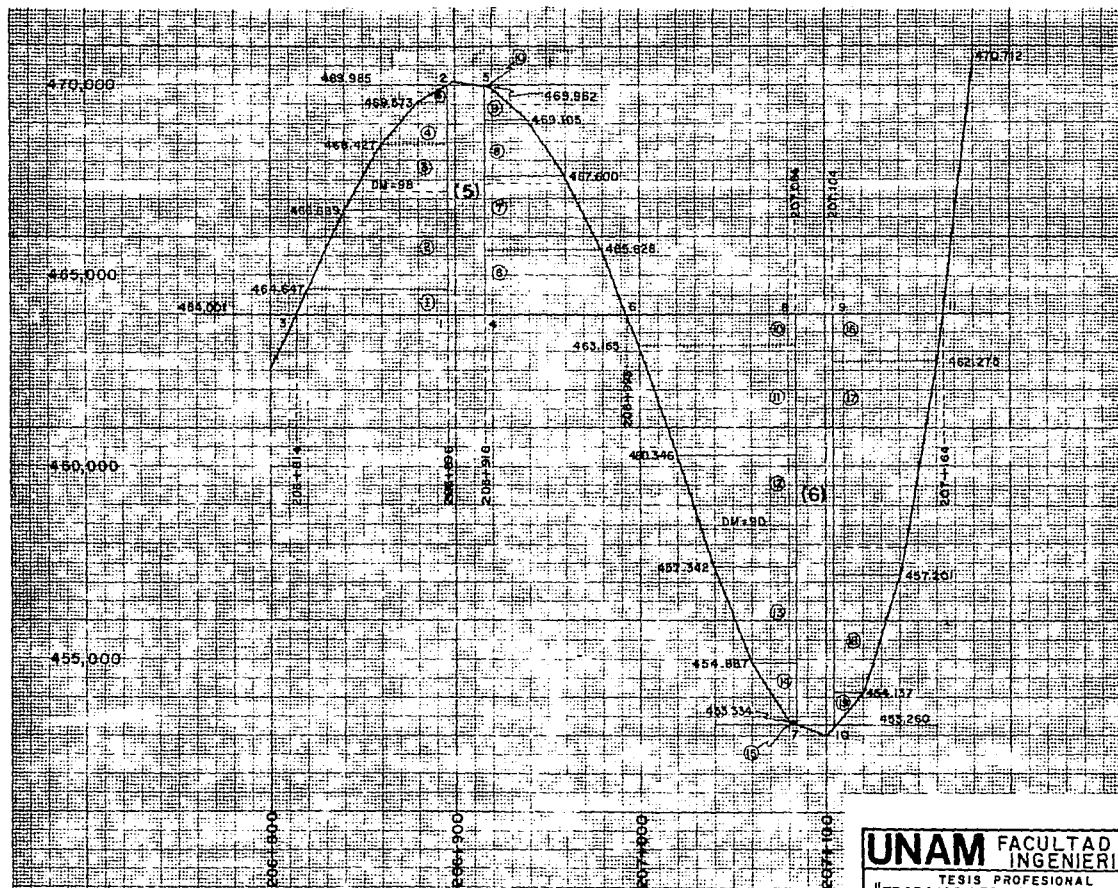
$$A4 = (469573 - 468427) * ((206896 - 206860) + (206896 - 206880)) / 2 = 29796$$

$$A5 = ((469985 - 469573) * (206896 - 206880)) / 2 = 3296$$

$$AT1 = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 = 51034 + 134772 + 79948 + 29796 + 3296 = 298882$$

$$DM1 = AT1/h = 298882 / (469985 - 464001) = 49.95 = 50 \text{ m}$$

b) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 4, 5 y 6  
 ( ver fig. V.2.1 )



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

DISTANCIA MEDIA DE ACARREO MOVIMIENTOS (5) Y (6)

FIGURA II.2.1

$$X = (465628 - 464001) * 20 / (465628 - 463165)$$

$$X = 13.21 ; 13.00 \text{ m}$$

$$A6 = (465628 - 464001) * [(206993 - 206916) + (206980 - 206916)] / 2$$

$$A6 = 114703.5$$

$$A7 = (467600 - 465628) * ((206980 - 206916) + (206960 - 206916)) / 2 = 106488$$

$$A8 = (469105 - 467600) * ((206960 - 206916) + (206940 - 206916)) / 2 = 51170$$

$$A9 = (469962 - 469105) * ((206940 - 206916) + (206920 - 206916)) / 2 = 11998$$

$$A10 = ((469985 - 469962) * (206920 - 206916)) / 2 = 46$$

$$AT2 = 114703.5 + 106488 + 51170 + 11998 + 46 = 284405.50$$

$$DM2 = AT2 / h = 284405.500 / (469985 - 464001) = 47.53 = 48 \text{ m}$$

$$DM = DM1 + DM2 = 50 + 48 = 98 \text{ m}$$

2) Cálculo de la (DM) del movimiento Ng 6

a) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 6, 7 y 8 ( ver fig. V.2.1 ).

$$A10 = 73150$$

$$A11 = 213786$$

$$A12 = 158436$$

$$A13 = 83470$$

$$A14 = 21742$$

$$A15 = 148$$

$$AT3 = 73150 + 213786 + 158436 + 83470 + 21742 + 148 = 550732$$

$$DM3 = 550732 / (464001 - 453260) = 51.27 = 51 \text{ m}$$

b) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 9, 10 y 11 ( ver figura V.2.1 ).

$$X = (464001 - 462275) * 20 / (470712 - 462275)$$

$$X = 4.09 ; 4.00 \text{ m}$$

$$A16 = 100108$$

$$A17 = 233404$$

$$A18 = 79664$$

$$A19 = 7016$$

$$AT4 = 100108 + 233404 + 79664 + 7016 = 420192$$

$$DM4 = 420192 / 10741 = 39.12 = 39 \text{ m}$$

$$DM = DM3 + DM4 = 51 + 39 = 90 \text{ m}$$

3) Cálculo de (DM) del movimiento No 7

a) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 11, 12 y 13 ( ver figura V.2.2 ).

$$A20 = 577146$$

$$A21 = 650488$$

$$A22 = 423744$$

$$A23 = 165592$$

$$A24 = 20790$$

$$AT5 = 577146 + 650488 + 423744 + 165592 + 20790 = 1837760$$

$$DM5 = 1837760 / 33329 = 55.14 = 55 \text{ m}$$

b) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 14, 15 y 16 ( ver figura V.2.2 ).

$$X = (475241 - 464001) * 20 / (475241 - 460137)$$

$$X = 55.14 ; 55.00 \text{ m}$$

$$A25 = 781180$$

$$A26 = 583388$$



$$A27 = 233152$$

$$A28 = 42576$$

$$A29 = 36$$

$$AT6 = 781180+583388+233152+42576+36 = 1640332$$

$$DM6 = 1640332/33329 = 49.22 = 49 \text{ m}$$

$$DM = DM5+DM6 = 55+49 = 104 \text{ m}$$

4) Cálculo del (DM) del movimiento No 8

a) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 17,18 y 19 ( ver figura V.2.3 ).

$$A30 = 593124$$

$$A31 = 2643557$$

$$A32 = 2468171$$

$$A33 = 2109000$$

$$A34 = 1567748$$

$$A35 = 1017572$$

$$A36 = 543915$$

$$A37 = 212505$$

$$A38 = 36190$$

$$A39 = 2$$

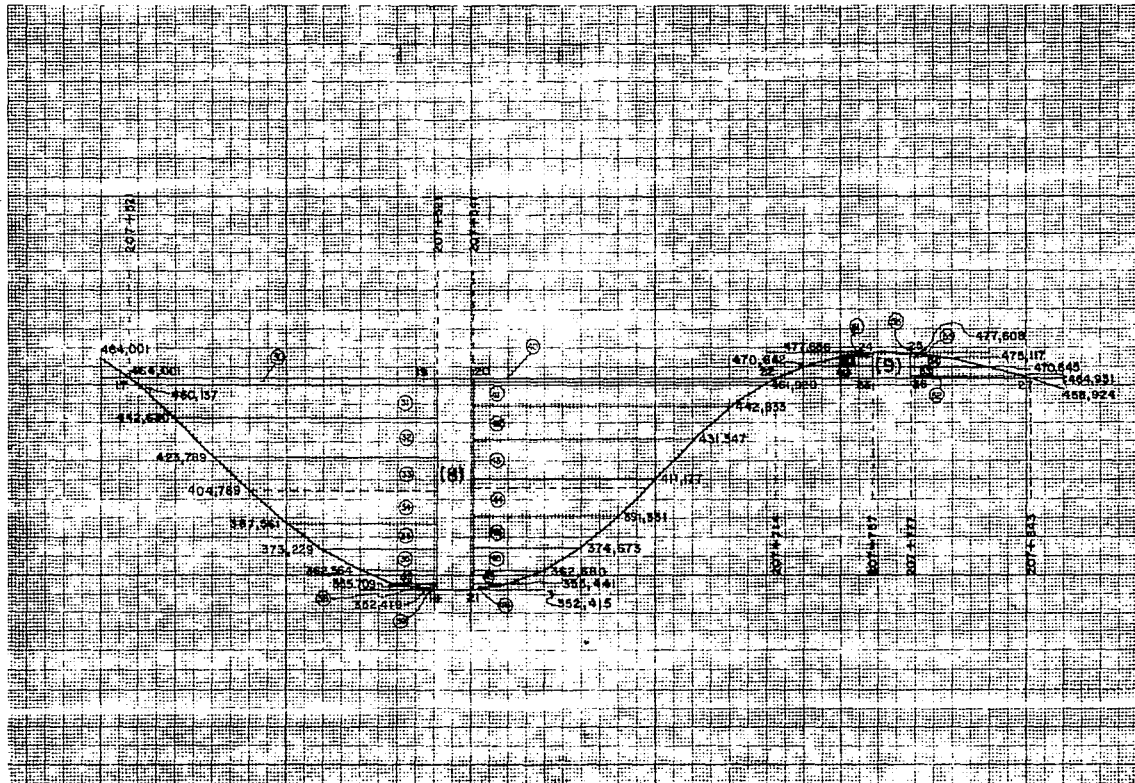
$$AT7 = 593124+2643557+2468171+2109000+1567748+1017572+543915+212505+36190+2 = 11191784$$

$$DM7 = 11191784/111586 = 100.30 = 100.00 \text{ m}$$

b) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 20, 21 y 22 ( ver figura V.2.3 ).

$$X = (464001-448833)*20/(470642-448833)$$

$$X = 13.91 ; 14.00 \text{ m}$$



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA  
 ELABORACION DEL PROYECTO  
 GEOMETRICO DE CARRETERAS"

DISTANCIA MEDIA DE ACARREO  
 MOVIMIENTOS (8) Y (9)



$$A40 = 345466$$

$$A41 = 1949963$$

$$A42 = 2255694$$

$$A43 = 2198530$$

$$A44 = 1766294$$

$$A45 = 1149402$$

$$A46 = 587657$$

$$A47 = 209931$$

$$A48 = 28747$$

$$AT8 = 345466+1949963+2255694+2198530+1766294+1149402+587657+209931+28747$$

$$AT8 = 10491684$$

$$DM8 = 10491684/111586 = 94.02 = 94 \text{ m}$$

$$DM = DM7+DM8 = 100+94 = 194 \text{ m}$$

5) Cálculo de (DM) del movimiento N<sup>o</sup> 9

a) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 22, 23 y 24 ( ver figura V.2.3 ).

$$X = (464931 - 464001) * 20 / (464931 - 458924)$$

$$X = 3.1 ; 3.00 \text{ m}$$

$$A49 = 265640$$

$$A50 = 139455$$

$$A51 = 15716.5$$

$$AT9 = (265640 + 139455 + 15716.5) / 2 = 210405.8$$

$$DM9 = 210405.8 / 13655 = 15.4 ; 15.00 \text{ m}$$

b) Cálculo del área de la figura formada por los puntos 25, 26 y 27 ( ver figura V.2.3 ).

A52 = 59985  
A53 = 302842  
A54 = 147576  
A55 = 32383  
A56 = 72

AT10 = 59985+302842+147576+32383+72 = 542858

DM10 = 542858/13655 = 39.8 = 40.00 m

DM = DM9+DM10 = 15+40 = 55.00 m

### V.2.3 CALCULO DE SOBRECARREROS

1) Sobrecarreo movimiento N<sup>o</sup> 5

Volumen 90 % ( CT ) = 469985-464001 = 5984 m<sup>3</sup>

coef.var.vol. ( cvv ) = 1.11 de tabla de datos geotécnicos

Distancia media de acarreo ( DM ) = 98 m = 4.9 est

S.A = (Volumen/cvv)\*DM=(5984/1.11)\*4.9 = 26416 m<sup>3</sup>-est

2) Sobrecarreo movimiento N<sup>o</sup> 6

Volumen 90 % ( CT ) = 464001-453260 = 10741 m<sup>3</sup>

coef.var.vol. ( cvv ) = 1.15 de tabla de datos geotécnicos

Distancia media de acarreo ( DM ) = 90 m = 4.5 est.

S.A = (10741/1.15)\*4.5 = 42030 m<sup>3</sup>-est

3) Sobrecarreo movimiento N<sup>o</sup> 7

Volumen 90 % ( CT ) = 497330-464001 = 33329 m<sup>3</sup>

coef.var.vol.( cvv ) = 1.15 de tabla de datos geoténicos

Distancia media de acarreo ( DM ) = 104 m = 1.0 hm

S.A = (33329/1.15)\*1.0 = 28982 m<sup>3</sup>-hm

4) Sobreacarreo movimiento N<sub>o</sub> 8

Volumen 90 % ( CT ) = 464001-352415 = 111586 m<sup>3</sup>

coef.var.vol.( cvv ) = 1.15 de la tabla de datos geoténicos

Distancia media de acarreo ( DM ) = 194 m = 1.9 hm

S.A. = (11586/1.15)\*1.0 = 97031 m<sup>3</sup>-1er hm

S.A. = (11586/1.15)\*0.9 = 87328 m<sup>3</sup>-hm ad

5) Sobreacarreo movimiento N<sub>o</sub> 9

Volumen 90 % ( CT ) = 477656-464001 = 13655 m<sup>3</sup>

coef.var.vol.( cvv ) = 1.15 de la tabla de datos geoténicos

Distancia media de acarreo ( DM ) = 55 m = 2.8 est

S.A = (13655/1.15)\*2.8 = 33247 m<sup>3</sup>-est

### V.3 PRESTAMOS DE BANCO

#### V.3.1 CALCULO DE LA DISTANCIA MEDIA DE ACARREO

1) Distancia media del movimiento N<sub>o</sub> 10 ( ver figura V.3.1 ).

