



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Importancia de la Topografía en los
Proyectos de Drenaje Transversal
para Carreteras en la República
Mexicana**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Topógrafo y Geodesta

P R E S E N T A

Rosa María González Cercas

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Adolfo Reyes Pizano



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019



DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/079/18

Señorita
ROSA MARÍA GONZÁLEZ CERCAS
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. ADOLFO REYES PIZANO, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPÓGRAFO Y GEODESTA.

"IMPORTANCIA DE LA TOPOGRAFÍA EN LOS PROYECTOS DE DRENAJE TRANSVERSAL PARA CARRETERAS EN LA REPÚBLICA MEXICANA"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ÁREAS QUE INTERVIENEN PARA EL ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DEL DRENAJE TRANSVERSAL
- III. ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO
- IV. PROPUESTA DE CUENCAS DE LA ZONA DE ESTUDIO
- V. PROYECTO DE TERRACERÍAS
- VI. PROPUESTA Y CÁLCULO DEL TIPO DE OBRA CON BASE A SU ÁREA HIDRÁULICA
- VII. MEMORIA DE CÁLCULO
- VIII. RESUMEN DEL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL
- IX. CONCLUSIONES

Ruego a usted 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 le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 13 de septiembre del 2018.
EL PRESIDENTE


M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLR/MTH*gar.

INDICE	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	4
I. ÁREAS QUE INTERVIENEN PARA EL ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DEL DRENAJE TRANSVERSAL	5
II. ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO	14
III. PROPUESTA DE CUENCAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	16
IV. PROYECTO DE TERRACERIAS	20
V. PROPUESTA Y CÁLCULO DEL TIPO DE OBRA CON BASE A SU ÁREA HIDRÁULICA	39
VI. MEMORIA DE CÁLCULO	51
VII. RESUMEN DEL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL	57
VIII. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFIA	71

INTRODUCCIÓN

En una carretera un elemento principal que causa problema es el agua, ya que provoca la disminución de la resistencia de los suelos, por lo que se presentan fallas en terraplenes, cortes y superficie de rodamientos. Por tal motivo es de suma importancia dar solución con la propuesta de un buen levantamiento topográfico y propuesta hidrológica para un buen funcionamiento del drenaje.

Al construirse un camino el agua que se infiltra en el subsuelo, tiende a aflorar por los taludes y cama del camino dañando su estabilidad.

Para la realización del proyecto de una obra determinada, se efectúa primero un acopio exhaustivo de datos de la zona por comunicar mediante mapas del país, estados ó municipios.

El estudio de drenaje debe iniciarse, desde la elección de ruta, para la cual, se deberá elegir la zona que menos provoque problemas de escurrimiento y las pendientes máximas permisibles del tipo de camino a proyectar.

Si desde la etapa de elección de ruta, no se elige la zona más adecuada se tendrán problemas durante la vida del camino, aumentándose innecesariamente los costos, de conservación, es por ello que aunque los caminos sean de corta longitud es necesaria se efectúen reconocimientos, que en estos casos puede ser a pie y/o el uso de fotografías aéreas, imágenes satelitales.

En las etapas de anteproyecto o proyecto definitivo, se hará el estudio detallado de drenaje. Los efectos de una mala elección de ruta, depende el éxito del proyecto.

TEMA I ÁREAS QUE INTERVIENEN PARA EL ANÁLISIS Y PROYECCIÓN DE DRENAJE TRANSVERSAL

En el análisis y proyección del drenaje transversal de una carretera es necesaria la intervención de diferentes áreas como son la fotogrametría y restitución fotogramétrica, topografía, hidrología básica y geotecnia. Ya que si una de estas áreas no está involucrada se puede tener fallas en el buen funcionamiento de la obra sobre todo en la ubicación exacta del escurrimiento y/o cauce del arroyo o río según sea el caso así como en su estabilidad y buena cimentación.

TOPOGRAFÍA

La topografía es de suma importancia para la proyección del proyecto ya que si no se tiene un buen levantamiento topográfico de la zona se puede tener errores al momento de proyectar y tener severas consecuencias como en su ubicación, y elevaciones del terreno. En este tema nos enfocaremos en la importancia de la topografía para la elaboración del proyecto del drenaje transversal.

Se define a la Topografía como la ciencia que trata de los principios y métodos empleados para determinar las posiciones relativas de los puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas y usando los tres elementos del espacio que son: dos distancias y una elevación, una distancia, una dirección y una elevación.

La topografía define la posición y las formas circunstanciales del suelo; es decir, estudia en detalle la superficie terrestre y los procedimientos por los cuales se pueden representar, todos los accidentes que en ella existen, sean naturales o debidos a la mano del hombre. Por lo que la topografía tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria; ya que sin el levantamiento, de las secciones transversales o trazo no sería posible proyectar presas, puentes, carreteras, ferrocarriles etc., así como señalar la pendiente determinada como se requiere en un alcantarillado.

En la topografía para representar el terreno se dividen en tres partes: Planimetría, Altimetría y Agrimensura.

La **Planimetría** estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre la superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno.

La **Altimetría** que denomina las alturas de los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia; generalmente correspondiente al nivel medio del mar.

La **Agrimensura** comprende los procedimientos empleados para medir la superficie de los terrenos y para fraccionarlos.

Las actividades fundamentales de la topografía son el trazo y el levantamiento.

El **trazo** es el procedimiento operacional que tiene como finalidad el replanteo sobre el terreno de las condiciones establecidas en un plano.

El **Levantamiento** comprende las operaciones necesarias para la obtención de los datos de campo útiles para poder representar un terreno por medio de un plano. Por lo tanto el levantamiento se define como el conjunto de operaciones y medios puesto en práctica para determinar las posiciones de puntos del terreno y su representación en un plano.

Los levantamientos topográficos son los que se extienden sobre una porción relativa pequeña de la superficie de la tierra. Las dimensiones máximas de las zonas representadas en los planos topográficos no superan en la práctica los 30 km, correspondientes aproximadamente a un círculo de 30 km de diámetro, límites dentro de los cuales se puede hacer abstracción de la curvatura de la superficie terrestre.

En la topografía se da el nombre de poligonal a un polígono o a una línea quebrada de n lados. También se puede definir la poligonal como una sucesión de líneas rectas que conectan una serie de puntos fijos. Las poligonales pueden ser cerradas o abiertas.

Poligonal Cerrada: es aquella cuyos extremos inicial y final coinciden; es decir es un polígono.

Poligonal Abierta: es una línea quebrada de n lados o aquella poligonal cuyos extremos no coinciden.

Poligonal de Enlace: es una poligonal abierta, en la cual sólo se conoce el punto de partida y por esto no es susceptible de comprobación.

Para la ejecución de un proyecto carretero y/o ubicación de los escurrimientos se requiere un levantamiento topográfico de una poligonal abierta donde se necesita el trazo, coordenadas de los elementos de las curvas, azimut, referencias del trazo, nivelación, secciones transversales. Ejemplos de los diferentes formatos del levantamiento topográfico que son utilizados:

Formato del registro de trazo

REGISTRO DE TRAZO DEFINITIVO						HOJA No. 1 DE		
7	CARRETERA:	MEXICO - TUXPAN			DEL KM:	98+840.00	AL KM: 99+286.40	
8	TRAMO:	TULANCINGO-NUEVO NECAXA			ORIGEN:	MEXICO		
9	SUBTRAMO:				EQUIPO DE MEDICION:	ESTACION TOTAL SOKKIA		
10					ESTADO DEL TIEMPO:	TEMPLADO		
ESTACION	PUNTO	DEFLEXION	DATOS CURVA	TAN. LIB.	AZAC	CROQUIS, REFERENCIAS Y TENENCIA DE LA TIERRA		
99+286.40	CL=		CRUCE TUBO DE DRENAJE	TANG. LIBRE= 918.598	AZAC= 50°13'9.8"	TUXPAN		
280						MUNICIPIO : TULANGINGO	EJE DE TRAZO	
260							CAMINO ACTUAL	
240							EJE DE TRAZO	
99+238.335	ET=	0°00'00"					PST= 98+840.00	
220		0°04'8.58"					19.254 M.	
200		0°18'6.66"					90° IZQ.	
180		0°41'56.28"					PST= 98+843.854	
99+167.335	CE=	1°02'7.5"	PI=99+049.649					
99+167.335	CE=	10°32'26.5"	ΔT=27°20'13" IZQ.					
160		10°13'11.21"	ΔC=21°07'28"					
140		9°20'41.21"	GC=1°45'00"					
120		8°28'11.21"	RC=654.809					
100		8°28'11.21"	STE=194.819					
080		7°35'41.21"	LCC=241.422					
060		6°43'11.21"	Le=71.000					
040		5°50'41.21"	Xc=70.979					
020		4°05'41.21"	Yc=1.283					
99+000.00	KM	3°13'11.21"	K=35.497					
980		2°20'41.21"	P=0.321					
960		1°28'11.21"	Ge=3°06'22.5"					
940		0°35'41.21"	1/2=10°33'44"					
98+926.405	EC=	0°00'00"	VP=110 KPH					
98+926.405	EC=	1°02'7.5"						
920		0°51'25.31"						
900		0°24'30.53"						
880		0°07'27.3"						
860		0°00'15.61"						
98+855.405	TE=	0°00'00"						

Formato del registro de nivel

REGISTRO DE NIVEL						HOJA No. 1 DE 27	
7	CARRETERA:	MEXICO - TUXPAN			DE KM:	98+840.00	A KM: 99+020.00
8	TRAMO:	TULANCINGO-NUEVO NECAXA			ORIGEN:	MEXICO	
9	SUBTRAMO:				EQUIPO DE MEDICION:	NIVEL FLUJO SOKKIA	
10	TOPOGRAFO:				ESTADO DEL TIEMPO:	CALUROSO	
ESTACION	(+)	Δ	(-)	LECT. INTERMED	ELEVACION	NOTAS Y OBSERVACIONES	
99+286.40	3.641	2.133.987			2.130.346	BN=(99-2)	
PL	4.468	2.138.380	0.075		2.133.912	SOBRE: VARILLA DE 3/8 EN MOJONERA DE CONCRETO	
PL	2.498	2.140.861	0.017		2.138.36	MARCADO CON PINTURA AZUL HOLANDEZ	
98+840.0000	PST=			0.90	2.139.96	A=34.30 m. DE LADO IZQ. DE LA EST= 98+840.00	
98+855.405	TE=			0.91	2.139.95	ELEV. PROM. = 2.130.346 m.	
860				0.91	2.139.95		
880				0.96	2.139.90		
900				1.08	2.139.78		
920				1.25	2.139.61		
98+926.405	EC=			1.30	2.139.56		
940				1.46	2.139.40		
960				1.72	2.139.14		
PL	0.852	2.139.338	2.075		2.138.486		
980				0.53	2.135.81		
99+000.00				0.91	2.136.43		
99+020.00				1.36	2.137.98		
PL	0.969	2.136.038	4.269		2.135.069		
BN=(100-1)			4.570		2.131.468	BN=(100-1)	
						SOBRE: VARILLA DE 3/8 EN MOJONERA DE CONCRETO	
						MARCADO CON PINTURA AZUL HOLANDEZ	
						A=25.00 m. DE LADO IZQ. DE LA EST= 99+021.50	
						ELEV. PROM. = 2.131.467 m.	

REGISTRO DE OBRA DE DRENAJE MENOR						HOJA No. <u> 1 </u> DE <u> 36 </u>	
6							
7	CARRETERA: MEXICO - TUXPAN					CADENAMIENTO DE LA OBRA: 99+286.40	
8	TRAMO: TULANCINGO-NUEVO NECAXA					ESVIAJE: CON 23° ESVIAJE IZQUIERDO	
9	ORIGEN: MEXICO					EQUIPO DE MEDICION: TRANSITO MINUTERO SOKKIA	
10	TOPOGRAFO: ARNOLD ROJAS GARCIA					ESTADO DEL TIEMPO: CALUROSO	
11							
12	ESTACION	+	-	LECTURA INTERMEDIA	ELEVACIONES	AREA POR DRENAR: 1.50 ha.	
13	99+280	1.90	2133.10		2131.20	COEF. RUGOSIDAD DEL TERRENO: 70-00-30 (TALBUT)	
14	35.60	ND2		0.06	2133.04	AREA HID. NECESARIA: 2.00 m ² .	
15	22.40	ND1		0.71	2132.39	MATERIAL EN EL CAUCE: ARCILLOSO	
16	21.80	DET		0.92	2132.18	ARRASTRE: BASURA Y LODO	
17	21.00	DET		0.97	2132.13	PENDIENTE DEL CAUSE: 0.50%	
18	17.00	FONDO		2.78	2130.32	DRENA HACIA LA: IZQUIERDA	
19	16.00	DET		2.78	2130.32	CROQUIS DE LOCALIZACION	
20	13.00	DET		1.57	2131.53		
21	99+286.40	CL		2.21	2130.89		
22	8.00	DET		2.37	2130.73		
23	15.00	NI1		2.55	2130.55		
24	20.00	NI2		2.60	2130.60		
25	99+300			2.30	2130.60		
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							

Formato del registro de obras de drenaje

GEOTECNIA

Los estudios geotécnicos en las vías terrestres en especial en las alcantarillas, es de suma importancia al igual que en el análisis para un puente y la carretera. En las alcantarillas se debe garantizar en el terreno la cimentación no muy elevada. Generalmente son suficiente capacidades de carga comprendidas en 1.0 y 3.0 kg/cm² y es raro ir más lejos de la simple inspección visual de muestras obtenidas en pozos a cielo abierto.

Aun cuando los problemas hidráulicos sean los más destacados y frecuentes en el comportamientos de las alcantarillas no deja de haber otros relacionados más o menos con la mecánica de suelos aplicada dejando a un lado los obvios de cimentación, seguramente los problemas más importantes de esta clase son los que tienen que ver con la socavación, con erosión o con la tubificación de los terraplenes de acceso. La compactación del colchón de tierra sobre y a los lados de la alcantarilla juega también un papel de importancia.

En las consideraciones geotécnicas se refiere, los estudios de las alcantarillas tienen las mismas limitaciones que se comentaron para los problemas hidráulicos. La necesidad de fundamentar las recomendaciones de proyecto de cimentación, por ejemplo, es estudios someros y expeditos lleva a establecer la conveniencia de que éstos queden en manos de ingenieros con experiencia en mecánica de suelos.

Las recomendaciones de geotecnia para la colocación de alcantarillas podrían resumirse en lo siguiente:

1. Siempre que sea posible las alcantarillas deberán colocarse en el fondo del cauce natural y sin transiciones bruscas en alineamiento vertical u horizontal.
2. Cuando no siga la línea de fondo del cauce natural, las alcantarillas deberán colocarse en una trinchera en suelo firme.
3. En cualquier localización que no sea el fondo del cauce natural se hará un estudio económico para establecer el costo de conservación de la localización escogida no hace nulo el ahorro en costo de construcción que con ella se tenga.
4. Cuando las alcantarillas no estén alineadas con el cauce natural, deberá tenerse cuidado en la entrada y su salida resulte apropiada al agua, sin quiebres bruscos o salientes capaces de fomentar turbulencias o erosiones.
5. El gradiente hidráulico que exista dentro de la alcantarilla deberá ser tal que la velocidad del agua en ella sea igual o mayor que la que tenía en el mismo trecho de cauce natural.
6. Debe evitarse en las alcantarillas contracciones en la vena líquida.

Cuando los terraplenes se colocan sobre terrenos muy blandos y compresibles, sus asentamientos resultan muy perjudiciales para las obras de drenaje que hayan de hacerse bajo ellos; estos asentamientos destruyen las obras rígidas convencionales o las deforman más allá de lo tolerable, cuando son flexibles.

A continuación se muestra una tabla con las recomendaciones de cimentación para cada tipo de obra.

			CARRETERA: MANZANILLO - PUERTO VALLARTA				
			TRAMO: ENTRONQUE TOMATLAN - EL TUITO				
			SUBTRAMO: DEL KM 115+644 AL KM 167+812				
			ORIGEN: MANZANILLO, COL.				
RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN							
UBICACION KM.	TIPOS DE OBRA Y DIMENSIONES (M)	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUARA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN m.	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	CAPACIDAD DE CARGA Ton/m ²	TIPO DE ARRASTRE	OBSERVACIONES
148+890.30	B-3.00 x 1.50 m	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM)		0.50	11.10	arenas y finos	A, B y C
		ARENISCAS FUERTEMENTE CEMENTADAS COLOR CAFÉ CLARO, AL EX		0.75	12.52	arenas y finos	
		PLOTARSE SE OBTENDRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDIANOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		1.00	27.31	gravas, arenas y finos	
149+401.31	L-2.00 x 1.50 m	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM)		0.50	11.10	arenas y finos	A, B y C
		ARENISCAS FUERTEMENTE CEMENTADAS COLOR CAFÉ CLARO, AL EX		0.75	12.52	arenas y finos	
		PLOTARSE SE OBTENDRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDIANOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		1.00	27.31	gravas, arenas y finos	
149+850.60	L-2.00 x 1.50 m	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM)		0.50	11.10	arenas y finos	A, B y C
		ARENISCAS FUERTEMENTE CEMENTADAS COLOR CAFÉ CLARO, AL EX		0.75	12.52	arenas y finos	
		PLOTARSE SE OBTENDRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDIANOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		1.00	27.31	gravas, arenas y finos	
149+933.60	T.C. 1.05Ø	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM)		0.50	11.10	arenas y finos	A, B y C
		ARENISCAS FUERTEMENTE CEMENTADAS COLOR CAFÉ CLARO, AL EX		0.75	12.52	arenas y finos	
		PLOTARSE SE OBTENDRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDIANOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		1.00	27.31	gravas, arenas y finos	
OBSERVACIONES : A) Se recomienda construir con estribos de concreto. B) Se deberá proteger la superficie del piso inferior de la obra, con el objeto de evitar socavación, así como las zonas de captación y desfogue de la misma, con concreto. C) En la zona si existe material para utilizarse como mampostería.							
L - LOSA B - BOVEDA C - CAJON T - TUBO							
FORMULO : CONSULTORES B H Y ASOCIADOS S.A. DE C.V							

Tabla de Recomendación de Cimentación

HIDROLOGÍA

Se sabe que la hidrología es de suma importancia en el análisis y proyección en una obra de drenaje para una vía terrestre. Ya que si no se tiene un buen análisis se puede tener fallas importantes que pueden dañar la estructura de la carretera así como la estabilidad de los muros.

La hidrología es la ciencia natural que estudia el agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre. Sus propiedades físicas y químicas, y su relación con el medio ambiente.

El análisis hidrológico es el primer paso fundamental en la planeación, diseño y operación de proyectos hidráulicos, el análisis se dirige básicamente a fijar la capacidad y seguridad de estructuras hidráulicas. Las dimensiones físicas o capacidad de conducción de una estructura hidráulica se determinan de acuerdo con los volúmenes y gasto.

El diseño hidráulico de una obra consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra a su entrada; para ello se requiere un estudio previo que abarca precipitación pluvial, área, pendiente y formación geológica de la cuenca, además del uso que tendrá el terreno aguas arriba de la alcantarilla.

FOTOGRAMETRÍA Y RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

La fotogrametría y restitución fotogramétrica juegan un papel importante en el estudio para el drenaje transversal de una carretera, ya que el apoyo es por medio de fotografías aéreas así como los planos de restitución fotogramétrica (Planimetría y altimetría) en escala 1:5,000 y 1:2,000 para la localización y ubicación de las cuencas, zonas de inundación así como de las construcciones que obstruyen dicho paso del cauce y/o de los escurrimientos en la zona de estudio.

La fotogrametría se define como el arte, la ciencia y la tecnología orientada a obtener información relevante de diversos objetos físicos de la corteza terrestre y de su medio ambiente, a través de procesos de medición e interpretación de imágenes fotográficas, y de patrones de energía electromagnética radiante.

Actualmente las técnicas de la fotogrametría se consideran integradas a las técnicas de percepción remota y a las de fotointerpretación. Estas tres técnicas se complementan entre sí. Sin embargo, con el fin de definir el campo específico de la fotogrametría, diremos que ésta se concreta a la interpretación de fotografías aéreas y otros materiales aerofotográficos con el objetivo de obtener mapas.

La fotografía aérea es un material aerofotográfico y se define como el sensor remoto que desde un avión o nave espacial registra o imprime la imagen de la corteza terrestre u otro cuerpo celeste.

En las aplicaciones de la fotografía aérea son las siguientes:

- Proyectos de agua potable y alcantarillado.
- Proyectos de distritos de riego.
- Proyectos batimétricos de zonas costeras.
- Proyectos de carreteras, vialidades y aeropuertos.
- Proyectos de presas y control de ríos.
- Proyectos de desarrollos turísticos.
- Proyectos mineros.
- Proyectos de catastro rural y urbano.
- Proyectos de línea de energía, ductos.

La restitución fotogramétrica es el proceso de llevar la información de interés obtenida de la fotografía al mapa. La restitución implica la conversión de la proyección central de la fotografía aérea en la proyección ortogonal del mapa, con los debidos ajustes de escala y posición.

El proceso de restitución puede ser de detalles planimétricos y altimétricos, y puede ser de diferentes formas y a varios niveles de precisión, de acuerdo con el instrumento que se utilice analógicos, analíticos o digitales.

La fotointerpretación es la técnica que estudia los procesos sistemáticos para obtener información de diversos objetos físicos de la corteza terrestre y de su medio ambiente, a través del análisis, interpretación y clasificación de imágenes contenidas en cualquier material aerofoto gráfico.

TEMA II ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El análisis de la zona de estudio consiste en delimitar y obtener las dimensiones de las cuencas para determinar en base a esto los estudios hidrológicos para cada uno de los escurrimientos que cruzan la mencionada zona de estudio ya que el buen funcionamiento hidráulico de las obras de drenaje en una carretera es muy importante para garantizar la vida útil de la vialidad así como la seguridad del usuario que transite por ésta. Es por ello la importancia de obtener la capacidad hidráulica de las obras de drenaje que se proyecten para su construcción garantizando que no se tenga estancamiento de los escurrimientos en aguas arriba evitando que pase por encima de la carpeta asfáltica.

