



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROYECTO TOPOGRAFICO PARA LA RECONSTRUCCION DEL CAMINO TROPICO LA NUEVA VICTORIA, UBICADO EN LOS MUNICIPIOS DE ANGEL R. CABADA Y SAN ANDRES TUXTLA EN EL ESTADO DE VERACRUZ"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA
P R E S E N T A :
ENRIQUE GUTIERREZ CERVANTES

MEXICO, D.F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Página
CAPITULO I.	
INTRODUCCION	6
CAPITULO II.	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO	
2.1 Levantamiento de la Poligonal del Eje Actual .	11
2.2 Orientación Astronómica.	16
2.3 Nivelación del Eje Actual.	30
2.4 Secciones Transversales.	35
CAPITULO III.	
PROYECTO DE LA LINEA DEFINITIVA	
3.1 Características y Especificaciones Geométricas.	39
3.2 Alineamiento Horizontal.	52
3.3 Alineamiento Vertical.	63
CAPITULO IV.	
EVALUACION DEL MOVIMIENTO DE TERRACERIAS.	
4.1 Cálculo de Areas de las Secciones.	74
4.2 Cálculo de Volúmenes.	77
4.3 Curva Masa.	79
Bibliografía.	89

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los Municipios de Angel R. Cabada y San Andrés Tuxtla - se encuentran ubicados al Sureste de la Capital del Estado de Vera-- cruz, los cuales tienen por límites: al Norte y Noroeste: el Golfo de México, al Sur: Los Municipios de Santiago Tuxtla, Hueyapan de Ocampo y San Juan Evangelista, al Este el Municipio de Catemaco y al -- Oeste: los Municipios de Lerdo de Tejada y Santiago Tuxtla. El Mu- nicipio de Angel R. Cabada, se encuentra a una latitud Norte de 18° 37' 20", y a una longitud Oeste de 95° 27' 30" y a una altura de 19 me- tros sobre el nivel del mar. Este Municipio contaba en 1970 con -- una población de 19,562 habitantes.

El Municipio de San Andrés Tuxtla se encuentra a una al- titud Norte de 18° 26' 42", a una longitud Oeste de 95° 11' 53" y a una altura de 361 metros sobre el nivel del mar. Este Municipio conta- ba en 1970 con una población de 77.750 habitantes.

En esta zona se registra una temperatura mínima de 13°C y una máxima de 40°C, se tiene un clima tropical lluvioso y una pre- cipitación media diaria anual de 1,800mm.

Partiendo del Puerto de Veracruz con un rumbo Sureste y a una distancia aproximada de 103kms., sobre la carretera federal No. 180 (México-Coatzacoalcos), se llega a Lerdo de Tejada, sobre la misma y a una distancia de 15 kms., se llega al poblado llamado

el Trópico, perteneciente al Municipio de Angel R. Cabada, en este lugar y hacia el lado Norte de la Carretera entronca el camino que es objeto del presente trabajo, continuando por éste y después de recorrer 22 kms. aproximadamente se llega al Pueblo llamado La Nueva Victoria, perteneciente al Municipio de San Andrés Tuxtla.

Esta región constituye un importante centro agrícola y ganadero destacándose principalmente la producción de caña de azúcar; registrándose una producción media anual de 89,458 kg., en el lugar y un tránsito diario promedio anual de 110 vehículos en el camino; - por estas razones es recomendable su reconstrucción.

C A P I T U L O I I

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO PARA LA ELABORACION DEL PROYECTO

El objeto de este levantamiento consiste en determinar por medio de una poligonal el lugar donde se va a alojar la línea que se proyecta - y elaborar un plano topográfico en donde se puede hacer el estudio de la lo calización.

En términos generales la secuela de este levantamiento consis te en: Levantamiento de la poligonal del eje actual del camino, nivelación del eje y configuración necesaria del terreno apoyándola en la poligonal.

En estos trabajos una brigada puede considerarse básicamente compuesta por:

- 1 Ing. Localizador-Trazador
- 1 Ing. Nivelador
- 1 Ing. Secclonador
- 2 Cadeneros
- 2 Estadaleros
- 2 Brecheros
- 2 Estaqueros
- 2 Tromperos

y el personal necesario de acuerdo con las condiciones especiales de trabajo tales como baliceros, chofer, etc.

El localizador, con funciones también de trazador es el jefe de la brigada. Tiene a su cargo la fijación de la ruta, el trazo, el proyecto -

de la rasante y el cálculo de la curva masa, como trabajos propios, y la --
dirección y responsabilidad de todos los demás inherentes a su cargo.

El nivelador se hace cargo del nivel, dibuja su perfil y proyec-
ta las obras de drenaje.

El seccionador se encarga de las secciones y su dibujo así co-
mo de auxiliar al jefe de la brigada en el cálculo de la curva masa y al ni-
velador en el proyecto del drenaje.

medición directa de ángulos a la derecha. Tomando como vértices de la poligonal los PI (puntos de intersección de dos tangentes consecutivas). Los puntos que resultaron obligados del reconocimiento y los intermedios que fueron necesarios por la topografía. Se hizo el levantamiento de la poligonal centrado el tránsito en la estación inicial que se denominó 0+000.

En este camino el 0+000 quedó localizado en el Km. 91.10, sobre el eje central de la carretera México-Coatzacoalcos. Se visó el siguiente vértice y se fueron clavando trompos a cada 20 mts. y además en los puntos notables hasta llegar al siguiente vértice, centrado el tránsito en este vértice (PI-1) se observa una baliza colocada sobre el vértice 0+000 y después de poner el índice del vernier en coincidencia con el cero de la graduación, se fija el movimiento del limbo y con el movimiento de la alidada se observa otra baliza colocada en el vértice siguiente (PI-2) y se lee en el limbo el ángulo a la derecha.

Para disminuir la influencia del error de colinación conviene ver los vértices alternativamente en posición directa e inversa a fin de que quede bien trazada la tangente. En esta forma se procede en cada vértice, hasta llegar al último.

Para las medidas angulares se usa el tránsito y para las medidas longitudinales se usa la cinta de acero.

Las distancias entre los vértices de la poligonal así como las que marcan los PST se deberán referir por medio de líneas de las cuales se determinan su dirección y distancia a puntos notables de los alrededores

como son: árboles, postes, rocas, etc., con el objeto de restituirlos cuando se pierden o destruyan.

Al trazar la línea se deben anotar en la libreta los detalles topográficos, así también los cruces con los linderos de los propietarios para poder calcular en el gabinete las superficies afectadas por el derecho de vía, estos datos se acostumbra anotarlos en la columna de notas del registro ó bien se indican en el croquis.

El registro se lleva de abajo hacia arriba, para semejar la forma en que el ingeniero ve la línea desde su aparato, como se ve en el siguiente ejemplo de registro de campo.

Las líneas rectas de trazo se llaman "tangentes" y éstas deben unirse entre si por medio de curvas.

Cuando el terreno lo permite se puede comprobar la poligonal apoyándose en sus extremos en los vértices de una triangulación.

En esta clase de trabajos es indispensable efectuar una "orientación astronómica" (como se verá más adelante) para comprobar los valores angulares obtenidos y situarlos correctamente en el plano.

En función del azimut de la línea orientada se calcula el azimut de la siguiente línea y en base a éstos se convierten en rumbos, con el objeto de calcular las coordenadas de los vértices en función de los rumbos y longitudes.

2.2 ORIENTACION ASTRONOMICA.

Para poder obtener con precisión la dirección de una línea, es indispensable recurrir a las observaciones y cálculos astronómicos, tanto por su precisión como por el hecho de que producen datos invariables.

Es indispensable para comprobar los valores angulares obtenidos en el campo y así mismo para el cálculo de posiciones geográficas en los que se basa la construcción de un mapa.

En este tipo de trabajos es necesario efectuar una orientación astronómica cuando menos cada 10 Kms., con el objeto de obtener las coordenadas ortogonales del levantamiento topográfico.

AZIMUT.- El azimut de una dirección dada se define como el ángulo diedro formado por el plano meridiano que pasa por el lugar y el plano vertical que contiene a la dirección dada.

También se define como el ángulo plano formado por la meridiana y la línea considerada; se mide de 0° a 360° en el sentido de las manecillas de un reloj.

ESFERA CELESTE.

En cualquier lugar de la tierra en que nos encontremos estaremos rodeados de un espacio que se extiende por igual en todas direcciones, y que no tiene límite. Este espacio se llama "esfera o bóveda celeste".

El diámetro de la órbita de traslación de la tierra es infinitamente pequeño comparado con la distancia de la tierra a los cuerpos celestes, se puede suponer cero, y con mayor razón la distancia entre los puntos de la superficie terrestre.

ESFERA CELESTE

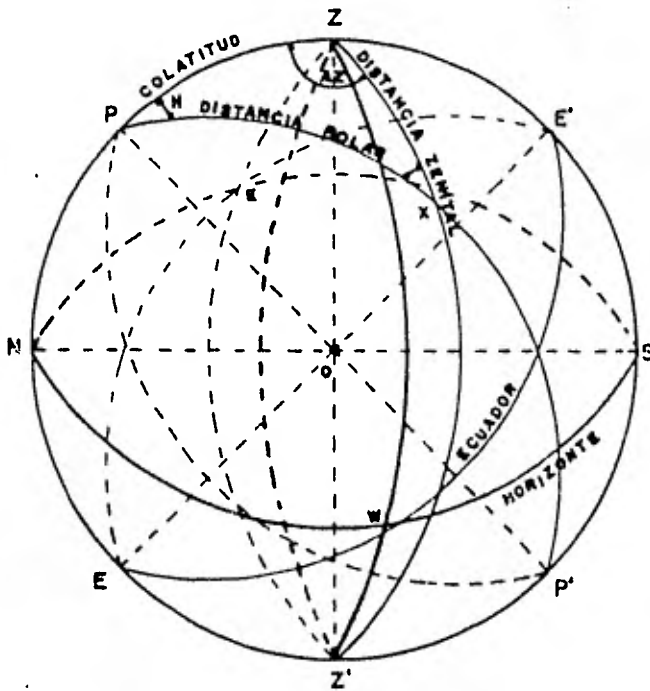


FIGURA N° 1

- X : POSICION DEL ASTRO
- O : POSICION DEL OBSERVADOR
- PP' : EJE POLAR
- ZZ' : VERTICAL DEL LUGAR
- EE' : ECUADOR
- NWS : HORIZONTE
- 'NS : MERIDIANO
- PXZ : TRIANGULO ESFERICO

SISTEMAS DE COORDENADAS.

La posición de un astro se puede fijar por medio de un sistema de coordenadas, las cuales pueden ser: horizontales o ecuatoriales y para fijar un punto en la superficie de la Tierra se puede hacer por medio del sistema de coordenadas geográficas.

Coordenadas horizontales:

Distancia zenital: z

Azimut: A_z

DISTANCIA ZENITAL

Es el ángulo comprendido entre el zenit y el astro, y es el complemento de la altura (a).

AZIMUT.

Se llama azimut astronómico al ángulo formado por el plano meridiano del lugar y el plano vertical que pasa por el astro, se mide de 0° a 360° en el sentido de las manecillas de un reloj.

Coordenadas ecuatoriales:

Declinación: δ y Angulo horario: H y

Declinación: δ y Ascensión recta: α

DECLINACION.

Es el ángulo comprendido entre el astro y el Ecuador, se mide a partir de este plano de 0° a 90° hacia el Norte o hacia el Sur, la distancia polar (P) es el complemento de la declinación.

ANGULO HORARIO.

Es el ángulo comprendido entre el meridiano del lugar y el círculo horario que pasa por el astro, se cuenta a partir del meridiano del lugar hasta 360° en sentido retrogrado ó de 0 a 24 horas.

ASCENSION RECTA.

Es el ángulo medido sobre el plano del Ecuador, a partir del punto vernal (punto γ ó equinoccio de primavera) hasta el círculo horario del astro, se mide hacia el Este de 0 a 24 horas ó de 0° a 360°

Coordenadas geográficas:

Longitud: λ y Latitud: ϕ

LONGITUD.