$$X = (453020 - 448525) * 20 / (453020 - 447893)$$

$$X = 17.5 ; 18.00 \text{ m}$$

$$A1 = 236080.5$$

$$A2 = 165312$$

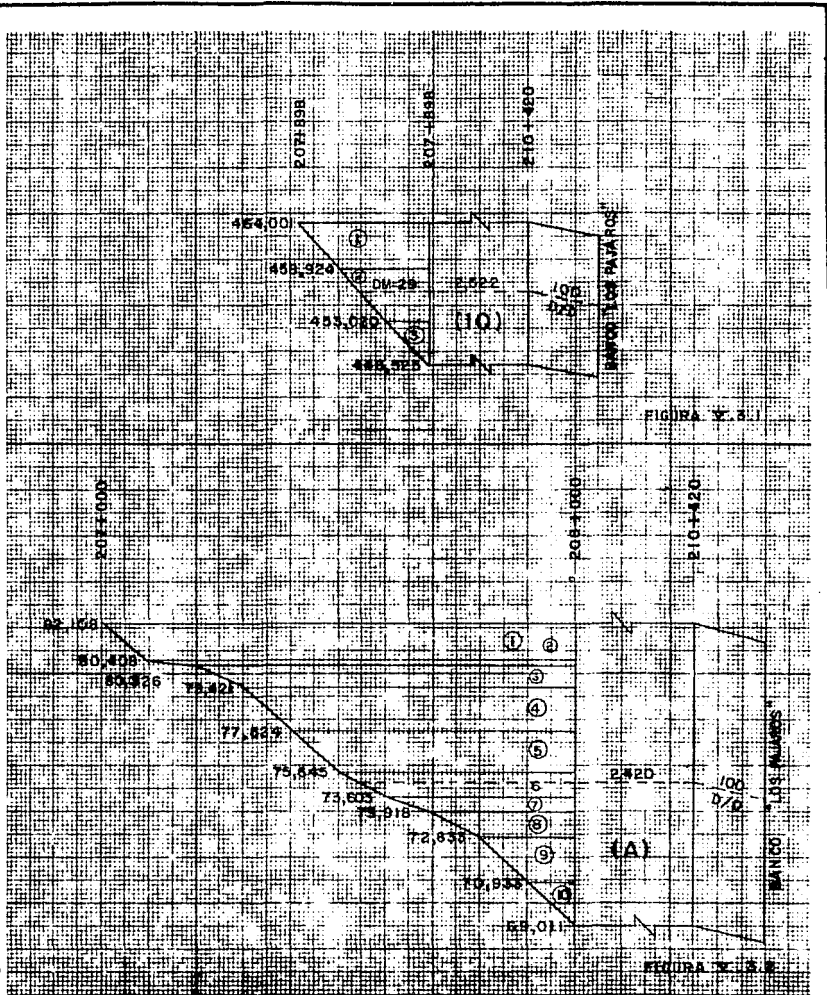


FIGURA V.3.1

FIGURA V.3.2

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

"TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"

DISTANCIA MEDIA DE ACARREO PRESTAMO (IO) Y (A)

---

FIG. V3.1 Y V3.2

$$A3 = 40455$$

$$AT1 = 236080.5 + 165312 + 40455 = 441847.5$$

$$DM = 441847.5 / 15476 = 28.6 = 29 \text{ m}$$

2) Distancia media del movimiento A ( ver figura V.3.2 ).

$$A1 = 1615000$$

$$A2 = 69700$$

$$A3 = 678750$$

$$A4 = 1233050$$

$$A5 = 1033450$$

$$A6 = 468900$$

$$A7 = 239750$$

$$A8 = 271250$$

$$A9 = 285000$$

$$A10 = 96100$$

$$AT2 = 1615000 + 69700 + 678750 + 1233050 + 1033450 + 468900 + \\ 239750 + 271250 + 285000 + 96100 = 5990950$$

$$DM = 5990950 / 13097 = 457.4 = 457 \text{ m}$$

### V.3.2 CALCULO DE SOBRECARREROS

Los prestamos para cuerpo de terraplen, capa subyacente y capa subrasante se tomaran del siguiente banco.

Banco "LOS PAJAROS"

Bueno para : cpo. de terraplen, subyacente y subrasante  
Ubicación: Km. 210+420.00 a 100 m deflexión derecha (D/D)

Clasificación geotécnica:

- 1) 0.30 m suelo vegetal, despálme clasif. 100-00-00
- 2) 4.00 m grava arcillosa muy compacta con 5% de fragmentos chicos (GC), c.v.v. = 1.11, 1.05, 1.00

Clasificación para presupuesto : 20-80-00

Volúmen aproximado = 20,000 m<sup>3</sup>

- 1) Sobreacarreos movimiento No 10 ( para cuerpo de terraplen ).

Volúmen 90 % ( CT ) = 464001-448525 = 15476 m<sup>3</sup>

coef. 90 % = 1.11

DM = 29 m

La distancia total del sobreacarreos sera:

DMT = 29 + (210420 - 207898) + 100 = 2651 m = 3 km

S.A. = (15476 / 1.11) \* 1.0 = 13942 m<sup>3</sup> - 1er km

S.A. = (15476 / 1.11) \* 2.0 = 27885 m<sup>3</sup> - kms ad

- 2) Sobreacarreos movimiento A ( para subyacente y subrasante )

Volúmen 95 % y 100 % ( SBY + SBR ) = 82108 - 69011 = 13097 m<sup>3</sup>

V 95 % ( SBYterr ) = 7117 m<sup>3</sup>

coef. 95 % = 1.05

V 100 % ( SBRterr + caja 100 % ) = 4126 + 1854 = 5980 m<sup>3</sup>

coef 100 % = 1.00

DM = 457 m

La distancia total del sobreacarreos sera:

DMT = 457 + (210420 - 208000) + 100 = 2977 = 3.0 km

Sobreacarreo capa subyacente ( SBY, 95 % )

S.A. =  $(7117/1.05)*1.0 = 6778$  m3-1er km

S.A. =  $(7117/1.05)*2.00 = 13556$  m3-kms ad

Sobreacarreo capa subrasante ( SBR, 100 % )

S.A. =  $(5980/1.00)*1.0 = 5980$  m3-1er km

S.A. =  $(5980/1.00)*2.0 = 11960$  m3-kms ad

V.4 CANTIDADES DE OBRA ( km 207+000 - km 208+000 )

CONCEPTO	VOLUMEN
Dc	4343 m3
Dt	9117 m3
C2	149923 m3
Cc	8 m3
CTN 90 %	6013 m3
CCC 95 %	669 m3
CT	214182 m3
SBYterr	7117 m3
SBRterr	4126 m3
Rel1 100 %	1854 m3
Ex.Ac.Te.Co.100 %	960 m3

1) Desmante

Vegetación tipo = Zona desértica o cultivada

Derecho de vía = 60 m

Longitud = 1 km

AD = Area de desmonte = 60 \* 1000 = 60000 m

AD = 6.0 ha

## 2) Excavaciones

Corte en estrato 2 ( C2 ) = 149923 m3

TRAMO	CLASIFICACION	TIPO DE MATERIAL		
		A	B	C
207+040 - 208+000	00-00-100	0 m3	0 m3	149923 m3

Material aprovechado = 149923 m3

Material desperdiciado = 0 m3

## 3) Prestamos ( de Banco )

Clasificación presupuesto ( 20-80-00 )

Prestamo para cuerpo de terraplen

Movimiento N<sup>o</sup> 10

		TIPO DE MATERIAL		
		A	B	C
Volumen 90% =	15476 m3	3095 m3	12381 m3	0 m3

Prestamo para capa subyacente (SBY) y capa subrasante (SBR)

		TIPO DE MATERIAL		
		A	B	C
Volumen 95% =	7117 m3	1423 m3	5694 m3	0 m3
Volumen 100% =	5980 m3	1196 m3	4784 m3	0 m3
TOTALES =	13097 m3	2619 m3	10478 m3	0 m3

## 4) Compactaciones



a) Del terreno natural en el Área de desplante de las terracerías ( 90 % ).

CTN 90% = 6013 m<sup>3</sup>

b) De la cama de los cortes : CCC 95% = 669 m<sup>3</sup>

5) Formación y compactación

a) De terraplenes con ó sin cuñas de afinamiento.

CT 90% = 214182 m<sup>3</sup>

SBYterr 95% = 7117 m<sup>3</sup>

SBRterr 100% = 4126 m<sup>3</sup>

b) De terraplenes de relleno para formar la capa subresante:

Rell 100 % = 1854 m<sup>3</sup>

6) Acarreos producto del corte y de prestamos de banco:

MOVIMIENTO	m <sup>3</sup> -est	m <sup>3</sup> -hm	m <sup>3</sup> -hm ad	m <sup>3</sup> -1er km	m <sup>3</sup> -km ad
5	26416				
6	42030				
7		28892			
8		97031	87328		
9	33247				
10				13942	27885
A 95%				6778	13556
A 100%				5980	11960
TOTALES	101693	125923	87328	26700	53401

Mas adelante se muestra la informacion elaborada asi como la utilizada para el proyecto del ejemplo y es la que se enumera a continuacion:

1) Datos topograficos:

- a) Registro de trazo.
- b) Registro de referencias.
- c) Registro de nivel.
- d) Registros de secciones.
- e) Registro de drenaje.

2) Datos de Geotecnica:

- a) Datos de suelos para el calculo de diagrama de masas.
- b) Datos de suelos del banco de materiales.
- c) Observaciones a tablas de datos de suelos.
- d) Observaciones generales de todo el tramo.

3) Hojas resumen:

- a) Sobreelevaciones y ampliaciones.
- b) Alineamiento vertical.
- c) Areas, volumes y curva masa.
- d) Sobreacarreos.
- e) Préstamos de banco.
- f) Cantidades de obra.

4) Obras de Drenaje:

- a) Longitud de obra.
- b) Planos tipo.
- c) Cantidades de obra.

5) Planos:

a) Perfil de construcción.

b) Secciones de construcción ( 200 mts. ).

## **1) DATOS TOPOGRAFICOS**















# REGISTRO DE NIVEL

TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km. 207+000 A Km. 207+000 FECHA \_\_\_\_\_

ESTACION	+	∇	-	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
BA 207-1	0.192	2036.463			2036.271
PL	0.210	2032.851	3.822		2032.641
PL	0.191	2029.608	3.434		2029.417
PL	1.893	2028.366	3.155		2026.453
207+000				2.92	2025.426
207+020				2.24	2026.11
207+040				0.73	2027.42
PL	2.997	2030.587	0.558		2028.118
207+060				1.06	2027.53
P.L	3.194	2033.347	0.414		2030.170
PL	2.912	2035.858	0.401		2032.946
207+080				3.56	2032.30
207+100				0.35	2035.51
PL	3.968	2039.297	0.349		2035.509
207+120				0.24	2039.04
PL	3.417	2042.496	0.218		2039.059
PL	3.987	2045.950	0.313		2042.163
207+140				2.50	2043.45
PL	3.254	2048.957	0.247		2045.703
207+160				0.80	2048.16
PL	3.809	2052.458	0.308		2048.649
207+180				0.50	2051.96
PL	2.850	2055.060	0.249		2056.21
207+190		2055.060		1.25	2053.81
207+200				0.90	2054.16
207+220				3.38	2052.68
PL	0.409	2051.933	3.536		2051.524
207+240				3.33	2048.60
PL	0.925	2049.423	3.235		2046.218
207+260				1.90	2044.78
PL	0.293	2043.507	3.264		2043.214
207+280				3.04	2040.47
PL	0.810	2041.104	3.213		2040.294



# REGISTRO DE NIVEL

TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km. 207+000 A Km. 208+000 FECHA \_\_\_\_\_

ESTACION	+	∩	-	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES
BN 207.2	1.426	2042.007			2040.581
207+460				3.08	2038.93
PL	3.732	2045.155	0.584		2041.423
207+480				1.85	2043.31
PL	3.444	2048.466	0.163		2044.992
PL	3.905	2052.145	0.226		2048.240
207+500				3.94	2048.21
PL	3.833	2055.759	0.219		2051.926
PL	2.687	2054.031	1.415		2054.344
207+520				3.40	2053.63
PL	3.179	2060.576	0.234		2056.777
PL	3.933	2064.106	0.403		2060.173
207+540				3.59	2060.52
PL	3.971	2067.861	0.216		2063.890
PL	3.758	2070.797	0.822		2067.037
207+560				3.39	2067.41
207+575.58 Pst				0.41	2070.39
PL	3.953	2074.243	0.507		2070.290
PL	3.268	2077.060	0.451		2073.772
207+580				2.40	2074.66
PL	3.803	2080.528	0.335		2076.725
PL	3.944	2083.904	0.568		2079.960
207+600				3.08	2080.82
207+620.80		2083.904		2.41	2081.49
207+604.20				1.22	2082.68
PL	3.937	2087.531	0.310		2083.594
207+620				1.42	2086.11
PL	3.498	2090.715	0.314		2087.214
207+636.182 Pst				2.02	2088.70
207+640				1.92	2088.80
207+660				2.38	2088.34
207+669.182 Pst				3.33	2087.39
PL	0.189	2087.130	3.144		2087.541

# REGISTRO DE NIVEL

TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km. 207+000 A Km. 208+000 FECHA \_\_\_\_\_

ESTACION	+	∧	-	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES		
207+680				2.04	2085.66		
PL	0.193	2084.632	3.291		2084.459		
207+700				3.20	2087.43		
PL	0.228	2081.712	3.148		2081.484		
PL	0.811	2079.075	3.448		2078.264		
207+720				1.88	2089.20		
PL	0.690	2075.918	3.844		2075.228		
207+740				2.49	2073.43		
PL	0.430	2075.819	0.529		2075.389		
PL	0.445	2073.146	3.418		2072.401		
207+760				3.66	2069.52		
PL	0.905	2070.519	3.562		2069.614		
207+780				3.93	2066.59		
PL	0.906	2067.493	3.932		2066.587		
207+800				3.36	2064.13		
PL	0.582	2064.756	3.319		2064.144		
207+814				1.64	2063.12		
207+820				2.42	2062.34		
207+823				2.66	2062.10		
207+826				1.13	2062.93		
207+831.14 PL				1.38	2063.38		
207+840				1.41	2063.35		
207+860				0.86	2063.90		
PL	3.298	2067.564	0.490		2064.266		
207+880				1.67	2065.89		
PL	3.120	2070.058	0.626		2066.938		
207+900				1.56	2068.50		
PL	3.123	2073.000	0.181		2069.844		
207+920				2.27	2070.93		
207+940				1.36	2071.64		
PL	2.260	2075.088	0.172		2072.828		
207+960				3.23	2071.86		
207+980				3.85	2071.24		



# REGISTRO DE SECCIONES

CARRETERA \_\_\_\_\_  
 TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km 207,000 A Km 208,000 FECHA \_\_\_\_\_

40.00	30.00	20.00	207+140	20.00	30.00	40.00
-7.30	-5.80	-3.40	2043.45	+4.50	+4.70	+7.00
-----						
40.00	30.00	20.00	207+110	20.00	30.00	40.00
-8.60	-6.30	-4.30	2032.04	+4.70	+7.00	+9.40
-----						
40.00	30.00	20.00	207+100	20.00	30.00	40.00
-7.80	-5.80	-3.70	2035.51	+4.10	+6.00	+8.30
-----						
40.00	30.00	20.00	207+080	20.00	30.00	40.00
-7.40	-5.60	-3.70	2032.30	+4.10	+6.10	+8.20
-----						
40.00	30.00	20.00	207+060	20.00	30.00	40.00
-6.40	-5.00	-3.40		+3.70	+6.00	+8.00
-----						
40.00	30.00	20.00	207+040	20.00	30.00	40.00
-5.40	-4.20	-2.80	2027.42	+3.30	+5.20	+7.00
-----						
40.00	30.00	20.00	207+020	20.00	30.00	40.00
-5.10	-4.20	-2.60	2022.11	+2.80	+4.50	+6.50
-----						
40.00	30.00	20.00	207+000	20.00	30.00	40.00
-4.60	-3.30	-2.30	2025.43	+2.10	+7.00	+5.30

40.00	30.00	20.00	207+280	40.00	30.00	20.00	30.00
-3.60	-2.20	-1.60	2040.44	+0.40	+2.20	+2.60	+3.90
-----							
40.00	30.00	20.00	207+260	20.00	30.00	40.00	40.00
-4.80	-3.70	-2.70	2044.76	+1.40	+2.35	+3.10	
-----							
40.00	30.00	20.00	207+240	20.00	30.00	40.00	40.00
-4.90	-4.20	-3.20	2048.60	+2.60	+3.70	+5.20	
-----							
30.00	20.00	16.60	11.50	207+220	20.00	30.00	40.00
-5.20	-3.90	-3.30	-1.80		+1.70	+3.00	+4.50
-----							
40.00	30.00	14.40	11.00	207+200	20.00	30.00	40.00
-5.00	-3.30	-2.60	-1.34		+2.70	+4.00	+5.30
-----							
40.00	30.00	20.00	207+180	20.00	30.00	40.00	40.00
-6.70	-5.20	-3.20	2051.96	+3.60	+5.60	+6.80	
-----							
40.00	30.00	20.00	207+160	20.00	30.00	40.00	40.00
-7.40	-5.40	-3.60	2048.16	+3.80	+6.20	+8.20	



## REGISTRO DE SECCIONES

CARRETERA \_\_\_\_\_  
 TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km 2074000 A Km 2084000 FECHA \_\_\_\_\_