En el análisis hidrológico para obtener el gasto (Q) de las cuencas, es necesario ubicar la zona de estudio en cartas topográficas esc. 1:50,000, imagen satelital Google y/o fotografías aéreas de la zona, en caso de no contar con datos de estaciones hidrométricas o climatológicas se recomienda hacer uso de los datos pluviométricos de las estaciones climatológicas en los mapas de intensidad de lluvias (Isoyetas) elaborados por la S.C.T. para diferentes duraciones de tormenta de 5 min a 240 min y diferentes periodos de retorno (Tr) de 10 a 100 años de acuerdo a la siguiente tabla:

TIPO DE OBRA HIDRÁULICA

ESTRUCTURAS DE CRUCE		
	Alcantarillas para el paso de pequeñas corrientes	Tr (años)
1	En caminos locales que comuniquen poblados pequeños	10-25
2	En caminos regionales que comunican poblados medianos	25-50
3	En caminos primarios que comunican poblados grandes (ciudades).	50-100
Puentes carreteros		
1	En caminos locales que comuniquen poblados pequeños	25-50
2	En caminos regionales que comunican poblados medianos	50-100
3	En caminos primarios que comunican poblados grandes (ciudades).	500-1000
Puentes ferrocarrileros		
1	Vías locales aisladas (desvíos)	50-100
2	Vías secundarias regionales	100-500
3	Vías primarias del país	500-1000
Puentes, canales o tuberías de conducción de agua		
1	Para riego área menor de 1,000 Ha	10-25
2	Para riego área de 1,000 a 10,000 Ha	25-50
3	Para riego área mayor de 10,000 Ha	50-100
4	Abastecimiento industrial	50-100
5	Abastecimiento de agua potable	100-500

Puentes para tuberías de gas y petróleo		
1	Abastecimiento secundario local	25-50
2	Abastecimiento regional	50-100
3	Abastecimiento primario	100-500

Existen fórmulas empíricas para determinar el gasto en corrientes de diferentes condiciones hidráulicas. En este caso y para efectos de la magnitud de los volúmenes de agua que se manejan se consideró que es suficiente con utilizar la fórmula de Talbot, que se ha empleado con resultados aceptables hasta la fecha y que está expresada por:

$$A = 0.1832 C(B)^{0.75}$$

Donde:

A= área hidráulica necesaria en (m²)

B= área por drenar en (Ha)

C= coeficiente que depende del tipo de terrenos y para una precipitación de 10cm, según el tipo de terreno

Tipos de terrenos		
1	Escarpado	C=1.00
2	Montañoso	C=0.8
3	Lomerío	C=0.6
4	Ondulado	C=0.5
5	Plano	C=0.3

A continuación se presenta un ejemplo de una propuesta de la zona de estudio (véase figura 2.1).

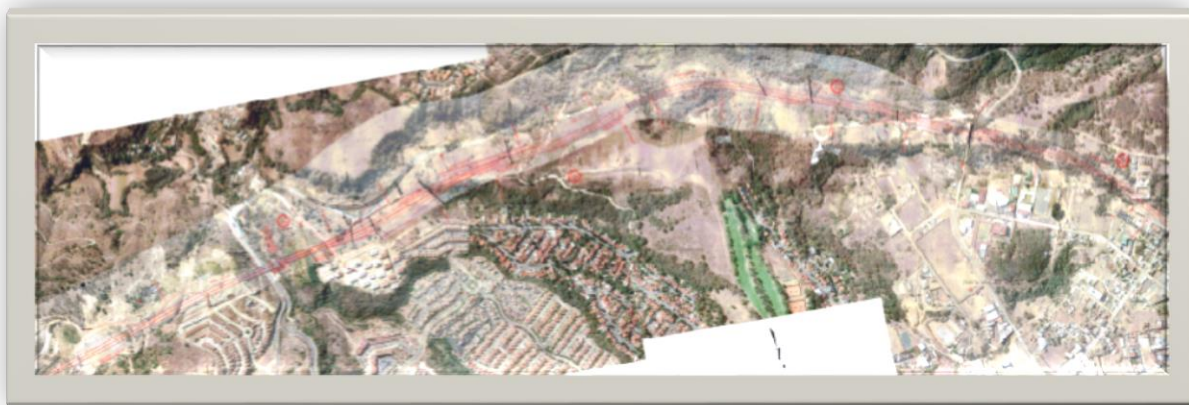


Figura 2.1 Zona de estudio.

TEMA III PROPUESTA DE CUENCAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Una vez realizado en análisis de la zona de estudio el siguiente paso viene siendo nuestra propuesta de cuencas.

Una cuenca hidrológica o cuenca de drenaje es una zona cuyas aguas se drenan a través de un solo sistema natural de drenaje. Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde si fuera impermeable las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Las aguas pueden drenarse a través de un río que desemboca en un lago o en un mar, pero también puede evaporarse y filtrarse. Una cuenca puede dividirse en tres zonas: cuenca alta, cuenca media y cuenca baja (véase figura 3.1).

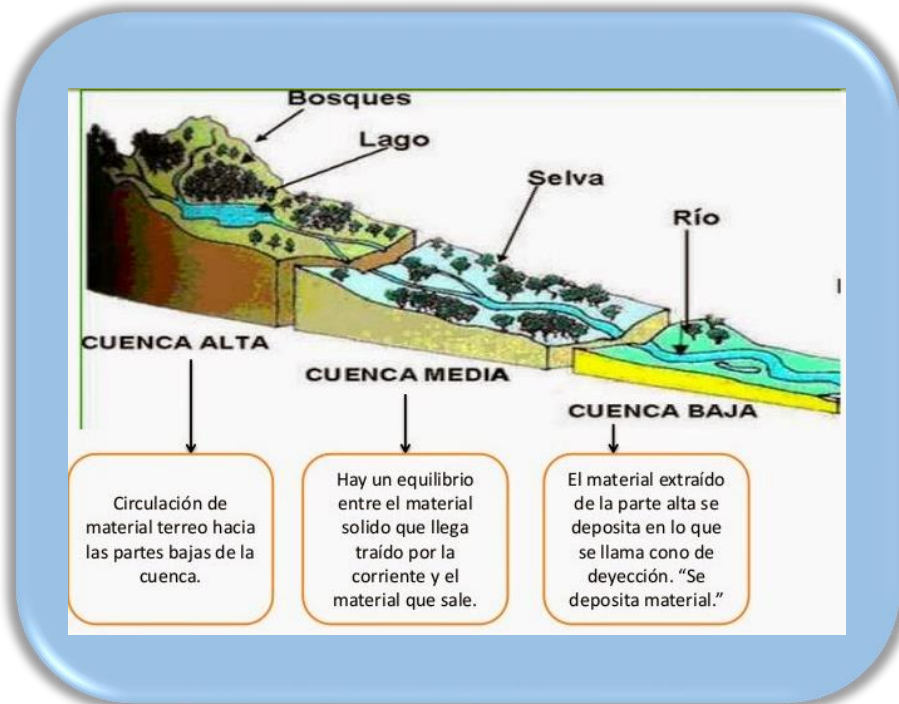


Figura 3.1 División de zonas de una cuenca.

Cuenca Alta: Corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.

Cuenca Media: es la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

Cuenca Baja: es la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

Se tienen varios tipos de cuencas en función de la forma en que drenan sus aguas: Cuenca endorreica, cuenca exorreica y cuenca arreica.

Cuenca endorreica: es aquella cuyas aguas no llegan al mar, sino desembocan en sistemas de agua estancada ejem: los lagos o lagunas (cuenca del lago Cuitzeo en Michoacán, Mex.

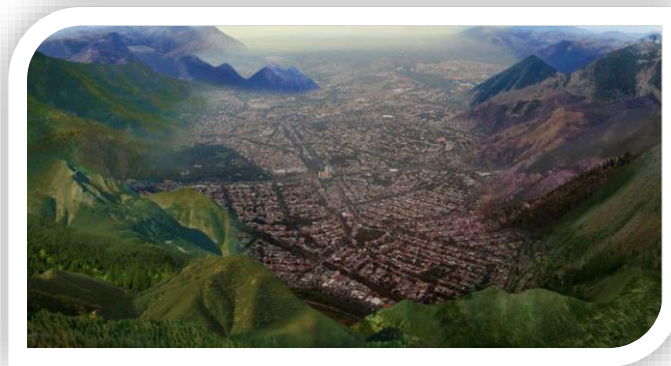
Cuenca exorreica: es aquella que vierte sus aguas al mar o al océano ejem: cuenca del rio bravo en Chile desemboca en el océano Pacífico.

Cuenca arreica: suelen presentarse en zonas áridas o desiertos donde existen pequeños cursos de agua de carácter temporal o intermitente que se evaporan o infiltran en el terreno hasta desaparecer un ejemplo es la Depresión de Qattara (Egipto).

Ejemplos de cuenca endorreica (véase figura 3.2 a)

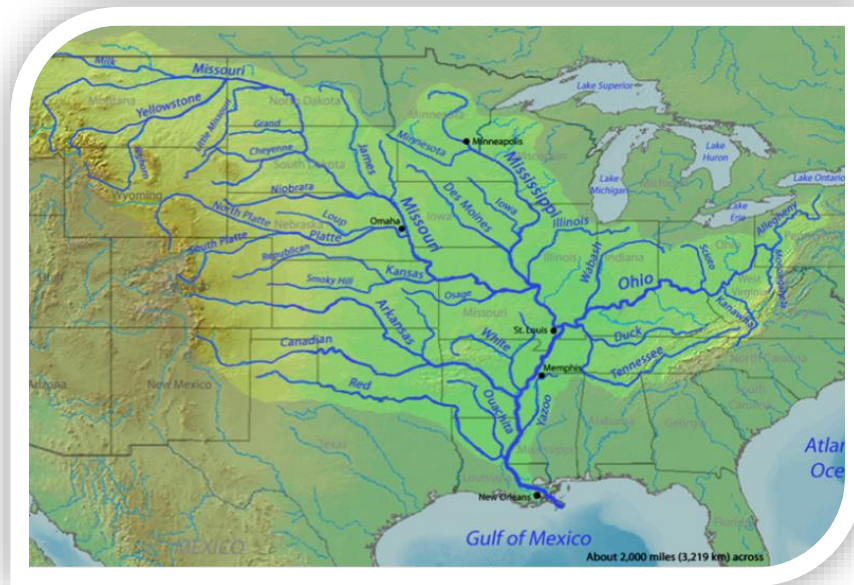


Lago en Pátzcuaro, Michoacán



Cuenca de la Ciudad de México

Ejemplo de cuenca exorreica (véase figura 3.2 b)



Cuenca del Río Misisipi

Figura 3.2 b

Ejemplo de cuenca arreica (véase figura 3.2 c)



Depresión de Qattara, Egipto
Figura 3.2 c

El tipo de cuenca que se utiliza o con mayor frecuencia se localiza en las zonas de estudio para la construcción de una vía terrestre es la cuenca exorreica. Dicha cuenca se delimita por el parteaguas el cual es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas. Una vez delimitada dicha cuenca se procede a definir su área en hectáreas. Ver figura 3.3

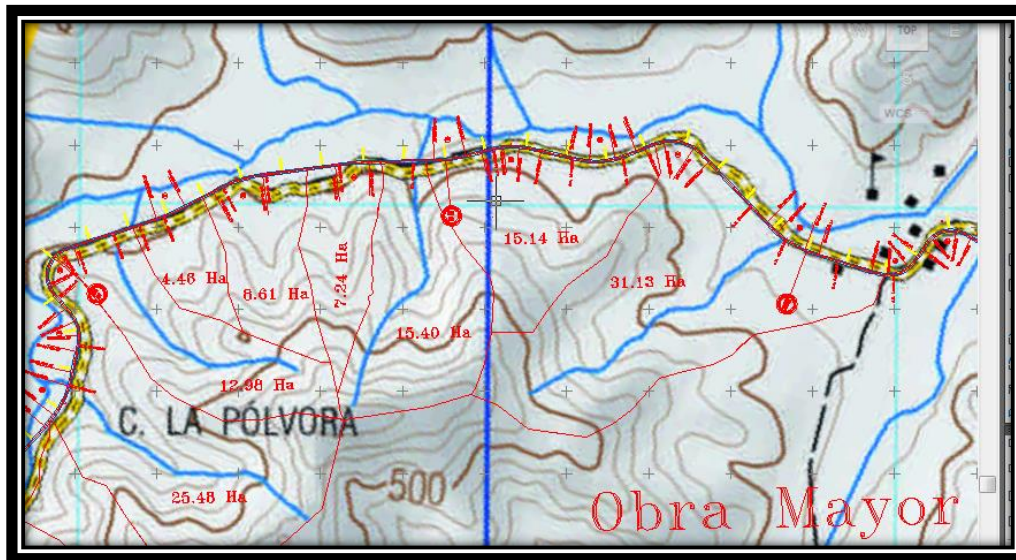


Figura 3.3 Delimitación de la cuenca.

TEMA IV PROYECTO DE TERRACERÍAS

En el proyecto de terracerías es importante la elección de ruta para este tipo de obras de infraestructuras.

En la elaboración del proyecto geométrico, el alineamiento vertical es la proyección del desarrollo del centro de la línea de una vía terrestre sobre un plano vertical; sus elementos son las tangentes verticales y las curvas verticales y se le denomina subrasante y está en función de las elevaciones. Ver figura 4.1

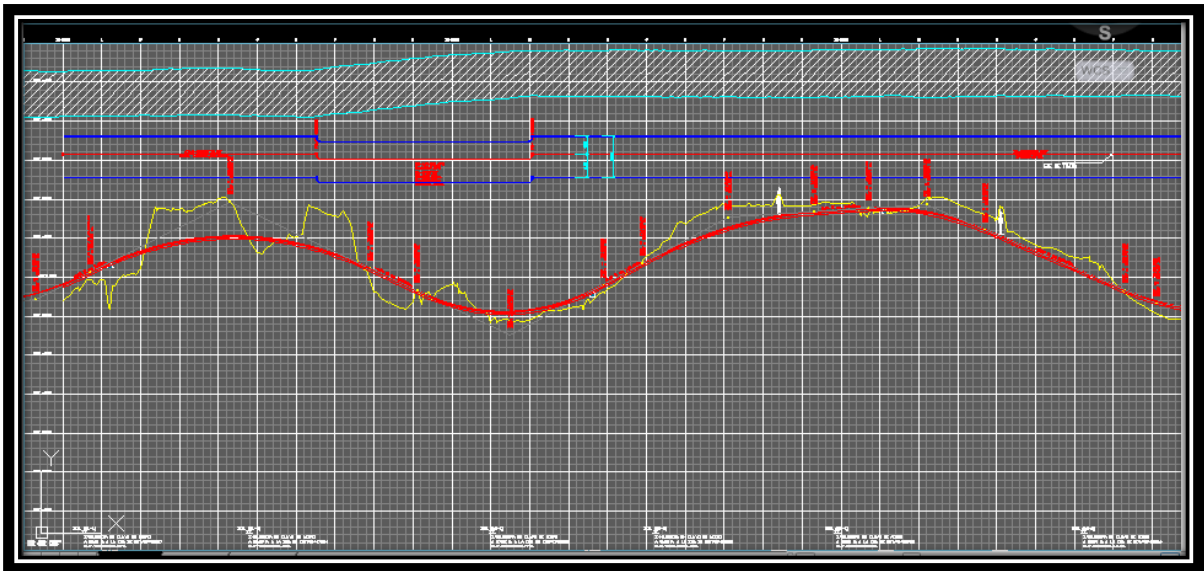


Figura 4.1 Subrasante de un proyecto

El proyecto del alineamiento vertical se define en 3 tipos de pendientes de las tangentes verticales: mínima, gobernadora y máxima. La mínima se requiere para asegurar el drenaje de la corona del camino y se especifica de 0.5%. La pendiente gobernadora, en teoría, se puede mantener en forma indefinida a lo largo de todo el trazo. La pendiente máxima es la mayor que se puede usar en un proyecto. Las pendientes mayores que la gobernadora, incluyendo a la máxima, sólo se pueden usar en las longitudes críticas; tanto la pendiente máxima como la gobernadora se especifican en función del tipo de camino y de la topografía de la zona.

En el siguiente cuadro se muestra las diferentes pendientes máximas y gobernadores dependiendo el tipo de carretera y terreno:

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

El paso de una tangente vertical a otra se realiza por medio de las curvas verticales, cuya característica principal es que la componente horizontal de la velocidad de proyecto de los vehículos es constante a través de ella.

La curva que cumple con esta peculiaridad es la parábola. Se tiene dos tipos de curvas: en cresta y en columpio (Figura 4.2).

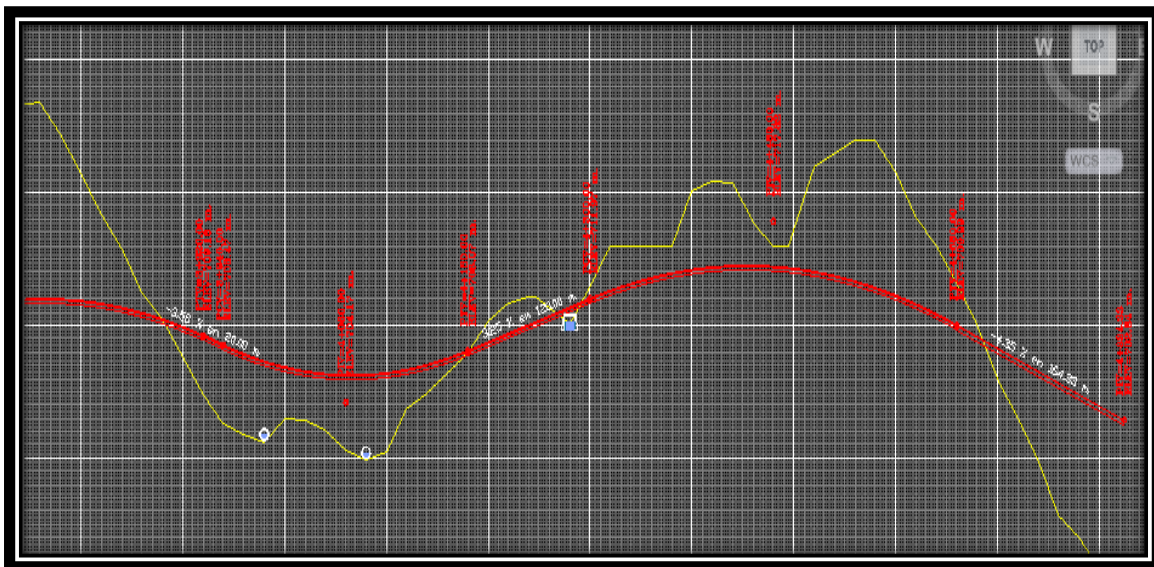


Figura 4.2 curvas verticales en columpio y cresta

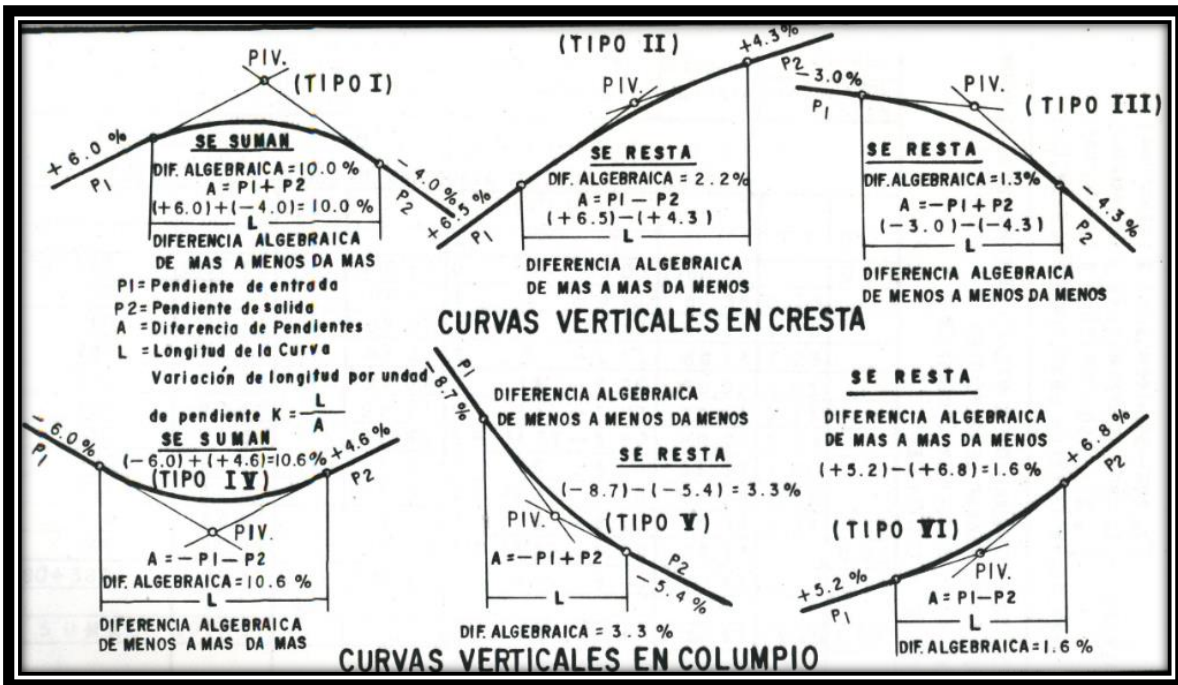


Figura 4.3 Tipos de curvas verticales

La longitud de las curvas verticales debe garantizar el drenaje, tener buena apariencia y proporcionar comodidad al usuario. Para calcular la longitud de estas curvas, las normas de proyecto geométrico que incluye la gráfica de la figura 4.3

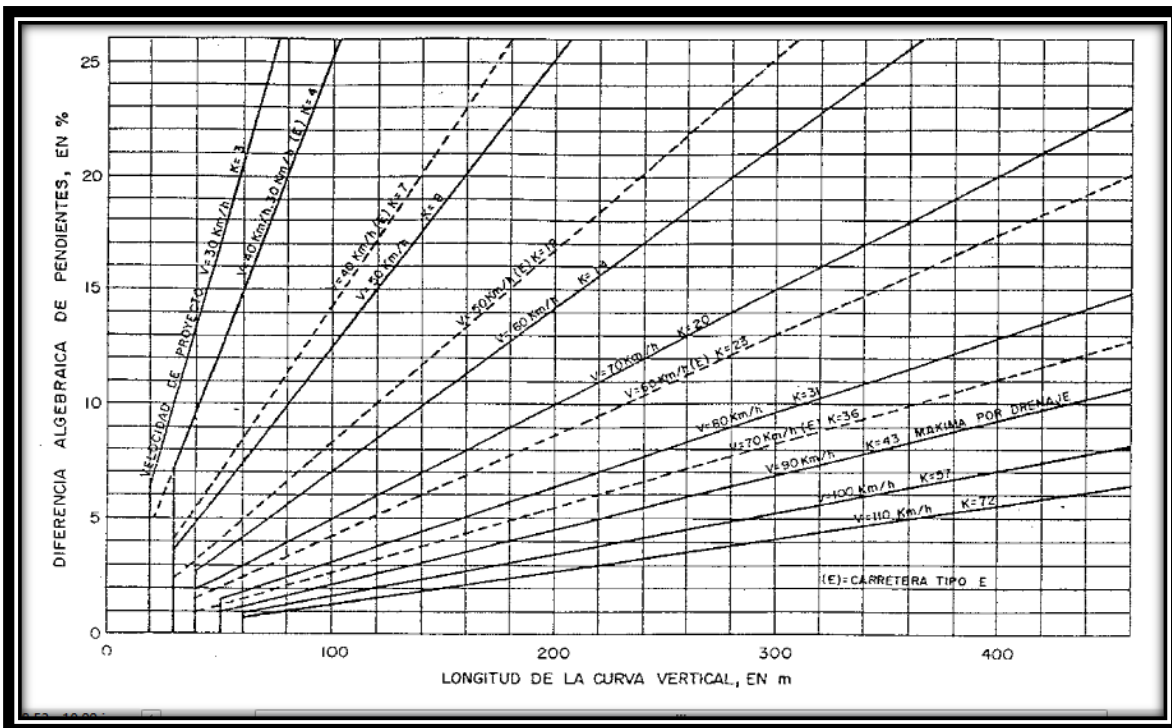


Figura 4.3.a.