Es el ángulo medido sobre el plano del Ecuador a partir del meridiano origen (Meridiano de Greenwich), hasta el meridiano del lugar. Se mide hacia el Oeste de 0° a 360° ó de 0 a 24 horas.

LATITUD.

Es el ángulo que forma la vertical de un lugar con el plano del Ecuador se mide sobre un plano normal al Ecuador (meridiano del lugar), de 0° a 90° , y puede ser hacia el Norte o hacia el Sur.

TRIANGULO ASTRONOMICO

Con el conocimiento de los sistemas de coordenadas podemos ahora visualizar una representación convencional de la esfera celeste, algunos de los elementos relacionados con un astro X.

Considerando al mismo tiempo en la esfera celeste los sistemas

de coordenadas para un astro, se forma sobre la esfera un triángulo formado por tres arcos de círculo máximos de la esfera celeste. Sus tres vértices son: el polo, el zenit y el astro; y sus tres lados son: la colatitud (complemento de la latitud), cuyo valor es $90^\circ - \varphi$ la distancia polar o codeclinal (complemento de la declinación), cuyo valor es $90^\circ - \delta$ y la distancia zenital (complemento de la altura), cuyo valor es $90^\circ - h$.

De este triángulo se deducen las siguientes ecuaciones:

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A \quad (1)$$

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B \quad (2)$$

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C \quad (3)$$

Estas son las tres fórmulas fundamentales de la trigonometría esférica y de ellas se pueden deducir todas las que tienen aplicación en la astronomía de posición.

Los métodos para obtener el azimut de un astro de acuerdo con los elementos observados se clasifican en:

- 1.- Distancias zenitales de un astro.
- 2.- Distancias zenitales y ángulo horario.
- 3.- Angulo horario.

Para la topografía ordinaria generalmente no se requiere mucha precisión en la obtención del azimut y con la observación de los ángulos horizontal y vertical del sol, y con la resolución del triángulo astronómico se puede determinar el azimut de un astro con la precisión necesaria y consecuentemente de una línea.

El método de distancias zenitales del sol, es el que mejor se adapta en este tipo de trabajos y el que recomienda la Dirección General de Caminos Rurales en su instructivo para brigadas de localización que edita la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

PROCESO QUE SE SIGUE EN EL CAMPO PARA EFECTUAR
LA ORIENTACION ASTRONOMICA.

- 1.- Centrar y nivelar el tránsito sobre la estación.
- 2.- Hacer coincidir el índice del vernier con el cero de la graduación del círculo horizontal.
- 3.- Visar la señal en el otro extremo de la línea sin mover el movimiento particular.
- 4.- Fijar el movimiento general.
- 5.- Aflojar el movimiento particular.
- 6.- Observar el sol en posición directa, sobre una tarjeta que se coloca atrás del ocular y hacer tangentes los hilos de la retícula en el segundo cuadrante. (Cuando la observación es por la mañana).
- 7.- En el instante en que los hilos de la retícula son tangentes al sol se hacen las lecturas de los círculos horizontal y vertical y se anota la hora de observación.
- 8.- Dar vuelta de campana y girar la alidada 180° (posición inversa) hacer tangente al sol en el cuadrante opuesto ó sea el cuarto. (Cuando la observación se hace por la mañana).
- 9.- En el instante de la tangencia anotar la hora y las lecturas de

los círculos horizontal y vertical.

10.- Volver a visar el Sol en posición directa y anotar la hora y las lecturas de los círculos vertical y horizontal. En seguida se visa el Sol en posición inversa y se anota la hora y las lecturas de los círculos.

11.- Se continua en esta forma hasta obtener tres series, compuestas cada una de una observación en posición directa y otra - en posición inversa.

12.- Estando el aparato en posición inversa se visa al -- otro extremo de la línea para leer el ángulo horizontal 180° y en esta forma checar que el aparato no se movió.

13.- Finalmente, tomar el rumbo magnético de la línea - después de la última observación.

En seguida se agrega el registro de campo de las observaciones para orientar la línea (PI-0- PI-1) de la poligonal del levantamiento del eje del camino.

REGISTRO DE CAMPO

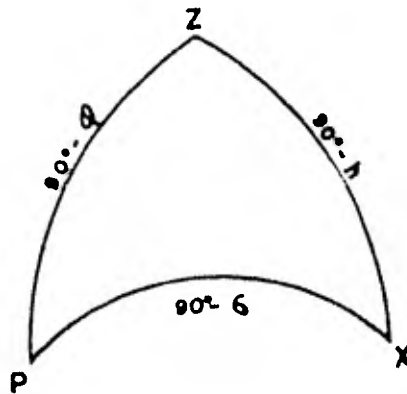
ESTACION: P1-1
 FECHA: 16-JULIO-1981
 LUGAR: EL TROPICO VERACRUZ
 APARATO: TRANSITO NIKON N2

SERIE	POSC.		HORA	ANG. HORZ.	ANG. VERT	OBSERVACIONES
	CIR. VER.	P. V.				
1	0	P1-2		00° 00' 00"		LECTURA DE LA BRUJULA N 13° 14' E
	0	+	8 h 21m 21s	55° 35' 30"	29° 22' 47"	
	1	-	8 22 50	235° 39' 30"	150° 18' 30"	
2	0	+	8 24 57	55° 44' 55"	30° 10' 10"	ANGULOS MEDIDOS
	1	-	8 26 39	235° 49' 37"	149° 24' 30"	A LA DERECHA
3	0	+	8 28 13	53° 53' 11"	30° 55' 27"	
	1	-	8 29 24	235° 56' 29"	148° 47' 10"	
		PL-2		180° 00' 00"		

Fórmula para el cálculo:

$$\cos A_z = \frac{\sin \delta - \sin h \sin \varphi}{\cos h \cos \varphi} \quad \text{--- 4}$$

Demostración:



Del triángulo astronómico PZX de la figura tenemos que:

$$a = 90 - h, \quad b = 90 - \varphi, \quad c = 90 - \delta$$

Substituyendo estos valores en la fórmula 2, queda:

$$\cos (90 - \delta) = \cos (90 - h) \cos (90 - \varphi) + \sin (90 - h) \sin (90 - \varphi) \cos A_z$$

$$\sin \delta = \sin h \sin \varphi + \cos h \cos \varphi \cos A_z$$

Despejando $\cos A_z$:

$$\cos A_z = \frac{\sin \delta - \sin h \sin \varphi}{\cos h \cos \varphi}$$

Pará poder aplicar esta fórmula es necesario conocer: φ , δ y h .

La latitud es un dato que proporcionó la Dirección General de Servicios Meteorológicos de la S.A.R.H.

Latitud del lugar: $18^{\circ} 36' 39''$

Determinación de la declinación: para la 1era. serie

Promedio general de la hora de observación = 8H 25M 33.67S

Hora del paso por el meridiano de 90° = 12H 05M 57.74S

El 16 de julio de 1981 - - - - - = 12H 05M 57.74S

Diferencia de horas - - - - - = -3H 49M 24.07S

Variación horaria en declinación - - - - - = -24.5''

Corr.Por. Var. Hor. en Decl. = $(-24.5'')(-36733H) = 01M 30.0''$

Declinación del Sol a su paso por el meridiano

de 90° = $+21^{\circ} 17' 37.2''$

Declinación del Sol a la hora de la observa-

ción = Corr.Por. Var. Hor.

en decl. + declinación del Sol a su paso por el meridiano de 90° = +

$21^{\circ} 17' 37.2'' + 0^{\circ} 01' 36'' = 21^{\circ} 19' 07.2''$.

Determinación de la altura verdadera del Sol.

En este cálculo intervienen las correcciones por: refracción y paralaje:

Corrección por refracción, cuya fórmula es $K \cot V$. En esta expresión V es el ángulo vertical observado y K es una constante que equivale a $58''$, esta corrección siempre tendrá signo negativo.

Corrección por paralaje, cuya fórmula es $K \cos V$. Donde V es el ángulo vertical observado y K es una constante que equivale a $8.8''$, esta corrección siempre tendrá signo positivo.

Cálculo de la altura verdadera del Sol para la 1era. serie:

$$\begin{aligned} \text{Corrección por refracción} &= -K \cot V \\ &= -58'' \cotg 29^\circ 32'08'' \\ &= -1' 42'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Corrección por paralaje} &= K \cos V \\ &= +8.8'' \cos 29^\circ 32'08'' \\ &= +7.6'' \approx +08'' \end{aligned}$$

$$\text{Altura aparente} = 29^\circ 32'08''$$

$$\text{Corrección por refracción} = -01' 42''$$

$$\text{Corrección por paralaje} = + 08''$$

$$\text{Altura verdadera} = 29^\circ 30'34''$$

Analogamente se obtiene la altura verdadera para las series 2 y 3.

Con los datos anteriormente obtenidos se procede a calcular el azimut del Sol, aplicando la fórmula 4;

$$\cos A_z = \frac{\sin \delta - \sin h \sin \phi}{\cos h \cos \phi}$$

Para la 1era. serie;

$$\cos A_z = \frac{\sin(21^\circ 19' 07'') - \sin(29^\circ 30' 34'') \sin(18^\circ 36' 39'')}{\cos(29^\circ 30' 34'') \cos(18^\circ 36' 39'')}$$

$$= \frac{0.363554 - 0.492567 \times 0.319139}{0.870275 \times 0.947708}$$

$$= 0.217609$$

$$\underline{A_z = 75^\circ 30' 38''}$$

Este ángulo indica que es el azimut del Sol, y para encontrar el azimut de la línea que se va a orientar, basta restar de este valor el promedio de las lecturas del círculo horizontal en posición directa e inversa, como sigue:

$$\text{Azimut del Sol} = 75^\circ 30' 38''$$

$$\text{Prom. Ang. Horz. la Serie} = \underline{55^\circ 37' 30''}$$

$$\text{Azimut de la línea} = \underline{19^\circ 53' 08''}$$

En la misma forma se obtiene el azimut de la línea para las series 2 y 3.

El valor obtenido corresponde al azimut astronómico de la línea orientada y como éste y el rumbo son iguales en el primer --

cuadrante, el resultado también es el rumbo de la línea.

Para obtener el azimut con logaritmos es necesario transformar la ecuación No. 4 en la No. 5.

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} A_z = \sqrt{\frac{\operatorname{Sen} (S - \alpha) \operatorname{Sen} (S - \varphi)}{\operatorname{Cos} (S - \beta) \operatorname{Cos} S}} \quad \text{--- 5}$$

Donde:

α = alturas verdaderas.

β = distancia Solar.

$$S = \frac{1}{2} (\alpha + \varphi + \beta)$$

Fórmula que se emplea para el cálculo del azimut usando logaritmos.

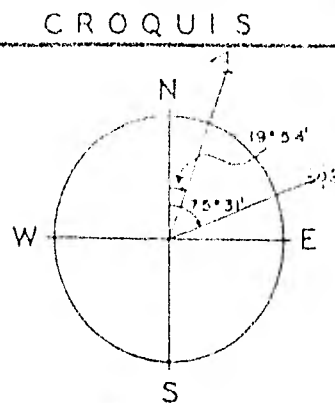
Después de obtener el azimut de la línea correspondiente a cada una de las series, se promedian para obtener finalmente el azimut de la línea cuyo valor fue de: 19° 53' 34".

En la tabla de la hoja siguiente aparece el cálculo del azimut usando esta fórmula.