50.00 40.00 30.00 20.00 207440 20.00 30.00 40.00  
 -2.40 -2.04 -1.70 -1.40 207440 11.70 12.60 13.50

50.00 40.00 30.00 20.00 207470 20.00 30.00 40.00  
 -1.50 -1.30 -1.20 -0.90 207470 2032.53 11.60 12.40 12.70

50.00 40.00 30.00 20.00 207490 20.00 30.00 40.00  
 -2.70 -2.20 -1.65 -1.10 207490 2030.91 11.80 12.10 12.40

50.00 40.00 30.00 20.00 207530 20.00 30.00 40.00  
 -3.00 -2.40 -1.90 -1.40 207530 2030.95 11.50 12.50 13.00

50.00 40.00 30.00 20.00 207560 20.00 30.00 40.00  
 -2.80 -2.30 -1.70 -1.20 207560 2030.94 11.50 12.04 12.70

50.00 40.00 30.00 20.00 207590 20.00 30.00 40.00  
 -4.70 -4.10 -3.70 -1.90 207590 2032.55 12.40 13.80 15.00

50.00 40.00 30.00 20.00 207620 20.00 30.00 40.00  
 -5.70 -4.40 -3.30 -2.00 207620 2034.94 12.70 14.00 15.30

40.00 30.00 20.00 207630 20.00 30.00 40.00  
 -4.80 -3.70 -2.50 207630 12.60 13.70 14.90

40.00 30.00 20.00 207400 20.00 30.00 40.00  
 -5.40 -4.70 -2.80 207400 2080.82 13.10 14.40 16.00

40.00 30.00 20.00 207480 20.00 30.00 40.00  
 -6.00 -4.90 -3.70 207480 2074.64 12.70 14.00 15.00

40.00 30.00 20.00 207560 20.00 30.00 40.00  
 -3.50 -2.40 -1.40 207560 2067.41 11.60 12.70 13.60

40.00 30.00 20.00 207540 20.00 30.00 40.00  
 -3.10 -2.00 -1.00 207540 2062.52 12.20 13.00 14.20

40.00 30.00 20.00 207520 20.00 30.00 40.00  
 -3.60 -2.40 -1.20 207520 2053.63 12.40 13.40 14.50

50.00 40.00 30.00 20.00 207500 20.00 30.00 40.00  
 -3.60 -2.80 -2.10 -1.40 207500 2048.21 11.90 12.40 13.00

50.00 40.00 30.00 20.00 207480 20.00 30.00 40.00  
 -3.30 -2.60 -2.10 -1.60 207480 2043.31 12.30 13.40 14.50

50.00 40.00 30.00 20.00 207460 20.00 30.00 40.00  
 -4.00 -3.00 -2.10 -1.10 207460 2038.93 12.00 12.90 13.70

# REGISTRO DE SECCIONES

CARRETERA \_\_\_\_\_  
 TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km 207+000 A Km 208+000 FECHA \_\_\_\_\_

30.00 14.60 207+160 14.60 30.00  
-6.40 -3.20 2069.52 7.320 +6.90

40.00 30.00 20.00 207+140 20.00 30.00 40.00  
-6.90 -5.20 -3.40 2069.43 14.70 +7.00 +9.40

30.00 14.90 207+120 3.10 13.00 21.00 30.00  
-5.00 -2.50 2069.20 14.90 +2.50 +4.00 +5.60

30.00 14.00 14.00 12.00 207+100 8.40 11.50 23.40 30.00  
-9.90 -5.10 -3.30 -2.30 2081.43 11.90 12.50 15.00 +6.30

40.00 30.00 20.00 207+80 20.00 30.00 40.00  
-9.40 -9.00 -9.40 2085.66 14.30 16.60 18.90

40.00 30.00 20.00 207+60 20.00 30.00 40.00  
-9.30 -5.50 -3.60 2088.34 14.60 19.00 19.30

40.00 30.00 20.00 207+40 20.00 30.00 40.00  
-9.80 -5.90 -3.90 2088.80 14.20 16.40 18.90

40.00 30.00 20.00 207+20 20.00 30.00 40.00  
-9.40 -5.90 -4.40 2086.11 14.20 15.80 17.50

35.00 30.00 14.40 207+160 14.60 30.00  
-6.50 -5.60 -2.90 2063.90 13.20 +9.40

35.00 30.00 14.80 207+140 14.20 30.00  
-5.90 -5.10 -2.60 2063.35 12.60 +5.30

35.00 30.00 14.80 207+120 14.80 30.00  
-6.00 -5.10 -2.60 2063.38 12.60 +5.30

35.00 30.00 10.00 207+100 15.00 30.30  
-5.80 -5.10 -3.40 2062.93 12.40 +4.30

30.00 12.40 207+80 14.90 30.00  
-4.00 -1.60 2062.34 12.00 +4.40

30.30 17.80 207+60 14.80 30.00  
-4.30 -3.00 2063.12 12.90 +5.30

30.00 14.80 207+40 14.90 30.00  
-5.60 -2.60 2064.13 13.10 +6.20

30.00 14.40 207+20 14.40 30.00  
-6.00 -2.90 2066.59

# REGISTRO DE SECCIONES

CARRETERA \_\_\_\_\_  
 TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km 207+000 A Km 208+000 FECHA \_\_\_\_\_

-----  
 -----  
45.00 30.00 21.50 208+000 14.00 30.00  
-13.80 -9.20 -2.00 2071.24 +5.40 +11.60  
 -----

-----  
 -----  
45.00 30.00 21.50 207+980 14.00 30.00  
-13.80 -9.20 -2.00 2071.24 +5.40 +11.60  
 -----

-----  
 -----  
42.50 30.00 22.00 207+960 11.00 30.00  
-13.50 -9.80 -7.00 2071.86 +4.80 +11.60  
 -----

-----  
 -----  
40.00 30.00 23.00 207+940 10.20 30.00  
-13.20 -9.70 -8.00 2071.64 +4.20 +11.70  
 -----

-----  
 -----  
45.00 30.00 14.80 207+920 15.00 30.00  
-14.20 -10.10 -5.40 2070.73 +5.50 +11.20  
 -----

-----  
 -----  
35.00 30.00 15.10 207+900 16.40 30.00  
-10.30 -7.80 -4.80 2068.50 +5.50 +10.20  
 -----

-----  
 -----  
35.00 30.00 15.00 207+880 15.00 30.00  
-8.40 -7.20 -3.90 2065.89 +4.30 +8.80  
 -----



## **2) DATOS DE GEOTECNIA**

OBRA VIAL :  
 TRAMO :  
 SUB-TRAMO :  
 ORIGEN :

KILOMETRO DESDE HASTA	ESTRATO		CLASIFICACION S.A.H.Q.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO	CORTE		TERRAPIEN		OBSERVACIONES			
	Nº	ESPESOR ( m )			90 %	95 %	100 %	BANDEADO		A	B	C	H. MAX.		TALUD	H. MAX.	TALUD
207+000																	
	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPECIENE					100-00-00								
	2	INDEF.	GRAVA ARCILLASA														
			NOY COMPACTADA														
			CON 5% DE FARG- NIENTES CHICAS														
207+400			(GC)	COMPACTADA	1.11	1.05	1.00		20-80-00					ABFGH			
207+400																	
	1	0.30	SUELO VEGETAL	DESPECIENE					100-00-00								
	2	INDEF.	ROCA CAUSA (Lsg)														
			BIEN CEMENTADA														
			AL DIFUNDIRSE SE														
			OBTENDRAN FARG- NIENTES GRANDES,														
			MEDIOS Y CHICAS														
208+000			(Fgmc)	BANDEADO				1.15	00-00-100					ABDHL			

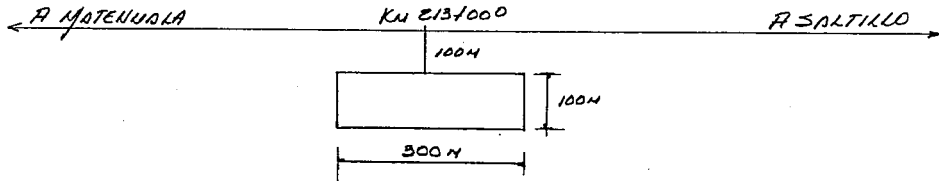
CARRETERA :  
 TRAMO :  
 SUB-TRAMO :  
 ORIGEN :

PRESTAMO DE MATERIALES

PRESTAMOS DE MATERIAL PARA: C/P.O. TERCAPLEN, CAPA SUBYACENTE Y CAPA DENOMINACION: "LOS PALAROS"  
 SUBRASANTE.

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO A - B - C
	Nº	ESPESOR (M)			90 %	95 %	100 %	MANEJADO	
Km 213+000 con 100M D/D	1	0.30	SUELO VEGETAL GRAVA ARELLADA MUY FINA CON 5% DE FRAGMENTOS CHICOS (GC)	DESALME	1.11	1.05	1.00		100-00-00
	2	4.00		COMPACTADO					20-80-00
DIMENSIONES LARGO 300M Y ANCHO 100M ESPESOR 4.00M		VOLUMEN APROVECHABLE 120,000 M <sup>3</sup>		OBSERVACIONES: SE ELIMINARAN MEDIANTE PEPENA LOS FRAGMENTOS CHICOS EN LA CONSTRUCCION DE LA CAPA SUBRASANTE.					

CROQUIS DE LOCALIZACION



**OBSERVACIONES A LA TABLA DE DATOS PARA EL CALCULO DE LA CURVA  
MASA**

- A).- En todos los casos el cuerpo de terraplén se compactará al 90 % ó se bandeará según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactarán al 95 % y 100 % respectivamente; los grados de compactación indicados son con respecto a la Prueba Próctor ó Porter dependiendo de la granulometría del material, por lo que quedará a juicio del Laboratorio de Control aplicar la prueba que corresponda.
- B).- En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90 % de su P.V.S.M. en una profundidad mínima de 0.20 m.; ó bandearse según sea el caso.
- C).- Material que por sus características no debe utilizarse ni en la construcción del cuerpo de terraplén.
- D).- Material que por sus características, solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90 % de P.V.S.M. ó bandearse según sea el caso.
- E).- Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén y capa de transición.
- F).- Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.



- G).- En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m de espesor, cuando la altura de estos sea menor de 0.80 m y cuando sea mayor, la transición será de 0.50 m., y en ambos casos se proyectará capa subrasante de 0.30 m. de espesor.
- H).- En terraplenes contruidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.20 m. de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m. compactadas al 95 y 100 % respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.
- I).- En cortes formados en este material, la cama del corte, se deberá compactar al 95 % de su P.V.S.M. en una profundidad mínima de 0.20 m. y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m. de espesor, compactándola al 100 % con material procedente del banco más cercano.
- J).- En este tramo se deberá proyectar en cortes y terraplenes, capa de transición de 0.50 m. de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m., en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas; ambas capas se proyectarán con préstamo del banco más cercano.
- K).- En cortes se deberá escarificar los 0.15 m. superiores y acamellonar; la superficie descubierta, se deberá compactar al 100 % de su P.V.S.M. en un espesor mínimo de 0.15 m. con lo que quedará formada la 1ra. capa subrasante, con el material acamellonado se construirá la 2da. capa subrasante, misma que deberá compactarse también al 100 % de su P.V.S.M.
- L).- En cortes formados en este material, se proyectará única-

mente capa subrasante con espesor minimo de 0.30 m., compactandola al 100 % y se construirá con material de prestamo del banco más cercano.

M).- En cortes formados en este material, se escarificarán los primeros 0.30 m., a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonará el material producto del escarificado y se compactará la superficie descubierta al 95 % hasta una profundidad de 0.20 m. Posteriormente, con el material acamellonado se formará la capa subrasante de 0.30 m. de espesor.

N).- En cortes y terraplenes construidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.20 m. de espesor como minimo y capa subrasante de 0.30 m. compactadas al 95 y 100 % respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

## OBSERVACIONES GENERALES PARA TODO EL TRAMO.

- 1.- Los trabajos se iniciaràn con el desmonte, desenraice y limpieza general del àrea en donde quedarà alojado el cuerpo del camino de acuerdo a lo indicado en el proyecto.
- 2.- El despalme se harà hasta la profundidad indicada en las tablas de datos y de la manera conveniente para eliminar el material correspondiente al primer estrato.
- 3.- Los terraplenes desplantados en un terreno con pendiente natural igual ò mayor al 25 %, se anclaràn al terreno natural mediante escalones de liga a partir de los ceros del mismo; cada escalòn tendrà un ancho mínimo de huella de 2.50 m., en material tipo "A" ò "B" y en material "C" el escalòn tendrà un metro de huella; en ambos casos la separaciòn de dichos escalones serà de 2.00 m. medidos horizontalmente, a partir de los ceros de los mismos.
- 4.- En los taludes de los cortes, no se dejaràn fragmentos rocosos ò porciones considerables de material susceptibles de desplazarse hacia el camino.
- 5.- Con el material producto de despalme, se deberàn arropar los taludes de los terraplenes.
- 6.- La construcción de obras de drenaje se harà antes de iniciar la construcción de terracerías; concluidas tales obras, deberàn arroparse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.

- 7.- Se debe propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes, con vegetación para evitar la erosión de los mismos.
- 8.- En todo el tramo las cunetas deberán impermeabilizarse con concreto hidráulico  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , con un espesor de 8 cm. aproximadamente.
- 9.- Debe evitarse que la boquilla de aguas abajo de las alcantarillas descargue sus aguas sobre el talud del terraplén construido; en estos casos la obra de drenaje se prolongará con lavadero hasta los cerros del terraplén.
- 10.- Cualquier ampliación de corte por requerimiento de material debe hacerse a partir del talud externo de la cuneta, ó bien formando una banquetta, la cual quedará debidamente drenada y de preferencia aguas abajo.
- 11.- Los taludes de proyecto que deberán considerarse para terraplenes son los siguientes:

ALTURAS

INCLINACION

Entre 0.00 y 0.80 m.	3:1
Entre 0.80 y 2.00 m.	2:1
Mayores de 2.00 m.	1.5:1

- 12.- Las terracerías se formarán por una capa subrasante de 0.30 cm. de espesor, una capa subyacente de 20 cm. de espesor como mínimo y el cuerpo de terraplén de espesor variable compactándolo al 100, 95 y 90 % de su P.V.S.M. respectivamente con la prueba Próctor estandar.

- 13.- El material que forma la capa subrasante, no deberá contener partículas mayores de 75 mm. ( 3" ). Cuando éstas existan deberán eliminarse mediante pepena.
- 14.- El terreno natural se compactará al 90 % de su P.V.S.M. Próctor en una profundidad mínima de 0.20 m.
- 15.- Al material grueso no compactable, se le dará un tratamiento de bandeado para aumentar su acomodo; este material solo servirá para formar el cuerpo del terrapén, construyéndose por capas sensiblemente horizontales, con espesor aproximadamente igual a la de los fragmentos, y se dará como mínimo tres pasadas a cada punto de su superficie con tractor D-8 ó similar.