Es conveniente que la longitud de las curvas verticales tenga un número par de estaciones, es decir cada 20 m y que el PCV (principio de curva vertical) coincida exactamente en una estación. La fórmula para calcular la elevación de las diferentes estaciones de 20 m es:

$$Z_n = Z_{n-1} + P_1/5 - A(2n+1)/10N$$

Donde:

Z_n = Elevación de un punto.

Z_{n-1} = Elevación del punto anterior.

P_1 = Pendiente de entrada.

A = Diferencia algebraica de pendientes.

N = Número de estaciones en la longitud total de la curva.

n = Número de estaciones del PCV al punto considerado.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. La posición de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación está ligada a los datos geodésicos del banco más cercano a la nueva obra.

Las tangentes del alineamiento horizontal tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente y la dirección es el rumbo.

La longitud mínima de una tangente horizontal es aquella que se requiere para cambiar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona. La longitud máxima puede ser indefinida, por ejemplo en las zonas muy planas. En estas zonas se limita a 15 km por razones de seguridad, ya que las longitudes mayores causan somnolencia y dañan los ojos de los operadores. Por tal motivo es conveniente introducir curvas en donde más convenga para cumplir con la condición anterior.

Dos tangentes consecutivas del alineamiento horizontal se cruzan en un punto de inflexión (PI) formando entre si un ángulo de deflexión (Δ), que está constituido por la continuación de la tangente de entrada hacia adelante el PI, y la tangente de salida.

Para cambiar la dirección de un vehículo en una tangente horizontal a otra se requieren curvas cuya longitud sea proporcional a la variación de la aceleración centrífuga, y con las cuales la aceleración centrífuga de los vehículos varíe de cero a un máximo hacia el centro y luego disminuye a cero al llegar a la tangente posterior. Las curvas cumplen con estas condiciones son las espirales de Euler y la lemniscata de Bernoulli.

Una espiral no es posible utilizarla para el cambio, se utilizan dos una espiral de entrada y una de salida y una curva circular entre ambas en la que no hay cambio de aceleración centrífuga y que se identifica por su grado de curvatura, esto es el ángulo subtendido por un arco de 20 m. Dado que un ángulo de 360° subtende un arco de $2\pi R$, el ángulo subtendido por un arco de 20 m es

$$360/2\pi R = G_c/20$$

$$G_c = 1145.96/R$$

Los elementos de una curva circular con espirales de entrada y salida se muestran en la figura 4.4.

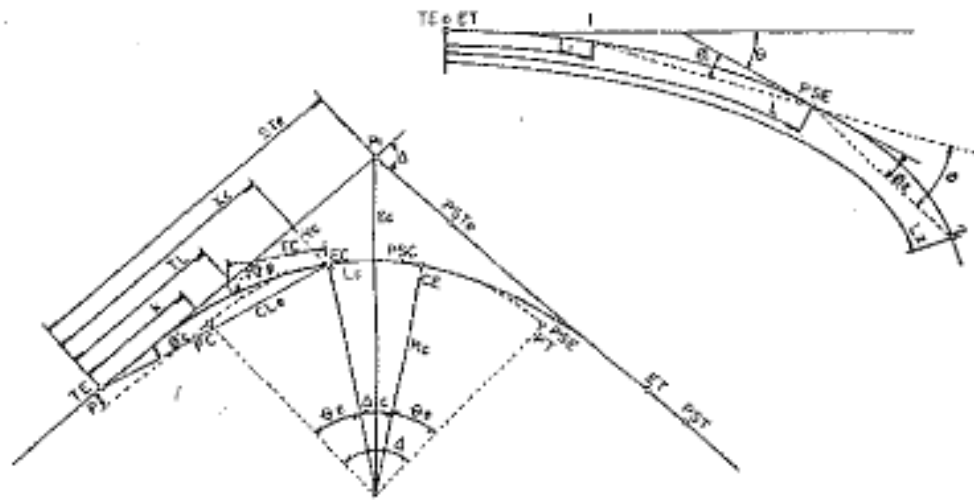
La longitud de la curva espiral por comodidad y su valor se obtiene:

$$L_e = 8VS$$

Donde:

V=Velocidad de proyecto en km/h

S=Sobreelevación de la curva circular.



- PI Punto de intersección de las tangentes
- TE Punto donde termina la tangente y empieza la espiral
- EC Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular
- CE Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral
- ET Punto donde termina la espiral y empieza la tangente
- PSC Punto cualquiera sobre la curva circular
- PSE Punto cualquiera sobre la espiral
- PST Punto cualquiera sobre las tangentes
- PSTe Punto cualquiera sobre las subtangentes
- Δ Angulo de deflexión de las tangentes
- Δc Angulo central de la curva circular
- θe Deflexión de la espiral en el EC o CE
- θ Deflexión de la espiral en un PSE
- θc Angulo de la cuerda larga
- θ1 Angulo entre la tang. a un PSE y una cuerda atrás
- θ2 Angulo entre la tang. a un PSE y una cuerda adelante
- θ Angulo entre dos cuerdas de la espiral
- Xc Coordenadas del EC o del CE
- Yc
- k
- p
- h Coordenadas del PC o del PT (Desplazamiento)
- STc Subtangente
- TL Tangente larga
- TC Tangente corta
- CLe Cuerda larga de la espiral
- Es Externa
- Rc Radio de la curva circular
- L Longitud de la espiral a un PSE
- Le Longitud de la espiral al EC o CE
- Lc Longitud de la curva circular
- LT Longitud total de la curva circular con espirales

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$$

$$\theta_e = 6cLe/40$$

$$\theta = (L/Le)^2 \theta_e$$

$$\theta_c = \theta_e / 3$$

$$\theta_1 = (L - L_1)(2L + L_1 + \theta_e) / (3Le^2)$$

$$\theta_2 = (L_2 - L_1)(2L + L_2) \theta_e / (3Le^2)$$

$$\theta = (L_2 - L_1)(L_1 + L_2) \theta_e / (3Le^2)$$

$$X_c = (Le/100)(100 - 0.00305 \theta_e^2)$$

$$Y_c = (Le/100)(0.582 \theta_e - 0.000126 \theta_e^3)$$

$$k = X_c - R_c \cos \theta_e$$

$$p = Y_c - R_c \sin \theta_e$$

$$STc = k + (R_c + p) \tan(\Delta/2)$$

$$TL = X_c - Y_c \cot \theta_e$$

$$TC = Y_c \csc \theta_e$$

$$CLe = (X_c^2 + Y_c^2)^{1/2}$$

$$Ec = (R_c + p) \sec(\Delta/2) - R_c$$

$$Rc = 1145.92 / \Delta_c$$

$$Le = 8VS(\text{mínimo})$$

$$Lc = 20\Delta_c / G_c$$

$$LT = kLe + 20\Delta / G_c$$

FIG.004.2 ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES

Figura 4.4.

Para cada tipo de camino, velocidad del proyecto y grado de curvatura de la curva circular, las normas proporcionan estas longitudes como se muestran en la siguiente figura 4.5.

VELOCIDAD		40			50			60			70			80			90			100		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0° 15'	4583.63	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 30'	2291.84	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	30	2.0	56
0° 45'	1527.89	20	2.0	22	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.4	45	20	2.8	50	40	3.5	56
1 00	1145.92	20	2.0	22	30	2.0	28	30	2.0	34	30	2.5	39	30	3.0	45	40	3.6	50	40	4.6	56
1 15	916.71	30	2.0	22	30	2.0	28	30	2.3	34	40	3.0	39	40	3.7	45	40	4.5	50	50	5.6	56
1 30	763.94	30	2.0	22	30	2.0	28	40	2.8	34	40	3.6	39	40	4.4	45	50	5.3	50	50	6.5	56
1 45	654.81	30	2.0	22	30	2.2	28	40	3.2	34	40	4.1	39	50	5.0	45	50	6.0	50	60	7.3	56
2 00	572.96	30	2.0	22	40	2.5	28	40	3.6	34	50	4.6	39	50	5.7	45	50	6.8	50	60	8.1	65
2 15	509.30	30	2.0	22	40	2.8	28	40	4.0	34	50	5.1	39	50	6.2	45	60	7.4	55	60	8.7	70
2 30	458.37	40	2.1	22	40	3.1	28	50	4.4	34	50	5.5	39	60	6.7	45	60	7.9	57	70	9.3	74
2 45	416.70	40	2.3	22	40	3.4	28	50	4.7	34	50	6.0	39	60	7.2	46	60	8.4	60	70	9.6	77
3 00	381.97	40	2.5	22	50	3.7	28	50	5.1	34	60	6.4	39	60	7.7	49	70	8.8	63	70	9.9	79
3 15	352.59	40	2.7	22	50	3.9	28	50	5.4	34	60	6.8	39	60	8.1	52	70	9.2	66	80	10.0	80
3 30	327.40	40	2.9	22	50	4.2	28	50	5.7	34	60	7.1	40	70	8.5	54	70	9.6	69			
3 45	305.58	50	3.1	22	50	4.4	28	60	6.0	34	60	7.5	42	70	8.8	56	70	9.8	71			
4 00	286.48	50	3.3	22	50	4.7	28	60	6.3	34	60	7.8	44	70	9.1	58	80	9.9	71			
4 15	269.63	50	3.4	22	60	4.9	28	60	6.6	34	70	8.1	45	70	9.4	60	80	10.0	72			
4 30	254.65	50	3.6	22	60	5.1	28	60	6.9	34	70	8.4	47	80	9.6	61						
4 45	241.25	50	3.8	22	60	5.4	28	60	7.1	34	70	8.7	49	80	9.8	63						
5 00	229.18	50	3.9	22	60	5.6	28	70	7.4	36	70	8.9	50	80	9.9	63						
5 30	208.35	60	4.2	22	60	6.0	28	70	7.8	37	80	9.3	52	90	10.0	64						
6 00	190.99	60	4.5	22	70	6.3	28	70	8.2	39	80	9.6	54									
6 30	176.29	60	4.8	22	70	6.7	28	80	8.6	41	90	9.8	55									
7 00	163.70	70	5.1	22	70	7.0	28	80	8.9	43	90	9.9	55									
7 30	152.79	70	5.3	22	80	7.3	29	90	9.1	44	90	10.0	56									
8 00	143.24	70	5.6	22	80	7.6	30	90	9.4	45												
8 30	134.81	80	5.8	22	80	7.9	32	90	9.6	46												
9 00	127.32	80	6.1	22	90	8.2	33	100	9.7	47												
9 30	120.62	80	6.3	22	90	8.4	34	100	9.8	47												
10 00	114.59	90	6.5	22	100	8.6	35	100	9.9	48												
11 00	104.17	90	6.9	22	100	9.0	36	110	10.0	48												
12 00	95.49	100	7.3	23	110	9.3	37															
13 00	86.15	100	7.6	24	110	9.6	38															
14 00	81.85	110	7.9	25	120	9.8	39															
15 00	76.39	110	8.2	26	120	9.9	40															
16 00	71.62	120	8.5	27	130	10.0	40															
17 00	67.41	120	8.7	28	140	10.0	40															
18 00	63.66	130	8.9	28																		
19 00	60.31	130	9.1	29																		
20 00	57.30	140	9.2	29																		
21 00	54.57	140	9.4	30																		
22 00	52.09	150	9.5	30																		
23 00	49.82	150	9.6	31																		
24 00	47.75	160	9.7	31																		
25 00	45.84	160	9.8	31																		
26 00	44.07	170	9.9	32																		
27 00	42.44	170	9.9	32																		
28 00	40.93	180	10.0	32																		
29 00	39.51	90	10.0	32																		
30 00	36.20	190	10.0	32																		

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

Sc Sobre elevación, 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)

Notas.- Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se contienen por interpolación lineal

TABLA 004-6 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO C

Figura 4.5.

Cuando el desplazamiento (p) es menor que 30 cm, las normas de proyecto permiten que no se tracen las espirales sino sólo la curva circular del grado elegido que cubra la deflexión total (Δ). Las transiciones de la pendiente transversal y la ampliación de la corona se realizan en tangente con una longitud de $\frac{1}{2}$ de L_e y el resto en la misma longitud, sobre la curva circular.

Las normas del proyecto geométrico para carreteras de la S.C.T., relativas a los diferentes tipos de caminos, incluyen tablas como las mostradas en la figura 4.5, en las que se marcan los grados de curvatura para los cuales se permite trazar sólo las curvas circulares. Cuando se trazan las curvas espirales, se debe cumplir que $2\theta_e \leq \Delta$.

Los elementos de una curva circular simple se muestran en la siguiente figura 4.6.

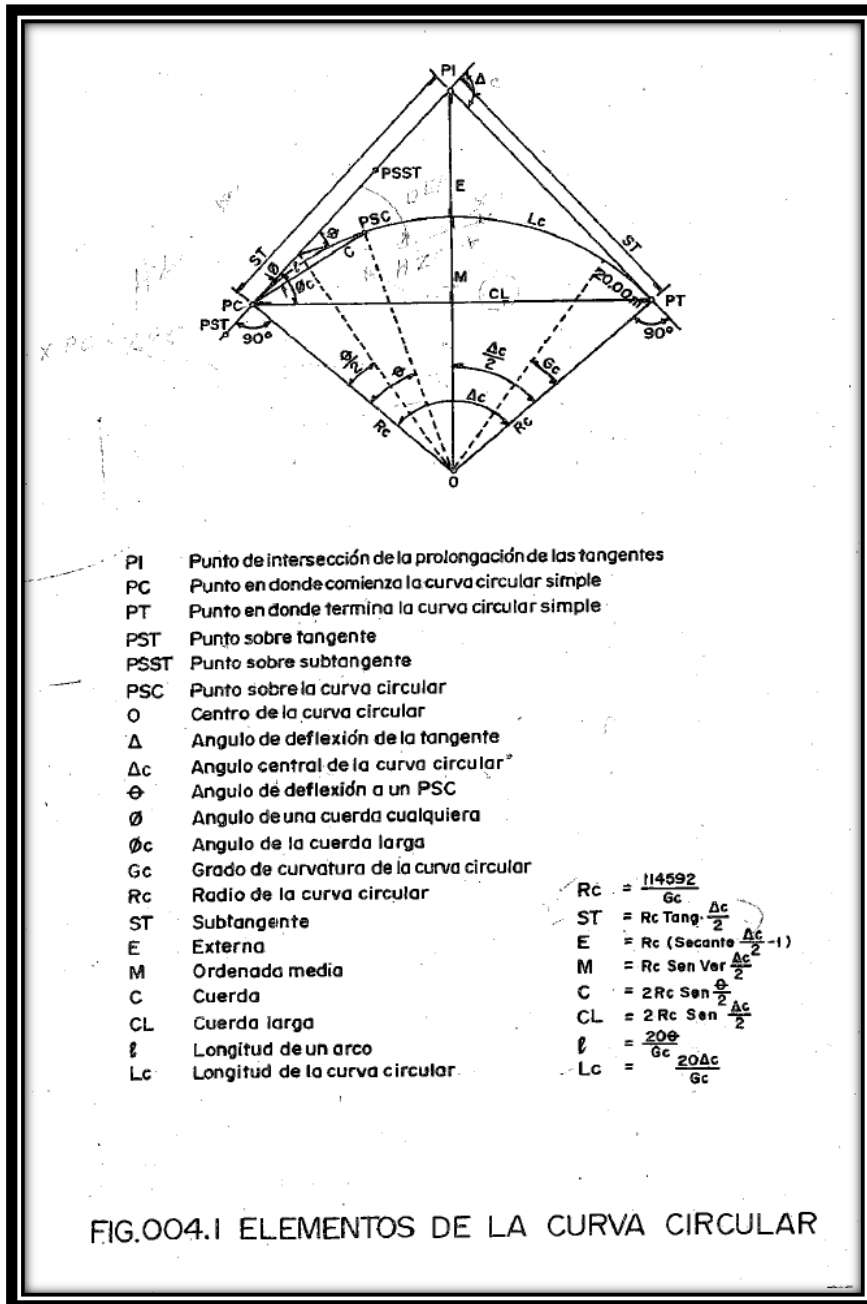


FIG.004.1 ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR

Figura 4.6.

SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA OBRA VIAL

La sección transversal de una obra vial es un corte acorde a un plano vertical y normal al centro de línea en el alineamiento horizontal.

En las siguientes figuras se muestran las secciones transversales de acuerdo al tipo de camino:

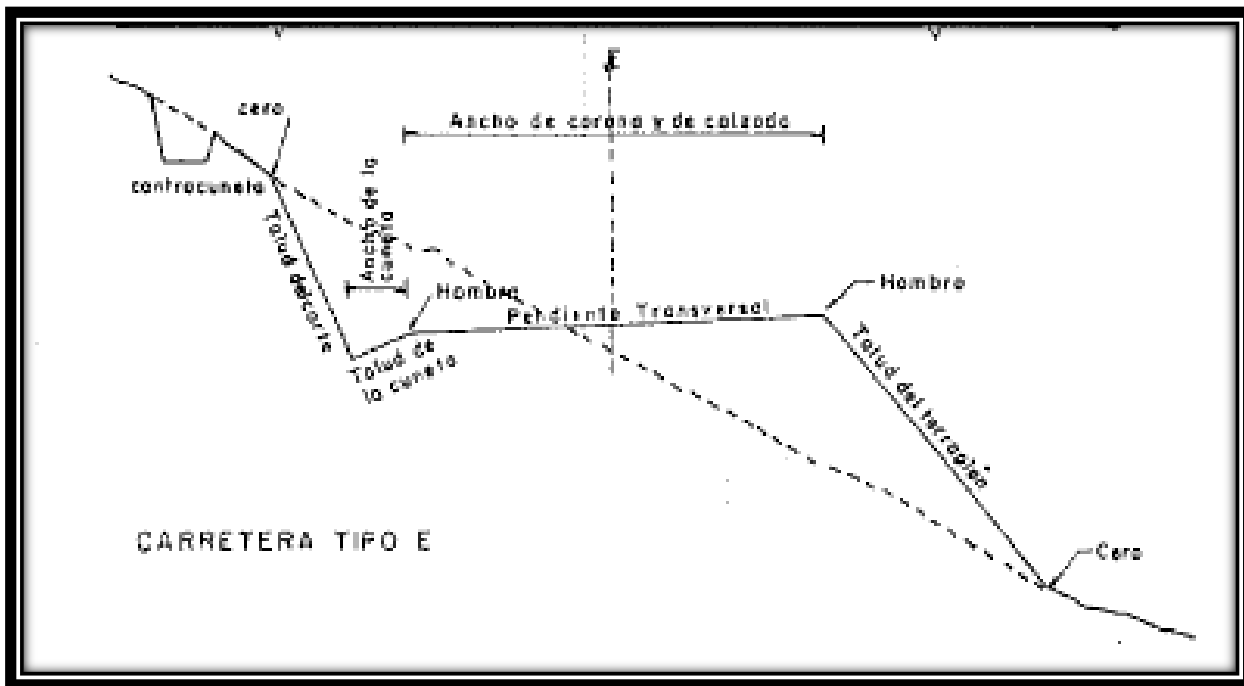


Figura 4.7. Sección transversal.

El proyecto geométrico de vías terrestres se realiza al nivel de la línea subrasante que marca el final de las terracerías, por lo que las dimensiones que se deben manejar son las que se tendrán a ese nivel.

Las características de la subcorona son su ancho y su pendiente transversal. En tangentes horizontales, la pendiente transversal es el bombeo que se hace en la corona hacia ambos lados para permitir el desalojo rápido del agua de lluvia; de acuerdo con el tipo de camino varía del 2 al 3%.

En las curvas del alineamiento horizontal, la sección transversal se denomina sobre elevación y es la pendiente que se da a la corona completa de la obra vial hacia el centro de la curva. Además de asegurar el drenaje, su función es contrarrestar, junto con la fricción, la fuerza centrífuga que obra sobre los vehículos.

Para una velocidad de proyecto, es posible usar varios grados de curvatura sin

exceder el máximo. En una velocidad determinada, pero grados de curvatura menores que el máximo, la sobreelevación es menor y se obtiene de las tablas que proporcionan las normas de proyecto geométrico para carreteras, figura 4.8.