CALCULO DE ORIENTACION ASTRONOMICA

POBLADO: TROPICO MPIO: A. R. CABADA EDO.: VER.
 OBSERVO: E. GUTIERREZ C FECHA: 16-JULIO-1981
 LATITUD: 18°36'39" = ϕ LONGITUD: " " = L BRUJULA: N 13° 14' " E

SERIE	EST.	P.V.	C. HORIZONTAL	HORA DEL CENTRO HORA DE OBSERV.	C. VERTICAL
1	DIR. SOL		55° 35' 30"	8 H 21 M 21 S	29° 22' 47"
	INV. SOL		55° 39' 30"	8 H 22 M 50 S	29° 41' 30"
	SUMAS		111° 15' 00"	16 H 44 M 11 S	59° 04' 17"
PROMEDIOS =			55° 37' 30"	8 H 22 M 05 S	29° 32' 08"
2	DIR. SOL		55° 44' 59"	8 H 24 M 57 S	30° 10' 10"
	INV. SOL		55° 49' 37"	8 H 26 M 39 S	30° 35' 30"
	SUMAS		111° 34' 36"	16 H 51 M 36 S	60° 45' 40"
PROMEDIOS =			55° 47' 18"	8 H 25 M 48 S	30° 22' 50"
3	DIR. SOL		55° 53' 11"	8 H 28 M 13 S	30° 55' 27"
	INV. SOL		55° 56' 29"	8 H 29 M 24 S	31° 12' 50"
	SUMAS		111° 49' 40"	16 H 57 M 37 S	62° 08' 17"
PROMEDIOS =			55° 54' 50"	8 H 28 M 48 S	31° 04' 08"



OBSERVACIONES:
 TEODOLITO: NIKON
 APROXIMACION: 20"
 CRONOMETRO: HASTE

CALCULO DE LA DISTANCIA POLAR

PROMEDIO GRAL. DE LA HORA DE OBSERVACION	=	8 H 25 M 33,67 S
HORA DEL PASO DEL SOL, POR EL MERIDIANO DE 90° W.G.	=	12 H 05 M 57,74 S
EQUACION DEL TIEMPO	DIFERENCIA	= -3 H 40 M 24,07 S
VARIACION HORARIA EN DECLINACION - 24,5 "	DIFERENCIA	= -3,673353 HORAS
DECLINACION DEL SOL A SU PASO POR EL MERIDIANO DE 90° W.G.	=	21° 17' 37,2"
CORR. POR VAR. HOR. EN DECL. = (-24,5 " X -3,673353)	=	+ 01' 30,0"
DECLINACION DEL SOL A LA HORA DE LA OBSERVACION = δ	=	21° 19' 07,2"
DISTANCIA POLAR = $90^\circ - \delta = 90^\circ - (21^\circ 19' 07,2") = \rho$	=	68° 40' 52,8"

CALCULO DE LA ALTURA VERDADERA

	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3
ALTURAS APARENTES	29° 32' 08"	30° 22' 50"	31° 04' 08"
CORRECCION POR REFRACCION	- 1' 42"	- 1' 39"	- 1' 36"
CORRECCION POR PARALAJE	+ 08"	+ 08"	+ 08"
ALTURAS VERDADERAS = h	29° 30' 34"	30° 21' 19"	31° 02' 40"

CALCULO DEL AZIMUT

α =	29° 30' 34"	30° 21' 19"	31° 02' 40"
ρ =	18° 36' 39"	18° 36' 39"	18° 36' 39"
β =	68° 40' 53"	68° 40' 53"	68° 40' 53"
$2S$ =	116° 48' 06"	117° 19' 51"	118° 20' 12"
S =	58° 24' 03"	58° 49' 26"	59° 10' 06"
$(S - \alpha)$ =	28° 53' 29"	28° 28' 07"	28° 07' 26"
$(S - \rho)$ =	39° 47' 24"	40° 12' 47"	40° 33' 27"
$(S - \beta)$ =	10° 16' 50"	9° 51' 27"	9° 30' 47"
LOG SEN $(S - \alpha)$ =	9,684083	9,673224	9,673371
LOG SEN $(S - \rho)$ =	9,806163	9,809995	9,813054
LOG SEC $(S - \beta)$ =	0,007029	0,006459	0,006014
LOG SEC S =	0,280691	0,285947	0,290291

$S = \frac{1}{2}(\alpha + \rho + \beta)$
 $\cos S = \frac{\cos(s-\alpha) \cos(s-\rho) \cos(s-\beta)}{\cos s}$

2.3 NIVELACION DEL EJE ACTUAL.

Para conocer el perfil del eje del camino se hace una nivelación con un nivel fijo, la cual tiene por objeto conocer las diferentes alturas del eje del camino y en base a éstas obtener el perfil del mismo y proyectar la rasante.

Se nivelan los trompos del trazo y además todos los puntos intermedios interesantes, como cauce de arroyos, barrancas, canales, etc.

Para comenzar la nivelación se apoya ésta en bancos de nivel (BN), los cuales deben tener su elevación bien definida y que se conserve invariable; la elevación queda bien definida por medio de una saliente que permita apoyar sobre ella un estadal, para lo cual debe terminar en una superficie pequeña que pueda ser cubierta totalmente por la base del estadal y que permita moverlo sin tropiezo.

En general, se establecen los bancos de nivel cuando más a cada 500 mts. de avance, en raíces de árboles, labrando el saliente con un machete. También se emplean rocas duras que afloran en el terreno señalando el saliente elegido con pintura de aceite.

Cuando se establecen los bancos de nivel sobre una raíz se clava sobre el saliente una grapa y encima y en dirección perpen-

dicular a la primera, se clava otra grapa igual que es la que define la altura del banco.

Los bancos de nivel son designados por las iniciales BN seguidas de un número que indica el kilómetro donde se encuentra, su orden y su elevación. Ejemplo:

BN - 0 - 1 elev. 104.345 m.

Estos datos y un croquis deben aparecer en el registro respectivo.

Cuando la longitud de la línea que se nivela es más grande que la doble longitud de la visual normal (150mts. a cada lado del aparato aproximadamente) o muy pendiente; que la diferencia de las elevaciones del punto de atrás y el de adelante sea mayor que la longitud del estadal, no se puede emplear la nivelación simple sino que se recurre a la compuesta.

La nivelación compuesta es una cadena de nivelaciones simples, al punto de unión de dos nivelaciones simples se llama punto de liga o de enlace (PL), el cual se considera como un banco de nivel y hay que establecerlo como tal.

SECUENCIA PARA HACER LA NIVELACION

Colocado y nivelado el aparato en A se visa el primer punto de cota conocida, en este caso es el primer banco de nivel -

de cota arbitraria, sumando a esta cota la lectura h en ese punto, tendremos la altura del aparato en A; por lo tanto si a esa altura se le restan las lecturas en los puntos a y b, conoceremos la cota en esos puntos, cuando no pueda hacerse ya mayor número de lecturas, en la última que en nuestro caso es PL_1 , se deduce la altura h_3 en ese lugar, se cambia el aparato a B y para el mismo punto PL_1 nos dá la altura del aparato en B, se procede a leer el estadal colocado en los siguientes puntos, para en forma semejante a como se hizo en A conocer la cota de esos puntos, es decir, restarle siempre a la cota del aparato, la lectura del estadal en un punto dado se obtiene la cota de ese punto.

Los bancos de nivel y los puntos de liga se leen al milímetro, las estaciones de trazo y los accidentes se leen al centímetro.

COMPROBACION DE LA NIVELACION

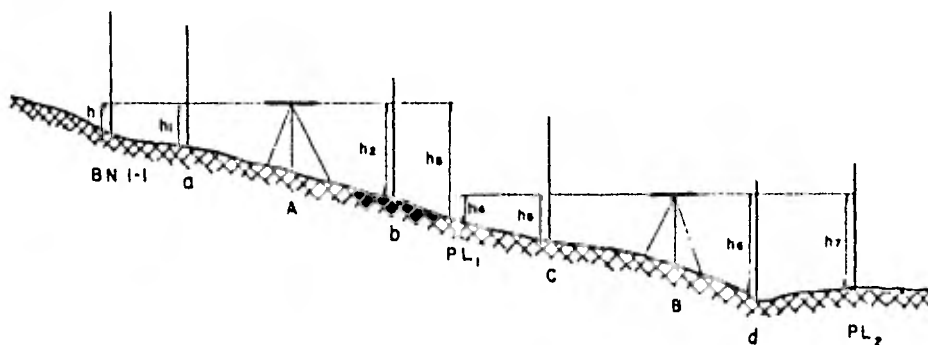
Se puede llevar la nivelación y al mismo tiempo ir haciendo su comprobación, para tener la seguridad de que está bien.

Conservando la misma altura del aparato en cada lugar pero cambiando la altura del punto de liga. Se llevan dos registros como si en realidad se trataran de dos nivelaciones.

La nivelación entre dos puntos puede comprobarse regresando el punto inicial, al encontrar de regreso la cota del punto ini-

cial, se observa que es diferente. La diferencia no será mayor de -
 $\pm 0.01m\sqrt{K}$, en donde K es la distancia nivelada en kilómetros sumando
do la ida y el regreso.

La siguiente figura y registro de campo son un reflejo de
la secuencia que se sigue.



FORMA DE LLEVAR LA NIVELACION

CAMINO VECINAL TROPICO LA NUEVA VICTORIA				TRAMO: TROPICO- MATABASTA DE KM. 0+000 A KM. 4+000		NIVEL : E. GTZ. C. FECHA : 9 AGOSTO-81 TIEMPO : CALUROSO	
ESTACION	+	X	-	LECTURAS INTERMEDIAS	ELEVACIONES		
BN-0-1	1.865	101.865			100.00	BN-0-1 SOBRE TRONCO DE ARBOL DEL LADO DERECHO DEL CAMINO. EST. 0+045 ELEV. 100.00	
0+000				2.26	99.60		
020				2.21	99.65		
040				2.10	99.76		
060				1.95	99.91		
080				1.79	100.07		
100				1.58	100.28		
120				1.47	100.39		
140				1.29	100.57		
160				1.09	100.77		
180				0.96	100.90		
200				0.78	108.08		
220				0.61	101.25		
240				0.54	101.32		
0+260				0.39	101.47		
PL-1	3.013	104.344	0.532		101.333		
0+280				2.82	101.72		

REGISTRO DE LA NIVELACION

2.4 SECCIONES TRANSVERSALES

La configuración del terreno se puede obtener de diferentes maneras nos referiremos aquí solamente a las secciones transversales:

Las secciones transversales se apoyan en la poligonal y sirven para conocer los puntos del terreno de cota cerrada o la cota de los puntos notables del mismo.

Para este trabajo se emplean: un nivel de mano, un estadal, una cinta de género y una brújula.

Las secciones generalmente serán normales a ambos lados de la línea y obtenidas en cada estación de 20 mts., y en todos aquellos puntos intermedios en que el terreno sea accidentado.

La longitud de cada sección será de 20 mts., a cada lado del eje del camino o según sea necesario.

PROCEDIMIENTO PARA HACER LAS SECCIONES

Una de las formas para obtener las secciones es como sigue:

El seccionador mide la altura de su ojo sobre el piso (h). se coloca sobre la estación desde la cual va a obtener la sección y determina la línea normal; parándose con los brazos extendidos, apun

tando hacia adelante y hacia atrás del eje del camino, al juntar los brazos éstos apuntarán en dirección normal al eje del camino.

El seccionador elige los puntos notables del camino o los puntos donde el terreno cambia de pendiente. Colocado en el punto A dirige al estadalero sobre la línea de la sección y con el nivel de mano hace la lectura del estadal (L) en cada punto elegido.

Si el terreno asciende la lectura será menor que la altura del ojo (h) y la elevación con respecto al punto será positiva.

Ejemplo:

$$h = 1.50 \text{ mts.}$$

$$L = 0.90 \text{ mts.}$$

$$\text{Elev} = h - L; \text{ elev} = 1.50 - 0.90 = + 0.40 \text{ mts.}$$

El signo (+) indica que el terreno asciende.