### **3) HOJAS RESUMEN**

# CALCULO DE SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES

PROYECTO DE CAMINOS: \_\_\_\_\_

 DE EST. 207+000 A EST. 208+000

CAMINO \_\_\_\_\_

ORIGEN. \_\_\_\_\_

TRAMO \_\_\_\_\_

SUBTRAMO \_\_\_\_\_

ESTACION	G	VELOCIDAD DE PROYECTO	SOBREELEVACION		AMPLIACION		TRAN SION.
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	
Ni= 206+816.301			- 2.00	- 2.00			29.86
206+820.000			- 1.95	- 2.00			26.16
206+840.000			- 0.41	- 2.00			6.16
TE= 206+846.164			0.00	- 2.00	0.00		0.00
206+860.000			+ 0.93	- 2.00		0.11	13.84
N2= 206+876.027			+ 2.00	- 2.00		0.25	29.86
206+880.000			+ 2.27	- 2.27		0.28	33.84
206+900.000			+ 3.61	- 3.61		0.45	53.84
206+920.000			+ 4.75	- 4.75		0.61	73.84
206+940.000			+ 6.29	- 6.29		0.78	93.84
EC= 206+955.164			+ 7.30	- 7.30		0.90	109.00
206+960.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
206+980.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+000.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+020.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+040.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+060.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+080.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+100.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+120.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+140.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+160.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+180.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+200.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+220.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+240.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+260.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+280.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+300.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
207+320.000			+ 7.30	- 7.30		0.90	
CE= 207+327.971			+ 7.30	- 7.30		0.90	109.00
207+340.000			+ 6.60	- 6.60		0.82	98.87
207+360.000			+ 5.26	- 5.26		0.65	81.87
207+380.000			+ 3.92	- 3.92		0.49	58.87

PROYECTO: \_\_\_\_\_

CALCULO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

# CALCULO DE SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES

PROYECTO DE CAMINOS: \_\_\_\_\_

 DE EST. 207+000 A EST. 208+000

CAMINO \_\_\_\_\_

ORIGEN. \_\_\_\_\_

TRAMO \_\_\_\_\_

SUBTRAMO \_\_\_\_\_

ESTACION	G	VELOCIDAD DE PROYECTO	SOBREELEVACION		AMPLIACION		TRAN S I C I O N .
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	
207+380.000			+ 3.72	- 3.92		0.49	51.47
207+400.000			+ 2.58	- 2.58		0.32	38.47
N3= 207+408.608			+ 2.00	- 2.00		0.25	29.16
207+420.000			+ 1.34	- 2.00		0.15	18.47
ST= 207+438.471			0.00	- 2.00		0.00	0.00
207+440.000			- 0.10	- 2.00			1.53
207+460.000			- 1.44	- 2.00			21.53
N4= 207+468.334			- 2.00	- 2.00			29.86
207+480.000			- 2.00	- 2.00			
207+500.000			- 2.00	- 2.00			
207+520.000			- 2.00	- 2.00			
207+540.000			- 2.00	- 2.00			
207+560.000			- 2.00	- 2.00			
207+580.000			- 2.00	- 2.00			
207+600.000			- 2.00	- 2.00			
207+620.000			- 2.00	- 2.00			
207+640.000			- 2.00	- 2.00			
207+660.000			- 2.00	- 2.00			
207+680.000			- 2.00	- 2.00			
207+700.000			- 2.00	- 2.00			
207+720.000			- 2.00	- 2.00			
N1= 207+732.339			- 2.00	- 2.00			52.50
207+740.000			- 2.00	- 1.72			45.34
207+760.000			- 2.00	- 0.96			25.34
207+780.000			- 2.00	- 0.20			5.34
3/2= 207+785.339			- 2.00	0.00	0.00		0.00
207+800.000			- 2.00	+ 0.56	0.09		14.66
207+820.000			- 2.00	+ 1.32	0.21		34.66
N2= 207+837.839			- 2.00	+ 2.00	0.32		52.50
207+840.000			- 2.08	+ 2.08	0.33		54.66
207+860.000			- 2.84	+ 2.84	0.45		74.66
207+880.000			- 3.60	+ 3.60	0.57		94.66
3/4= 207+890.339			- 4.00	+ 4.00	0.60		105.00
207+900.000			- 4.00	+ 4.00	0.60		

PROYECTO: \_\_\_\_\_

CALCULO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_



# CALCULO DE SOBREELEVACIONES Y AMPLIACIONES

PROYECTO DE CAMINOS: \_\_\_\_\_

DE EST. 207+000 A EST. 208+600

CAMINO \_\_\_\_\_

ORIGEN. \_\_\_\_\_

TRAMO \_\_\_\_\_

SUBTRAMO \_\_\_\_\_

ESTACION	G	VELOCIDAD DE PROYECTO	SOBREELEVACION		AMPLIACION		TRAN S I C I O N .
			IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	
207+900.000			-4.00	+4.00	0.60		
207+920.000			-4.00	+4.00	0.60		
207+940.000			-4.00	+4.00	0.60		
207+960.000			-4.00	+4.00	0.60		
207+980.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+000.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+020.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+040.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+060.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+080.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+100.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+120.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+140.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+160.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+180.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+200.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+220.000			-4.00	+4.00	0.60		
208+240.000			-4.00	+4.00	0.60		
$\frac{1}{2}l = 208+242.907$			-4.00	+4.00	0.60		105.00
208+260.000			-3.35	+3.35	0.30		87.91
208+280.000			-2.59	+2.59	0.39		67.91
$\frac{1}{3}l = 208+295.407$			-2.00	+2.00	0.30		52.50
208+300.000			-2.00	+1.83	0.27		47.91
208+320.000			-2.00	+1.06	0.16		27.91
208+340.000			-2.00	+0.30	0.05		7.91
$\frac{1}{2}l = 208+347.907$			-2.00	0.00	0.00		0.00
208+360.000			-2.00	-0.46			12.09
208+380.000			-2.00	-1.22			32.09
208+400.000			-2.00	-1.98			52.09
208+400.407			-2.00	-2.00			52.50

PROYECTO: \_\_\_\_\_

CALCULO: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

# ALINEAMIENTO VERTICAL

CAMINO:

TRAMO:

SUBTRAMO:

DE KM: 207+000.000 A KM: 208+000.000

ESTACION	ELEVACION DE TERRENO NATURAL	PENDIENTE	ELEVACION DE SUBRASAN- TE	ESPERORES	
				CORTE	TERRAP.
207 + 0.00	2025.43	PSTV=2029.99	2029.99	0.00	4.56
207 + 20.00	2026.11		2030.99	0.00	4.88
207 + 40.00	2027.42		2031.99	0.00	4.57
207 + 60.00	2029.53		2032.99	0.00	3.46
207 + 80.00	2032.30		2033.99	0.00	1.69
207 + 100.00	2035.51		2034.99	0.52	0.00
207 + 120.00	2039.04		2035.99	3.05	0.00
207 + 140.00	2043.45		2036.99	6.46	0.00
207 + 160.00	2048.16		2037.99	10.17	0.00
207 + 180.00	2051.96		2038.99	12.97	0.00
207 + 200.00	2054.16		2039.99	14.17	0.00
207 + 220.00	2052.68	+ 5.00 %	2040.99	11.69	0.00
207 + 240.00	2048.60		2041.99	6.61	0.00
207 + 260.00	2044.78		2042.99	1.79	0.00
207 + 280.00	2040.47		2043.99	0.00	3.52
207 + 300.00	2037.43		2044.99	0.00	7.56
207 + 320.00	2034.72		2045.99	0.00	11.27
207 + 340.00	2032.55		2046.99	0.00	14.44
207 + 360.00	2030.72		2047.99	0.00	17.27
207 + 370.00	----	PCV=2048.99	2048.99	----	----
207 + 380.00	2030.95		2049.00	0.00	18.05
207 + 400.00	2030.91	PIV=2049.99	2050.06	0.00	19.15
207 + 420.00	2032.53		2051.20	0.00	18.67
207 + 430.00	----	PTV=2051.59	2051.59	----	----
207 + 440.00	2035.37		2052.39	0.00	17.02
207 + 460.00	2038.93	+ 6.00 %	2053.59	0.00	14.66
207 + 480.00	2043.31		2054.79	0.00	11.48
207 + 500.00	2048.21		2055.99	0.00	7.78
207 + 520.00	2053.63		2057.19	0.00	3.56
207 + 540.00	2060.52	PCV=2058.39	2058.39	2.13	0.00
207 + 560.00	2067.41		2059.56	7.85	0.00
207 + 580.00	2074.66		2060.69	13.97	0.00
207 + 600.00	2080.82		2061.76	19.06	0.00
207 + 620.00	2086.11		2062.78	23.33	0.00
207 + 640.00	2088.80		2063.75	25.05	0.00
207 + 650.00	----	PIV=2064.99	----	----	----
207 + 660.00	2088.34		2064.67	23.67	0.00
207 + 680.00	2085.66	+ 3.20 %	2065.54	20.12	0.00
SUMAS	71681.18		75762.74	202.61	183.59



# ÁREAS DE LAS SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

CAMINO:

TRAMO:

BIRAMO:

DE KM:

A KM:

## Á R E Á S

ESTACION

	C2	C3	Corte Caja	DT	CT	SBY terz	SBR terz	Relleno C3/a		C.C.C.		C.T.N.	Ex.Ac. 100%
								95%	100%	95%	100%		
207 + 0.00	0.0	0.0	0.0	11.3	136.0	12.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0
207 + 20.00	0.0	0.0	0.0	11.8	152.9	12.4	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0
207 + 40.00	0.0	0.0	0.0	11.5	140.5	12.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7	0.0
207 + 60.00	0.0	0.0	0.0	10.7	105.0	11.8	7.1	0.0	0.0	0.2	0.0	6.9	0.0
207 + 80.00	6.0	0.0	0.0	8.0	55.2	8.5	5.3	0.0	0.0	1.7	0.0	4.9	1.7
207 + 100.00	31.7	0.0	0.0	4.3	14.4	4.4	3.0	0.0	0.0	3.2	0.0	2.5	4.1
207 + 120.00	90.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	6.7
207 + 140.00	190.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	7.1
207 + 160.00	304.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	7.1
207 + 180.00	404.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	7.1
207 + 200.00	441.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	7.1
207 + 220.00	340.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	7.1
207 + 240.00	181.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 260.00	44.6	0.0	0.2	1.0	0.0	1.0	1.2	0.0	5.8	0.0	0.0	0.1	0.0
207 + 280.00	0.0	0.0	0.0	9.7	84.1	11.9	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0
207 + 300.00	0.0	0.0	0.0	14.2	270.7	12.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.5	0.0
207 + 320.00	0.0	0.0	0.0	17.4	457.9	12.4	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0
207 + 340.00	0.0	0.0	0.0	20.2	663.9	12.3	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5	0.0
207 + 360.00	0.0	0.0	0.0	22.5	846.5	12.3	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	0.0
207 + 370.00	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
207 + 380.00	0.0	0.0	0.0	23.0	904.3	12.2	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0
207 + 400.00	0.0	0.0	0.0	24.0	979.8	12.1	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	0.0
207 + 420.00	0.0	0.0	0.0	23.0	320.2	12.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0
207 + 430.00	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
207 + 440.00	0.0	0.0	0.0	21.5	302.6	12.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0
207 + 460.00	0.0	0.0	0.0	19.7	530.6	11.9	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	13.1	0.0
207 + 480.00	0.0	0.0	0.0	16.5	435.9	12.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0
207 + 500.00	0.0	0.0	0.0	13.4	249.6	11.9	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	0.0
207 + 520.00	0.0	0.0	0.0	9.4	79.4	12.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	0.0
207 + 540.00	58.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 560.00	214.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 580.00	415.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 600.00	627.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 620.00	820.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 640.00	904.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 650.00	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
207 + 660.00	849.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 680.00	671.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMAS	6596.6	0.0	0.2	293.3	7929.5	220.4	127.8	0.0	67.7	33.4	0.0	193.4	46.0



# AREA 1 + AREA 2

CAMINO:  
 TRAMO:  
 SUBTRAMO:  
 DE KM:            A KM:

ESTACION	AREA 1 + AREA 2													
	DC	C2	C3	Corte Caja	DT	CT	SBY terz	SBR terz	Relleno Caja		C.C.C.		C.T.N.	Er.Ac Te.Co 100%
									95%	100%	95%	100%		
207 + 0.00														
207 + 20.00	0.0	0.0	0.0	0.0	23.1	288.9	24.8	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	0.0
207 + 40.00	0.0	0.0	0.0	0.0	23.3	293.4	24.8	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0
207 + 60.00	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	245.5	24.2	14.1	0.0	0.0	0.2	0.0	14.6	0.0
207 + 80.00	2.2	6.0	0.0	0.0	18.7	160.2	20.3	12.4	0.0	0.0	1.9	0.0	11.8	1.7
207 + 100.00	7.1	37.7	0.0	0.0	12.3	69.6	12.9	8.3	0.0	0.0	4.9	0.0	7.4	5.5
207 + 120.00	13.0	121.7	0.0	0.0	4.5	14.4	4.5	3.3	0.0	0.0	8.1	0.0	2.5	10.8
207 + 140.00	17.4	280.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	13.8
207 + 160.00	19.7	494.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	14.2
207 + 180.00	21.6	708.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	14.2
207 + 200.00	22.6	846.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	14.2
207 + 220.00	21.9	781.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	0.0	14.2
207 + 240.00	19.6	521.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	4.6	0.0	0.0	7.1
207 + 260.00	16.0	235.9	0.0	0.2	1.0	0.0	1.0	1.2	0.0	12.9	0.0	0.0	0.1	0.0
207 + 280.00	6.9	44.5	0.0	0.2	10.7	84.1	12.9	8.3	0.0	5.8	0.0	0.0	6.1	0.0
207 + 300.00	0.0	0.0	0.0	0.0	29.9	354.8	24.3	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.3	0.0
207 + 320.00	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6	728.6	24.8	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	0.0
207 + 340.00	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	1121.8	24.7	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	25.1	0.0
207 + 360.00	0.0	0.0	0.0	0.0	42.7	1510.4	24.6	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.5	0.0
207 + 370.00	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
207 + 380.00	0.0	0.0	0.0	0.0	45.5	1750.8	24.5	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	30.3	0.0
207 + 400.00	0.0	0.0	0.0	0.0	47.0	1584.1	24.3	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	0.0
207 + 420.00	0.0	0.0	0.0	0.0	47.0	1900.0	24.1	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	0.0
207 + 430.00	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
207 + 440.00	0.0	0.0	0.0	0.0	44.5	1722.8	24.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	29.7	0.0
207 + 450.00	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2	1433.2	23.9	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	27.5	0.0
207 + 460.00	0.0	0.0	0.0	0.0	36.2	1066.5	23.9	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	24.1	0.0
207 + 500.00	0.0	0.0	0.0	0.0	29.9	685.5	23.9	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9	0.0
207 + 520.00	0.0	0.0	0.0	0.0	22.8	329.0	23.9	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0
207 + 540.00	7.7	58.7	0.0	0.0	9.4	79.4	12.0	6.8	0.0	6.8	0.0	0.0	6.3	0.0
207 + 550.00	17.0	273.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 580.00	20.4	629.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 600.00	23.5	1042.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 620.00	26.9	1448.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 640.00	28.8	1725.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 650.00	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
207 + 660.00	29.1	1753.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
207 + 680.00	27.5	1520.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMAS	349.4	12521.6	0.0	0.4	575.3	15728.0	428.4	248.6	0.0	128.5	66.8	0.0	379.3	96.0



# V O L U M E N E S

CAMINO:  
 TRAMO:  
 SUBTRAMO:  
 DE KM.                      A KM.