VELOCIDAD	50			60			70			80			90			100			110				
Ge	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	
0° 15'	4583.68	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	
0° 30'	2291.84	0	2.0	28	0	2.0	34	20	2.0	39	20	2.0	45	20	2.0	50	20	2.3	56	20	2.7	62	
0° 45'	1527.89	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.0	39	20	2.3	45	30	2.8	50	30	3.4	56	30	4.0	62	
1° 00'	1145.92	20	2.0	28	20	2.0	34	20	2.3	39	30	3.0	45	30	3.6	50	30	4.5	56	30	5.2	62	
1° 15'	916.74	20	2.0	28	20	2.3	34	30	3.0	39	30	3.7	45	40	4.5	50	40	5.5	56	40	6.3	62	
1° 30'	753.94	20	2.0	28	30	2.8	34	30	3.5	39	30	4.4	45	40	5.3	50	40	6.4	56	40	7.3	64	
1° 45'	654.81	30	2.2	28	30	3.2	34	30	4.1	39	40	5.0	45	40	6.1	50	40	7.3	56	50	8.1	71	
2° 00'	572.96	30	2.5	28	30	3.6	34	30	4.6	39	40	5.7	45	40	6.7	50	50	8.1	56	50	8.9	78	
2° 15'	509.30	30	2.8	28	40	4.0	34	40	5.1	39	40	6.2	45	50	7.3	53	50	8.7	70	60	9.4	83	
2° 30'	458.37	30	3.1	28	40	4.4	34	40	5.5	39	50	6.8	45	50	7.9	57	60	9.2	74	60	9.8	86	
2° 45'	416.70	30	3.4	28	40	4.7	34	40	6.0	39	50	7.3	47	50	8.4	60	60	9.6	77	60	10.0	88	
3° 00'	381.97	40	3.7	28	40	5.1	34	50	6.4	39	50	7.7	49	60	8.8	63	60	9.9	79				
3° 15'	352.59	40	3.9	28	40	5.4	34	50	6.7	39	50	8.1	52	60	9.2	66	60	10.0	80				
3° 30'	327.40	40	4.2	28	50	5.7	34	50	7.1	40	60	8.5	54	60	9.6	59							
3° 45'	305.58	40	4.4	28	50	6.0	34	50	7.5	42	60	8.8	56	60	9.8	71							
4° 00'	286.48	40	4.7	28	50	6.3	34	50	7.8	44	60	9.1	58	70	9.9	71							
4° 15'	269.63	50	4.9	28	50	6.6	34	60	8.1	45	60	9.4	60	70	10.0	72							
4° 30'	254.65	50	5.1	28	50	6.9	34	60	8.4	47	70	9.6	61										
4° 45'	241.25	50	5.4	28	60	7.1	34	60	8.7	49	70	9.7	62										
5° 00'	229.18	50	5.6	28	60	7.4	36	60	8.9	50	70	9.9	63										
5° 15'	208.35	60	6.0	28	60	7.8	37	70	9.3	52	80	10.0	64										
6° 00'	190.99	60	6.3	28	70	8.2	39	70	9.6	54													
6° 30'	176.29	60	6.7	28	70	8.6	41	80	9.8	55													
7° 00'	163.70	60	7.0	28	70	8.9	43	80	9.9	55													
7° 30'	152.79	70	7.3	29	80	9.1	44	80	10.0	56													
8° 00'	143.24	70	7.6	30	80	9.4	45																
8° 30'	134.81	70	7.9	32	80	9.6	46																
9° 00'	127.32	80	8.2	33	90	9.7	47																
9° 30'	120.62	80	8.4	34	90	9.8	47																
10° 00'	114.59	80	8.6	34	90	9.9	48																
10° 30'	109.13	90	8.8	35	100	10.0	48																
11° 00'	104.17	90	9.0	36	100	10.0	48																
11° 30'	99.64	90	9.2	37																			
12° 00'	95.49	100	9.3	37																			
12° 30'	91.67	100	9.5	38																			
13° 00'	88.15	100	9.6	38																			
13° 30'	84.88	110	9.7	39																			
14° 00'	81.85	110	9.8	39																			
14° 30'	79.03	110	9.8	39																			
15° 00'	76.39	110	9.9	40																			
15° 30'	73.93	120	9.9	40																			
16° 00'	71.62	120	10.0	40																			
16° 30'	69.45	120	10.0	40																			
17° 00'	67.41	130	10.0	40																			

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 usaran transiciones mixtas)

Nota.- Para grados de curvatura no previstos en la tabla, Ac, Sc, y Le se obtienen por interpolación lineal.

TABLA 004-7 AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CARRETERAS TIPO B y A(A2)

Figura 4.8.

En una curva circular los vehículos caminan a través, es decir el ancho real que ocupan en la corona es mayor que el que emplean en tangente; por ello la corona se amplía de acuerdo con el grado de curvatura de la curva circular. Esta ampliación también la proporcionan las norma de proyecto. Ver figura 4.8 y se coloca hacia afuera de la curva pero debe haber una transición cero de la tangente a la totalidad de la ampliación, al inicio de la curva circular. Esta transición se da a lo largo de la curva espiral en proporción a su longitud. Lo mismo se hace sobre la espiral de salida, pero en sentido contrario. Ver figura 4.9.

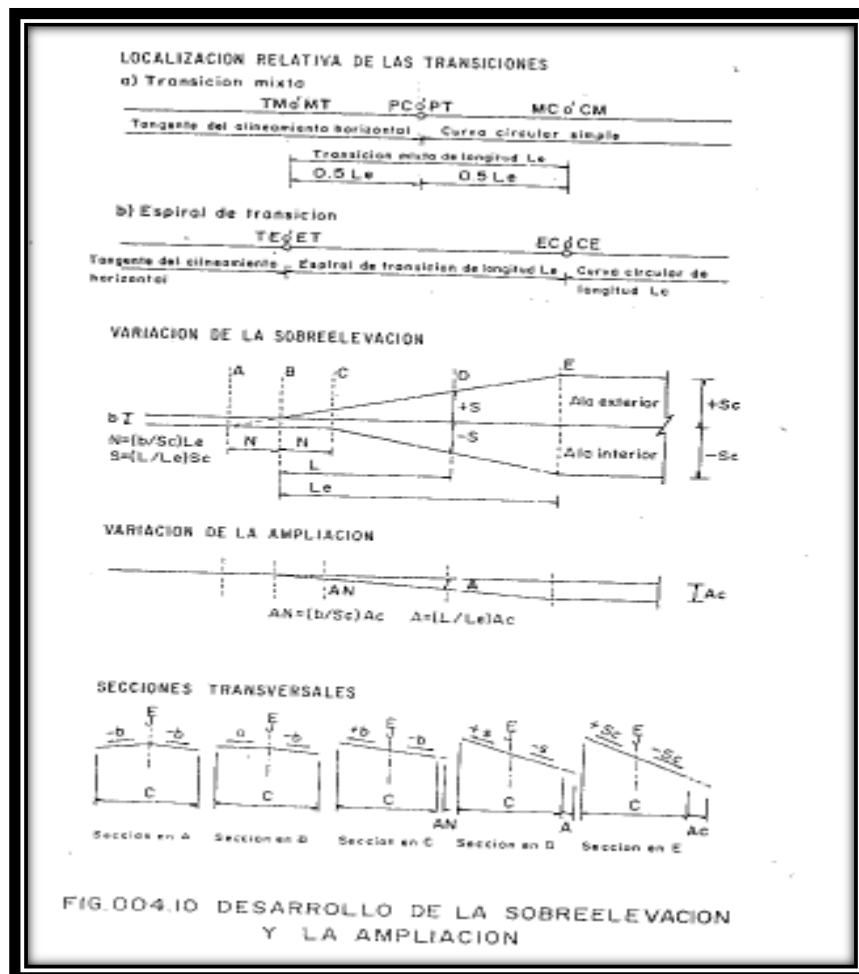


Figura 4.9

GEOMETRIA DE LA SECCIÓN

La información para graficar la geometría de la sección se obtiene, una vez que se cuenta con el proyecto de terracerías definitivo y se genera el archivo en el cual se enlistan los datos geométricos del proyecto de la carretera, de este archivo se obtienen la información para realizar la geometría de cada obra. El proyecto de terracerías cuenta con los siete apartados siguientes:

- Geometría de seccionamiento de construcción
- Áreas de las secciones de construcción
- Referencias de afinamiento
- Volúmenes de construcción
- Ordenada curva masa
- Datos de proceso
- Secciones transversales

De dichos apartados se ocupa la geometría de secciones de construcción y datos de proceso, del primero se obtiene, la elevación de la subrasante y alineamiento vertical, del segundo el ancho de corona, ampliaciones, sobreelevaciones y taludes, el espesor de pavimento se obtiene ya sea del estudio geotécnico, el alineamiento horizontal se reporta en los registros de obras de drenaje menor.

Se cuenta con un formato que resume los datos necesarios para el cálculo de la geometría de la sección, el cual está integrado por los elementos siguientes

Estación: Se refiere al kilometraje correspondiente al eje de la obra de acuerdo con el cadenamamiento del eje de la carretera

Alineamiento: Se tiene el alineamiento horizontal este se refiere si la obra se ubica en tangente o en curva y el alineamiento vertical del se obtiene la pendiente correspondiente en %.

Elevación subrasante: Este dato se refiere a la elevación de la subrasante correspondiente a la estación en la que se encuentra ubicada el centro de la obra

Pavimento: Aquí deberá tomarse el espesor correspondiente a la base, sub-base y carpeta.

Pendiente longitudinal de la carretera: Este dato se toma de la geometría de seccionamiento de construcción; se refiere a la pendiente de las tangentes verticales y puede ser positiva o negativa, según que la carretera ascienda o descienda en el sentido del cadenamiento; en caso de que el eje de la obra propuesta se encuentre localizado en curva vertical, la pendiente será la que resulte entre dos estaciones inmediatas anterior y posterior, sin considerar la curva vertical.

Ancho de corona: Este dependerá del tipo de camino y será para un tramo en tangente.

Ampliación: Se refiere al ancho de la franja que se agrega en la parte interna de las curvas horizontales y que está en función del grado de curvatura y de la velocidad de proyecto.

Sobre-elevación: Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de la curva del alineamiento horizontal para contrarrestar, parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga.

Semi-corona: Se refiere al ancho de las mismas en una sección normal que pase por el eje de la obra, siendo dicho valor variable dependiendo éste del tipo de camino y si ésta en tangente o en curva. Cuando el eje de la obra es normal y en tangente, el valor de las semi-coronas será igual. En caso del que el eje sea radial en curva, este valor será diferente.

Taludes: Estos son de acuerdo con las condiciones del camino y si está en corte o terraplén, también varía a la clase de materiales que lo forman.

Quedando el formato como se muestra en la Fig. 4.10.

CARRETERA: EL ALCALDE - ACATLAN												
TRAMO: EL ALCALDE - ACATLAN			DEL KM.: 12+500.00				AL KM.: 18+025.04					
SUBTRAMO:						ORIGEN: EL ALCALDE, MICH.						
SUB-BASE+BASE:		0.25 m	CARPETA:			ANCHO DE CORONA: 7.00 m			CUNETAS:			PROFUNDIDAD:
BALASTO:								ANCHO:				
ESTACION	CRUCE	ELEV. SUB-RASANTE	ALINEAMIENTO		SECCION NORMAL						NOTAS	
			HORIZONTAL	VERTICAL	SEMICORONAS		SOBRE-ELEVACION		TALUD.			
					IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.		
12+890.50	32°10' DER en C.	350.63	C.H.	C.V.	3.50	3.70	2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.20 m	
13+106.00	14°55' IZQ EN C.	356.66	C.H.	C.V.	3.50	4.30	8.90	-8.90	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.80 m	
13+185.324	8°20' DER en TAN	357.96	T.H.	T.V.	3.50	3.50	0.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
13+476.00	8°10' DER en TAN	355.58	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
13+700.00	3°24' IZQ en TAN	361.16	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
13+940.00	45° DER en TAN.	366.05	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
14+232.00	28°15' DER en C.	367.44	C.H.	C.V.	3.50	3.50	-7.40	7.40	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.70 m	
14+780.00	16°00' DER en C.	373.23	C.H.	C.V.	3.50	4.70	9.90	-9.90	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 1.20 m	
14+920.00	31°00' DER en TAN.	373.23	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
15+058.00	11°00' DER en C.	377.37	C.H.	C.V.	3.50	4.20	7.40	-7.40	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.70 m	
15+177.00	13°10' DER en TAN.	378.09	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
15+571.50	32°52' DER en C.	385.57	C.H.	C.V.	3.50	4.20	8.20	-8.20	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.70 m	
15+682.50	RADIAL EN C.	385.35	C.H.	C.V.	3.50	3.67	2.50	-2.50	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.17 m	
15+880.00	3°37' IZQ EN C.	390.18	C.H.	C.V.	3.90	3.50	-4.95	4.95	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.40 m	
16+080.00	NORMAL EN TAN.	390.48	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
16+260.00	6°10' IZQ EN C.	396.28	C.H.	C.V.	3.68	3.50	-2.00	1.29	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.18 m	
16+440.00	NORMAL EN TAN.	400.58	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
16+549.00	RADIAL EN C.	404.00	C.H.	C.V.	4.13	3.50	-4.67	4.67	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.63 m	
16+710.50	10°00' IZQ EN C.	401.99	C.H.	C.V.	3.50	3.90	3.83	-3.83	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.40 m	
16+774.00	NORMAL EN TAN.	403.26	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
16+840.00	NORMAL EN TAN.	404.64	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1		
17+240.00	RADIAL EN C.	418.14	C.H.	C.V.	3.50	3.98	3.98	-3.98	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.48 m	
17+340.00	RADIAL EN C.	417.13	C.H.	C.V.	3.50	4.57	8.72	-8.72	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 1.07 m	
CONCENTRO: _____			REVISO: _____			APROBO: _____						
FECHA: _____			FECHA: _____			FECHA: _____						

Figura 4.10. Datos de Terracerías

Con estos datos calculamos la geometría de sección, a partir de este punto nos vamos a referir a valores del lado izquierdo y derecho del eje de la carretera en relación con el proyecto, diferenciando dichos valores afectándolos por un índice (1) y (2) respectivamente.

Para obtener la geometría de la sección de la obra de drenaje, se necesita la longitud de la semi-coronas, la elevación en los hombros y la rasante en el centro de la obra (CL) y los taludes.

Estas dimensiones son proyecciones de la sección de la carretera como se muestra en la fig. 4.11.

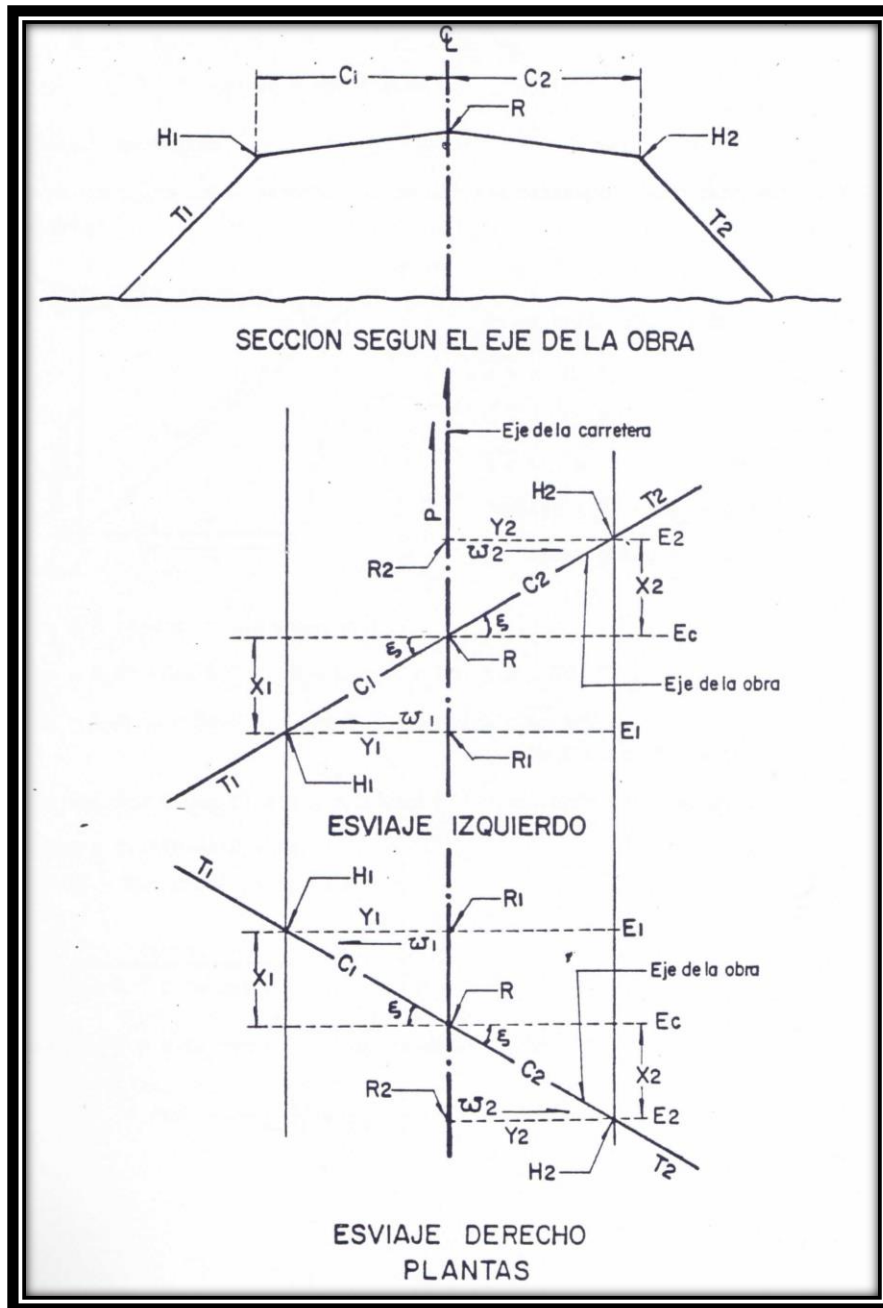


Figura 4.11. Elementos a calcular para graficar, de la geometría de la sección

Datos iniciales:

- Y1 Semicorona izquierda del camino
- Y2 Semicorona derecha del camino
- w1 Sobre-elevacion izquierda

w2 Sobre-derecha izquierda
R. Rasante de cálculo

Los primeros valores que se calculan son los siguientes:

Lado izquierdo		Lado derecho
X1	Tan e	X2
C1	Cos e	C2
R1	Sen e	R2

x = Distancia de desplazamiento del punto sobre el hombro (H), este desplazamiento se calcula aplicando la ley de los senos,

Para eje Normal o radial

$$X1 = 0 \quad X2 = 0$$

Para eje Esviajado

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

Se considera (-) del lado del esviaje y (+) para el lado contrario

C = Semi- corona esviajada

Para el eje Normal o Radial

$$C = Y$$

Para eje esviajado

$$C1 = Y1 / \cos e \quad C2 = Y2 / \cos e$$

R1 y R2 = Elevación de la rasante de la rasante de cálculo en los puntos ya desplazados sobre el eje de la carretera

Para eje Normal o Radial

$$R = R1 = R2$$

Para eje esviajado

$$R1 = R \pm (X1 * p) \quad R2 = R \pm (X2 * p)$$

Donde

p = pendiente de longitudinal de la carretera

el signo (+ ó -), se empleará de acuerdo con el signo algebraico que resulte del producto (X*p)

Conociendo estos valores se calculan las elevaciones de los hombros y los taludes de la sección, con lo cual se dibujan el perfil de la misma

H1 y H2 = elevación de los hombros del camino según el eje de la obra

$$H1 = R1 \pm (Y1 * w1)$$

$$H2 = R2 \pm (Y2 * w2)$$

El signo que se emplea en el segundo término depende de si la sobreelevación (w) es positiva o negativa

T1 y T2 = Talud esviados según el eje de la obra

Tn = talud de una sección normal

Para eje normal o radial

$$T1 = Tn = T2$$

Para el cálculo de los taludes esviados hay que tomar en cuenta principalmente la pendiente longitudinal de la carretera, si ésta es positiva o negativa, ya que de esto depende el incremento en más o menos que sufren los taludes esviados

$$T1 = Tn / \cos e \pm k$$

$$T2 = Tn / \cos e \pm k$$

Donde

K = valor que está en función de la pendiente de la carretera, el talud normal y el seno del esviaje ($k = p * Tn * \sin e$)

El signo que se aplica para encontrar el de ($\cos e \pm k$), será el mismo de la pendiente longitudinal de la carretera para el lado del esviaje

Ejemplo:

Si la pendiente es positiva y el esviaje es positivo, el valor de (k) será positivo para ese mismo lado.

$$T1 = Tn / \cos e - k$$

$$T2 = Tn / \cos e + k$$

En la Fig. 4.12. se muestran los diferentes casos para k

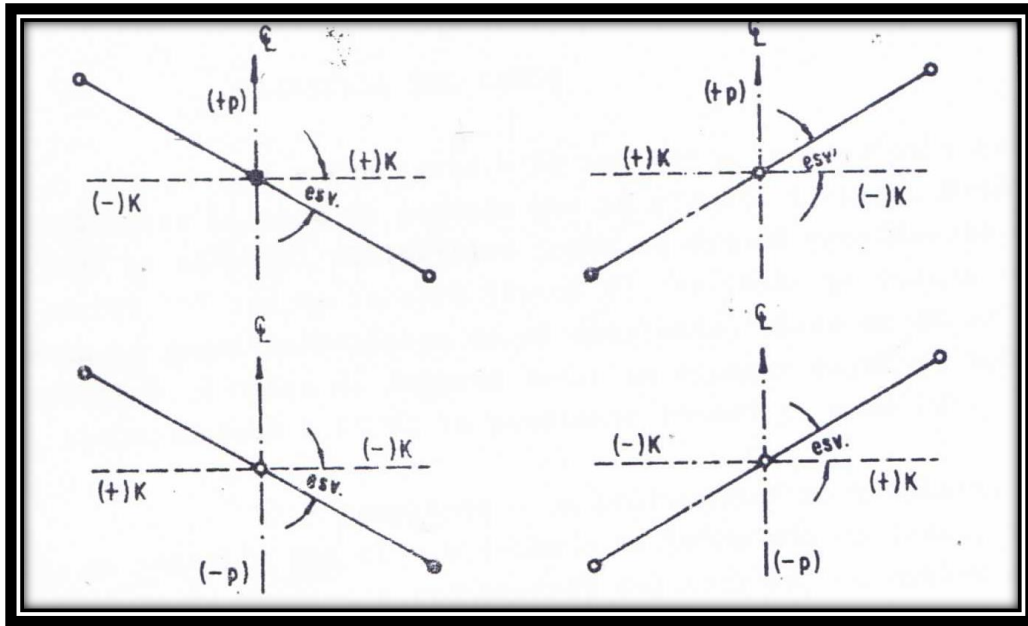


Figura 4.12.