Si el terreno desciende, la lectura del estadal será mayor que la altura del ojo, ejemplo:

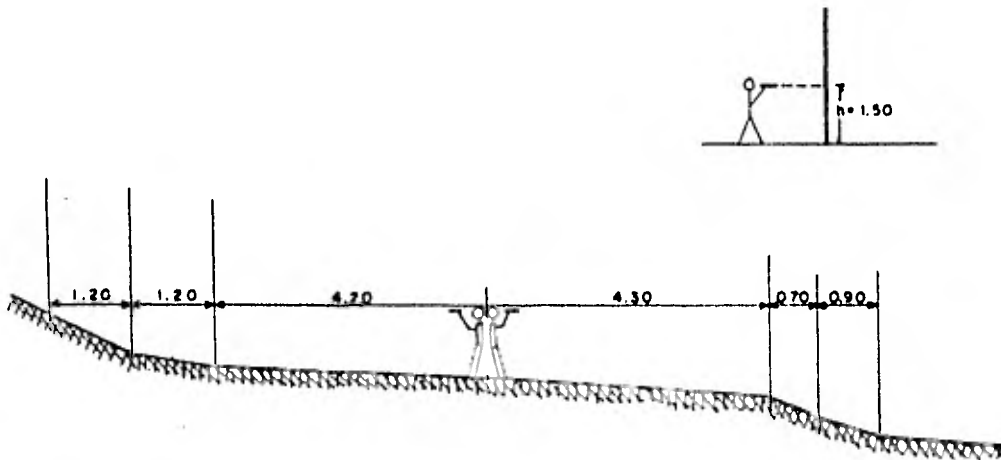
$$h = 1.50, L = 1.95$$

$$\text{Elev} = h - L \quad \text{elev} = 1.50 - 1.80 = -0.30 \text{ mts.}$$

Estas elevaciones se anotan en el registro con su signo respectivo.

En cada punto donde se haga una lectura de estadal se obtendrá su distancia al punto A.

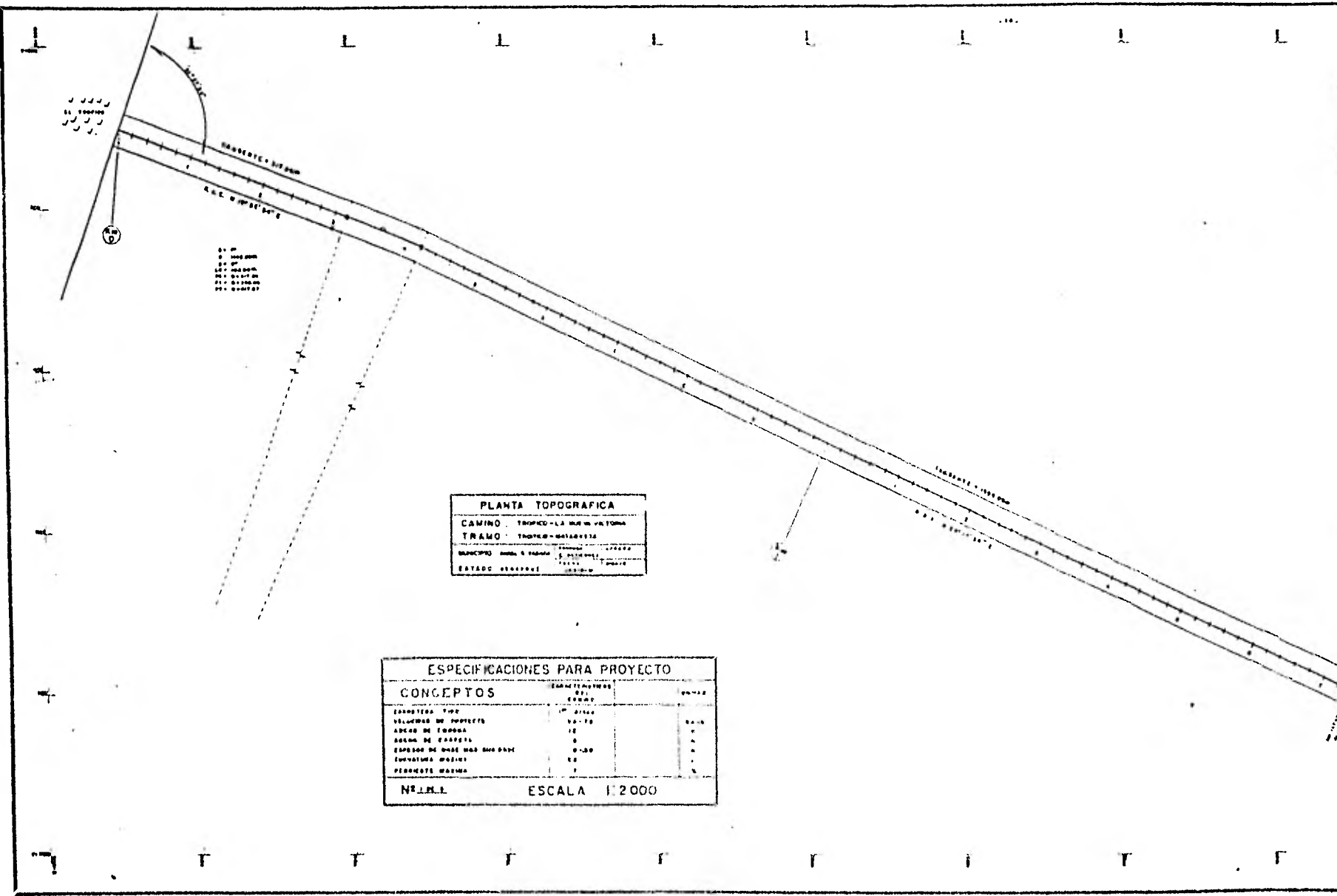
La siguiente figura y registro de campo muestran esta secuencia.



FORMA EN QUE SE EFECTUAN LAS SECCIONES

CAMINO: Tropico La Nva. Victoria				Seccion. E. Gtz. C.			
Del Km 0+00 AL 4+000				Fecha:			
+45	+40	+10	1+	140	-15	-40	-50
10.00	5.80	3.90			3.90	4.50	5.50
+75	-05	-05	1+	120	-15	-45	+55
6.10	4.50	3.70			4.20	4.80	6.50
+55	-05	NIV.	1+	100	-10	-35	+20
5.80	4.90	3.70			4.40	4.60	5.80
+20	-1.15	-10	1+	080	-10	-30	+30
5.90	5.00	4.10			4.20	5.00	5.80
+80	+30	+10	1+	060	-10	-50	-70
6.70	5.50	4.20			4.30	5.00	5.90

REGISTRO DE CAMPO



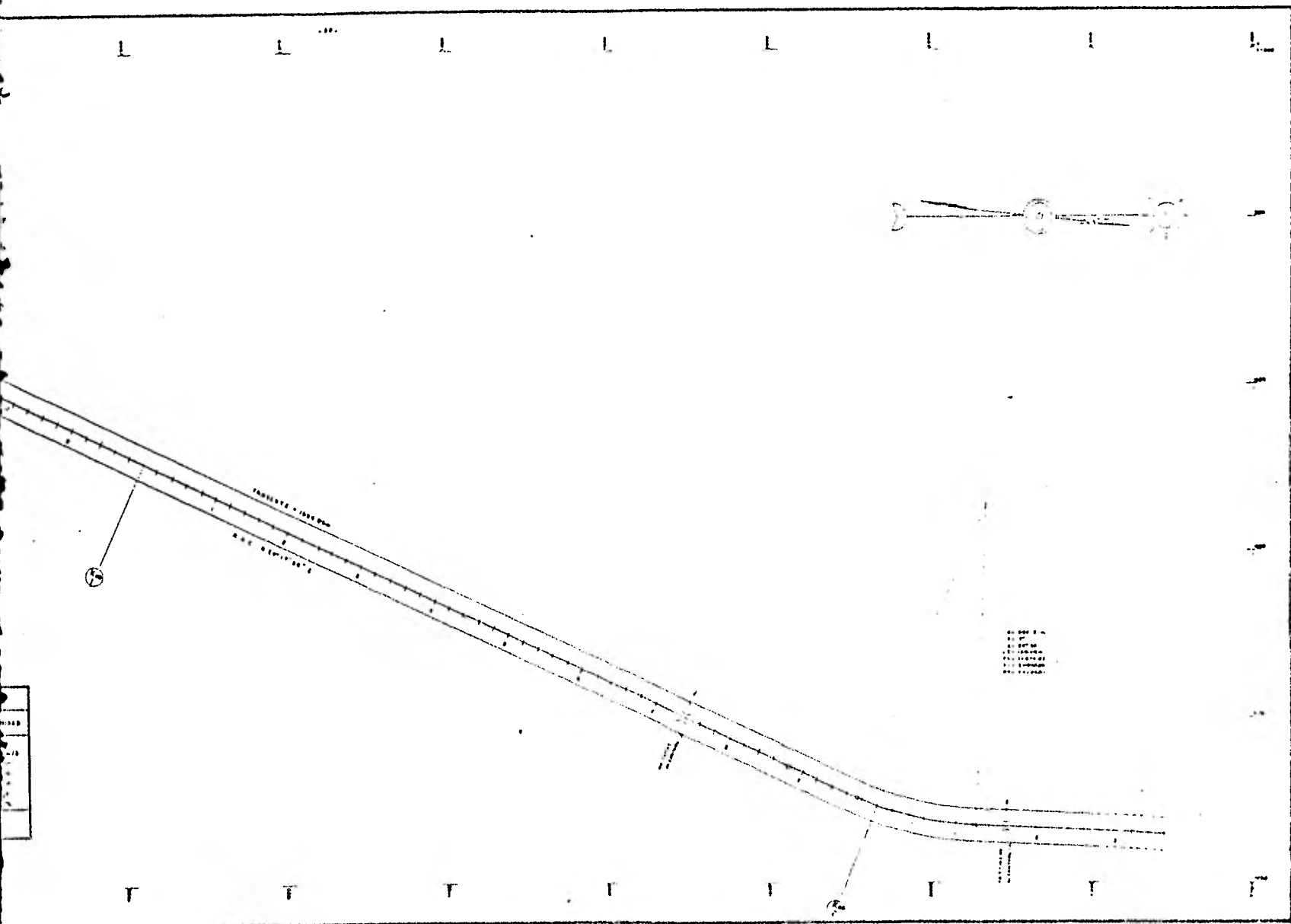
0' = 0
 1' = 0.000000
 2' = 0.000000
 3' = 0.000000
 4' = 0.000000
 5' = 0.000000

PLANTA TOPOGRAFICA
 CAMINO: TAMPICO-LA MANA VICTORIA
 TRAMO: TAMPICO-MATAGUAY
 MUNICIPIO: MANA VICTORIA
 ESTADO: VERACRUZ

ESPECIFICACIONES PARA PROYECTO

CONCEPTOS	ESPECIFICACIONES	UNIDAD
ESPELTERIA TYP	1" = 100M	M
SECCIONES DE PAVIMENTO	10-15	CM
ANCHO DE CARRETERA	10	M
ANCHO DE CASCAJO	0	M
ESPAZOS DE BASE MAS MIN PAV	0-20	CM
ESPAZOS DE BASE	10	CM
PEDRONES MAXIMO	7	M

N° 11111 ESCALA 1:2000



C A P I T U L O III

PROYECTO DE LA LINEA DEFINITIVA

El objeto de este proyecto consiste en fijar las tangentes y unir las con las curvas del mejor grado que permita la topografía.

Para la mejor comprensión de este capítulo es necesario recurrir a algunos conceptos y definiciones con respecto a las características y especificaciones geométricas de los caminos, ya que son básicos para el proyecto de un camino.

3.1 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS.

Las características básicas de las cuales la principal es la velocidad, sirven para fijar las especificaciones geométricas y a veces estructurales de cada tipo de camino.

Especificaciones geométricas son aquellas que se refieren a las dimensiones de las partes aparentes del camino, tales como: - alineamiento, visibilidad, ancho, pendiente, etc.

Las especificaciones estructurales se refieren a espesores sub-base, base, compactación de materiales, cargas, etc.

VELOCIDAD DEL PROYECTO

Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino y se utiliza para determinar los

elementos geométricos del mismo.

VELOCIDAD DE OPERACION.

Es la mayor velocidad media a que un conductor puede seguir en el camino, en condiciones normales de tránsito y sin exceder nunca la velocidad de proyecto, cuando el tránsito es poco intenso la velocidad de operación se acerca a la de proyecto, disminuyendo conforme aumenta aquél.