ESTACION		V O L U M E N E S														
		D/2	DC	C2	C3	Corte Caja	DT	CT	SBY terr	SRR terr	Relleno Caja		C.C.C.		C. I. N.	Ex. Ac. Te. Co. 100%
											95%	100%	95%	100%		
207 + 0.00																
207 + 20.00	10	0	0	0	0	231	2869	248	141	0	0	0	0	154	0	
207 + 40.00	10	0	0	0	0	233	2934	248	141	0	0	0	0	156	0	
207 + 60.00	10	0	0	0	0	222	2455	242	141	0	0	2	0	145	0	
207 + 80.00	10	22	43	0	0	187	1602	203	124	0	0	19	0	118	17	
207 + 100.00	10	71	319	0	0	122	696	129	83	0	0	49	0	74	58	
207 + 120.00	10	130	1109	0	0	45	144	45	33	0	0	81	0	25	108	
207 + 140.00	10	174	2665	0	0	2	0	1	3	0	0	95	0	0	138	
207 + 160.00	10	197	4503	0	0	0	0	0	0	0	0	94	0	0	142	
207 + 180.00	10	216	6945	0	0	0	0	0	0	0	0	94	0	0	142	
207 + 200.00	10	226	8319	0	0	0	0	0	0	0	0	94	0	0	142	
207 + 220.00	10	219	7675	0	0	0	0	0	0	0	0	94	0	0	142	
207 + 240.00	10	196	5143	0	0	0	0	0	0	0	71	47	0	0	71	
207 + 260.00	10	160	2259	0	2	10	0	10	12	0	29	0	0	1	0	
207 + 280.00	10	69	446	0	2	107	841	128	83	0	58	0	0	61	0	
207 + 300.00	10	0	0	0	0	240	3548	243	141	0	0	0	0	155	0	
207 + 320.00	10	0	0	0	0	316	7286	248	141	0	0	0	0	211	0	
207 + 340.00	10	0	0	0	0	376	11219	247	141	0	0	0	0	250	0	
207 + 360.00	10	0	0	0	0	427	15104	246	140	0	0	0	0	285	0	
207 + 370.00																
207 + 380.00	10	0	0	0	0	455	17507	244	139	0	0	0	0	303	0	
207 + 400.00	10	0	0	0	0	470	18841	243	138	0	0	0	0	313	0	
207 + 420.00	10	0	0	0	0	470	19000	241	137	0	0	0	0	313	0	
207 + 430.00																
207 + 440.00	10	0	0	0	0	445	17228	240	136	0	0	0	0	295	0	
207 + 460.00	10	0	0	0	0	412	14332	239	135	0	0	0	0	275	0	
207 + 480.00	10	0	0	0	0	362	10665	239	136	0	0	0	0	241	0	
207 + 500.00	10	0	0	0	0	300	6855	239	136	0	0	0	0	200	0	
207 + 520.00	10	0	0	0	0	226	3290	239	136	0	0	0	0	152	0	
207 + 540.00	10	77	587	0	0	94	794	120	68	0	68	0	0	63	0	
207 + 560.00	10	170	2731	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	
207 + 580.00	10	204	6295	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	
207 + 600.00	10	238	10429	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	
207 + 620.00	10	269	14485	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	
207 + 640.00	10	288	17257	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	
207 + 650.00																
207 + 660.00	10	291	17539	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	
207 + 680.00	10	275	15206	0	0	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	
SUMAS		3492	124256	0	4	5754	157230	4282	2466	0	1285	669	0	3791	960	





# ORDENADA CURVA MASA

CAMINO:

TRAMO:

SUBTRAMO:

DE KM:

A KM:

ESTACION	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA		VOLUMEN INCREMENT. O REDUCIDO	SUMA ALGERRICA		O. C. M.	
	2	3		CORTE (+)	TERRAP. (-)	1	2
207 + 0.00						463165	82108
207 + 20.00	1.11		0	0	-2589	460276	81719
207 + 40.00	1.11		0	0	-2934	457342	81350
207 + 60.00	1.15		0	0	-2455	454887	80947
207 + 80.00	1.15		49	0	-1553	453034	80620
207 + 100.00	1.15		367	0	-329	453005	80406
207 + 120.00	1.15		1275	1131	0	454137	80350
207 + 140.00	1.15		3065	3065	0	457201	80326
207 + 160.00	1.15		5523	5523	0	462725	80326
207 + 180.00	1.15		7987	7987	0	470712	80325
207 + 200.00	1.15		9567	9567	0	480278	80326
207 + 220.00	1.15		8827	8827	0	489106	80326
207 + 240.00	1.15		5914	5914	0	495020	80255
207 + 260.00	1.15		2600	2600	0	497620	80104
207 + 280.00	1.15		515	0	-326	497294	79835
207 + 300.00	1.15		0	0	-3548	493746	79451
207 + 320.00	1.15		0	0	-7286	486460	79062
207 + 340.00	1.15		0	0	-11219	475241	78674
207 + 360.00	1.15		0	0	-15104	460137	78288
207 + 370.00	----	----	----	----	----	----	----
207 + 380.00	1.15		0	0	-17507	442630	77903
207 + 400.00	1.15		0	0	-18841	423739	77524
207 + 420.00	1.15		0	0	-19000	404739	77146
207 + 430.00	----	----	----	----	----	----	----
207 + 440.00	1.15		0	0	-17228	387561	76770
207 + 460.00	1.15		0	0	-14332	373229	76395
207 + 480.00	1.15		0	0	-10665	362564	76020
207 + 500.00	1.15		0	0	-6855	355709	75645
207 + 520.00	1.15		0	0	-3290	352419	75270
207 + 540.00	1.15		675	0	-119	352300	75014
207 + 560.00	1.15		3141	3141	0	355441	74877
207 + 580.00	1.15		7239	7239	0	362680	74740
207 + 600.00	1.15		11993	11993	0	374673	74603
207 + 620.00	1.15		16658	16658	0	391331	74466
207 + 640.00	1.15		19846	19846	0	411177	74329
207 + 650.00	----	----	----	----	----	----	----
207 + 660.00	1.15		20170	20170	0	431347	74192
207 + 680.00	1.15		17487	17487	0	448632	74055
SUMAS			142899	141145	-155479		



CAMINO _____
TRAMO _____
SUBTRAMO _____
DE Km. <u>207+000</u> A Km. <u>208+000</u>

## CANTIDADES DE OBRA

### TERRACERIAS

DESMONTE PARA DENSIDAD 100% VEGETACION TIPO		MANGLAR	SELVA O BOSQUE	ARIDAS O SEMIARIDAS	DESERTICAS O SEMIARIDAS CULTIVADAS	UNIDAD			
					6.0	has.			
DESPALME		PARA DESPLANTE DE TERRAPLENES (MATERIAL "A")		DE CORTES (MATERIAL "A")					
		9,117		4,343		m <sup>3</sup>			
EXCAVACIONES		TOTAL	EN CORTES Y ADIC.	AMPLIACION DE CORTES	ABAT. TALUDES	REBAJE CORONA CORTES Y TERRAPLEN	ESCALONES		
1.- EN MATERIAL "A" —			—					m <sup>3</sup>	
2.- EN MATERIAL "B" —			—					m <sup>3</sup>	
3.- EN MATERIAL "C" <u>149,931</u>		149,931	149,923	8				m <sup>3</sup>	
4.- MATERIAL APROVECHADO			149,923	8				m <sup>3</sup>	
5.- MATERIAL DESPERDICIAO				COJA				m <sup>3</sup>	
PRESTAMOS		TOTAL	LATERALES DENTRO DE LA FAJA DE					DE	
1.- EN MATERIAL "A" <u>5,914</u>			20 m	40 m	60 m	80 m	100 m	BANCO	m <sup>3</sup>
2.- EN MATERIAL "B" <u>22,859</u>								5,914	m <sup>3</sup>
3.- EN MATERIAL "C" —		28,573						22,859	m <sup>3</sup>
COMPACTACION		SIN CUÑA BANDEADO	CON CUÑA DE AFINAMIENTO						
1.- DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE DE TERRACERIAS					6,013				m <sup>3</sup>
2.- DE LA CAMA DE LOS CORTES						669			m <sup>3</sup>
3.- DE TERRACERIAS EXISTENTES									m <sup>3</sup>
4.- DE PAVIMENTO EXISTENTE									m <sup>3</sup>
FORMACION Y COMPACTACION									
1.- DE TERRAPLENES CON / SIN CUÑAS DE AFINAMIENTO					214,182	7,117	4,126		m <sup>3</sup>
2.- DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLENES CONSOLIDADA SOBRE MATERIAL NO COMPACTABLE									m <sup>3</sup>
3.- DE TERRAPLENES DE RELLENO PARA FORMAR LA CAPA SUBRASANTE EN CORTES							1,854		m <sup>3</sup>
4.- DE AMPLIACION DE CORONA EN TERRAPLENES EXISTENTES									m <sup>3</sup>
5.- DE ELEVACION DE SUBRASANTE EN TERRAPLENES EXISTENTES (hasta 0.30 m.)									m <sup>3</sup>
6.- DEL TENDIDO DE TALUDES EN TERRAPLENES EXISTENTES (Ex. Ac. Te. Co.)							960		m <sup>3</sup>
RECIBIDO	ACARR EOS	m <sup>3</sup> Est.	m <sup>3</sup> Hm.	m <sup>3</sup> Hm.ad.	m <sup>3</sup> a 5.0Hm	m <sup>3</sup> Hm ad.	m <sup>3</sup> -Km.	m <sup>3</sup> Km.Sub	
ENTREGADO	PROD.DE CORTE	101,673	128,923	89,328					
	PROD.DE PREST						26,700	53,401	

CAMINO: \_\_\_\_\_  
 TRAMO: \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO: \_\_\_\_\_  
 DE KM. 207000 A KM. 208000

## CALCULO DE LOS PRESTAMOS

<u>10</u>	PRESTAMO BANCO "LOS PAJAROS" DE CT CLASIF. 20 - 80 - 00		PRESTAMO DE CLASIF. - -
COMP A 100% _____ =	$m^3$ a	COMP A 100% _____ =	$m^3$ a
COMP A 95% _____ =	$m^3$ a	COMP A 95% _____ =	$m^3$ a
COMP A 90% $\frac{13,476}{1.11} = 13,942$	$m^3$ a <u>1er Km</u>	COMP A 90% _____ =	$m^3$ a
S.A. = $13,942 m^3 \times 2.0 Km. = 27,885 m^3 Km. Sub$		S.A. = $m^3 \times Hm. = m^3 Hm.$	
A = 3,095 B = 12,981 C =		A = B = C =	

<u>A</u>	PRESTAMO BANCO "LOS PAJAROS" DE SB4 CLASIF. 20 - 80 - 00		PRESTAMO DE CLASIF. - -
COMP A 100% _____ =	$m^3$ a	COMP A 100% _____ =	$m^3$ a
COMP A 95% $\frac{2117}{1.05} = 6,778$	$m^3$ a <u>1er Km</u>	COMP A 95% _____ =	$m^3$ a
COMP A 90% _____ =	$m^3$ a	COMP A 90% _____ =	$m^3$ a
S.A. = $6,778 m^3 \times 2.0 Km. = 13,556 m^3 Km. Sub$		S.A. = $m^3 \times Hm. = m^3 Hm.$	
A = 1,423 B = 5,294 C =		A = B = C =	

<u>A</u>	PRESTAMO BANCO "LOS PAJAROS" DE SBR CLASIF. 20 - 80 - 00		PRESTAMO DE CLASIF. - -
COMP A 100% $\frac{5,980}{1.0} = 5,980$	$m^3$ a <u>1er Km</u>	COMP A 100% _____ =	$m^3$ a
COMP A 95% _____ =	$m^3$ a	COMP A 95% _____ =	$m^3$ a
COMP A 90% _____ =	$m^3$ a	COMP A 90% _____ =	$m^3$ a
S.A. = $5,980 m^3 \times 2.0 Km. = 11,960 m^3 Km. Sub$		S.A. = $m^3 \times Hm. = m^3 Hm.$	
A = 1,196 B = 4,784 C =		A = B = C =	

	PRESTAMO DE CLASIF. - -		PRESTAMO DE CLASIF. - -
COMP A 100% _____ =	$m^3$ a	COMP A 100% _____ =	$m^3$ a
COMP A 95% _____ =	$m^3$ a	COMP A 95% _____ =	$m^3$ a
COMP A 90% _____ =	$m^3$ a	COMP A 90% _____ =	$m^3$ a
S.A. = $m^3 \times Hm. = m^3 Hm.$		S.A. = $m^3 \times Hm. = m^3 Hm.$	
A = B = C =		A = B = C =	

<b>PRESTAMOS</b>	CLASIFICACION	MATERIAL "A"	MATERIAL "B"	MATERIAL "C"	TOTAL			
		<u>5,774</u>	<u>22,839</u>		<u>28,573</u>			
	DENTRO DE LA FAJA DE	20 m.	40 m.	60 m.	80 m.	100 m.	DE BANCO	
							<u>28,573</u>	
	ACARREOS PARA TERRACERIAS	$m^3$ Est.	$m^3$ Hm.	$m^3$ Hm.ad.	$m^3$ a 5.0 Hm	$m^3$ Hm.ad.	$m^3$ Km.	$m^3$ Km.Sub
							<u>26,900</u>	<u>53,401</u>

CAMINO \_\_\_\_\_  
 TRAMO \_\_\_\_\_  
 SUBTRAMO \_\_\_\_\_  
 DE Km. 207+000 A Km. 208+000

## CALCULO DE SOBRECARREROS

- |  |           |
|--|-----------|
| $(5) \frac{5,984 \text{ m}^3}{1.11} \times 4.5 \text{ Est} = 24,416 \text{ m}^3 \text{ Est}$                     | ( ) _____ |
| $(6) \frac{10,741 \text{ m}^3}{1.15} \times 4.5 \text{ Est} = 42,030 \text{ m}^3 \text{ Est}$                    | ( ) _____ |
| $(7) \frac{33,329 \text{ m}^3}{1.15} \times 1.0 \text{ Hm} = 28,892 \text{ m}^3 \cdot 1^{\text{er}} \text{ Hm}$  | ( ) _____ |
| $(8) \frac{111,326 \text{ m}^3}{1.15} \times 1.0 \text{ Hm} = 97,031 \text{ m}^3 \cdot 1^{\text{er}} \text{ Hm}$ | ( ) _____ |
| $(8) \frac{111,326 \text{ m}^3}{1.15} \times 0.9 \text{ Hm} = 87,328 \text{ m}^3 \text{ Hm} \text{ ADC}$         | ( ) _____ |
| $(9) \frac{13,255 \text{ m}^3}{1.15} \times 2.8 \text{ Est} = 33,247 \text{ m}^3 \cdot \text{Est}$               | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |
| ( ) _____  | ( ) _____ |

ACARREO PARA TERRACERIAS	m <sup>3</sup> Est.	m <sup>3</sup> Hm.	m <sup>3</sup> Hm. ad	m <sup>3</sup> a 50 Hm	m <sup>3</sup> Hmad	m <sup>3</sup> Km	m <sup>3</sup> Km Sub
		101,679	125,223	17,328			

#### **4) OBRAS DE DRENAJE**

CAMINO :  
TRAMO :  
SUBTRMO :  
ORIGEN :  
KM. : 207+400.00

ALCANTARILLA DE  
2TC-1.20 m.φ

CALCULO  
REVISO

C A L C U L O D E L O N G I T U D D E O B R A

LOCALIZACION

CRUCE NORMAL 0 ° 0 ' en TRANS. Esc. hacia la IZQ.