TEMA V PROPUESTA Y CÁLCULO DEL TIPO DE OBRA CON BASE A SU ÁREA HIDRÁULICA

El diseño de las obras de drenaje es una de las partes principales y de gran importancia en el proyecto de vías terrestres, de ahí el cuidado que se debe tener al proponer y diseñar dichas obras. Una mala localización o un mal diseño ocasiona problemas graves en el funcionamiento de una vía de comunicación, se trate de una carretera o un ferrocarril, ya que la falla trae como consecuencia la interrupción del servicio de la vía en operación, así como las molestias causadas a los usuarios por la pérdida de tiempo, y sobre todo la pérdida económica que llega a ser bastante considerable.

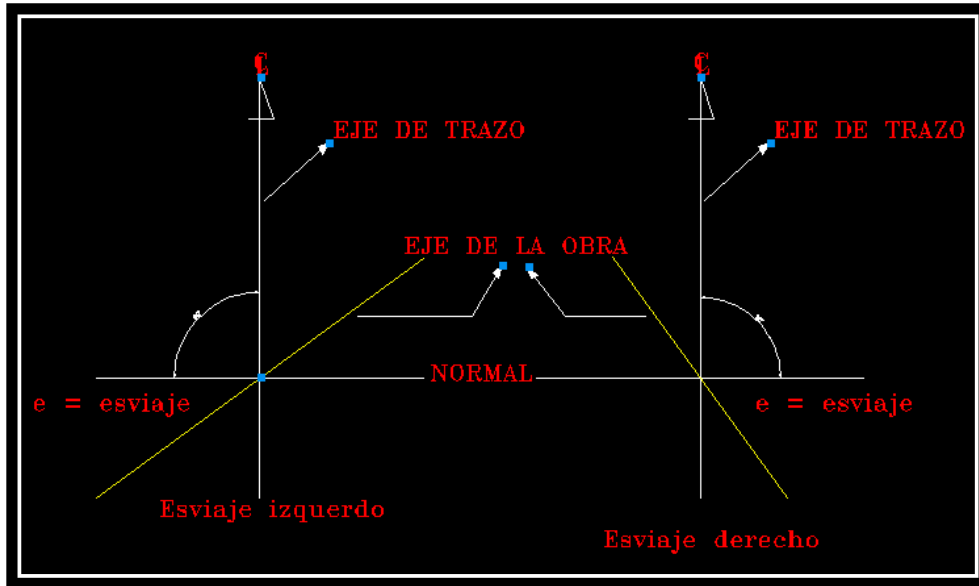
Los puntos principales que deben considerarse en la elección y proyecto de una obra de drenaje, son los siguientes:

1. Localización del eje de la obra.
2. Área por drenar.
3. Área hidráulica necesaria.
4. Elección del tipo de obra.

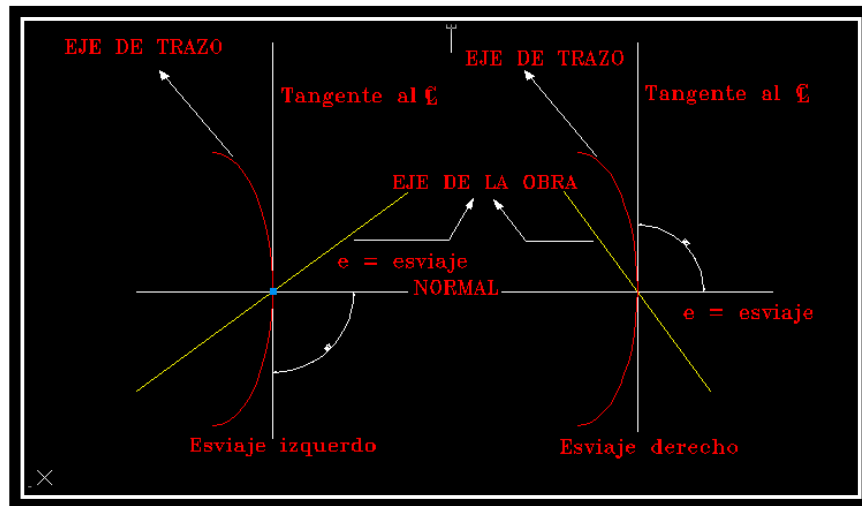
1. Localización del eje de la obra

La localización del eje de la obra deberá hacerse de preferencia siguiendo el cauce de los escurrideros siempre y cuando la forma del mismo y su pendiente longitudinal lo permitan, tomando en consideración que la pendiente está limitada por el tipo de obra de drenaje.

Esviaje es el ángulo que forma el eje de la obra con una normal o radial al eje del camino, dicho esviaje podrá ser izquierdo o derecho, según se encuentre desplazada o derecha de dicha normal o de la radial. El ángulo de esviaje deberá variar de 10° a 45° , sin embargo se permiten esviajes menores de 10° y mayores de 45° en casos que por condiciones muy especiales se justifiquen (canales de riego, cauces encajonados, ductos etc.).



Esviaje en Tangente



Esviaje Radial

Es de primordial importancia que la ubicación del eje de la obra de drenaje, la entrada se localice exactamente dentro del cauce del escurridor para garantizar la buena captación del agua y el mejor funcionamiento hidráulica de la obra. Se deberá evitar la canalización a la entrada de las obras, el cambio brusco de la pendiente entre el fondo de los escurrideros y el cauce de la obra y por último los cambios fuertes de dirección entre el cauce natural del escurrimiento y el de la obra.

En los casos que por necesidades del proyecto de las terracerías se construyan muros de contención y se requiera una obra de drenaje, ésta se deberá trazar normal o radial y su salida se empotrará en el muro y en la parte superior del cimiento, en cuyo caso el mismo muro hará las veces del muro de cabeza de la obra si se trata de un tubo.

2. Área por drenar

Una vez que se tiene localizado el eje de la obra respecto al eje del camino es necesario conocer el área por drenar para lo cual se recurrirá a cualquiera de los procedimientos conocidos con objeto de poder estimar con la mayor aproximación posible la superficie limitada por el parteaguas y el eje del camino.

El cálculo del área por drenar se puede efectuar de la forma siguiente:

- 1) Midiendo directamente en campo cuando se trata de superficies pequeñas.
- 2) Apoyándose en plantas topográficas de restitución fotogramétrica a escala, delimitando las cuencas respecto al eje del camino previamente ubicado y midiendo el área directamente con planímetro y/o si se tiene en forma digital con el programa de autocad.
- 3) Apoyándose en fotografías aéreas de contacto a escala y siguiendo el mismo procedimiento indicado en el inciso anterior.
- 4) En cartas topográficas escala 1: 50,000 de I.N.E.G.I.

A continuación se presenta un ejemplo de cuencas donde se utiliza la carta topográfica esc. 1:50,000 y restitución fotogramétrica. Ver figura 5.a.

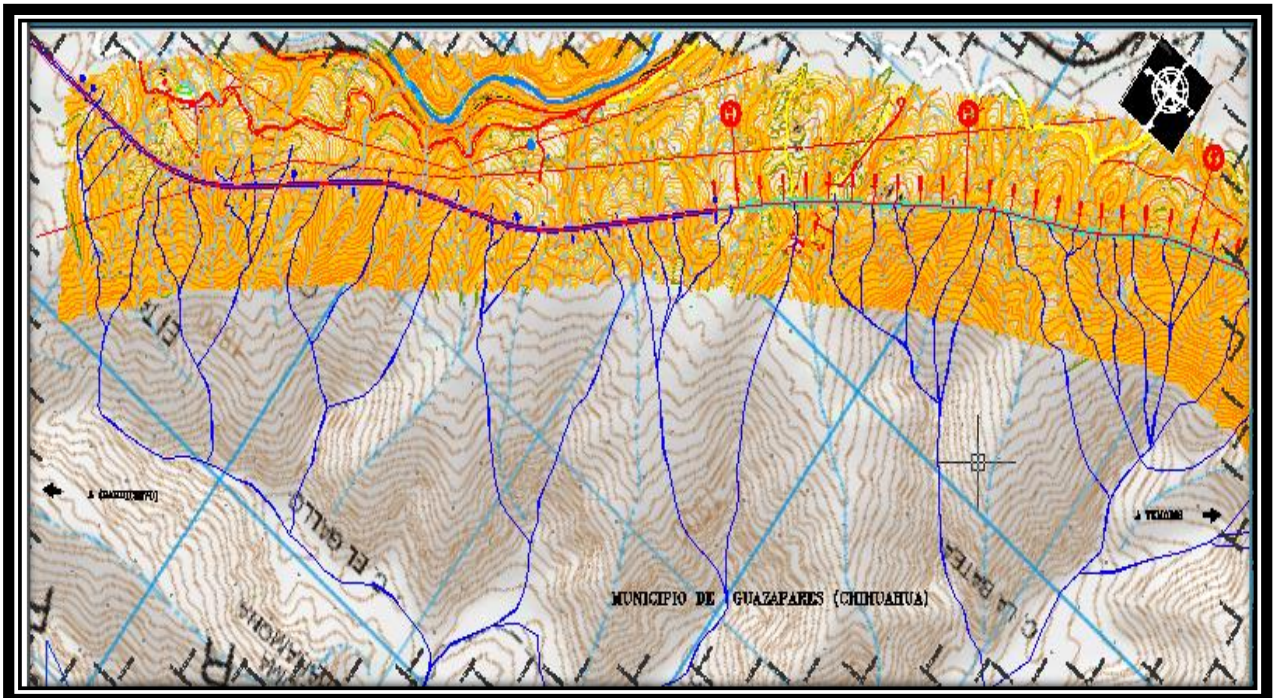


Figura 5.a.

3. Área Hidráulica Necesaria

Para obtener el área hidráulica necesaria para una obra de drenaje menor existen varios métodos, todos basados en fórmulas de Hidráulica, ya que de lo que se trata es de hacer pasar una cierta cantidad de agua (gasto) por un conducto o cañón de dimensiones conocidas (área hidráulica).

Para definir el área hidráulica, se pueden utilizar varios procedimientos, pero los más comunes y sobre todo que son de fácil manejo y mayor rapidez para obtener resultados son los siguientes:

Método racional

El método se aplica a cuencas pequeñas, como es en el caso de alcantarillas. Para el cálculo se considera una intensidad de lluvia con un periodo de retorno que depende de la vida útil de la obra de drenaje y del riesgo aceptado en el proyecto. Para la aplicación del método se utilizan las publicaciones de Isoyetas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Por comparación

Este procedimiento es aplicable cuando se trata de proyectar un cuerpo adicional a alguno preexistente en operación observando las marcas de niveles máximos históricos, adicionando esto con la obtención de la cuenca de aportación y el reporte de la brigada de topografía donde señale el estado de la estructura y su desempeño hidráulico.

Fórmulas empíricas

Para determinar el gasto en corrientes de diferentes condiciones hidráulicas, así como otras muy elaboradas y otros métodos hidrológicos; en este caso y para efectos de la magnitud de los volúmenes de agua que se manejan se consideró que es suficiente con utilizar la fórmula de Talbot, que se ha empleado con resultados aceptables hasta la fecha y que esta expresada por:

$$A= 0.1832 C(B)^{0.75}$$

Donde:

A= área hidráulica necesaria en (m²)

B= área por drenar en (Ha)

C= coeficiente que depende del tipo de terrenos y para una precipitación de 10cm, según el tipo de terreno

Tipos de terrenos		
1	Escarpado	C=1.00
2	Montañoso	C=0.8
3	Lomerío	C=0.6
4	Ondulado	C=0.5
5	Plano	C=0.3

Tabla 5.1. Valores del coeficiente de Talbot

Este método es el utilizado generalmente por la Dirección de Carreteras de la SCT. Cuando los terrenos son muy planos por lo regular en zonas de inundación y la definición del parteaguas se dificulta para obtener el área hidráulica necesaria se utiliza el NAME reportado por la brigada de topografía, con lo cual se asigna el gálibo de las obras aumentando 0.50 cm al nivel del mismo.

Elección del tipo de obra

Ya que se tiene el cálculo del área hidráulica necesaria “a” se procede a elegir el tipo de obra que satisfaga adecuadamente y dentro de condiciones de máxima seguridad; para ello es necesario considerar las diferentes obras: tubos, losas y bóvedas, no deben trabajar al 100% de su capacidad sino siempre debe dejarse un 20% de su capacidad por el tipo de arrastre.

Tipos de obra de obra de un drenaje transversal

Las obras de drenaje transversal se dividen en drenaje mayor y drenaje menor, según la dimensión del claro. Siendo el drenaje menor aquel que requiere una obra con un claro menor a seis metros, denominadas alcantarillas.

Las obras de drenaje mayor son los puentes o estructuras mayores cuyo claro es mayor a 6.00 m.

Las alcantarillas son estructuras de forma diversa y tienen como función dar paso expedito al agua al cruzar de un lado a otro de una vía de comunicación, por la forma y el material de construcción; estas estructuras de drenaje menor pueden clasificarse en tubos, losas, bóvedas y cajones.

Tubos: Son alcantarillas de sección usualmente circular. El material puede ser de concreto, lámina ondulado o polietileno. Los más usuales son los tubos de concreto de 0.90 Φ m , 1.05 Φ m, 1.20 Φ m y 1.50 Φ m.



Alcantarilla de Tubo de Concreto



Alcantarilla de doble Tubo de Concreto

Losas: Son estructuras formadas por dos estribos de concreto simple, sobre los que se apoya una losa de concreto reforzado. En este tipo de alcantarilla se dan las dimensiones del claro (horizontal) y el gálibo (vertical) en este orden. Las dimensiones del claro varían de 0.50 m a partir de 1.00 m hasta 6.00 m.



Alcantarilla Tipo Losa

Bóveda: Las alcantarillas de Bóveda están formadas por un cañón constituido por una sección rectangular y un medio círculo en la parte superior. Generalmente de concreto ciclópeo, anteriormente eran de mampostería. Las dimensiones al igual que la losa se expresan, primero el diámetro o claro horizontal y luego la altura del parámetro vertical de la parte rectangular.



Alcantarilla Tipo Bóveda

Cajones: Son estructuras de sección rectangular con paredes, techos y pisos de concreto reforzado, trabaja en conjunto como un marco rígido que absorbe el peso y el empuje del terraplén, la carga viva y la reacción del terreno. Tanto las losas como los muros son delgados y de poco peso; el conjunto tiene una amplia superficie de sustentación.



Alcantarilla Tipo Cajón

La pendiente para losas y cajones es de 0 al 12%, para bóvedas de 0 al 20% pudiendo incrementarse hasta el 25% siempre y cuando el cimientado sea escalonado.

En tubos del 0 al 45%; a partir del 30% se pondrán muros de anclaje por lo menos cada 5 o 10 m. siendo éstas las pendientes máximas.

En casos en que las pendientes por necesidades obliguen a incrementar se deberá hacer las recomendaciones al respecto, como cimientados escalonados en bóvedas o muros de anclaje en tubos, en el caso de las losas no es posible incrementar la pendiente ya que por ser de concreto el efecto del revenimiento lo impide.

Se deberá procurar hasta donde sea posible que los ejes para apoyar los proyectos de las obras sean normales o radiales al eje del camino; ya sea que esté localizado en tangente o en curva respectivamente. Cuando la dirección del escurrimiento no permita trazarlos en esa forma se tendrán que esviar de acuerdo al eje del escurridor.

Para una buena elección de tipo de obra, debe tomarse en cuenta:

- a) Área hidráulica necesaria.

- b) Pendiente de la obra.
- c) Altura mínima y máxima de terraplén o rellenos.
- d) Materiales de construcción.
- e) Capacidad de carga del terreno.

a) De acuerdo con el área hidráulica, la obra puede ser de uno a tres tubos dispuesto en batería cuando proporcionen economía con respecto a otra obra de igual área y que sea factible de construir, se puede elegir una losa, una bóveda o un cajón de concreto armado, dependiendo de los factores que se citarán posteriormente.

b) Si la pendiente de la obra sobrepasa la pendiente máxima, es importante tomar en cuenta que una pendiente hasta del 12% podrá elegirse una obra de tubos, losa, bóveda o cajón. Cuando la pendiente sea mayor del 12%, pero menor del 20%, podrá elegirse entre una batería de tubos y una bóveda, cuando se rebase el 20% deberá elegirse una obra compuesta por tubos, no debiendo admitir una pendiente mayor de 45%.

En casos cuando se tiene una bóveda y por condiciones especiales del escurridor no cumple con la pendiente permitida se podrá proyectar dicha bóveda con una mayor pendiente sin pasar del 25%, pero con la condición de que el cimiento se proyecte en forma escalonada.

Tratándose de tubos cuando su pendiente sea mayor de 30% deberá recomendarse que se construyan muros de anclaje a determinada distancia (de 5.00 a 10.00 m), dentro de la longitud de la obra, con objeto de evitar el deslizamiento de la misma. Ver figura 5.b.

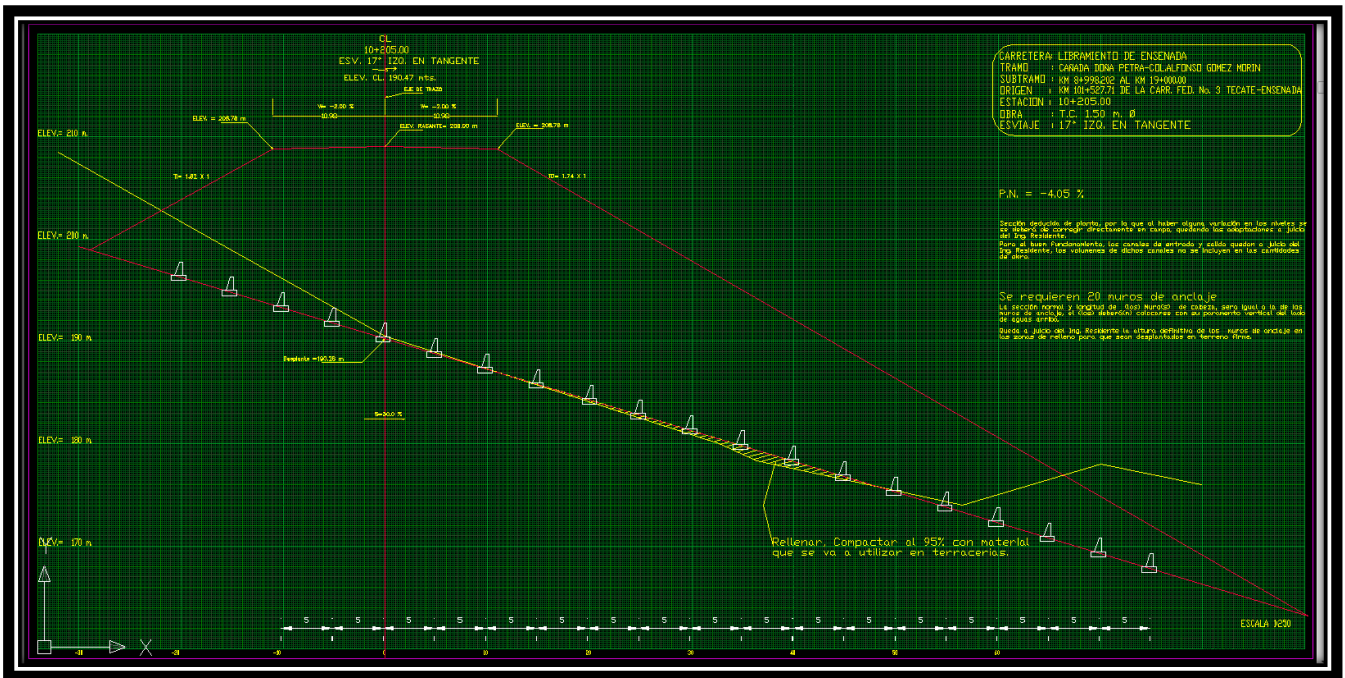


Figura 5.b.

c) Otro de los factores importantes en la elección del tipo de obra es la altura del terraplén o relleno sobre las mismas, ya que depende de ésta, el que podamos alojar un tubo, una bóveda o una losa (colchón mínimo o máximo).

La altura mínima de terraplén será aquella que nos permita alojar el tipo de obra elegido y además que nos garantice un colchón mínimo sobre la parte más desfavorable (hombro) de la superestructura o clave, se han venido considerando los siguientes valores para estos casos:

Tipos de Obra		
1	Tubo de concreto	0.80 m
2	Tubo de lámina	0.30 m
3	Losas y cajones de concreto armado	0.20 m
4	Bóveda de mampostería	1.00 m

Colchón mínimo de acuerdo al tipo de obra:

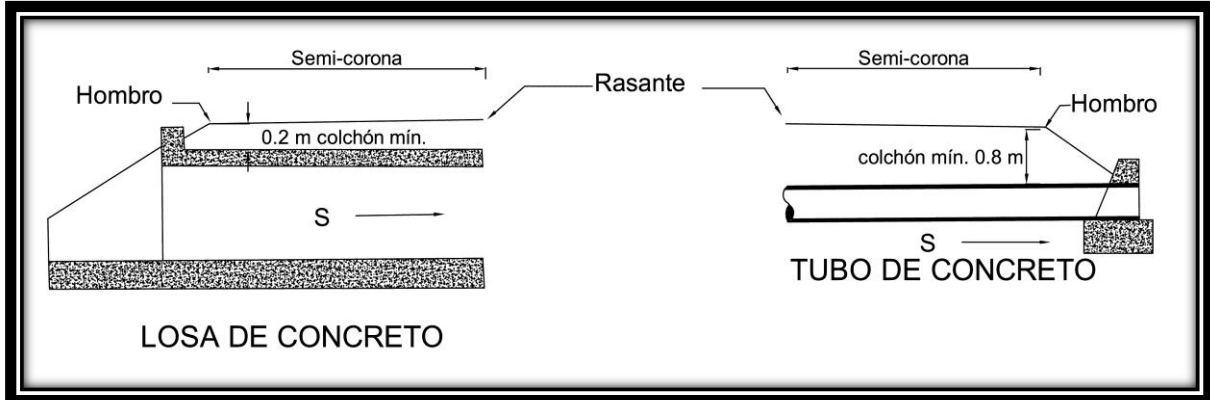


Figura 5.c.1

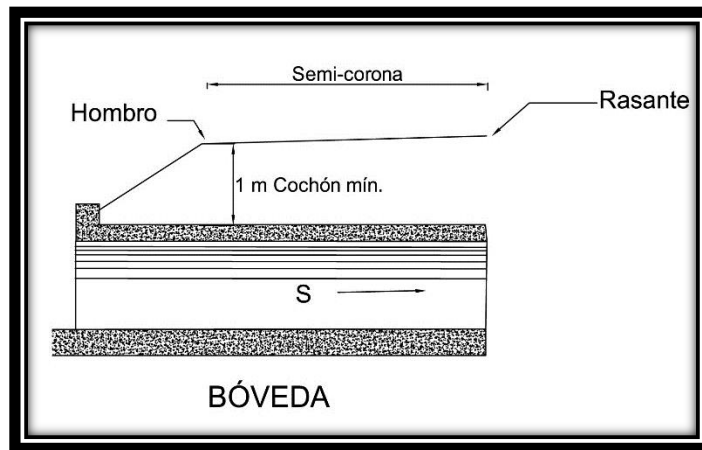


Figura 5.c.2

De lo anterior se define como rasante mínima, la elevación mínima en la corona para dar cabida a una alcantarilla, tomando en consideración su colchón mínimo.