ALINEAMIENTO

El alineamiento ideal es el de la línea recta, sin embargo, los cruces de ríos y puertos dan los puntos obligados, debe buscarse entonces que el alineamiento real sea lo más corto posible entre puntos obligados, tanto por los desarrollos como por las desviaciones de la ruta general.

VISIBILIDAD.

Es la longitud de camino que en condiciones normales alcanza a ver el automovilista cuando no hay cuerpos extraños que la interfieran como vehículos delanteros, niebla, lluvia, etc. El automovilista tiene dos clases de visibilidad: la que necesita para frenar y la que necesita para rebasar otro automóvil.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.

Es la considerada como la mínima distancia de visibilidad que debe proporcionar en cualquier punto del camino.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE.

Es la distancia de visibilidad suficiente para que el conductor de un vehículo pueda adelantar a otro que circula por el mismo carril, sin peligro de interferir con un tercer vehículo que venga en sentido contrario.

La siguiente tabla indica la distancia mínima recomendable de parada y para rebasar utilizada por la Sría. de Asentamientos Humanos y Obras Públicas en sus especificaciones generales para -- proyecto geométrico.

VELOCIDAD KMS/HORA	VISIBILIDAD	
	DE PARADA	PARA REBASAR
50	80 MTS.	180 MTS.
65	85 "	330 "
80	105 "	480 "
95	145 "	690 "
110	180 "	960 "

CURVATURA.

El radio mínimo de una curva aplicable a un camino depende de la sobre-elevación máxima que a su vez está ligada a la adherencia de los vehículos y que varía con la velocidad, debe tomarse en cuenta que las curvas adecuadas a determinadas velocidades, son

seguras únicamente si se tienen la debida sobre-elevación y sus correspondientes transiciones.

SOBRE-ELEVACION.

Pendiente transversal que se le dá a la corona para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas horizontales.

Es la pendiente que se da a la curva hacia su centro para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en la curva del alineamiento horizontal.

Cuando un vehículo pasa de una tangente a una curva, desde que empieza a correr sobre la curva la fuerza centrífuga tiende a arrojarlo hacia afuera. Para contrarrestar esta fuerza es necesario dar una inclinación al camino, elevando el exterior de la curva y bajando la parte interior, como la velocidad a que pasan los vehículos no es siempre la misma, no conviene calcular la sobre-elevación para una velocidad sino en función del grado de la curva. La siguiente tabla indica el grado de la curva y su correspondiente sobre-elevación.

SOBRE-ELEVACION	
GRADO DE CURVATURA	SOBRE-ELEVACION EN %
2°	2.0
2° 30'	4.0
3°	6.0
3° 30'	7.4
4°	8.8
4° 30'	9.8
5°	10.0
5° 30'	10.6
6°	11.0
7°	11.7
8°	12.3
9°	12.6
10°	12.8
EN ADELANTE	12.8

TRANSICION.

La sobre-elevación se construye en la forma indicada anteriormente desde el PC hasta el PT, convirtiéndose la corona del camino entre estos dos puntos en un plano inclinado sin bombeo. Por lo tanto es preciso construir unas transiciones antes del PC y después del PT, en las cuales en un término de la tangente se vaya pasando de la sección horizontal del camino gradualmente a la sección inclinada correspondiente a la sobre-elevación del PC. Y en forma semejante la sección sobre-elevada poco a poco hasta llegar a la sección horizontal.

La longitud de las transiciones para cada tipo de camino se indica en la siguiente tabla:

GRADO DE CURVA	TIPO DE CAMINO		
	ESPECIAL	1º Y 2º ORDEN	3er ORDEN
2°	40.0	15.0	10.0
2°30'	40.0	15.0	10.0
3°	50.0	20.0	10.0
3°30'	55.0	20.0	10.0
4°	60.0	20.0	10.0
4°30'	70.0	20.0	10.0
5°	80.0	20.0	10.0
5°30'	90.0	20.0	10.0
6°	100.0	25.0	15.0
6°30'	100.0	25.0	15.0
7°	100.0	25.0	15.0
8°	100.0	30.0	20.0
9°	100.0	30.0	20.0
10°		30.0	20.0
HASTA 14°		35.0	25.0
HASTA 25		40.0	30.0
HASTA 40		40.0	30.0

LONGITUD EN METROS DE LAS TRANSICIONES A LAS CURVAS CIRCULARES

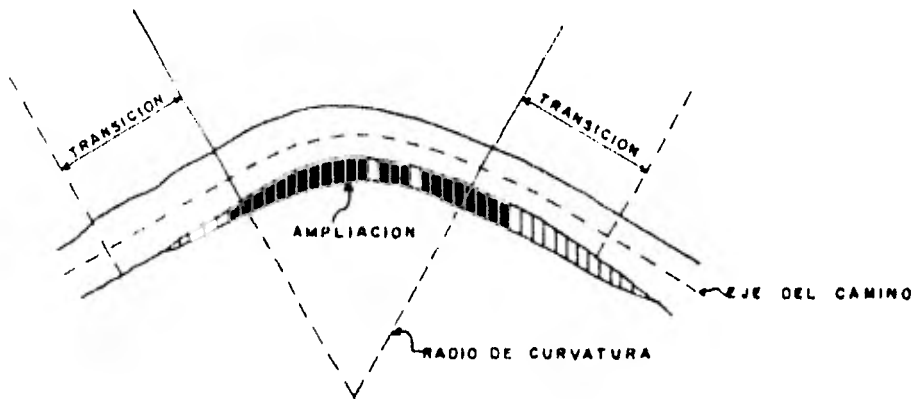
AMPLIACION DE LAS CURVAS.

El conductor de un vehículo inicia suavemente la curva -- desde que se encuentra en el tramo de transición en la tangente, de manera que cuando llega al PC de la curva, ya las ruedas delanteras están giradas lo necesario para seguir el carril que le corresponde en la curva. En la práctica esto hace que en las curvas el vehículo se encuentre un poco fuera de su carril. Esta es la razón principal para ampliar la sección del camino en las curvas. La curva se amplía en una cantidad constante desde el PC hasta el PT y después disminuye hasta los extremos de las transiciones. La de la curva siempre se hace por el lado interior porque los conductores acostumbran -

meterse hacia el lado interior de la curva. Las curvas de grado menor que 4 no se amplian.

En la siguiente tabla se dan los valores usuales para la ampliación.

GRADO DE CURVA	AMPLIACION EN METROS
DE 4 A 9	0.60
DE 10 A 12	0.75
DE 13 A 16	1.00
MAS DE 16	1.20



AMPLIACION EN LAS CURVAS

PENDIENTE.

Cuando no existe problema de topografía, la mejor ruta entre dos puntos es la que tiene menores pendientes; si a lo largo de la ruta se requiere cruzar terreno montañoso, la mejor solución es aquella que para el menor costo de construcción arroje la distancia más corta sin rebasar la pendiente máxima admisible.

Las pendientes indicadas en la tabla siguiente son las máximas para cada tipo de camino pero de ningún modo deben considerarse una especificación rígida. Siempre que se puedan proyectar pendientes menores.

CLASE DE TERRENO	TIPO DE CAMINO			
	ESPECIAL	1er ORDEN	2º ORDEN	3º ORDEN
PLANO	3	3	4	6
LOMERIO	4	4	6	8
MONTAÑOSO	6	6	7	10
ESCARPADO	-	7	9	12

PENDIENTES MAXIMAS RECOMENDABLES

DERECHO DE VIA

Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la SAHOP y que se requiere para la construcción, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía de comunicación y/o de sus servicios auxiliares y que es por lo tanto un bien de dominio público

sujeto al régimen de este tipo de bienes.

Los caminos vecinales tendrán por lo general un derecho de vía reducido al mínimo, con objeto de no afectar los terrenos de cultivo que por lo común atravieza. Se procurará escoger un derecho de vía que nos permita construir con la máxima seguridad y economía. Los anchos anotados en la tabla se repartirán simétricamente a cada lado del eje del camino y se ampliarán en los cortes y terraplenes que se salieran de sus límites, con el objeto de que siempre estén alojadas todas las obras dentro del derecho de vía.

CLASE DE CAMINO	ANCHO DERECHO DE VIA
ESPECIAL	40.00 MTS
PRIMER ORDEN	20.00 MTS
SEGUNDO ORDEN	15.00 MTS
TERCER ORDEN	10.00 MTS

ANCHOS MINIMOS DE DERECHO DE VIA

ANCHO DE SECCION.

La sección está en relación con la velocidad, densidad y clasificación de tránsito, los valores de la tabla siguiente se refieren a la sección del camino independiente del ancho de la carpeta asfáltica cuando la llevan. Siempre que sea posible se diseñará una sección más ancha buscando como meta el alcanzar acotamientos del ancho suficiente para alojar un vehículo estacionado fuera de la carpeta asfáltica.

TIPO DE CAMINO	ANCHO DE LA SECCION
ESPECIAL	8.00 M.
PRIMER ORD.	6.00 "
SEGUNDO ORD.	6.60 "
TERCER ORD.	4.00 "

ACOTAMIENTO.

Faja comprendida entre la superficie de rodamiento y la orilla de la corona de un camino.

Son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas para los hombros del camino. Tanto en terraplén como en corte el ancho del acotamiento dependerá -- principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar.

BOMBEO.

El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante, para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Este bombeo tendrá una pendiente de -2% hacia cada lado del eje del camino, siendo variable la pendiente del revestimiento colocado sobre el acotamiento.

TALUDES

El talud es la inclinación del paramento de los cortes o de los terraplenes, expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente. Por extensión en caminos también se llama talud a la superficie que en corte queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta. En terraplenes se dará de acuerdo con la altura según la sección tipo, la altura se medirá entre el hombro del terraplén y el pie del talud.

Para elegir la inclinación del talud, deberá tomarse en cuenta el espesor dominante de un tramo y no se cambiará para unas cuantas secciones aisladas que tengan su espesor mayor o menor que el dominante. En los cortes se procurará ponerlos lo más tendidos que se pueda de acuerdo con el material y el movimiento de tierras. en las curvas deberá tomarse en cuenta el factor de visibilidad haciendo rebajes en el corte.

CORONA.

Area comprendida entre las aristas interiores de cunetas en cortes o de taludes en terraplenes.

LINEA SUB-RASANTE.

En las tangentes de un camino la intersección de la subcorona con el plano vertical que contiene a su eje, en las curvas la intersección de la misma con la superficie vertical que contiene su eje.

PENDIENTE GOBERNADORA.

Pendiente del eje de un camino que se puede sostener indefinidamente y que sirve de base para fijar las longitudes máximas -- que se deben dar a pendientes mayores que ella.

RASANTE.

Intersección de la superficie de rodamiento con el plano - vertical que contiene a su eje.

SUBCORONA.

Superficie terminada de la terracería de un camino comprendido en terraplenes, entre las aristas superiores de sus taludes; en cortes, hasta sus intersecciones con el talud de las cunetas o -- con los taludes del corte abajo del fondo de la cuneta.

SUB-RASANTE.

Superficie comprendida entre las aristas superiores de la

terracería de una obra vial terminada conforme a los niveles y secciones de proyecto. Proyección vertical del desarrollo del eje de la subcorona de un camino.

Después de las características y especificaciones que hemos visto de los diferentes tipos de caminos procedemos al estudio de los alineamientos vertical y horizontal del camino.

3.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino.

Los elementos que lo integran son: las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

TANGENTES

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas.

El punto de intersección de dos tangentes consecutivas se les representa como PI y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ . Como las tangentes van unidas por curvas. La longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. A cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente se le denomina; punto sobre tangente y se le representa por PST.

Para fijar un PST se alinea primero una estaca a la dis--tancia requerida, y después de que ésta se ha clavado se mueve un lápiz hasta que quede bien bisectado por los hilos y cuando la punta está en la línea se hace una marca en la estaca. Se repite la opera--ción en posición inversa del telescopio y se hace otra marca, la parte

central entre las dos marcas será el verdadero PST.