D A T O S D E T E R R A C E R I A S

S E C C I O N N O R M A L

SubrEle=2049.52 m E.de rev.= 0.4 m Esp.de la carp= 0 m  
R. calc=2049.92 m R.del cam= 2049.92 m Pen.del camino= 0.4 %  
Y1= 10.5 m W1= 2.58 %  
Semi-coronas Sobre elevaciones  
Y2= 10.82 m W2= -2.58 %

SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA OBRA

X1= 0 m Tan e = 0 X2= 0 m  
C1= 10.5 m Cos e = 1 Tn= 1.5 X1 C2= 10.82 m  
R1= 2049.92 m Sen e = 0 K= 0 R2=2049.92 m  
H1= 2050.19 m H2=2049.64 m  
Cos e-K= 1 Cos e-K= 1  
T1= 1.5 X1 T2= 1.5 X1

L O N G I T U D D E O B R A

pend. S =7.5 % Esp.superestructura= 0.125 m  
Plantilla Atura de la obra= 1.2 m  
Elevacion (CL ) Desp = 2031.05 m altura de b= 0.3 m

1/T1= 0.66667 M = 1.5 Q= 0.34 1/T2=0.66667  
1/T1-S= 0.59167 M1 = 1.4745 M2= 1.5255 1/T2-S=0.74167  
F1 = 2031.74 m F'1= 2032.52 F'2=2032.58 F2=2033.39 m  
h1 = 18.4539 m Q' = 0.34 Q'S= 0.0255 h2=16.2538 m  
d1 = 31.1897 m L' = 75.105 d2=21.9153 m  
L1 = 42.0297 m LT = 75.4153 L2=33.0753 m  
ALFA= 1.00281 BETA=0.09938 m

61 Tramos de 125 cms long.total= 76.25 m Dif= 0.8347 m  
CORRECCION POR TALUD

AJUSTE A NUMERO CERRADO DE TRAMOS DE TUBO

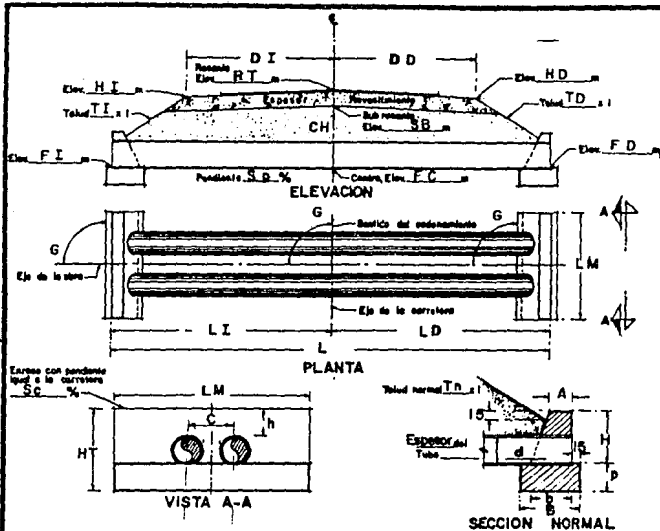
T1 = 1.52358 X1 TA=1.52358 X1 T2 =1.52358 X1  
h'1= 18.4539 m T1+T2= h'2=16.2538 m  
d'1= 31.7432 m L'2=75.9373 m d'2=22.2244 m  
L1 = 42.5832 m LT=76.2499 m L'2=33.3844 m  
LT1= 42.568 m LT2=33.3693 m  
ELEVACIONES SAL.ELEV=2027.86 m ENT. ELEV. =2033.55 m

D A T O S C O M P L E M E N T A R I O S

COLCHON 17.545 m Clas.del terreno (00-00-100)Alt.prom= m

NOTAS





- DIH. SECC. TRANS  
 DI = 1050 CM.  
 DD = 1082 CM.  
 L = 7594 CM.  
 LI = 4257 CM.  
 LD = 3337 CM.  
 DIMS. DE MURO  
 LH = 740 CM.  
 A = 30 CM.  
 b = 80 CM.  
 B = 110 CM.  
 V = 15 CM.  
 H = 165 CM.  
 p = 50 CM.  
 Ht = 215 CM.  
 h = 45 CM.  
 C = 210 CM.  
 TUBO  
 d = 120 CM.  
 ESPESOR = 12.5 CM.  
 COLCHON  
 CH = 1755 CM.

ELEVACIONES	PENDIENTES	NOTAS:
HI = 2050.19 m.	Sp = 7.50 ‰	- Canales de entrada y de salida a juicio del
HD = 2049.64 m.	Sc = 0.40 ‰	Ing. Residente, la excavación no incluye los
RT = 2049.92 m.		canales.
SB = 2049.52 m.	TALUDES	- Compactar al 95 % el relleno bajo el tubo.
FI = 2027.86 m.	TN = 1.50 X1	
FC = 2031.05 m.	T1 = 1.52 X1	
FD = 2033.55 m.	T2 = 1.52 X1	

G = 90 ° 0'

- NIVELES  
 NI30.00=2029.12 m.  
 NI40.00=2028.53 m.  
 ND20.00=2032.51 m.  
 ND30.00=2033.34 m.

NOTAS:  
 LOCALIZACION: Sobre trazo hecho en \_\_\_\_\_ por  
 CARGAS: Carga viva tipo H20-S 16 CONCRETO  
 TUBOS: Serán de \_\_\_\_\_  
 MUROS: Serán de mampostería de 3ª clase con mortero de cemento 1:5. El desplante se hará en \_\_\_\_\_ capaz de una fatiga de trabajo de \_\_\_\_\_ Kg/cm² para ello se podrá variar su elevación a juicio del Ing. Residente hasta en ± 20 cm. modificando únicamente el espesor del cemento. Los coronamientos llevarán un chapeo de 3 cm. de espesor con mortero de cemento 1:5

DIMENSIONES: en centímetros. Elev. en mts. referidos al B.N. 208-1 S/Var. en raíz de Palma a 78.00 m. a la Der. de la estación 207+005.00 cuya elev. es 2036.271 m.

ESPECIFICACIONES: rigen los de la SCT

MATERIALES			
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	
Tubo de φ = 1.2 m.	152.50	m.	
Tramos de 1.25 m.	122.00	pzs	
Excavación	86	m3	
Clasificación (00-00-100)			
Mampostería de 3ª clase con mortero de cemento 1:5	17.6	m3	
MODIFICACIONES EN LA CONSTRUCCION			

CARRETERA:	
TRAMO:	
SUBTRAMO:	
ORIGEN:	
KILOMETRO:	207+400.00
ALCANTARILLA DE 2 TUBOS DE CONCRETO φ = 1.2 m NORMAL EN TRANS.	
Jefe de Sección	Jefe de Oficina
Proyecto	
México DF	Hoja No. de No. C.

CAMINO :	ALCANT. DE 2TC-1.20 m.
TRAMO :	
SUBTRMO:	
ORIGEN :	CALCULO:
KM. : 207+400.00	REVISO :

C A N T I D A D E S   D E   O B R A

L. DE OBRA=75.93727	m	V.de mamp x muro=	8.80 m3
DIAMETRO=	1.20 m	Tubos sencillos=	0 Pz
b =	0.8 m	Tubos dobles =	122.00 Pz
v =	0.15 m		
B =	1.1 m		
LM =	7.4 m		
Ht =	0.2 m		
C =	2.1 m		
# DE MUROS=	2 Pzas.		
Hm =	0.8 m	tc=	0.50

EXCAVACION EN LA PLANTILLA

BT=	4.15	m
LT=	73.54	m
VT=	61.04	m3

EXCAVACION EN MUROS

BM=	2.00	m
LM=	15.80	m
VM=	25.28	m3

RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA

NUM.DE TUBOS=	122.00	DE CONCRETO DE	1.25 m
VOL.DE MAMP.=	17.60	m3	
VOL. DE EXC.=	86.32	m3	

NOTAS :

CAMINO :  
 TRAMO :  
 SUBTRMO:  
 ORIGEN :  
 KM. : 207+822.50

ALCANTARILLA DE  
 TC-1.05 m.φ

CALCULO  
 REVISO

C A L C U L O D E L O N G I T U D D E O B R A

LOCALIZACION  
 CRUCE NORMAL 0 ° 0 ' en TRANS. Esc. hacia la IZQ.

D A T O S D E T E R R A C E R I A S  
 S E C C I O N N O R M A L

SubrEle=2070.02 m E.de rev.= 0.4 m Esp.de la carp= 0 m  
 R. calc=2070.42 m R.del cam= 2070.42 m Pen.del camino= 3.6 %  
 Y1= 10.71 m W1= -2 %  
 Semi-coronas Sobre elevaciones  
 Y2= 10.5 m W2= 1.42 %

SECCION DE LAS TERRACERIAS SEGUN EL EJE DE LA OBRA

X1= 0 m Tan e = 0 X2= 0 m  
 C1= 10.71 m Cos e = 1 Tn= 1.5 X1 C2= 10.5 m  
 R1= 2070.42 m Sen e = 0 K= 0 R2=2070.42 m  
 H1= 2070.21 m H2=2070.57 m  
 Cos e-K= 1 Cos e-K= 1  
 T1= 1.5 X1 T2= 1.5 X1

L O N G I T U D D E O B R A

pend. S = 14 % Esp.superestructura= 0.115 m  
 Plantilla Atura de la obra= 1.05 m  
 Elevacion (CL ) Desp = 2062.35 m altura de b= 0.3 m

1/T1= 0.66667 M = 1.35 Q= 0.34 1/T2=0.66667  
 1/T1-S= 0.52667 M1= 1.3024 M2= 1.3976 1/T2-S=0.80667  
 F1= 2062.15 m F'1= 2063.65 F'2=2063.75 F2=2065.22 m  
 h1 = 8.0528 m Q' = 0.34 Q'S= 0.0476 h2= 5.3515 m  
 d1 = 15.2901 m L' = 43.8142 d2=6.63409 m  
 L1 = 26.3401 m LT = 44.4046 L2=17.4741 m  
 ALFA= 1.00975 BETA= 0.1631 m  
 36 Tramos de 125 cms long.total= 45 m Dif=0.59539 m

CORRECCION POR TALUD

AJUSTE A NUMERO CERRADO DE TRAMOS DE TUBO

T1 = 1.54073 X1 TA=1.54073 X1 T2 =1.54073 X1  
 h'1= 8.0528 m T1+T2= h'2= 5.3515 m  
 d'1= 15.8196 m L''2= 44.403 m d'2=6.78228 m  
 L1 = 26.8696 m LT=44.9991 m L'2=17.6223 m  
 LT1= 26.8251 m LT2=17.5779 m  
 ELEVACIONES SAL.ELEV.=2058.59 m ENT. ELEV. =2064.81 m

D A T O S C O M P L E M E N T A R I O S

COLCHON 6.905 m Clas.del terreno (00-00-100)Alt.prom= m

NOTAS



CAMINO :  
TRAMO :  
SUBTRMO :  
ORIGEN :  
KM. : 207+822.50

ALCANT. DE TC-1.05 m.φ  
CALCULO :  
REVISO :

C A N T I D A D E S D E O B R A

L. DE OBRA=	44.403	m	V.de mamp x muro=	5.42	m3
DIAMETRO=	1.05	m	Tubos sencillos=	36	Pz
b =	0.75	m	Tubos dobles =	0.00	Pz
v =	0.15	m			
B =	1.05	m			
LM =	4.7	m			
Ht =	0.2	m			
C =	0	m			
# DE MUROS=	2	Pzas.			
Hm =	0.9	m	tc=	0.50	

EXCAVACION EN LA PLANTILLA

BT=	1.88	m
LT=	42.10	m
VT=	15.83	m3

EXCAVACION EN MUROS

BM=	2.00	m
LM=	10.40	m
VM=	18.72	m3

RESUMEN DE CANTIDADES DE OBRA

NUM.DE TUBOS=	36.00	DE CONCRETO DE	1.25	m
VOL.DE MAMP.=	10.84	m3		
VOL. DE EXC.=	34.55	m3		

NOTAS :

## 5) PLANOS

N.S. EN. METROS.

2050  
2060  
2070  
2080  
2090

AZAC: 286° 09' 26"  
T=46.84m

ST. 2561300.00

TE. 12051846.64

FC. 2051355.18

SC. 2051300.00

EC. 207329.47

PI = 207 + 150.918	Xc = 108.845 m
ATI = 36° 14' 52.97" Dir	Yc = 12.092 m
GEV = 28° 04' 23"	B = 1.047 m
SE = 1° 30"	D5 = 1.1 m
RE = 261.047 m	A = 5.149 m
SIC = 304.754 m	TL = 72.672 m
LE = 334.307 m	TC = 36.365 m
47109.000 m	

B2,108

497,350

O.C.M. E

DH = 104 m

469,985

DH = 98 m

464,001

O.C.M. ESC. HOR. 1 CM. = 20m  
VER. 1 CM. = 2,000 m<sup>3</sup>

1) S.A. 5,984 x 4.9 Est. = 26,418 m<sup>3</sup> - Est. 1.11

6) S.A. 10,741 x 4.5 Est. = 42,030 m<sup>3</sup> - Est. 1.17

7) S.A. 33,329 x 1.0 Hm. = 28,982 m<sup>3</sup> - Est. 1.15

DH = 90 m

G

453,260

FCV-207 + 170.00  
Elev. 2048.49 m

PI+207+250.918  
 AT+36°14'32.97"De  
 BE+28°04'23"  
 DE+1°30"  
 RE+763.947 m  
 SI+304.754 m  
 LE+374.307 m  
 L+103.000 m  
 % = 108.945 h  
 M = 2.592 h  
 DE = 04° 05' 15"  
 IC = 1.931 m  
 P = -0.649  
 TL = 72.872 m  
 CC = 3.6.305 m

PC+207+329.471

PI+207+241.621

Tang = 399.260 m  
 AZAC = 32° 24' 19"

DIAGRAMA DE PRESTAMO DE BANCO PARA  
 CAPA SUBYACENTE Y CAPA SUBRASANTE

# 2,108

O.C.M. ESC.  
 HOR. ICM = 50 m  
 VER. ICM = 2,000 m

PRESTAMO DE BANCO LOS PAJAROS UBICADO EN EL  
 KM 210+420 A 100m. D/D PARA CAPA SUBYACENTE  
 Y CAPA SUBRASANTE

VOL. COMP. 95% = 7,117 = 5,778 m³  
 1.05

VOL. COMP. 100% = 3,990 = 5,990 m³  
 1.00

CAPA SUBYACENTE  
 6 778 A 1.0 KM = 5 778 m³/KM  
 6 778 x 2.0 KM = 13 556 m³-Km sub.

CAPA SUBRASANTE  
 5 990 x 1.0 KM = 5 990 m³-KM  
 5 990 x 2.0 KM = 11 980 m³-Km sub.

PI+208+058.549  
 AC+127°09'51.74"  
 CC+107°45"  
 RC+1523.893 m  
 ST+250.519 m  
 LC+1457.568 m

**BANCO DE**  
 A 100 m Del de  
 Capas Subyacentes  
 1) 1.0 50 m. Su  
 2) 1.00-00-25  
 2) 9.00 m. Gr  
 de fragment  
 Clasificaci  
 Volumen: compactado

497,330

DM = 10.4 m T

4.81 m

2.720 m

100 m D/D

BANCO "LOS PAJAROS"

69,011

PIV 207+650.00

Elev: 2067.53 m

PIV 207+740.00

Elev: 2065.31 m

PCV 207+800.00

Elev: 2065.75 m

PIV 207+800.00

Elev: 2071.71 m

PIV 207+900.00

Elev: 2077.31 m

O.C.M. ESC.  
 HOR. ICM = 20m  
 VER. ICM = 2,000 m³

PCV 207+1300.00

Elev: 2048.36 m

PIV 207+500.00

Elev: 2046.33 m

PIV 207+410.00

Elev: 2041.29 m

PIV 207+900.00

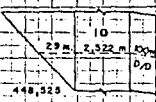
Elev: 2058.15 m

DIAGRAMA DE PRESTAMO PARA  
 CUERPO DE TERRAPLEN

PRESTAMO DE BANCO "LOS PAJAROS" UBICADO EN  
 KM 210+420 A 100m. D/D PARA CUERPO DE  
 PLEN.

Vol. comp. a 90% = 15 476 = 13 942 m³  
 1.11

CUERPO DE TERRAPLEN  
 13 942 x 1.0 KM = 13 942 m. -K  
 -1) 8 A = 13 942 x 2.0 KM = 27 885 m. -Km



BANCO LOS PAJAROS

1:1



399.60 m.  
325.24 19'  
PMU ANTE.  
KM 208+00  
KM 210+20

PRESTAMO DE BANCO LOS PAJAROS UBICADO EN EL  
KM 210+420 A 100m. D.D PARA CAPA SUBYACENTE  
Y CAPA SUBRASANTE

VOL. COMP. 90% =  $\frac{7,117}{1.05} = 6,778 \text{ m}^3$   
VOL. COMP. 100% =  $\frac{5,980}{1.00} = 5,980 \text{ m}^3$

CAPA SUBYACENTE  
5,778 x 1.0 KM = 5,778 m<sup>3</sup> - 1<sup>er</sup> KM  
6,778 x 2.0 KM = 13,556 m<sup>3</sup> - 2<sup>do</sup> KM sube.

CAPA SUBRASANTE  
5,980 x 1.0 KM = 5,980 m<sup>3</sup> - 1<sup>er</sup> KM  
5,980 x 2.0 KM = 11,960 m<sup>3</sup> - 2<sup>do</sup> KM sube.