El colchón se mide de la parte superior de la superestructura de la obra al nivel de la rasante. Estos colchones mínimos son los que dan el valor de la elevación para la rasante mínima que permite alojar la obra seleccionada.

El proyecto de la obra puede calcularse en rasante o subrasante mínima, dependiendo de la realización de las terracerías.

La rasante mínima es la elevación mínima en la corona para dar cabida a una alcantarilla, tomando en consideración su colchón mínimo. Por lo tanto la subrasante mínima será la elevación mínima en la subcorona.

d) Los materiales de construcción constituyen otro de los factores que influyen en la elección de tipo de obra ya que cada uno requiere de la facilidad y manejo de

materiales específicos, así se tiene una obra vial localizada en terrenos montañosos y de acceso difícil resulta complicada las maniobras para la transportación del material, y/o tubos para su construcción.

e) El factor de la capacidad de carga es determinante para la elección del tipo de obra ya que proporciona seguridad en gran parte de los proyectos para su estabilidad y evita que las obras como losas, bóvedas o cajones fallen en su cimentación. Sin embargo cuando se tienen obras donde su capacidad de carga no es la requerida se puede hacer un mejoramiento del suelo para poder llegar a la capacidad requerida. En la figura 5.e. se presenta un ejemplo del resultado de una zona de estudio para la propuesta del tipo de obra y recomendaciones de cimentación.

			RECOMENDACIONES DE CIMENTACION				
UBICACION KM.	TIPOS DE OBRA Y DIMENSIONES (M)	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUARA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN m.	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	CAPACIDAD DE CARGA Ton/m ²	TIPO DE ARRASTRE	OBSERVACIONES
			CARRETERA: LIBRAMIENTO DE ENSENADA TRAMO: CAÑADA DOÑA PETRA - COL. ALFONSO GOMEZ MORIN SUBTRAMO: DE KM 8+998.202 AL KM 19+000 ORIGEN: KM. 101+527.71 DE LA CARR. FED. No. 3 TECATE-ENSENADA				
9+219.00	T.C. 1.20Ø	GRANITO, POCO ALTERADA Y FRACTURADA, EMPACADO ARENAS ARCILLO-SAS AL EXPLOTARSE SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES AISLADOS, CON GRAVAS, ARENAS Y FINOS DE BAJA PLASTICIDAD		0.50 0.75 1.00	27.15 32.46 37.68	gravas arenas y finos	A, B y C
9+780.00	T.C. 1.20Ø	GRANITO, POCO ALTERADA Y FRACTURADA, EMPACADO ARENAS ARCILLO-SAS AL EXPLOTARSE SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES AISLADOS, CON GRAVAS, ARENAS Y FINOS DE BAJA PLASTICIDAD		0.50 0.75 1.00	27.15 32.46 37.68	gravas arenas y finos	A, B y C
10+080.00	T.C. 1.20Ø	GRANITO, POCO ALTERADA Y FRACTURADA, EMPACADO ARENAS ARCILLO-SAS AL EXPLOTARSE SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES AISLADOS, CON GRAVAS, ARENAS Y FINOS DE BAJA PLASTICIDAD		0.50 0.75 1.00	27.15 32.46 37.68	gravas arenas y finos	A, B y C
10+205.00	T.C. 1.50Ø	GRANITO, POCO ALTERADA Y FRACTURADA, EMPACADO ARENAS ARCILLO-SAS AL EXPLOTARSE SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES AISLADOS, CON GRAVAS, ARENAS Y FINOS DE BAJA PLASTICIDAD		0.50 0.75 1.00	27.15 32.46 37.68	gravas arenas y finos	A, B y C
10+370.00	2 T.C. 1.50Ø	GRANITO, POCO ALTERADA Y FRACTURADA, EMPACADO ARENAS ARCILLO-SAS AL EXPLOTARSE SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES AISLADOS, CON GRAVAS, ARENAS Y FINOS DE BAJA PLASTICIDAD		0.50 0.75 1.00	27.15 32.46 37.68	gravas arenas y finos	A, B y C
10+545.00	T.C. 1.20Ø	GRANITO, POCO ALTERADA Y FRACTURADA, EMPACADO ARENAS ARCILLO-SAS AL EXPLOTARSE SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES AISLADOS, CON GRAVAS, ARENAS Y FINOS DE BAJA PLASTICIDAD		0.50 0.75 1.00	27.15 32.46 37.68	gravas arenas y finos	A, B y C
10+590.00	T.C. 1.50Ø	GRANITO, POCO ALTERADA Y FRACTURADA, EMPACADO ARENAS ARCILLO-SAS AL EXPLOTARSE SE OBTENDRAN FRAGMENTOS MEDIANOS, CHICOS Y GRANDES AISLADOS, CON GRAVAS, ARENAS Y FINOS DE BAJA PLASTICIDAD		0.50 0.75 1.00	27.15 32.46 37.68	gravas arenas y finos	A, B y C
OBSERVACIONES : A) Se recomienda construir con estribos de concreto. B) Se deberá proteger la superficie del piso inferior de la obra, con el objeto de evitar socavación, así como las zonas de captación y desfogeo de la misma, con concreto C) En la zona si existe material para utilizarse como mampostería							

Figura 5.e.

TEMA VI MEMORIA DE CÁLCULO

CÁLCULO DE LONGITUD DE OBRA

El objetivo principal de este cálculo es conocer la longitud de la obra en el nivel de desplante y cruce elegido

Para el cálculo de la longitud de obra se necesita los siguientes datos:

M = Altura que hay entre la elevación del desplante (D_f) y la directriz (b)

F = Elevación de la directriz

h = Altura del hombro a la directriz

d = Distancia del hombro a la intersección del talud con cabezote

En la Fig. 6.a. se muestra en forma gráfica los elementos que se calcularán para la obtención de la longitud de obra:

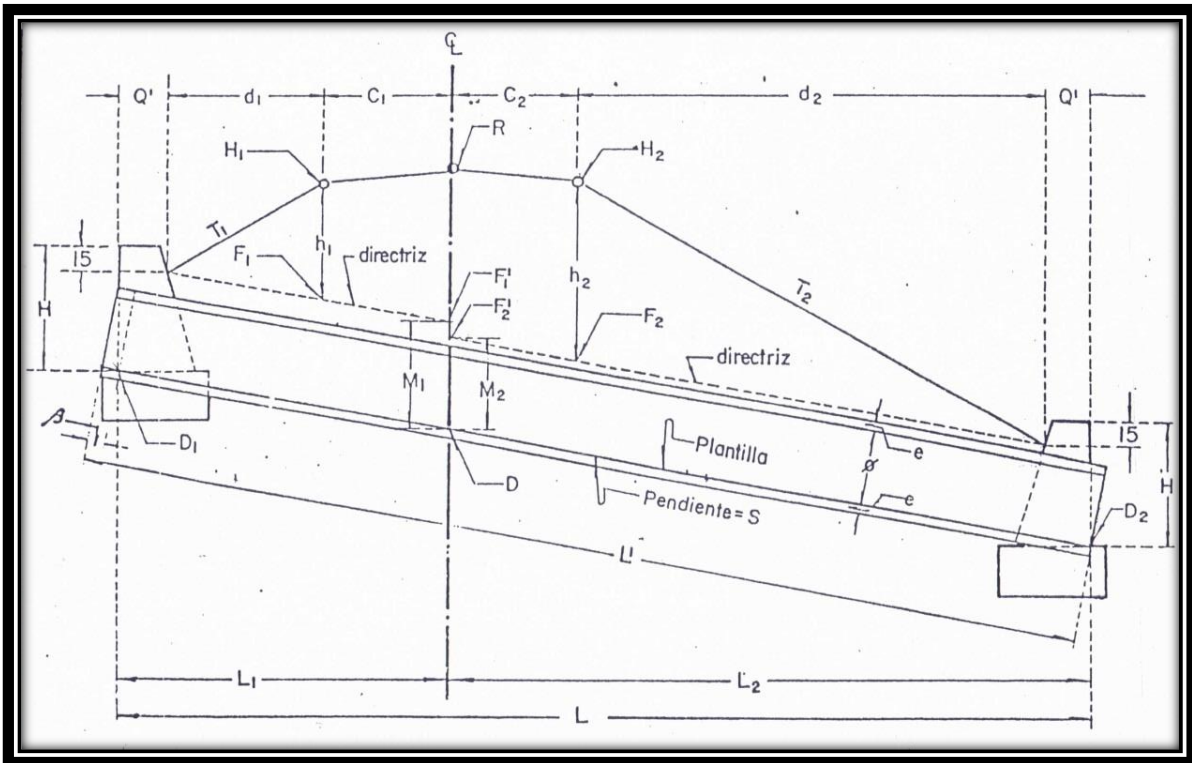


Fig. 6.a. Elementos de la Longitud de obra.

Cálculo del valor M

Si la pendiente de la obra es $S = 0\%$, los valores de M serán:

En Tubo $M = \emptyset + b$

En Losa $M = H + e + b$

En Bóvedas $M = H + r + e + b$

En donde:

H= altura libre de la obra

E= espesor de la estructura

\emptyset = Diámetro del tubo

r= Radio de medio punto

Cuando la pendiente es diferente de cero en el caso de los tubos el valor de M se afecta por el incremento de $(Q*s)$, en donde:

Q = Ancho del cabezote a la altura de la directriz

S = Pendiente de la obra

Quedando la fórmula para M_1 y M_2 de la siguiente forma:

$$M_1 = \emptyset + b \pm (Q*s)$$

$$M_2 = \emptyset + b \pm (Q*s)$$

Considerando signo (+) para la entrada y (-) para la salida. En los casos de losa y bóveda los valores de $(M_1$ y $M_2)$ no se incrementan, por lo tanto las formulas respectivas serán:

En losas

$$M_1 = H + e + b$$

$$M_1 = M_2$$

En bóvedas

$$M_1 = H + r + e + b$$

$$M_1 = M_2$$

Calculo de las elevaciones de F'_1 y F'_2

$$F'_1 = D + M_1$$

$$F'_2 = D + M_2$$

La elevación de los puntos F_1 y F_2 , es la elevación que hay sobre la línea de la directriz correspondiente a la distancia de $(C_1$ y $C_2)$ del eje, respectivamente, (+) o (-) un incremento en elevación por pendiente de la obra

$$F_1 = F'_1 \pm (C_1*s)$$

$$F_2 = F'_2 \pm (C_1*s)$$

Una vez conocidos estos valores, se calculan los desniveles $(h_1$ y $h_2)$ que hay entre la elevación de (H_1, H_2) y (F_1, F_2)

$$h_1 = H_1 - F_1$$

$$h_2 = H_2 - F_2$$

Cálculo de las distancias horizontales d_1 y d_2

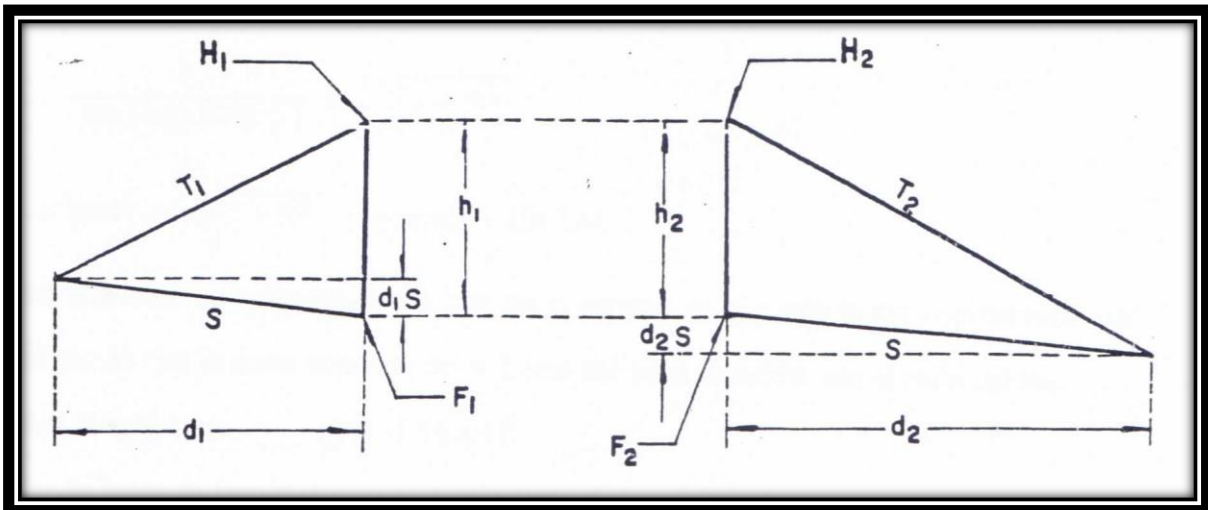


Fig. 6.b. Ubicación de distancias horizontales

$$d_1 = h_1 / (1/T_1 \pm s)$$

$$d_2 = h_2 / (1/T_2 \pm s)$$

Considerando signo (+) para la entrada de la obra y (-) para la salida

Cálculo de longitud derecha e izquierda L_1 y L_2

$$L_1 = C_1 + d_1 + Q$$

$$L_2 = C_2 + d_2 + Q$$

El valor de la longitud total será la suma de la distancia izquierda y derecha

$$L = L_1 + L_2$$

Estos cálculos y los de la geometría de la sección se resumen en una hoja de cálculo Figuras 6.c. así como los resultados del programa para obras de drenaje.

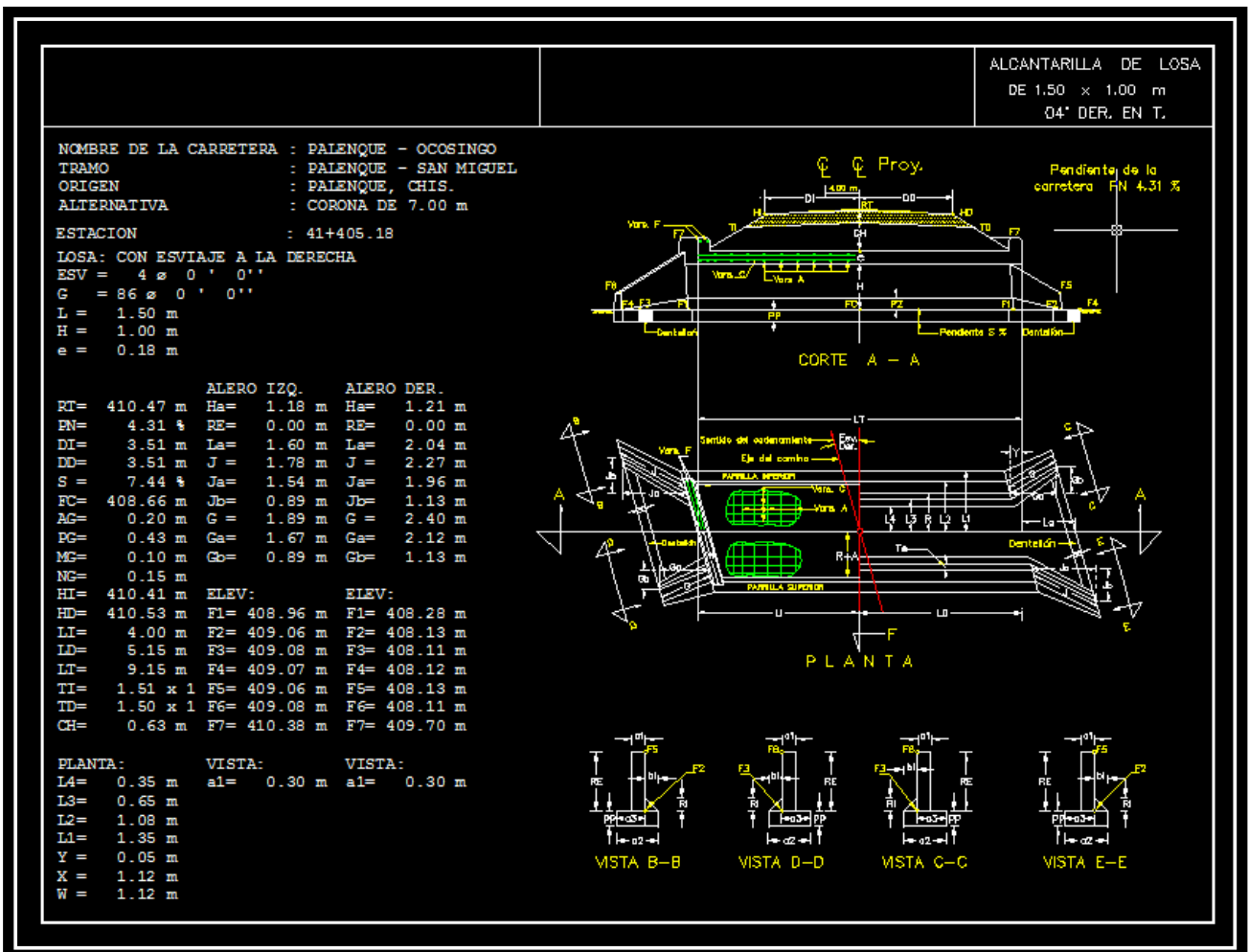


Fig. 6.c.1.

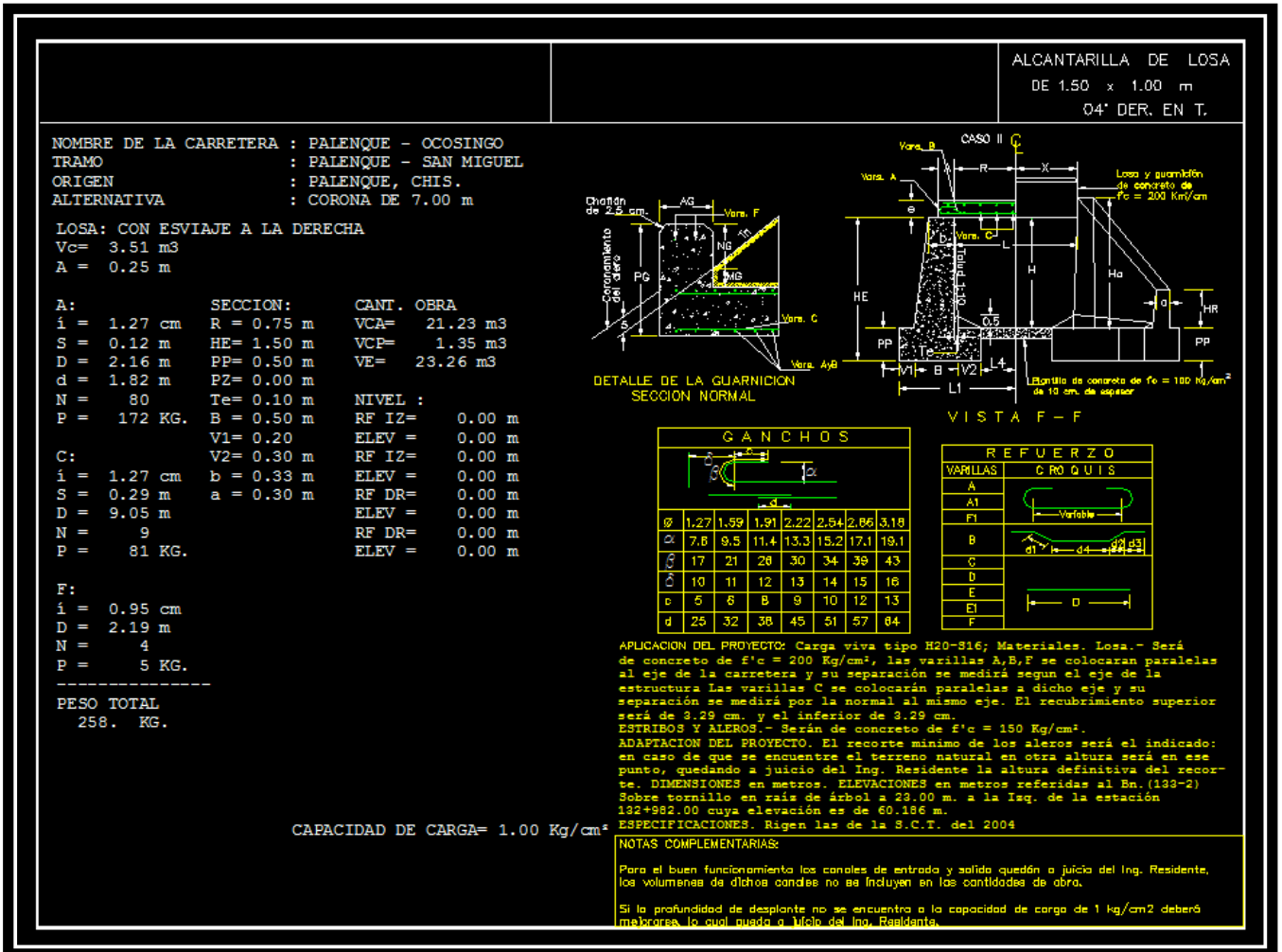


Fig. 6.c.2.