Si se quiere prolongar la alineación, se centra el tránsito sobre el PST anterior y se nivela. En posición directa del telescopio se visa un extremo de la tangente y se gira el telescopio alrededor del eje de alturas para localizar el punto C_1 a la distancia requerida. Se gira el instrumento alrededor del eje azimutal, se visa nuevamente el extremo de la tangente, girando el telescopio alrededor del eje de alturas y se obtiene el punto C_2 . El PST verdadero se localiza en la parte central de los puntos C_1 y C_2 .

La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o bien porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangentes entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobre-elevación y ampliación a esas curvas.

CURVAS CIRCULARES.

Existen diferentes tipos de curvas empleadas en caminos, siendo las más comunes las siguientes: curva circular simple, curva circular compuesta y curvas espirales.

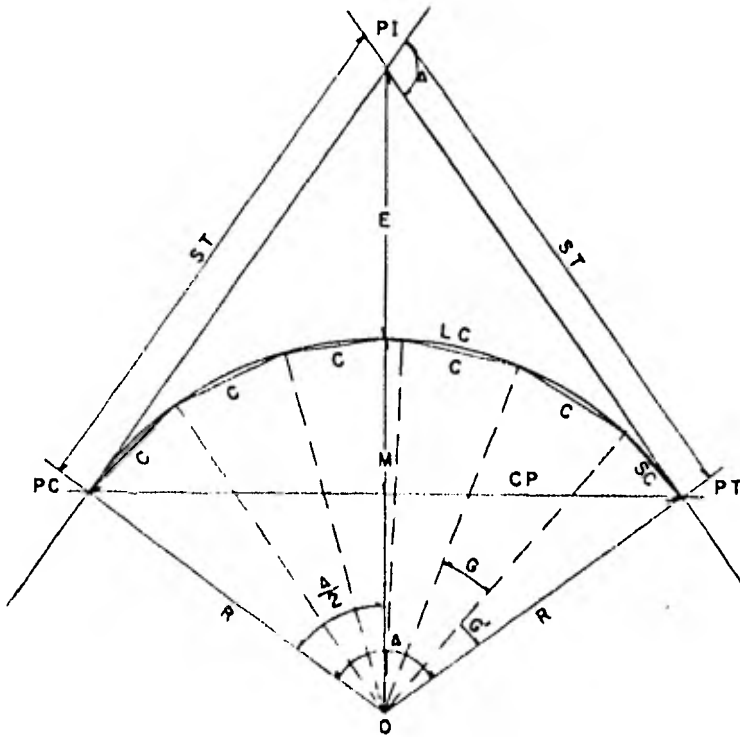
En este tipo de caminos las curvas empleadas son las circulares simples únicamente.

Una vez proyectadas las tangentes se presenta el problema de escoger la curva adecuada que se ajuste a las condiciones del alineamiento.

Para seleccionar la curva más adecuada se hace uso de las plantillas de mica que tienen la misma escala de la planta (1:2000) y que representen todos los grados de curvatura aceptados, con las plantillas se ensaya en el plano y se escoge la que mejor se pliegue al terreno.

Hay dos alternativas para proyectar las curvas: una consiste en trazar la curva que mejor se adapte y después calcular su grado de acuerdo con el radio con que se dibujó; la otra consiste en utilizar curvas de grado determinado y calcular todos sus elementos. Esta segunda alternativa es la que se siguió en este trabajo por ser el más recomendable por la facilidad que permite para el cálculo y el trazo en el terreno y para la utilización de plantillas transparentes en el proyecto. Una vez que se ha acogido la curva, se calculan sus elementos como veremos en seguida.

ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR SIMPLE



- A : DEFLEXION
- PI : PUNTO DE INTERSECCION
- PC : PRINCIPIO DE CURVA
- PT : PRINCIPIO DE TANGENTE
- R : RADIO
- ST : SUBTANGENTE
- C : CUERDA
- G : GRADO DE LA CURVA
- SC : SUBCUERDA
- G' : SUBGRADO
- CP : CUERDA PRINCIPAL
- LC : LONGITUD DE LA CURVA
- M : ORDENADA MEDIA
- E : EXTERNA
- O : CENTRO DE LA CURVA

La deflexión, cuerda y radio son los datos con los que se parte para calcular los demás elementos:

Deflexión. (Δ) Se mide directamente con transportador - en el proyecto en la planta del eje del camino, después al trazar el proyecto al terreno habrá que medirla con tránsito para obtener su valor real entre las tangentes marcadas y recalcular los elementos de la curva.

Cuerda. (C) Es la cuerda que se emplea según la curva a trazar. Se toma $C = 20$ mts., si el grado (G) no pasa de 10° , ya que para ese valor el radio se excede de 100mts., y el radio es -- sensiblemente igual a la cuerda. Para curvas de $G = 10^\circ$ a $G = 20^\circ$ se usan cuerdas de 10 mts., y para curvas de $G = 20^\circ$ a $G = 40^\circ$ se usan de 5m.

Radio. (R) Este elemento siempre queda a criterio del - proyectista, pero siempre tratando de que el radio sea lo mayor posi- ble para no tener curvas forzadas, pero adaptándose lo mejor que se pueda a la topografía del terreno.

La velocidad y visibilidad son factores que limitan el ra-- dio a un mínimo adecuado según sea el caso.

Una vez elegido el radio se calcula a qué grado de la cur- va (G) corresponde y después de adopta como definitivo al grado de -

curva cerrada más cercano y que sea un número entero para facilitar el cálculo, el radio varía con ésto y se procura que sea en aumento, por ésto no importa que quede una cantidad fraccionaria, ya que en el terreno al trazar no se usa el radio.

Teniendo los datos anteriores, los elementos restantes para trazar la curva en el campo se calculan mediante las fórmulas siguientes:

Radio

De la figura anterior tenemos que:

$$\text{Sen } \frac{G}{2} = \frac{C}{2R}; \quad R = \frac{\text{Sen } \frac{G}{2}}{\frac{C}{2}} \quad R = \frac{\frac{G}{2}}{\text{sen } \frac{G}{2}}$$

$$\text{Para } C = 20 \text{ mts. } R = \frac{10}{\text{sen } \frac{G}{2}}$$

De otra manera:

$$\frac{G}{C} = \frac{360^\circ}{2\pi R}; \quad R = \frac{360^\circ}{2} \times \frac{C}{G}$$

$$\text{Para } C = 20 \text{ mts. } R = \frac{1145.92}{G}$$

Sub-tangente.

$$\text{tang } \frac{\Delta}{2} = \frac{ST}{R} \quad ST = R \text{ tang } \frac{\Delta}{2}$$

Número de cuerdas.

$$\text{Núm. cdas} = \frac{\Delta}{G} + \text{residuo } (G')$$

Subcuerda.

$$\text{Sen } \frac{G'}{2} = \frac{SC}{R} \quad SC = 2R \text{ sen } \frac{G'}{2}$$

Longitud de curva.

$$\frac{20}{G} = \frac{LC}{\Delta} \quad LC = 20X \frac{\Delta}{G}$$

Externa.

$$E = \overline{PI-0-R}; \quad \text{Sec } \frac{\Delta}{2} = \frac{E + R}{R}; \text{ despejando E queda:}$$

$$E = R \text{ Sec } \frac{\Delta}{2} - R \quad E = R (\text{Sec } \frac{\Delta}{2} - 1)$$

Ordenada media o flecha (M)

$$\text{Cos } \frac{\Delta}{2} = \frac{R - M}{R}; \quad -M = R \text{ Cos } \frac{\Delta}{2} - R$$

$$M = R - R \text{ cos } \frac{\Delta}{2} \quad M = R (1 - \text{cos } \frac{\Delta}{2})$$

Cuerda principal.

$$\text{Sen } \frac{\Delta}{2} = \frac{CP}{R} \quad CP = 2R \text{ Sen } \frac{\Delta}{2}$$

Si conocemos la longitud de la curva, se calculan los cade
namientos para continuarlos por la curva y luego seguir en la siguien
te tangente, puesto que conocemos el cadena
miento del PI respectivo, calculamos el valor del PC y del PT de dicha curva.

$$\text{cad PC} = \text{cad PI} - \text{ST}$$

$$\text{cad PT} = \text{cad PC} + \text{LC}$$

Para los caminos de acceso a zonas cañeras es rara la vez que se utilizan curvas compuestas, ya que en estos caminos circulan camiones con exceso de longitud y en las curvas compuestas dificultarían su circulación.

Para el camino que nos ocupa no se proyectaron curvas compuestas.

Por regla general no debe coincidir el PT de una curva con el PC de la siguiente, puesto que las sobre-elevaciones que deben llevar son de sentidos contrarios, se requiere un tramo recto o tangentes de transición de 60 mts., en un camino muy forzado de 20 a 30 mts., para poder cambiar de una a otra sobre-elevación.

TRAZO DE LAS CURVAS

Las curvas se pueden trazar con tránsito y cinta o con cinta exclusivamente.

En este trabajo se trazarán con tránsito y cinta, y el procedimiento es el siguiente:

Se calculan las curvas en el gabinete, conociendo el grado y la deflexión; como se ha determinado el cadenamiento del PI, se -

calculará, conociendo la ST, los puntos PC y PT.

Se efectuará el cálculo de la curva como se muestra en -
el ejemplo siguiente:

Datos:

$$\Delta = 22^{\circ} 30'$$

$$G = 3^{\circ}$$

$$PI = 2 + 070.00$$

$$R = \frac{10}{\text{Sen } \frac{G}{2}} = \frac{10}{\text{Sen } 1^{\circ} 30'} = 382.01$$

$$ST = R \text{ tg } \frac{\Delta}{2} = 382.01 \times \text{tg } 11^{\circ} 15' = 75.99\text{m.}$$

LONGITUD DE CURVA

$$LC = \frac{20 \Delta}{G} = \frac{20 \times 22^{\circ} 30'}{3^{\circ}} = 150.00\text{m.}$$

$$PC = PI - ST = 2 + 070.00 - 75.99 = 1 + 994.01$$

$$PT = PC + LC = 1 + 994.01 + 150 = 2 + 144.01$$

En el PC se inicia la primera cuerda, pero sucede que el PC no cae en un punto de cadenamamiento cerrado, la primera cuerda - que debe marcarse, será la que le falte al cadenamamiento que lo toque al PC para llegar a la siguiente estación cerrada. Esto requiere poder trazar puntos de la curva a una distancia cualquiera del punto de

tangencia inicial PC.

Por lo general, las libretas de tránsito traen tablas ya calculadas con los diferentes radios, grados y deflexiones usuales. A falta de estas tablas se pueden calcular de la manera siguiente:

$$\text{Deflexión por 20 metros} = \frac{G}{2}$$

$$\text{Deflexión por metro} = \frac{\frac{G}{2}}{20}$$

En nuestro ejemplo el PC tiene un valor de 1 + 994.01, la deflexión por metro para esta curva es $\frac{1^{\circ}30'}{20} = 4.5'$; la distancia para la estación cerrada (1 + 200.00) es 5.99m., entonces, tenemos $5.99 \times 4.5 = 27'$, esta es la primera deflexión.

Para calcular la última deflexión se procede como al principio: se requiere calcular la deflexión necesaria para 4.01mts. para llegar al PT.

$$4.01 \times 4.5 = 18'$$

En el registro de tránsito aparecen los datos para trazar la curva como sigue:

ESTACION	P. V.	DEFLEXION	DATOS DE CURVA	R. M. O.	R. A. C.	NOTAS
	PT 2+1440	11° 18'	PI=2+07000 R=382.01M A=22°30' ST=76.99M G=3° LC=180.00M	N 10° 04' E	N 24° 44' E	
	140	10° 57'				
	180	9° 27'				
	100	7° 57'				
	80	6° 27'				
	60	4° 57'				
	40	3° 27'				
	20	1° 57'				
	2+000	0° 27'				
PC1+9940		0° 00'				

En el campo se fija primero el PI y se cadena la ST, - para ubicar el PC y el PT. Procediendo con la mayor precisión - tanto en el alineamiento como en el cadenamamiento. Se traslada y centra el aparato en el PC con los ceros del limbo y la alidada coinci-diendo; se visa el PI, se fija el movimiento general y se da la primera deflexión igual a 27', el cadenero mide la primera cuerda igual a 5.99 mts., en esta dirección y clava el primer trompo para obte-ner la primera estación 2 + 000; para el segundo punto de la curva el cadenero medirá una distancia de 20 mts., en dirección a la de-flexión de 1'57' y así sucesivamente hasta llegar a la visual corres-pondiente a la estación 2 + 140. Ahora igual que al principio, el - cadenero medirá una última cuerda de 4.01 mts. en dirección a la última deflexión de 18' para visar el PT.