PI = 2014 055.349  
AC = 177.09 x 1.78  
CC = 107.45 x 1.1  
RC = 127.833 m  
ST = 230.510 m  
LC = 457.658 m

**BANCO DE PRESTAMO "LOS PAJAROS"**  
A 100 m. Del de Estación 210+420.00 Para Capa de Terraplen  
Capa Subyacente y Subrasante  
1.- 0.30m. Suave regular, Despeque, Clasificación: 00-00-00  
2.- 4.00m. Grava arcillosa muy compactada con 5% de fragmentos chicos (6C) C.V.V. 111-105-10  
Clasificación: 20-80-00  
Volumen: aproximado: 20,000 m<sup>3</sup>

09.011  
PIV 207+630.00  
Elev: 2084.53 m

PIV 207+740.00  
Elev: 2043.2 m

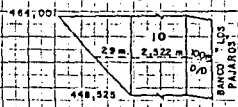
P.C.V. 207+800.00  
Elev: 2009.77 m

PIV 207+860.00  
Elev: 2071.7 m

PIV 207+920.00  
Elev: 2075.31 m

PSL 208+200.00  
Elev: 2092.11 m

DIAGRAMA DE PRESTAMO PARA CUERPO DE TERRAPLEN



PRESTAMO DE BANCO "LOS PAJAROS" UBICADO EN EL  
KM 210+420 A 100m. D.D PARA CUERPO DE TERRAPLEN.

Vol. comp. a 90% =  $\frac{13,476}{1.11} = 13,942 \text{ m}^3$

CUERPO DE TERRAPLEN  
13,942 x 1.0 KM = 13,942 m<sup>3</sup> - 1<sup>er</sup> KM  
10 x A = 13,942 x 2.0 KM = 27,885 m<sup>3</sup> - 2<sup>do</sup> KM sube.

ELEVACION

2040

2030

2020

PLU 206 = 900,00  
F. Tr = 207,99 m

+3.0 %  
570 m

464,00'

O. de A.  
206+912.95

O. de A.  
207+400

78 206 - 1.5/Vorilla en ruta de Palma  
# 78.00 m. Dm. Est = 207+003  
Elev. Prev. = 2036.271 m

LIGA CON TRAMO 206+000 - 207+000

TERRACERIAS

ELEVACIONES	ESPORES		GEOMETRICOS		VOLUMENES		COEF. VARIABILIDAD VOLUMETRIX	CLASIFICACION PRESUPUESTO	CLASIFICACION GEOLOGICA
	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	CORTE			
2023.94	2019.96	3.98					1, 11 - 1.05 - 1.00	1 - 0.30 m. Suelo vegetal, Despalme, Clasificación 100-00-00	
2024.69	2021.99	3.70						2 - Indef. Grava grujosa muy compacta con 5% de fragmentos de (Gc) Corcaolada C.V.V. 1.11, 1.05, 1.00. Clasil. 10-80-00	
2025.63	2021.99	3.66							
2025.93	2022.99	2.96							
2025.82	2022.99	1.83							
2025.43	2024.99	0.20							
2025.05	2026.99	0.94							
2024.61	2026.99	2.38							
2024.96	2027.99	3.03							
2025.26	2028.99	3.73							
2025.43	2029.99	4.56							
2024.11	2030.99	4.89			0	3.278			
2022.42	2031.99	4.57			0	3.323			
2025.33	2032.99	3.46			0	2.838			
2032.30	2033.99	1.69							
2033.31	2034.99	0.52							
2033.04	2035.99	3.03							
2043.45	2036.99	6.16							
2046.16	2037.99	10.17							
2051.96	2038.99	12.97							
2054.18	2039.99	14.37							
2052.66	2040.99	11.60							
2048.80	2041.99	6.61							
2044.78	2042.99	2.79							
2040.47	2043.99	3.92							
2037.43	2044.99	7.36							
2034.72	2045.99	11.24							
2032.13	2046.99	14.44							
2030.72	2047.99	17.37							
2030.93	2048.00	18.03							
2030.91	2048.04	12.13							
2032.33	2048.20	18.87							

8

9

207+000

1

2

5

4





40 30 20 10 0 10 20 30 40 40

11.04 10.38  
0.54 10.80

10.80 11.40 12.40  
10.30 0.90 1.00

Dc = 8.1  
C2 = 90.0  
D1 = 0.2  
SBY = 0.1  
SBR = 0.3  
CCC 95% = 4.9  
Ex. Ac. Tr. Co. = 6.7

1.5%  
-7.30%  
-7.30%  
1.5%

207+120  
Tn=2038.01  
SBR=2033.88  
C=3.04

S = 0.90

11.04 10.80  
0.54 10.30

10.80 11.40 12.40  
10.30 0.90 1.00

Dc = 4.9  
C2 = 31.7  
D1 = 6.3  
C1 = 14.4  
SBY = 4.4  
SBR = 3.0  
CCC 95% = 3.2  
CTN = 2.8  
Ex. Ac. Tr. Co. = 4.1

1.5%  
-7.30%  
-7.30%  
1.5%

207+100  
Tn=2038.01  
SBR=2034.88  
C=0.52

S = 0.90

11.04 10.80  
0.54 10.50

10.80 11.40 12.40  
10.30 0.90 1.00

Dc = 2.2  
C2 = 6.0  
D1 = 8.0  
C1 = 55.2  
SBY = 4.5  
SBR = 0.3  
CCC 95% = 1.7  
CTN = 4.9  
Ex. Ac. Tr. Co. = 1.7

Sg = 0.34

1.5%  
-7.30%  
-7.30%  
1.5%

207+080  
Tn=2032.30  
SBR=2033.88  
T=1.68

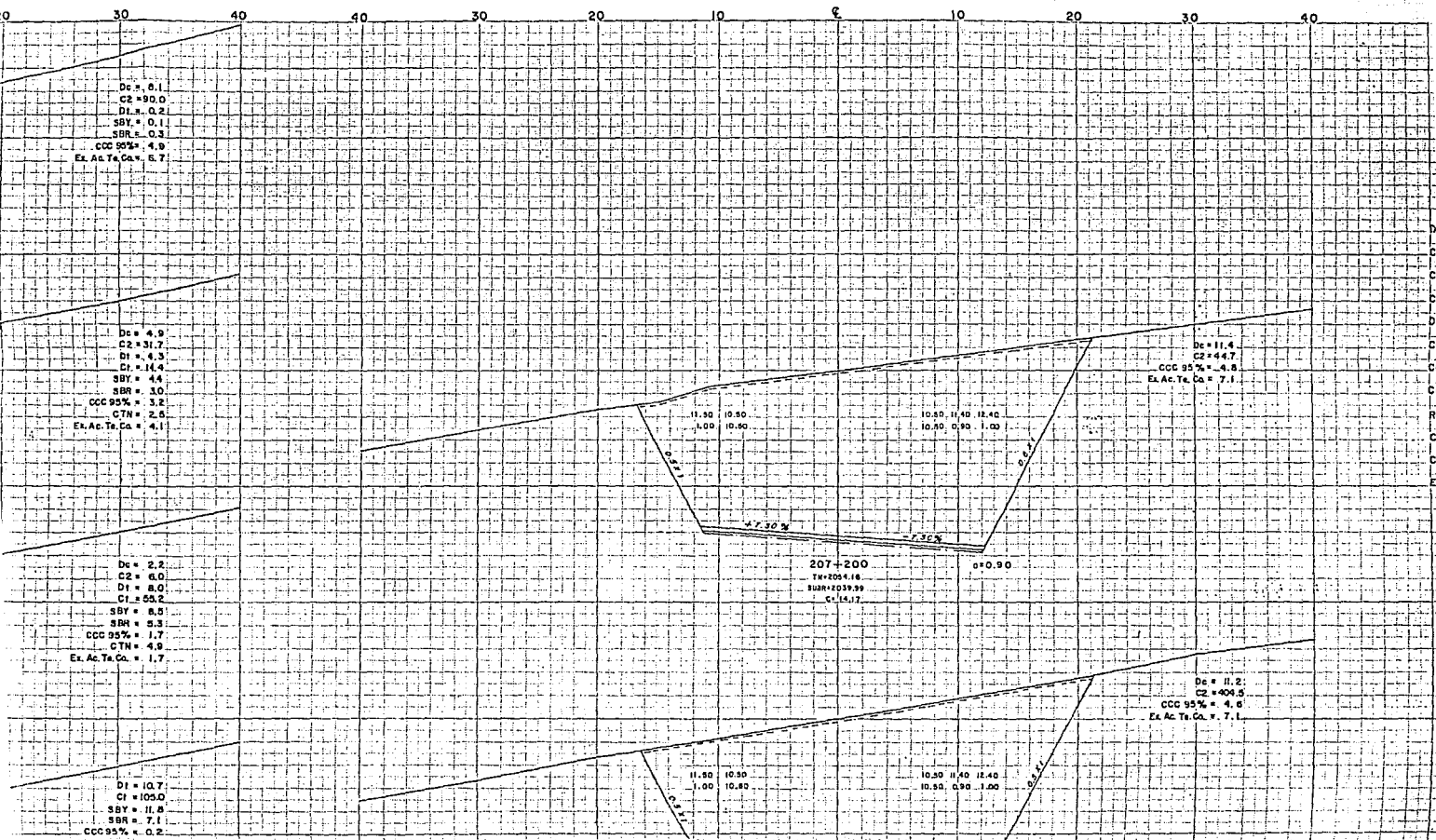
S = 0.90

11.04 10.80  
0.54 10.88

10.80 11.40 12.07  
10.90 0.90 0.87

D1 = 10.7  
C1 = 105.0  
SBY = 11.8  
SBR = 7.1  
CCC 95% = 0.2

1.5%  
-7.30%  
-7.30%  
1.5%



Dc = 8.1  
 C2 = 90.0  
 D1 = 0.2  
 SBY = 0.1  
 SBR = 0.3  
 CCC 95% = 4.0  
 Ex. Ac. Te. Co. = 6.7

Dc = 4.9  
 C2 = 31.2  
 D1 = 4.3  
 C1 = 14.4  
 SBY = 4.4  
 SBR = 3.0  
 CCC 95% = 3.8  
 CTN = 2.6  
 Ex. Ac. Te. Co. = 4.1

Dc = 2.2  
 C2 = 6.0  
 D1 = 8.0  
 C1 = 55.2  
 SBY = 8.0  
 SBR = 8.3  
 CCC 95% = 1.7  
 CTN = 4.9  
 Ex. Ac. Te. Co. = 1.7

D1 = 10.7  
 C1 = 109.0  
 SBY = 11.8  
 SBR = 7.1  
 CCC 95% = 0.2

Dc = 11.4  
 C2 = 44.7  
 CCC 95% = 4.8  
 Ex. Ac. Te. Co. = 7.1

Dc = 11.2  
 C2 = 404.5  
 CCC 95% = 4.8  
 Ex. Ac. Te. Co. = 7.1

207+200  
 TW=2054.16  
 BUR=2039.99  
 CL=15.17

0+0.90

11.50 10.50  
1.00 10.90

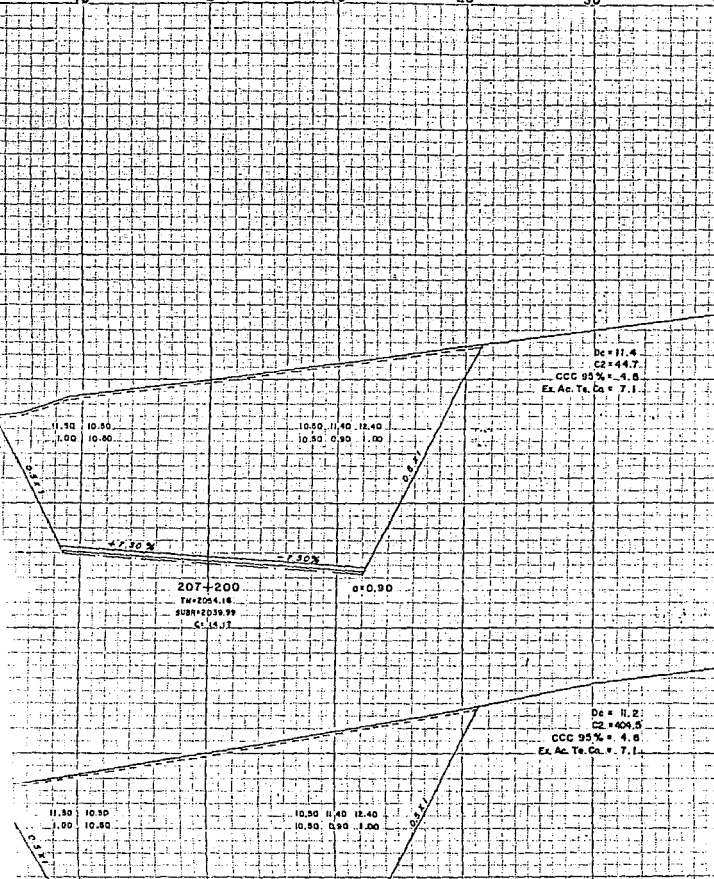
10.50 11.40 12.40  
10.90 0.90 1.00

11.50 10.50  
1.00 10.90

10.50 11.40 12.40  
10.90 0.90 1.00

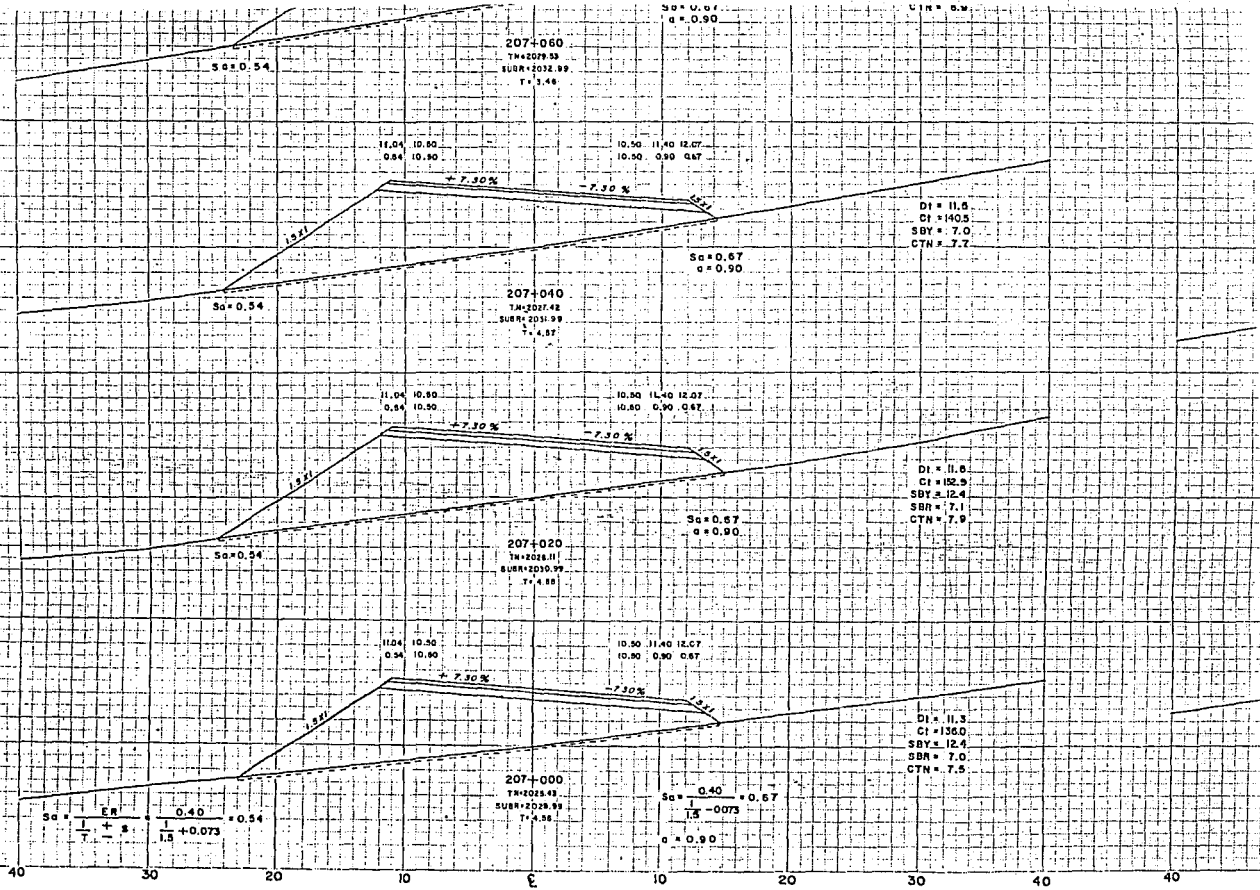
D  
 Cl  
 Ct  
 Cc  
 Cu  
 Cn  
 Co  
 Col  
 Rai  
 Con  
 Con  
 Excr