CARRETERA:	EL SUSPIRO TENOSIQUE			DE Km.	40+000.000	A km.	45+000.000					
TRAMO:	EMILIANO ZAPATA-TENOSIQUE			ESTACIÓN:	40+560							
SUBTRAMO:				TIPO DE OBRA:	LOSA	DE	5.00	X	3.50	m.		
ORIGEN:	EMILIANO ZAPATA, TAB.			NIVELLO:								
CÁLCULO DE LONGITUD DE OBRA												
LOCALIZACIÓN												
Cruce.-	°	0'	0''	DERECHO	EN	TANGENTE	Sentido del escurrimiento		IZQUIERDO			
DATOS DE TERRACERIAS EN EL CRUCE												
SECCIÓN NORMAL												
Subrasante Elev.	52.49	m.						Espesor de pavime	0.43	m.		
Rasante de cálculo	52.92	m.		Rasante del camino	52.92	m.		Pend. long. Del ca	-1.60	‰		
SEMI-CORONAS	Y1 (izq)	6.00	m.				SOBRE-ELEVACIONES	w1 (Izq.)	-2.00	‰		
	Y2 (Der.)	6.00	m.					w2 (Der.)	-2.00	‰		
SECCIÓN DE LAS TERRACERIAS SEGÚN EL EJE DE LA OBRA												
X₁ ±	2.80	m.		Tang e=	0.4663			X₂ ±	-2.80	m		
C₁=	6.62	m.		Cos e=	0.9063			C₂=	6.62	m		
R₁=	52.88	m.		Sen e=	0.4226			R₂=	52.96	m		
H₁=	52.76	m.		Tn. =	1.70			H₂=	52.84	m		
(Cos e) ±K=	0.91780			K =	0.01150			(Cos e) ±K=	0.89481			
T₁=	1.85							T₂=	1.90			
LONGITUD DE OBRA												
PLANTILLA DEL CAUCE				Pendiente S =	4.60	‰		Espesor de superestructura =	0.37	m.		
				Elev (CL) D =	47.66	m.		Altura de la directriz; b =	0.10	m.		
1/T₁=	0.54							1/T₂=	0.53			
(1/T₁) + -S=	0.49			M=	3.97	m.		Q=	0.20	m.		
				M₁=	3.97	m.		M₂=	3.97	m.		
F₁=	51.33	m.		F₁'=	51.63	m.		F₂'=	51.63	m.		
h₁=	1.43	m.		Q'S=	0.22	m.		Q'S=	0.010	m.		
d₁=	2.89	m.						h₂=	0.91	m.		
				d₂=	1.59	m.						
	L₁=	9.74	m.		L=	18.17		L₂=	8.43	m.		
SALIDA Elev.=	47.16	m.		Centro de Elev.=	47.66	m.		ENTRADA Elev.=	47.99	m.		
DATOS COMPLEMENTARIOS												
Colchón en el (cL)=	1.39	m.		Clasificación terreno () m.		Altura promedio=		m.		
NOTAS.-												

Fig. 6.c.3. Calculo de longitud de obra

TEMA VII RESUMEN DEL PROYECTO DE DRENAJE TRANSVERSAL

El proyecto de drenaje transversal de una carretera de cualquier tipo se resume en los siguientes pasos y se deben presentar por cada 5 km como se menciona en los términos de referencias de la S.C.T.

1. Levantamiento topográfico de las obras y/o escurrideros.
2. Reporte fotográfico de las obras existentes.
3. Plano general de cuencas de la zona de estudio.
4. Subrasante mínima.
5. Funcionamiento de drenaje.
6. Datos generales para el proyecto de estructuras menores.
7. Datos de terracerías para el proyecto de estructuras menores.
8. Proyecto constructivo y memoria de cálculo.
9. Cantidades de obra.
10. Secciones de construcción.
11. Capacidades de carga de las obras de drenaje.

1. Levantamiento Topográfico de las Obras y/o Escurrideros

REGISTROS DE DRENAJE							
CAMINO:		EL ALCALDE-ACATLAN			C L :		16+080.00
TRAMO:		EL ALCALDE-ACATLAN			ESVIAJE :		NORMAL
SUBTRAMO:					FECHA:		
ORIGEN:		EL ALCALDE MICH.			NIVELÓ:		HOJA : 14 de 21
ESTACION	+	λ	-	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACION	CRUCE:	AREA POR DRENAR:
16+060.00	1.29	390.36			389.07	AREA POR DRENAR:	Ha.
18.16	N-2-I.			1.33	389.03	COEF. RUGOSIDAD DEL TERRENO:	(TALBOT)
16.00	O.C.			1.16	389.20	AREA HID. NECESARIA:	
12.00	O.C.			1.17	389.19	MATERIAL EN EL CAUCE:	ARCILLA
9.25	N-1-I.			1.69	388.67	ARRASTRES:	MATERIA ORGANICA
0+000.00	CL-16+080.00			2.11	388.25	PENDIENTE DEL CAUCE:	
10.00	N-1-D			2.16	388.20	DRENA HACIA LA :	DERECHA
14.15	N-2-D			2.30	388.06		
16+100.00	CHECK			1.90	388.46		

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

2. Reporte fotográfico de las obras existentes

CARRETERA : MEXICO TUXPAN
TRAMO : TULANCINGO - NUEVO NECAXA

INFORME FOTOGRÁFICO OBRAS DE DRENAJE

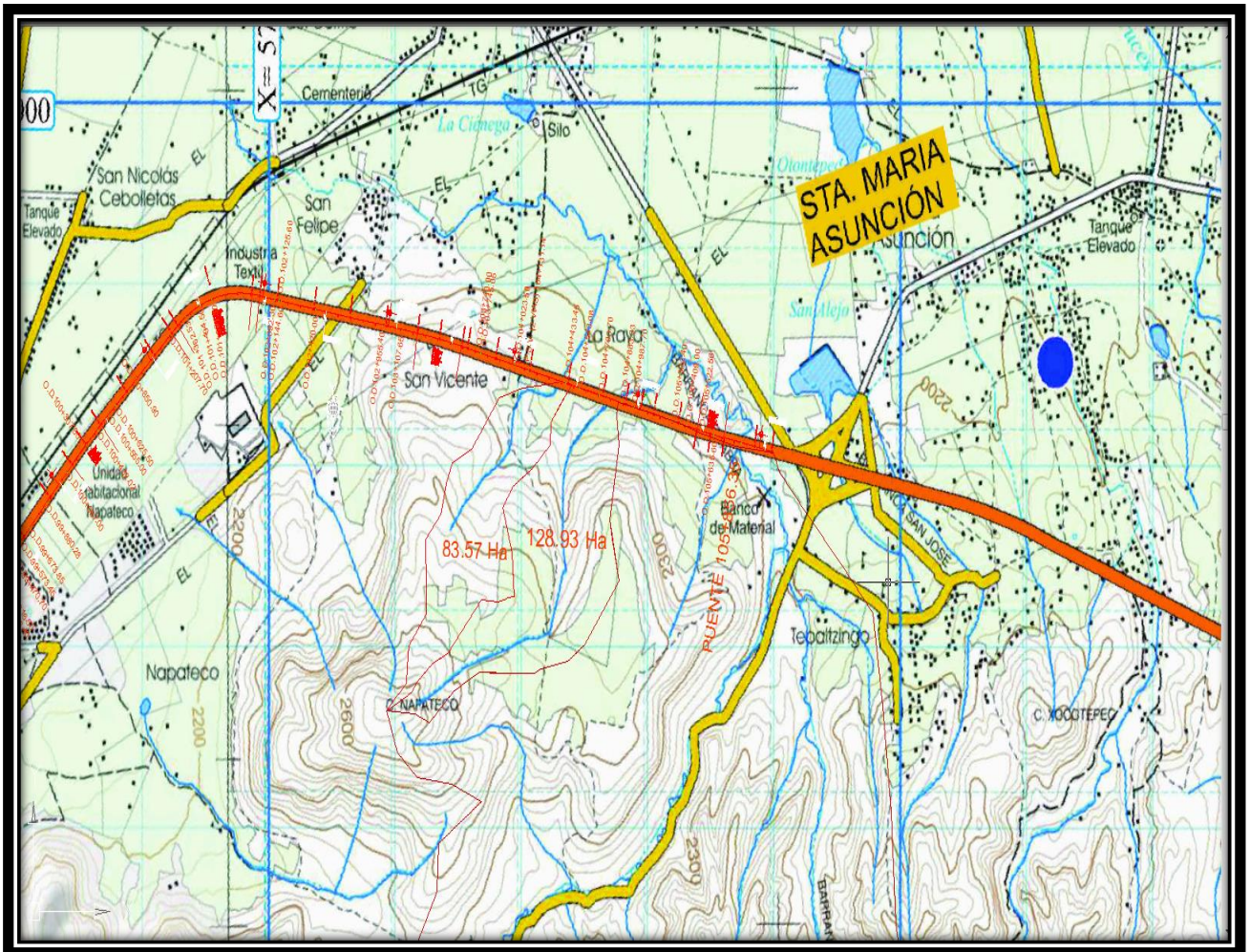


CADENAMIENTO DE LA OBRA: 994470.70 ESVAJE: NORMAL EN TANGENTE EQUIPO DE MEDICION: TRANSITO MINUTERO SOKKIA ESTADO DEL TIEMPO: CALUROSO



ÁREA POR DRENAR: 1.50 COEF. RUGOSIDAD DEL TERRENO: 70-00-30 ÁREA HID. NECESARIA: 1.00 MATERIAL EN EL CAUCE: ARCILLOSO ARRASTRES: BASURA Y LODO PENDIENTE DEL CAUSE: 0.30% DRENA HACIA LA : IZQUIERDA

3. Plano general de cuencas de la zona de estudio



4. Subrasante mínima

DATOS GENERALES PARA EL PROYECTO DE ESTRUCTURAS MENORES																		
CAMINO : MEXICO - TUXPAN		110+000.00		115+000.00														
TRAMO : LIB. TULANGINGO - TEJOCOTAL		KM : 106+000		A KM : 110+000														
SUBTRAMO :		ORIGEN : TULANGINGO, HGO.		HOJA 1 DE 1														
ESTACION	OBRAS EXISTENTES				OBRAS ACEPTADAS				SUB. RASANTE MINIMA	ESVIJE	SENT. DE ESC.	NOTAS						
	DATOS HIDRAULICOS			PLANTILLA	DATOS HIDRAULICOS			PLANTILLA										
	A	C	B	PAIDA	DE OBRA	DESP.	S %	A	C	B	DE OBRA	DESP.	S %					
1	110+003.36				T.C. 0.90 φ m			OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.20 φ m			2257.57	48° DER EN TAN	IZQ	Prolongar O. Existente	
2	110+098.60				L 4.50 x 3.50 m			OBRA DE ALIVIO			prolong obra exis			2253.78	NORMAL EN TAN	IZQ	Name 2259.14 m	
3	110+297.04				B 2.00 x 1.50 m	146.90	0.80	6.17	OBRA DE ALIVIO			B 3.00 x 2.00 m			2247.96	NORMAL EN TAN	IZQ	sustituir
4	110+498.50				L 5.00 x 3.50 m	721.10	0.80	20.37	OBRA DE ALIVIO			prolong obra exis			2251.50	NORMAL EN TAN	IZQ	Name 2244.16 m
5	111+321.98				B 3.50 x 1.00 m	178.00	0.80	7.13	OBRA DE ALIVIO			B 3.50 x 2.00 m	SUSTITU		2300.20	31°26' IZQ EN CI	IZQ	Name 2274.89 m
6	111+529.09				T.C. 1.50 φ m			OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.50 φ m			2312.06	54°50' DER EN CD	DER	Prolongar O. Existente	
7	112+498.06				T.C. 1.20 φ m			OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.20 φ m			2352.42	31°50' DER EN CD	IZQ	Prolongar O. Existente	
8	112+884.70				L 5.00 x 5.00 m			P, P, G			prolong obra exis			2343.86	NORMAL EN TAN	IZQ	Prolongar O. Existente	
9	113+106.93				T.C. 0.90 φ m			OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.20 φ m			2334.62	16° IZQ EN TAN	IZQ	Prolongar O. Existente	
10	113+316.30				T.C. 0.90 φ m	12.00	0.80	0.94	OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.50 φ m			2326.98	7° IZQ EN TAN	IZQ	sustituir
11	113+341.90				L 4.00 x 3.50 m			P, P, G			L 4.00 x 3.50 m			2326.15	NORMAL EN TAN	IZQ	Prolongar O. Existente	
12	113+561.97				2T.C. 1.50 φ m			OBRA DE ALIVIO			2T.C. 1.50 φ m			2323.82	45°34' DER EN TAN	IZQ	Prolongar O. Existente	
13	114+112.77				2T.C. 1.50 φ m			OBRA DE ALIVIO			2T.C. 1.50 φ m			2311.20	58°20' DER EN TAN	IZQ	Prolongar O. Existente	
14	114+522.75				T.C. 0.90 φ m		0.80	1.87	OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.20 φ m			2300.83	RADIAL EN CD	IZQ	Prolongar O. Existente
15	114+643.43				T.C. 0.90 φ m			OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.20 φ m			2297.42	RADIAL EN CD	IZQ	Prolongar O. Existente	
16	114+663.04				C 6.00 x 4.50 m			P, P, G			C 6.00 x 4.50 m			2296.89	RADIAL EN CD	IZQ	Prolongar O. Existente	
	114+960.00				CRUZA CARRETERA ACAXOCHITLAN			P, P, V										

CONCENTRO :

FECHA :

26 DE SPTIEMBRE 2017

REVISO :

APROBÓ :

5. Funcionamiento del drenaje

Me refiero a la:

CARRETERA: EL ALCALDE - ACATLAN

TRAMO: EL ALCALDE - ACATLAN

SUBTRAMO:

ORIGEN: EL ALCALDE, MICH.

De acuerdo a las observaciones directas de campo, planta, secciones transversales y carta topográfica INEGI esc. 1:50,000, las obras que se enuncian son obras nuevas de las cuales se emite el estudio de drenaje menor para un camino tipo "C". Para el cálculo del área hidráulica necesaria se utilizó el método de Talbot con un coeficiente de 1.00 para terreno montañoso.

Km 12+500 al Km 18+025.04

No.	ESTACION	DATOS HIDRAULICOS			OBRA ACTUAL	OBRA PROPUESTA	NOTAS
		A(HA)	C	AHN			
1	12+890.50	52.15	1.00	3.55		L 3.00 x 1.50 m	1,2,3,5 y 6
2	13+106.00	6.91	1.00	0.78		L 1.50 x 1.00 m	1,2,3,5 y 7
3	13+185.324	10.50	1.00	1.06		T.C. 1.50 ϕ	1,2,3 y 8
4	13+476.00	4.49	1.00	0.56		L 1.50 x 1.00 m	1,2,3,5 y 9
5	13+700.00	4.19	1.00	0.54		L 1.50 x 1.00 m	1,2,3,5 y 9
6	13+940.00	76.29	1.00	4.73		L 3.50 x 1.50 m	1,2,3,4,5 y 10
7	14+232.00	OBRA DE ALIVIO				L 1.50 x 1.00 m	1,2,3, 5y 9
8	14+464.00	O. MAYOR ARROYO "LA POLVORA"				N.A.M.E. 366.97 m	15
9	14+780.00	OBRA DE ALIVIO				L 1.50 x 1.00 m	1,2,3,5 y 9
10	14+920.00	OBRA DE ALIVIO				L 1.50 x 1.00 m	1,2,3,5 y 9

NOTAS:

En observaciones hechas directamente en campo se determinó lo siguiente:

1. El proyecto consiste en un camino tipo "C". El eje de trazo es igual al eje de proyecto como se indica en el proceso de terracerías. Los ejes fueron trazados y nivelados directamente en campo siguiendo la dirección del sentido del escurrimiento, apoyándose en el eje de trazo definitivo.
2. Por ningún motivo se deberán de construir lavaderos en los cabezales de las obras, ya que estos afectarían las obras de drenaje.
3. Se debe dar mantenimiento constante para evitar que se azolven las obras y se tenga un buen funcionamiento.
4. Las obras que no cuentan con registros de campo fueron deducidas y se obtuvieron de las secciones transversales del terreno.
5. Los recortes en los aleros entre las zonas que se forman con los derrames de las terracerías o el terreno natural son aproximados y quedan a juicio de Ing. Residente.
6. En la estación 12+890.50 se propone una L 3.00 x 1.50 m.
7. En la estación 13+106.00 se propone una L 1.50 x 1.00m
8. En la estación 13+185.324 se propone un T.C. 1.50 φ.
9. En las estaciones 13+476.00, 13+700.00, 14+232.00, 14+780.00, 14+920.00, 15+177.00, 15+571.50, 16+260.00, 16+440.00, se propone una L 1.50 x 1.00 m.
10. En la estación 13+940.00 se propone una L 3.50 x 1.50 m.
11. En la estación 15+058.00 se propone una L 2.00 x 1.50 m.
12. En las estaciones 15+682.50, 16+080.00, 16+840.00 17+680.00 se propone una L 2.00 x 1.00 m.
13. En las estaciones 15+880.00, 16+549.00, 16+710.50 se propone un T.C. 1.20 φ.
14. En la estación 17+340.00 se propone una L 2.50 x 1.00 m.
15. En la estación 14+464.00 se propone una obra mayor. Arroyo "La Pólvara", N.A.M.E. 366.97 m.

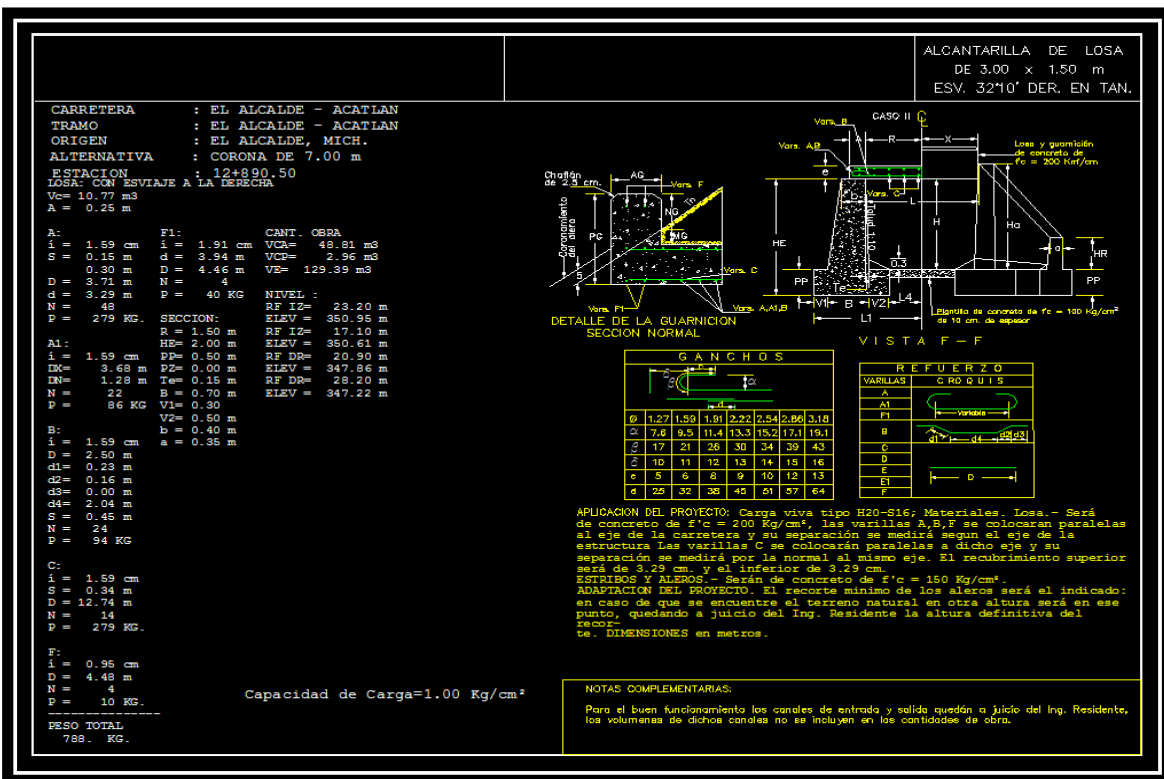
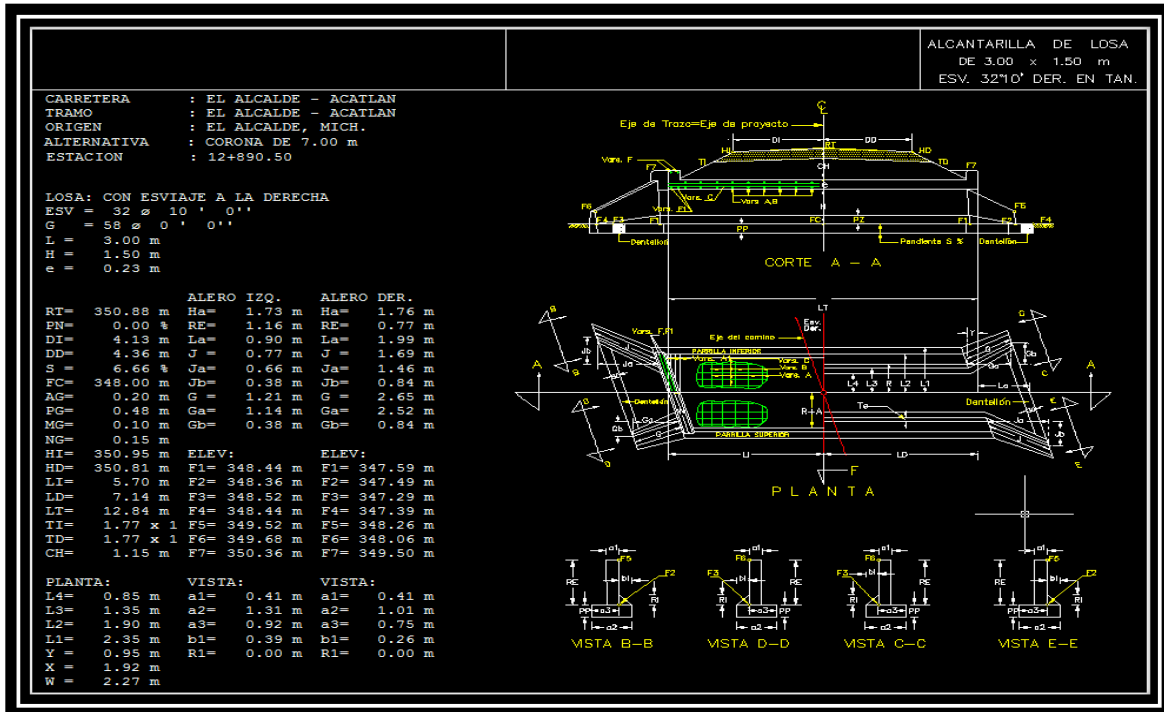
6. Datos Generales para el Proyecto de Estructuras Menores.