Como comprobación la última deflexión será igual a la mitad del Δ . El PT se fija desde el PI con la ST.

3.3 ALINEAMIENTO VERTICAL.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama subrasante. El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas; las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

La pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre los puntos de la misma.

PENDIENTE GOBERNADORA.

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea para dominar un desnivel determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora es aquella que permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Para este proyecto la pendiente gobernadora resultó del 7%.

PROYECTO DE LA SUBRASANTE.

La subrasante es el perfil de las terracerías del camino, compuesta por una serie de líneas rectas con sus respectivas pen--

dientes, según el caso y unidas de una pendiente a otra por curvas - verticales (las cuales veremos más adelante).

Una vez que se obtiene en el campo el perfil del eje del camino se procede en gabinete a dibujarlo para poder proyectar la subrasante. El perfil se dibuja en papel milimétrico grueso para que no se maltrate al borrar cuando se hagan varios ensayos al trazar la subrasante. Como los datos para calcular espesores (diferencia de cotas entre el terreno y la subrasante), se obtiene gráficamente de este dibujo, para poder tener mayor aproximación en estas medidas siempre se exagera la escala vertical que corresponde a los desniveles, a una escala que sea diez veces más grande que la horizontal. El perfil se dibujó a una escala horizontal de 1:2000 y una escala vertical de 1:200.

El perfil del terreno se dibuja con tinta china negra y todos los ensayos para el proyecto de subrasante se hace con lápiz hasta lograr el mejor proyecto.

Las pendientes siguiendo el sentido del cadenamamiento será (+) ascendentes y (-) descendentes.

La subrasante que se proyecta compensa lo más posible las excavaciones y los rellenos, esto se logra pegándose lo más posible al perfil del terreno, pero sin que se sobrepase la pendiente gobernadora.

Cuando no existen problemas de drenaje debe preferirse la subrasante lo más baja posible; los terraplenes altos son siempre un problema, pues para evitar los asentamientos es preciso recurrir a la compactación mecánica.

SECCIONES DE CONSTRUCCION.

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

Las secciones se dibujan en papel milimétrico opaco a escala horizontal y vertical 1:100 y sirven para colocar en ellas las secciones del camino, obtener el área en corte o terraplén correspondiente a cada sección y calcular el volumen de la estación.

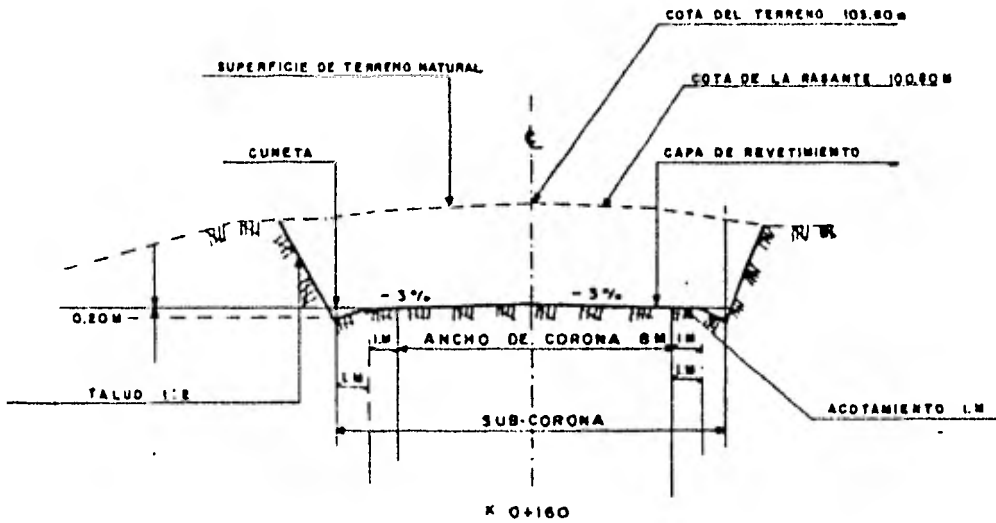
Estas secciones son normales al eje proyectado en planta y se obtienen cada 20 mts., siguiendo el kilometraje, y a veces también se requieren en puntos intermedios especiales como se verá después.

La pendiente o talud de las excavaciones y terraplenes dependen de la clase de terreno que se encuentra, pues en cada caso debe darse la inclinación de reposo natural para evitar derrumbes. Los cortes pueden tener por ejemplo desde taludes a plomo hasta -

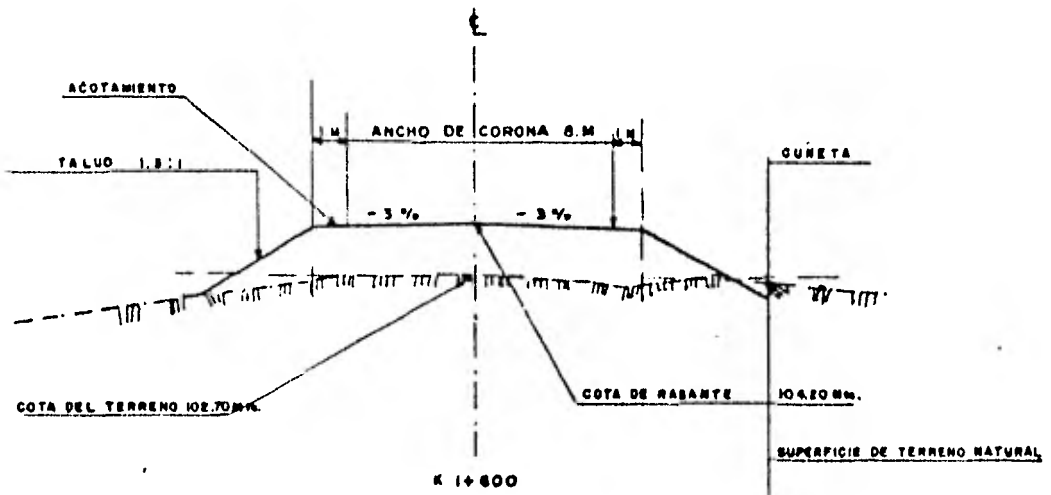
1 x 1, en materiales sueltos y en los terraplenes desde 1 1/2 x 1, hasta 2 x 1, también en estas secciones debe dibujarse el "bombeo", y las cunetas de desagüe. Cuando el terreno tiene una inclinación transversal igual o cercana a la inclinación que deba tener el terraplén, resultará éste con un talud que se prolongará hasta donde cambia de pendiente el terreno para sostenerlo, y en casos críticos se construyen muros de mampostería para sostener el terraplén, pero son muy costosos.

Hay secciones en que al mismo tiempo tienen corte y terraplén, éstas se llaman secciones en "balcón", las cuales se presentan cerca y en los puntos de "paso", que son los lugares donde la subrasante cruza el perfil del terreno al pasar de corte a terraplén o viceversa.

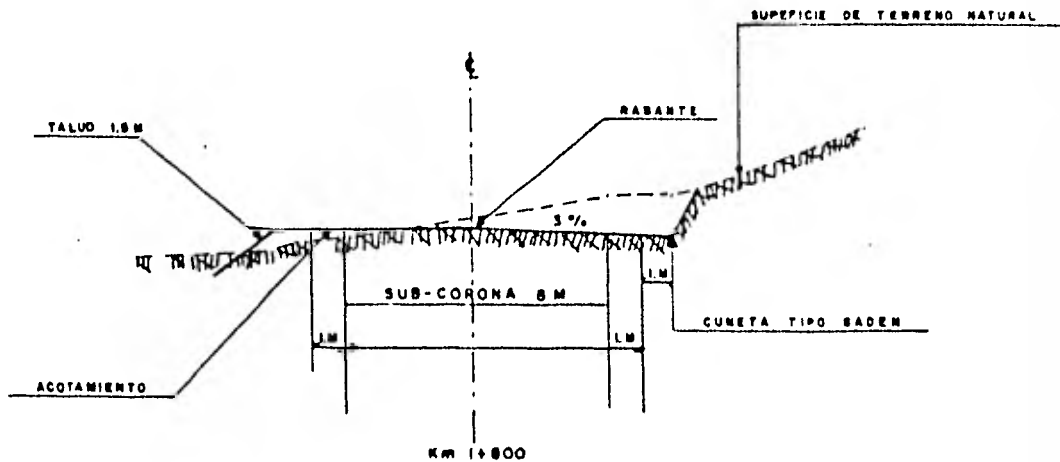
Cuando el eje entra en corte no se hace necesario prolongar demasiado las secciones en terreno más o menos plano, la longitud puede ser más o menos de 15 a 20 mts., a cada lado del eje. En la siguiente figura aparecen los elementos de las secciones de construcción proyectadas en corte, terraplén y en balcón.



SECCION TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION EN CORTE EN TANGENTE



SECCION TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION EN TERRAPLEN EN TANGENTE



SECCION TRANSVERSAL DE CONSTRUCCION EN BALCON EN TANGENTE

CURVAS VERTICALES.

Las curvas verticales se emplean en el tramo de enlace de dos tangentes contiguas en subrasante con el objeto de hacer gradual el cambio de pendientes.

Generalmente el tipo de curva vertical empleada en caminos es la parábola y se presentan dos casos de acuerdo a las pendientes de las tangentes donde se alojan:

Curvas verticales cóncavas. Cuando la diferencia algebraica de pendientes (salida - entrada) es positiva, denominada también "en -

columpio".

Curvas verticales convexas. Cuando la diferencia algebraica de pendientes (salida-entrada) es negativa, denominada también en cresta o cima.

PUNTOS CARACTERISTICOS DE LA CURVA

PCV : Principio de curva vertical.

PIV : Intersección de dos pendientes.

PVT : Principia tangente vertical.

Por facilidad el PVC y el PTV se deben situar en estaciones cerradas y el PIV en estaciones cerradas o en medias estaciones.

Unicamente se proyectará una curva vertical cuando la diferencia algebraica de pendientes sea mayor de 0.5%. Para que el cambio de una pendiente a otra se efectúe en forma gradual es necesario establecer una variación uniforme de pendiente entre dos estaciones consecutivas; por seguridad y comodidad se ha establecido que esta variación no debe ser mayor de 1%. Una curva parabólica tiene una variación de pendiente por estación de 1% cuando su longitud medida en estaciones de 20m., es igual a la diferencia algebraica de pendientes.

La parábola que sirve para el enlace de dos tangentes verticales toma la forma de la ecuación $Y = kd^2$, en la cual los ejes "d" y "y" tienen su origen en el punto de inicio de la curva, siendo el eje "y" paralelo al eje de simetría de la misma.

PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE LA CURVA

a) Se calcula la diferencia algebraica de pendientes --

$$D = S_2 - S_1.$$

b) Si el PIV se encuentra en una estación cerrada la curva tendrá una longitud mínima L , medida en estaciones de 20mts., -- igual al número par inmediato superior a D . Si el PIV se encuentra en una media estación, la longitud será igual al número impar superior a D .

c) Se fija el PCV y el PTV de manera que la curva sea -- simétrica y se calculan sus elevaciones.

d) Se prolonga la tangente de entrada hasta la estación -- del PTV y se calculan las elevaciones correspondientes a cada estación sobre la tangente prolongada.

e) Se obtiene el valor de la constante $K = \frac{D}{10L}$

f) Para cada estación se obtiene la ordenada y medida de la tangente prolongada a la curva $y = kd^2$, donde d es el número de orden de la estación contado a partir del PCV.

g) Se obtienen las elevaciones de las estaciones sobre la curva, restando los valores de "y" a las estaciones de la tangente -- prolongada, si la curva es en cima o cresta y sumando si es en columpio.