10      20      30      40



## SIMBOLOGIA

CONCEPTO	NOMENCLATURA	ESPESOR
Despalme en corte	Dc	0.30m
Corte en estrato No. 2	C2	Variable
Corte en estrato No. 3	C3	Variable
Corte en caja		Variable
Despalme en terraplén	Dt	0.30m
Cuerpo de terraplén	Ct	Variable
Capa subyacente	SBY	Variable
Capa subsanante	SBR	0.30m
Relleno de caja		Variable
Compactación de la cama de las cortas	CCC	0.20m
Compactación de terreno natural	CTN	0.20m
Excavación, acamellonada, tendido y compactado	Ex. Ac. Te. Co.	0.30m





LEN = 6.0

DI = 11.5  
CI = 110.5  
SBY = 7.0  
CTN = 7.7

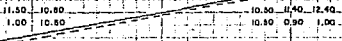
DI = 11.9  
CI = 112.9  
SBY = 12.4  
SBR = 7.1  
CTN = 7.9

DI = 11.3  
CI = 136.0  
SBY = 12.4  
SBR = 7.0  
CTN = 7.6



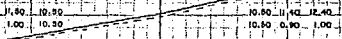
207+180  
TM=205196  
SUBM=2028.99  
C=12.87

0+0.90



207+160  
TM=204484  
SUBM=2037.99  
C=10.17

0+0.90



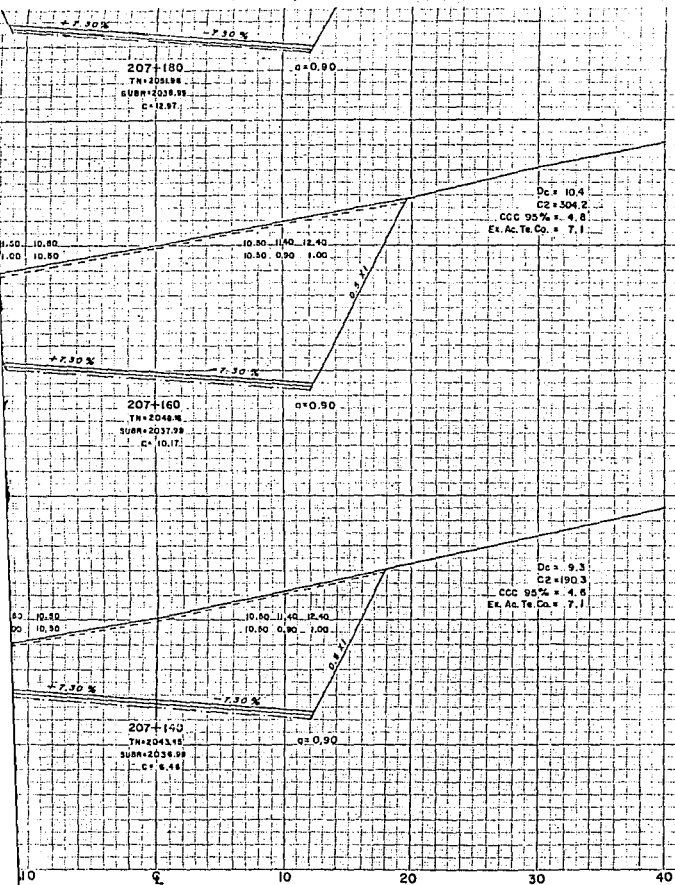
207+140  
TM=204346  
SUBM=2036.99  
C=8.48

0+0.90

Dc = 10.4  
C2 = 504.2  
CCC 95% = 4.8  
Eq. As. Te Co. = 7.1

Dc = 9.3  
C2 = 190.3  
CCC 95% = 4.6  
Eq. As. Te Co. = 7.1

30 40 40 30 20 10 0 10 20 30 40



**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS PROFESIONAL  
 "TRABAJOS NECESARIOS PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"  
 SECCIONES DE CONSTRUCCION

**CONCLUSIONES  
Y  
RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Como pudo observarse en el desarrollo de esta tesis, el proyecto geométrico de una carretera no es complejo, aunque si requiere de la intervención de especialistas en las diferentes ramas de la ingeniería, como son : la Geología, la Topografía y por supuesto la Ingeniería Civil.

Es por ello que el ingeniero encargado del proyecto deberá tener conocimientos de las áreas antes mencionadas, para poder interpretar de forma adecuada la información proporcionada por dichos especialistas.

Los trabajos preliminares que se abordaron aquí son los requeridos para la elaboración del proyecto geométrico de una carretera, pero eso no quiere decir que actualmente en nuestro país no se construyan carreteras sin la realización de éstos.

Generalmente estos caminos son del tipo "C" y "D" y son utilizados en distritos de riesgo, para la construcción y conservación de líneas de conducción de agua potable y de canales, y para la penetración a zonas rurales.

Es requisito indispensable que el ingeniero proyectista conozca las especificaciones que rigen actualmente en nuestro país, por esa razón se expusieron en forma general estos lineamientos, así como los criterios utilizados usualmente.

Una buena ejecución de los trabajos y estudios preliminares, así como un buen manejo de las especificaciones nos dará como resultado la obtención de un proyecto equilibrado.

## RECOMENDACIONES

### 1) DE LA CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA

Para la selección del tipo de carretera con fines de proyecto se observará lo siguiente:

a) Con base en el TDPA para el horizonte de proyecto, el cual no será mayor de veinte ( 20 ) años, se adoptará uno de los tipos de carretera establecidos.

b) Deberá tomarse en cuenta que a lo largo de la carretera en proyecto podrán existir tramos con volúmenes de tránsito muy diferentes. En tales casos, se deberá contar con los datos del inciso a) para proyectar cada tramo de acuerdo al tipo de carretera que corresponda.

c) Cuando el TDPA estimado para el horizonte de proyecto, sea similar o coincida con alguno de los límites establecidos para clasificar los diferentes tipos de de carretera y se presente en consecuencia un caso de frontera, se deberá seleccionar el tipo de carretera de rango inferior.

d) En algunos casos de frontera y cuando las condiciones particulares lo ameriten, para decidir el tipo de carretera, es recomendable efectuar evaluaciones operacionales y económicas que contemplen tanto los costos de construcción de la obra, como los correspondientes a la operación y conservación de la misma. Eventualmente se podrán considerar estrategias de construcción de tipo evolutivo, contemplando la posibilidad de pasar de un tipo de carretera a otro de rango superior.

Para la determinación de las características de la carretera, se observará lo siguiente:

a) En lo que se refiere a la configuración del terreno, se conviene en clasificarlo como sigue:

- TERRENO TIPO PLANO.- Aquel cuyo perfil causa pendientes longitudinales uniformes y generalmente de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula.

- TERRENO TIPO LOMERIO.- Aquel cuyo perfil longitudinal presenta en sucesión cimas y depresiones de cierta magnitud con pendiente transversal no mayor de cuarenta y cinco (45) por ciento.

- TERRENO TIPO MONTAÑOSO.- Aquel que tiene pendientes transversales mayores de cuarenta y cinco ( 45 ) por ciento.

La clasificación del terreno se definirá no solamente por la configuración topográfica general, sino por las características que el terreno imprime a la carretera, tanto por lo que se refiere a su geometría, como a la magnitud de sus movimientos de tierra; como puede ser el caso de una carretera localizada en un parteaguas de zona montañosa en donde el terreno pudiera clasificarse como plano o como lomerío.

La velocidad de proyecto, se seleccionará de acuerdo a la severidad de las condiciones topográficas y a la función de la carretera. Cuando la magnitud de los volúmenes de tránsito lo ameriten, se requiere hacer análisis económicos para determinar la velocidad de proyecto óptima.

Cuando en el proyecto, por razones topográficas, se pase de un tramo de alta velocidad a otro de baja, se procurará

intercalar un tramo de transición con velocidades intermedias, para que el cambio sea gradual. Los decrementos en velocidad de proyecto serán de diez ( 10 ) kilómetros por hora.

## 2) DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Como mínimo las carreteras deberán proyectarse con la distancia de visibilidad de parada, o de encuentro para carretera tipo "E". Sin embargo, para carreteras de dos carriles, se procurará proyectar tramos con distancia de visibilidad de rebase siempre que no se eleven considerablemente los costos de construcción, de manera que en tramos de cinco ( 5 ) kilómetros, se tengan los siguientes subtramos con distancia de visibilidad de rebase.

a)	Para carreteras tipo "D"	Un subtramo de 600 m	ó
		Dos subtramos de 300 m.	
b)	Para carreteras tipo "C"	Un subtramo de 1500 m	ó
		Dos subtramos de 750 m	ó
		Tres subtramos de 500 m	ó
		Cuatro subtramos de 375 m.	
c)	Para carretera Tipo "B" y "A2"	Un subtramo de 3000 m	ó
		Dos subtramos de 1500 m	ó
		Tres subtramos de 1000 m	ó
		Cuatro subtramos de 750 m	ó
		Cinco subtramos de 600 m	ó
		Seis subtramos de 500 m.	

### 3) DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

Para el proyecto del alineamiento horizontal conviene observar lo siguiente:

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

b) El grado de las curvas circulares se debe elegir de manera que se ajusten lo mejor posible a la configuración del terreno.

En general, el grado de curvatura será el menor posible para permitir la mayor fluidez del tránsito, pero sin perder de vista el costo de la construcción.

c) Se evitarán cambios bruscos en el alineamiento horizontal, así, al pasar de una tangente larga a una curva, esta deberá ser de grado pequeño, bastante menor que el máximo especificado.

Analogamente, si el proyecto comprende 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.

d) 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.

e) 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 vehiculo 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 ó igual a uno punto siete ( 1.7 ) veces la velocidad de proyecto en kilometros por hora.

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

- La longitud en metros de la tangente que separa el PT del TE ó 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 kilometros por hora, menos la longitud de la espiral.

f) Cuando la longitud de la tangente entre curvas consecutivas en el mismo sentido no cumpla con lo indicado en el párrafo anterior, se podrán 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.

g) Cuando en una curva horizontal con talud de corte en su lado interior, no se satisfaga la distancia de visibilidad de parada,

se puede recurrir a cualquiera de las soluciones siguientes:

- Recortar el talud interior de la curva.
- Disminuir el grado de la curva.

h) Cuando los ángulos centrales de las curvas sean pequeños, se evitarán longitudes de curva corta para quitar la apariencia de codo.

i) 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.

Con relación al alineamiento vertical, se procurará observar lo siguiente:

a) Se proyectarán alineamientos con cambios de pendientes suaves, en vez de tangentes verticales con variaciones bruscas de pendientes. Los controles para el proyectista son la pendiente gobernadora, la pendiente máxima y su longitud crítica, que siempre que sea posible se escogerán menores a los máximos especificados.

b) Cuando para salvar desniveles apreciables se disponga de tangentes verticales con pendientes escalonadas, se procurará poner las pendientes más fuertes al comenzar el ascenso.

c) Es preferible un perfil escalonado, en lugar de una pendiente sostenida. Para proyectar este tipo de alineamiento deben tomarse en cuenta los conceptos de pendiente gobernadora, pendiente máxima y longitud crítica de pendiente.

d) El alineamiento vertical deberá prever el espacio para alojar las obras de drenaje u otra estructura que se requiera.

e) Se debe evitar que la cima de un columpio quede alojada en corte o balcón a menos que se justifique económicamente.

f) Los alineamientos verticales que tienen sucesivamente curvas pronunciadas en cresta y en columpio, suelen presentarse en alineamientos horizontales rectos en donde el alineamiento vertical sigue siendo sensiblemente el perfil del terreno, resultando caminos antiestéticos y peligrosos en las maniobras de rebase. Estos perfiles pueden evitarse introduciendo cierta curvatura horizontal y/o suavizando las pendientes con algunos cortes y terraplenes. Esta recomendación es particularmente aplicable a caminos con altos volúmenes de tránsito.

g) Siempre que económicamente sea posible, se procurará que la longitud de las curvas verticales sea mayor que la mínima, aún para bajas velocidades de proyecto.

h) Deberá evitarse el proyecto de curvas verticales sucesivas con la misma concavidad o convexidad, con tangentes intermedias muy cortas; esta recomendación es particularmente aplicable a curvas en columpio.

i) Cuando el terreno lo permita y no se incremente sensiblemente el costo de construcción las curvas verticales deberán proyectarse para satisfacer las distancias de visibilidad de rebase.

j) Cuando el desnivel a vencer obliga a mantener una pendiente en tramos de gran longitud o en longitudes superiores a la crítica, puede proyectarse un carril de ascenso adicional, si el

nivel de servicio deseado lo justifica.

k) Cuando este previsto el proyecto de un entronque a nivel en tangentes con pendiente, que afecte sensiblemente la incorporación o desincorporación, se procurará disminuir la pendiente en la zona del entronque.

Con relación a la combinación del alineamiento horizontal con el vertical, se procurará observar lo siguiente:

a) En alineamientos verticales que originen terraplenes altos y largos son deseables alineamientos horizontales rectos o de muy suave curvatura.

b) Los alineamientos horizontal y vertical deben estar balanceados. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes y curvas verticales cortas, o bien una curvatura excesiva con pendientes suaves corresponden a diseños pobres. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo el máximo de seguridad, capacidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de las restricciones impuestas por la topografía.

c) Cuando el alineamiento horizontal está constituido por curvas con grados menores al máximo, se recomienda proyectar curvas verticales con longitudes mayores que las mínimas especificadas; siempre que no se incremente considerablemente el costo de construcción de la carretera.

d) Conviene evitar la coincidencia de la cima de una curva vertical en cresta con el inicio o terminación de una curva horizontal.

e) Debe evitarse proyectar la cima de una curva vertical en columpio en o cerca de una curva horizontal.

f) En general, cuando se combinen curvas verticales y horizontales, o una esté muy cerca de la otra, debe procurarse que la curva vertical esté fuera de la curva horizontal o totalmente incluida en ella, con las salvedades mencionadas.

g) Los alineamientos deben combinarse para lograr el mayor número de tramos con distancias de velocidad de rebase.

h) En donde esté previsto el proyecto de un entronque, los alineamientos deben ser lo más suave posible.

Con relación a la sección transversal se procurará observar lo siguiente:

a) Cuando se prevean defensas, bordillos, señales, etc., a los lados del camino, deberá ampliarse la corona, de manera que los anchos de los acotamientos correspondan a los especificados.

b) Los bordillos sólo deberán proyectarse en terraplenes con taludes erosionables.

c) El ancho del derecho de vía deberá determinarse por tramos ó 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 recursos.

## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- TITULO: MANUAL DE PROYECTO GEOMERICO DE CARRETERAS  
AUTOR: S.A.H.O.P., MEXICO 1977.
- TITULO: NORMAS DE SERVICIOS TECNICOS " PROYECTO GEOMETRICO "  
AUTOR: S.C.T., MEXICO 1984.
- TITULO: NORMAS GENERALES DE CONSTRUCCION " PROYECTOS DE  
VIALIDAD "  
AUTOR: D.D.F., MEXICO 1989.
- TITULO: LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES VOL. I  
Y II " CARRETERAS, FERROCARRILES Y AEROPISTAS "  
AUTOR: ING. ALFONSO RICO RODRIGUEZ ING. HERMILIO DEL CASTILLO  
EDITORIAL: LIMUSA, MEXICO 1982.
- TITULO: ESTRUCTURACION DE VIAS TERRESTRES  
AUTOR: ING. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE  
EDITORIAL: C.E.C.S.A., MEXICO 1986.
- TITULO: MECANICA DE SUELOS  
AUTOR: ING ALFONSO RICO RODRIGUEZ ING. EULALIO JUAREZ BADILLO  
EDITORIAL: LIMUSA, MEXICO 1980.
- TITULO: TOPOGRAFIA GENERAL  
AUTOR: ING. MIGUEL MONTES DE OCA  
EDITORIAL: ALFAOMEGA, MEXICO 1989.
- TITULO: TOPOGRAFIA GENERAL  
AUTOR: ING. SABRO HIGASHIDA MIYABARA  
EDITORIAL: S.E.P., MEXICO 1972.