CAMINO : EL ALCALDE - ACATLAN																						
TRAMO : EL ALCALDE - ACATLAN																						
SUBTRAMO :																						
KM : 12+500.00																						
A KM : 18+025.04																						
ORIGEN : EL ALCALDE, MICH.																						
HOJA 1 DE 1																						
ESTACIÓN	OBRAS EXISTENTES								OBRAS ACEPTADAS						SUB. RASANTE	ESVAJE	SENT. DE ESC.	NOTAS				
	DATOS HIDRÁULICOS				TIPO	PLANTILLA			DATOS HIDRÁULICOS			TIPO	PLANTILLA									
	A	C	B	FATIGA	DE OBRA	DESP.	S %	A (Ha)	C	AHN	DE OBRA	DESP.	S %									
1	12+890.50							52.15	1.00	3.55	L 3.00 x 1.50 m	348.00	6.66	350.63	32°10' DER en C.	DER.						
2	13+106.00						6.91	1.00	0.78	L 1.50 x 1.00 m	354.20	8.00	356.66	14°55' IZQ EN C.	DER.							
3	13+185.324						10.50	1.00	1.06	T.C. 1.50 Ø m	354.93	6.25	357.96	8°20' DER en TAN	DER.							
4	13+476.00						4.49	1.00	0.56	L 1.50 x 1.00 m	353.43	8.69	355.58	8°10' DER en TAN	DER.							
5	13+700.00						4.19	1.00	0.54	L 1.50 x 1.00 m	359.35	3.53	361.16	3°24' IZQ en TAN	DER.							
6	13+940.00						76.29	1.00	4.73	L 3.50 x 1.50 m	364.00	5.00	366.05	45° DER en TAN	DER.	SECC. DEDUCIDA						
7	14+232.00						OBRA DE ALIVIO						L 1.50 x 1.00 m	365.65	4.35	367.44	28°15' DER en C.	DER.				
8	14+464.00						O. MAYOR ARROYO "LA POLVORA"														DER.	N.A.M.E. 366.97
9	14+780.00						OBRA DE ALIVIO			L 1.50 x 1.00 m	371.48	3.45	373.23	16°00' DER en C.	DER.							
10	14+920.00						OBRA DE ALIVIO			L 1.50 x 1.00 m	371.20	8.00	373.23	31°00' DER en TAN.	DER.							
11	15+058.00						31.13	1.00	2.41	L 2.00 x 1.50 m	373.34	6.65	377.37	11°00' DER en C.	DER.							
12	15+177.00						OBRA DE ALIVIO			L 1.50 x 1.00 m	375.03	6.45	378.09	13°10' DER en TAN.	DER.							
13	15+571.50						OBRA DE ALIVIO			L 1.50 x 1.00 m	382.98	10.00	385.57	32°52' DER en C.	IZQ.							
14	15+682.50						15.14	1.00	1.41	L 2.00 x 1.00 m	383.50	5.00	385.35	RADIAL EN C.	DER.							
15	15+880.00						OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.20 Ø m	386.07	10.56	390.18	3°37' IZQ EN C.	DER.							
16	16+080.00						15.40	1.00	1.42	L 2.00 x 1.00 m	388.16	1.32	390.48	NORMAL EN TAN.	DER.							
17	16+260.00						7.24	1.00	0.81	L 1.50 x 1.00 m	394.20	8.00	396.28	6°10' IZQ EN C.	DER.							
18	16+440.00						8.61	1.00	0.92	L 1.50 x 1.00 m	398.50	10.00	400.58	NORMAL EN TAN.	DER.							
19	16+549.00						OBRA DE ALIVIO			T.C. 1.20 Ø m	399.64	23.73	404.00	RADIAL EN C.	DER.							
20	16+710.50						4.46	1.00	0.56	T.C. 1.20 Ø m	399.65	9.00	401.99	10°00' IZQ EN C.	DER.							
21	16+774.00						OBRA DE ALIVIO			L 1.50 x 1.00 m	401.39	6.05	403.26	NORMAL EN TAN.	DER.							
22	16+840.00						12.98	1.00	1.25	L 2.00 x 1.00 m	402.33	6.66	404.68	NORMAL EN TAN.	DER.	SECC. DEDUCIDA						
23	17+240.00						OBRA DE ALIVIO			L 1.50 x 1.00 m	416.11	11.11	418.14	RADIAL EN C.	DER.							
24	17+340.00						25.48	1.00	2.08	L 2.50 x 1.00 m	415.57	2.85	417.13	RADIAL EN C.	DER.	SECC. DEDUCIDA						
25	17+680.00						12.95	1.00	1.25	L 2.00 x 1.00 m	420	6.66	422.91	15°00' DER en C.	IZQ.							
CONCENTRO :														REVISO :		APROBÓ :						
FECHA :																						

7. Datos de Terracerías para el Proyecto de Estructuras Menores.

CARRETERA: EL ALCALDE - ACATLAN											
TRAMO: EL ALCALDE - ACATLAN				DEL KM: 12+500.00				AL KM.: 18+025.04			
SUBTRAMO:						ORIGEN: EL ALCALDE, MICH.					
SUB-BASE+BASE:		0.25 m		CARPETA:		ANCHO DE CORONA: 7.00 m		CUNETAS:		PROFUNDIDAD:	
BALASTO:										ANCHO:	
ESTACION	CRUCE	ELEV. SUB-RASANTE	ALINEAMIENTO		SECCION NORMAL						NOTAS
			HORIZONTAL	VERTICAL	SEMICORONAS		SOBRE-ELEVACION		TALUD.		
					IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	
12+890.50	32°10' DER en C.	350.63	C.H.	C.V.	3.50	3.70	2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.20 m
13+106.00	14°55' IZQ EN C.	356.66	C.H.	C.V.	3.50	4.30	8.90	-8.90	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.80 m
13+185.324	8°20' DER en TAN	357.96	T.H.	T.V.	3.50	3.50	0.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
13+476.00	8°10' DER en TAN	355.58	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
13+700.00	3°24' IZQ en TAN	361.16	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
13+940.00	45° DER en TAN.	366.05	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
14+232.00	28°15' DER en C.	367.44	C.H.	C.V.	3.50	3.50	-7.40	7.40	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.70 m
14+780.00	16°00' DER en C.	373.23	C.H.	C.V.	3.50	4.70	9.90	-9.90	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 1.20 m
14+920.00	31°00' DER en TAN.	373.23	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
15+058.00	11°00' DER en C.	377.37	C.H.	C.V.	3.50	4.20	7.40	-7.40	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.70 m
15+177.00	13°10' DER en TAN.	378.09	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
15+571.50	32°52' DER en C.	385.57	C.H.	C.V.	3.50	4.20	8.20	-8.20	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.70 m
15+682.50	RADIAL EN C.	385.35	C.H.	C.V.	3.50	3.67	2.50	-2.50	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.17 m
15+880.00	3°37' IZQ EN C.	390.18	C.H.	C.V.	3.90	3.50	-4.95	4.95	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.40 m
16+080.00	NORMAL EN TAN.	390.48	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
16+260.00	6°10' IZQ EN C.	396.28	C.H.	C.V.	3.68	3.50	-2.00	1.29	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.18 m
16+440.00	NORMAL EN TAN.	400.58	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
16+549.00	RADIAL EN C.	404.00	C.H.	C.V.	4.13	3.50	-4.67	4.67	1.50:1	1.50:1	Ac Izq. = 0.63 m
16+710.50	10°00' IZQ EN C.	401.99	C.H.	C.V.	3.50	3.90	3.83	-3.83	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.40 m
16+774.00	NORMAL EN TAN.	403.26	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
16+840.00	NORMAL EN TAN.	404.64	T.H.	T.V.	3.50	3.50	-2.00	-2.00	1.50:1	1.50:1	
17+240.00	RADIAL EN C.	418.14	C.H.	C.V.	3.50	3.98	3.98	-3.98	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 0.48 m
17+340.00	RADIAL EN C.	417.13	C.H.	C.V.	3.50	4.57	8.72	-8.72	1.50:1	1.50:1	Ac Der. = 1.07 m
CONCENTRO: _____			REVISO: _____			APROBO: _____					
FECHA: _____			FECHA: _____			FECHA: _____					

8. Proyecto Constructivo y Memoria de Cálculo



9. Cantidades de Obra

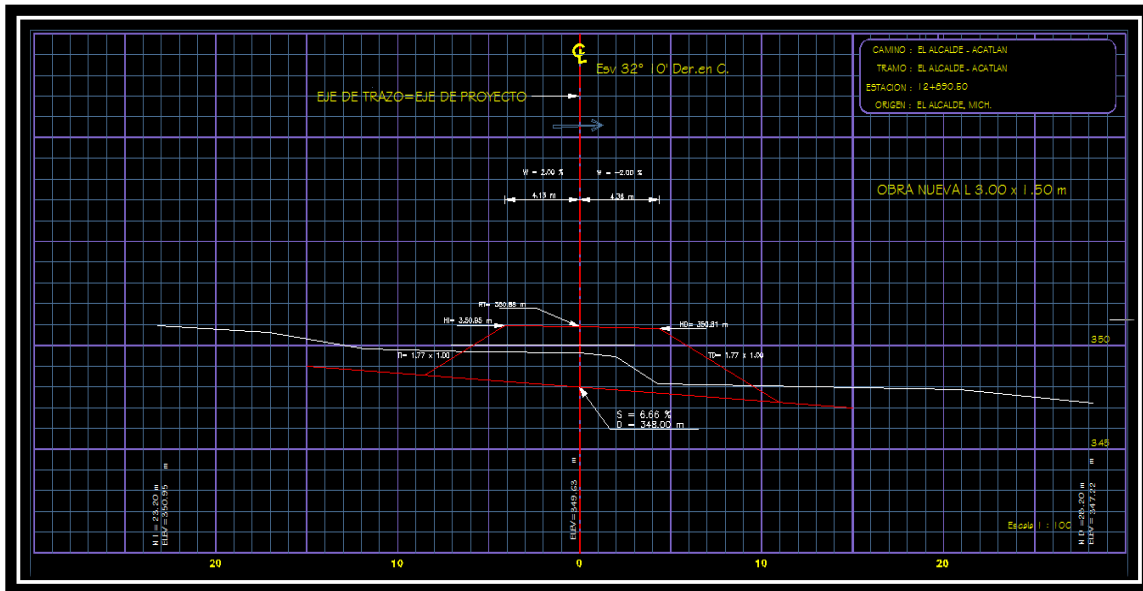
ESTRUCTURAS MENORES CANTIDADES DE OBRA POR KM							
CAMINO : EL ALCALDE - ACATLAI TRAMO : EL ALCALDE - ACATLAI SUBTRAMO: ORIGEN : EL ALCALDE, MICH.							
EJE DE TRAZO	EST.	EST.	EST.	EST.	EST.	EST.	SUMA
	13+106.00	13+185.324	13+476.00	13+700.00	13+940.00		
TUBO							
LOSA	L 1.50 x 1.00 m	T.C. 1.50 Ø M	L 1.50 x 1.00 m	L 1.50 x 1.00 m	L 3.50 x 1.50 m		
BOVEDA							
CAJÓN							
LONGITUD DE OBRA	13.08	12.50	10.99	9.72	11.93		58.22 m
EXCAVACION TOTAL	29.22	69.26	27.81	25.30	51.30		202.89 m ²
EXCAVACION A							0.00 m ²
EXCAVACION B							0.00 m ²
EXCAVACION C							0.00 m ²
VOL. ARROPE		140.25					140.25 m ³
VOL. PLANTILLA		1.88					1.88 m ³
RELLENO COMPACTADOS AL 95%							0.00 m ³
MAMP. MORT. CEMENTO 1:5							0.00 m ³
ZAMPEADO MORT. CEMENTO 1:5							0.00 m ³
CONCRETO f'c = 100 kg/cm ²	1.58		1.43	1.34	5.42		9.77 m ³
CONCRETO f'c = 150 kg/cm ²	27.49	12.60	27.05	24.35	61.11		152.60 m ³
CONCRETO f'c = 200 kg/cm ²	3.28		2.79	2.49	15.12		23.68 m ³
CONCRETO f'c = 250 kg/cm ²							0.00 m ³
ACERO POR TEMPERATURA					784.00		784.00 Kg
ACERO DE REFUERZO	202.00		168.00	150.00	1302.00		1822.00 Kg
ACERO METALICO							0.00 Kg
MALLA ELECTRO-SOLDADA							0.00 m ²
DEMOLICIONES CONCRETO							0.00 m ³
EXTRACCION DE TUBOS							0.00 m
TC-Ø 90m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)							0.00 PZA
TC-1.05m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)							0.00 PZA
TC-1.20m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)							0.00 PZA
TC-1.50m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)		10.00					10.00 PZA

NOTAS: TC-TUBO DE CONCRETO L-LOSA TL TUBO DE LAMINA C-CAJON
CONCENTRO : REVISO : APROBO : FECHA : FECHA : FECHA :

ESTRUCTURAS MENORES. CANTIDADES DE OBRA POR TRAMO							
CAMINO : EL ALCALDE - ACATLAI TRAMO : EL ALCALDE - ACATLAI SUBTRAMO:							
CONCEPTO EJE DE PROYECTO	12	13	14	15	16	17	TOTAL
TUBO							
LOSA							
BOVEDA							
CAJÓN							
LONGITUD DE OBRA	12.84	58.22	35.21	73.28	87.84	35.63	303.02 m
EXCAVACION TOTAL	129.39	202.89	107.88	288.57	241.07	63.07	1032.87 m ²
EXCAVACION A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ²
EXCAVACION B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ²
EXCAVACION C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ²
VOL. ARROPE	0.00	140.25	0.00	141.57	281.88	0.00	563.70 m ³
VOL. PLANTILLA	0.00	1.88	0.00	2.62	5.06	0.00	9.56 m ³
RELLENO COMPACTADOS AL 95%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ³
MAMP. MORT. CEMENTO 1:5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ³
ZAMPEADO MORT. CEMENTO 1:5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ³
CONCRETO f'c = 100 kg/cm ²	2.95	9.77	3.80	6.00	7.39	5.30	36.82 m ³
CONCRETO f'c = 150 kg/cm ²	45.81	152.60	87.26	190.26	149.54	194.97	720.44 m ³
CONCRETO f'c = 200 kg/cm ²	10.77	23.68	10.56	18.82	17.33	15.57	86.73 m ³
CONCRETO f'c = 250 kg/cm ²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ³
ACERO POR TEMPERATURA	738.00	784.00	0.00	1489.00	1072.00	1255.00	5338.00 Kg
ACERO DE REFUERZO	788.00	1822.00	713.00	1223.00	1095.00	1134.00	6775.00 Kg
ACERO METALICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 Kg
MALLA ELECTRO-SOLDADA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ²
DEMOLICIONES CONCRETO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m ³
EXTRACCION DE TUBOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m
PRENOS DE 1/2" x 3" @ 3 m.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 m
TC-Ø 90m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 PZA
TC-1.05m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 PZA
TC-1.20m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 PZA
TC-1.50m DE DIAMETRO (Tubos de 1.25 m.)	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00 PZA

NOTAS: TC-TUBO DE CONCRETO L-LOSA TL TUBO DE LAMINA C-CAJON
CONCENTRO : REVISO : APROBO : FECHA : FECHA : FECHA :

10. Secciones de Construcción



11. Capacidades de Carga de las Obras de Drenaje

UBICACION KM.		TIPOS DE OBRA Y DIMENSIONES (M)	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUARA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN m.	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	CAPACIDAD DE CARGA Ton/m ²	TIPO DE ARRASTRE	OBSERVACIONES
				CARRETERA: MANZANILLO - PUERTO VALLARTA TRAMO: ENTRONQUE TOMATLAN - EL TUITO SUBTRAMO: DEL KM 115+644 AL KM 167+812 ORIGEN: MANZANILLO, COL.				
RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN								
148+890.30	B-3.00 x 1.50 m	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM) ARENISCA FUERTEMENTE CEMENTADO COLOR CAFÉ CLARO, AL EX PLOTARSE SE OBTENBRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDI- NOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		0.50 0.75 1.00	11.10 12.52 27.31	arenas y finos gravas, arenas y finos	A, B y C	
149+401.31	L-2.00 x 1.50 m	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM) ARENISCA FUERTEMENTE CEMENTADO COLOR CAFÉ CLARO, AL EX PLOTARSE SE OBTENBRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDI- NOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		0.50 0.75 1.00	11.10 12.52 27.31	arenas y finos gravas, arenas y finos	A, B y C	
149+850.60	L-2.00 x 1.50 m	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM) ARENISCA FUERTEMENTE CEMENTADO COLOR CAFÉ CLARO, AL EX PLOTARSE SE OBTENBRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDI- NOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		0.50 0.75 1.00	11.10 12.52 27.31	arenas y finos gravas, arenas y finos	A, B y C	
149+933.60	T.C. 1.05Ø	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO, POCO HUMEDA, COMPACTA (SM) ARENISCA FUERTEMENTE CEMENTADO COLOR CAFÉ CLARO, AL EX PLOTARSE SE OBTENBRAN GRUMOS CEMENTADOS CHICOS, MEDI- NOS Y GRANDES AISLADOS EMPACADOS EN ARENAS LIMOSAS CON GRAVILLAS (Fcm - SC)		0.50 0.75 1.00	11.10 12.52 27.31	arenas y finos gravas, arenas y finos	A, B y C	
OBSERVACIONES : A) Se recomienda construir con estribos de concreto. B) Se deberá proteger la superficie del piso inferior de la obra, con el objeto de evitar socavación, así como las zonas de captación y desfogue de la misma, con concreto. C) En la zona si existe material para utilizarse como mampostería.								
						L - LOSA B - BOVEDA C - CAJON T - TUBO		
						FORMULO :	CONSULTORES B H Y ASOCIADOS S.A. DE C.V	

TEMA VIII CONCLUSIONES

Para la realización de un proyecto transversal de drenaje en una carretera en cualquier zona de la república mexicana, es de suma importancia el levantamiento topográfico ya que es un pilar tanto para la ubicación del escurrimiento y el buen funcionamiento de la obra ya que de no ser así se presentan fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamientos.

La topografía juega un papel importante ya que si no se tiene un buen levantamiento topográfico se eleva el costo por una mala elaboración del proyecto por datos erróneos así como en su mantenimiento.

En el trazo del eje del proyecto (poligonal abierta) se debe tener bien definido el punto de partida físicamente, sus coordenadas topográficas y el azimut de arranque así como el banco de nivel; ya que de no ser así desde el inicio se va acumulando el error en las medidas de los ángulos de deflexión, así como en el azimut de las tangentes e ir teniendo error en la ubicación y cadenamientos de las obras existentes y/o escurrimientos si se trata de un camino nuevo.

También es de importancia para llevar a cabo un buen levantamiento topográfico, el equipo con el cual se va a trabajar se encuentre en buenas condiciones, es decir calibrado tanto la estación total y el nivel fijo. Así como el clima de la zona de estudio ya que si no es considerado puede afectar en el momento que se esté trabajando en las tomas de las lecturas y en el equipo; ya que algunos son sensibles al calor.

En los términos de referencia de la S.C.T. se especifica el tipo de equipos topográficos con los que se debe trabajar así como su precisión.

Una vez trazado el eje de proyecto, se procede a nivelarlo y seccionarlo a cada 20 m. Para poder llevar a cabo la nivelación diferencial se debe tener ubicado un banco de nivel en la carta topográfica 1:50,000 lo más cerca posible de la zona de estudio o solicitarlo a I.N.E.G.I., si es un camino nuevo; o solicitar los datos a S.C.T. en el departamento de anteproyecto y topografía en caso que se tenga que realizar un replanteo del camino.

Ya que se tiene la ubicación y elevación del banco de nivel de partida se nivela el eje de trazo para la obtención del perfil del terreno de la zona y definir los bajos donde se ubican los escurrideros, ríos y arroyos y llevar acabo el análisis y propuesta de las obras de drenaje y estructuras mayores.

Si la nivelación no está bien realizada, los errores que se tienen son importantes. Un error puede ser en la toma de la lectura en el estadal, en su anotación en la libreta de campo, ya que si no se anota correctamente el signo ya sea positivo (+) o negativo (-) en la toma de la lectura, el cálculo de las elevaciones puede dar como resultado un cerro o un montículo cuando en realidad se tiene una depresión y esto repercute en el momento de la ubicación de una obra de drenaje así como la afectación en los movimientos de terracerías.

De igual manera si la ubicación de la obra de drenaje existente o del escurridero no es la correcta, cuando se nivela la sección del escurridero u obra los errores que se tienen son el no reportar los fondos de los cauces así como definir su trayectoria. Con la obtención de las elevaciones se define el sentido del cauce aguas arriba y aguas abajo ya que es importante en el momento de proyectar la obra para la ubicación correcta de la plantilla para el desplante y pendiente.

Si no se tiene una nivelación correcta de los escurrideros los errores que se tienen es que en el momento de construir la obra las elevaciones que se tienen en campo no coinciden con las del proyecto, y no se pueda dar la pendiente ya sea máxima o mínima que se requiera según la obra propuesta, así como la obstrucción de la salida de la obra por accidentes naturales.

Por eso en el momento de levantar y nivelar el escurridero es importante su ubicación correcta y nivelación del cauce ya que cuando se encuentre terminado el camino y se tengan eventos extraordinarios de lluvias se ha dado el caso que las obras de drenaje no funcionan correctamente ya que ha pasado que por una mala ubicación el agua pasa a un lado de la obra siendo ésta obsoleta. Y por lo tanto se tiene afectaciones importantes en los terraplenes del camino.

BIBLIOGRAFIA

- Fundamento de Hidrología de Superficies
Francisco Javier Aparicio Mijares
Editorial Limusa
Grupo Noriega Editores
- Manual Práctico para el Cálculo Geométrico del Drenaje en Carreteras
Ing. Cándido Mondragón R.
Ing. Hugo Ricardez V.
- Estructuras de Vías Terrestre
Fernando Olivera Bustamante
Editorial Continental
México 1998
- Normas de Servicios Técnicos, Proyecto Geométrico
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
México. 1984
- Topografía
Ing. Fernando García Márquez
Editorial Concepto S.A.
México. 1981
- Elementos de Fotogrametría
Ing. M.C. Bernard Herrera Herrera
Editorial Limusa