Ejemplo:

Curva vertical No. XII (en cresta).

Datos:

Pendiente de entrada: $S_1 = + 0.89\%$

Pendiente de salida: $S_2 = -6.41\%$

Elevación del PIV = 94.80m.

Cadenamiento del PIV = K3 + 360.

Cálculo:

a) $D = S_2 - S_1$; $D = -6.41 - 0.89 = 7.30$

b) Como el PIV se localiza en una estación cerrada $L = 8$
(como longitud mínima en estación de 20m.)

c) Para que la curva sea simétrica al PVC y el PTV, estarán localizados a cuatro estaciones del PIV y sus elevaciones serán:

$$\text{Elev. PCV} = 94.80 - \frac{0.89}{100} \times 80 = 94.01\text{m.}$$

$$\text{Elev. PTV} = 94.80 - \frac{6.41}{100} \times 80 = 89.67\text{m.}$$

d) En la tabla y figura correspondiente aparecen las elevaciones de cada estación sobre la tangente prolongada.

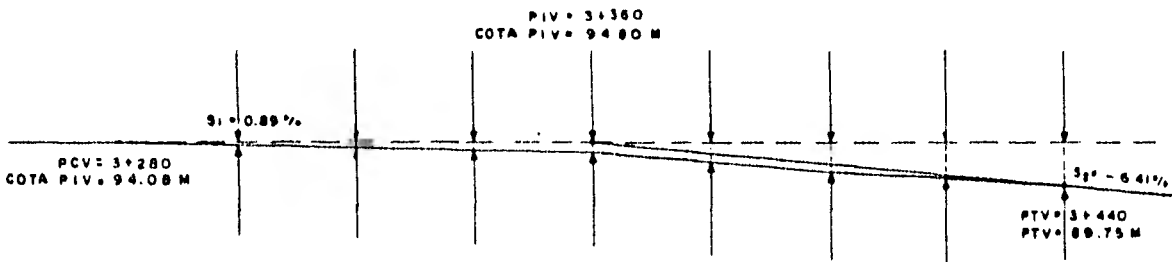
e) $K = \frac{7.30}{10 \times 8} = 0.091$

f) El número de orden de cada estación y los valores calculados de "y" se encuentran tabulados en la tabla respectiva.

g) La elevación de los puntos de la curva aparecen en la tabla y figura siguiente.

TABLA

ESTACION	ELEVACION EN TANGENTE DE ENTRADA PROLONGADA	K	d	d ²	CORRECCION Y = Kd ²	ELEVACION DE LA CURVA	OBSERVACIONES
3+280	94.08	0.091	0	0	0	94.08	P C V
3+300	94.26	0.091	1	1	0.09	94.17	
3+320	94.44	0.091	2	4	0.36	94.08	
3+340	94.62	0.091	3	9	0.82	93.80	
3+360	94.80	0.091	4	16	1.46	93.34	P I V
3+380	94.98	0.091	5	25	2.23	92.70	
3+400	95.16	0.091	6	36	3.28	91.98	
3+420	95.34	0.091	7	49	4.46	90.88	
3+440	95.52	0.091	8	64	5.82	89.70	P T V



CURVA VERTICAL EN CRESTA

Comprobación:

Con $S_2 = -6.41\%$ baja 1.28 mts. cada 20 mts. . .

en 80 mts. baja 5.13 mts.

Elev. del PTV = elev. PIV - 5.13

Elev. del PTV = 94.80 - 5.13 = 89.67 mts.

Elev. del PTV calculada = 89.70

Diferencia = 0.03 mts.c.l.q.d.

Cuando es necesario aumentar la longitud de la curva ya sea para tener mayor visibilidad o para reducir el volumen de terracerías se calcula el nuevo valor de "K" con la longitud en estaciones de 20 mts., seleccionada, y se sigue el mismo procedimiento de cálculo indicado.

C A P I T U L O I V

EVALUACION DEL MOVIMIENTO DE TERRACERIAS

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

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

4.1 CALCULO DE AREAS DE LAS SECCIONES.

Para fines de presupuesto y pago de obra es preciso determinar los volúmenes tanto de corte como de terraplén. Para lograr lo anterior es necesario calcular el área de las secciones de construcción proyectadas.

Los procedimientos más comunmente empleados son los siguientes:

Método Analítico.

Método Gráfico.

Método del Planímetro.

METODO ANALITICO

Este método se basa en la descomposición de la sección en figuras regulares obtenidas al trazar líneas verticales por los puntos de quiebre del terreno y de las secciones de construcción. Si se considera la sección referida a un sistema de ejes cartesianos; el área de la sección será la suma de las áreas de los trapecios que se forman incluyendo la sección menos la área de los trapecios que no forman parte de la sección.

Este método es útil cuando las áreas de las secciones se calculan con ayuda de una computadora. Si el cálculo se hace manualmente puede resultar laborioso y poco práctico.

METODO GRAFICO

Este método consiste en dividir en trapecios la sección y mediante líneas verticales a una separación constante. El área de la sección será igual a la suma de las áreas parciales.

La aplicación del método gráfico consiste en acumular las distancias verticales marcándolas en una tira de papel; una vez efectuada la operación en toda la sección, la distancia entre las marcas extremas en la tira del papel, multiplicada por la equidistancia de las líneas verticales, define el área total de la sección.

METODO DEL PLANIMETRO

Por la rapidez en su operación y por la precisión que proporciona, el planímetro es el instrumento que más se presta para la determinación de las áreas. Este método es el que se emplea más frecuentemente.

El aparato se apoya en la mesa sobre las secciones dibujadas previamente, en cuatro puntos que son: la rueda deslizante, -- guía trazadora con la que se sigue el contorno de la figura por arear, el tambor que está graduado en cien partes y es en el que se toman las lecturas en unidades; tiene junto un nonio que aproxima al décimo. Y el polo que queda fijo en la mesa por una punta de aguja.

El brazo trazador está graduado para que se pueda poner el índice del soporte frente al valor debido, valor que dependerá de la escala a que esté el dibujo.

Es norma práctica, antes de efectuar las mediciones de áreas ajustar el planímetro para obtener las áreas correctas.

Para obtener el área se fija el polo en el punto conveniente y se coloca la guía trazadora en un cero de la sección, se toma la lectura inicial y se sigue el perímetro de la figura con la guía, con un movimiento uniforme hasta volver al punto de partida, haciendo una nueva lectura; la diferencia entre estas lecturas multiplicadas por una constante será el área buscada, para comprobar el dato ob-

tenido se repite la operación, debiendo estar la diferencia entre ambos resultados dentro de la tolerancia establecida. Si no es así se repite la operación hasta obtener una diferencia de lecturas dentro de tolerancia. Este método se usó para obtener las áreas de las secciones en este trabajo.

4.2 CALCULO DE VOLUMENES

Una vez que se han determinado las áreas de las secciones se procede al cálculo de los volúmenes de tierras. El volumen de material ya sea en corte o terraplén comprendido entre secciones se calculará tomando el promedio de las áreas de dichas secciones y multiplicadas por la distancia entre ellas.

Como la separación entre dos secciones es de 20 mts. o sea en una estación el volumen en este caso será:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \times 20 = 10 (A_1 + A_2)$$

Donde A_1 y A_2 , son las áreas de las secciones consecutivas, cuando se trate de secciones intermedias motivadas por accidentes notables en la topografía, se empleará la fórmula:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} d$$

Donde d es la distancia entre secciones.

En las secciones que resulten en los puntos en que el perfil pasa de corte a terraplén o viceversa, se tiene especial cuidado -

pues en las laderas inclinadas aunque en el centro de la línea no hay ni corte ni terraplén, en realidad si existe área en corte y en terraplén en ese lugar.

El volúmen será el área de la otra sección dividida entre dos y multiplicada por la distancia entre las secciones.

ABUNDAMIENTO.

Al excavar el material de un corte y extraerse experimenta un cambio de volúmen, al pasar de su estado natural a formar parte del terraplén, siendo esencial el conocimiento de este cambio para la correcta determinación de los volúmenes y de los movimientos de tierra correspondientes.

Se llama coeficiente de abundamiento a la relación que -- existe entre el peso volumétrico del material en su estado natural y el peso volumétrico que ese mismo material tiene al formar parte - del terraplén, este coeficiente se aplica al volúmen del material en su estado natural para obtener su volumen en el terraplén.

Para saber el volúmen de corte necesario para el terra-- plén hay necesidad de igualar la solidez de este a la del terraplén; para ésto se multiplica el volumen de corte por el coeficiente de abundamiento de materiales y son los siguientes:

Para roca fija, 1.3 a 1.6

Para roca suelta, 1.2 a 1.4

Para tierra, 0 a 0.9

En este camino se consideró un coeficiente de abundamiento de 1.2 por estar compuesto de tierra y roca suelta.

4.3 CURVA MASA

Es la representación gráfica del movimiento de tierra, -- que nos permite hacer un estudio para compensar los movimientos -- de terracería del camino, es decir, es una curva cuyas ordenadas -- representan volúmenes acumulados de terracerías correspondientes al -- cadenamiento que representan las abscisas.

La curva masa se utiliza para compensar los volúmenes, fijar el sentido de los movimientos de material, determinar los límites del acarreo libre, sobre acarreos, y controlar los préstamos y los desperdicios.

ORDENADA DE LA CURVA MASA

En una estación determinada es la suma algebraica de volúmenes de terraplén y corte, estos últimos afectados por su coeficiente de abundamiento. Considerados los volúmenes desde su origen hasta esa estación; se establece que los volúmenes de corte son positivos y los de terraplén negativos, éstas ordenadas servirán para

dibujar la curva masa.

Lo que sobre del corte o lo que falte para completar el terraplén es lo que se toma en cuenta para compensar con las estaciones adyacentes.

Al punto de partida se le dá un valor elevado por ejemplo 10,000 a la ordenada, ésto se hace con el fin de que siempre se tengan valores de la curva masa con signos positivos.

Para facilitar el cálculo de la curva masa, registrar toda la secuela y conservar los datos para consultas posteriores se va desarrollando el procedimiento de cálculo en hojas a propósito. Los distintos cálculos que es obligado efectuar, deben siempre verificarse progresivamente con el objeto de evitar la propagación de errores.

DIBUJO DE LA CURVA MASA

Una vez determinadas las ordenadas de la curva masa se procede a su dibujo. Se construye la curva uniendo los puntos que resulten y se toman como abscisa las mismas distancias del perfil de construcción y como ordenadas la suma algebraica de los volúmenes. Esta siempre se dibuja en el mismo papel milimétrico en que está dibujado el perfil del terreno y en el cual se ha proyectado la rasante.

La curva se dibuja a una escala horizontal 1:2000 y a una escala vertical 1:200, cuando los movimientos son muy grandes se puede escoger otra escala.

Se empieza a dibujar de izquierda a derecha y como los volúmenes de corte aumenta el valor de la ordenada por tener signo positivo, la curva crece de izquierda a derecha en los cortes, teniendo un máximo en el punto en que termina el corte y a partir de este decrece de izquierda a derecha hasta en donde termina el terraplén y se inicia otro corte.

COMPENSACION

Consiste en pasar una línea horizontal en tal forma que los volúmenes de corte en un tramo determinado se utilicen en su totalidad en los terraplenes de otro tramo consecutivo.

En un tramo la compensadora que corta el mayor número de veces a la curva masa y que produce los movimientos de terracería más económicos se llama compensadora general. Es conveniente obtener una sola compensadora general para un tramo de gran longitud; sin embargo, la economía buscada obliga la mayor parte de las veces a que la compensadora no sea una línea contínua, sino que debe interrumpirse en ciertos puntos para iniciarla en otros, situados arriba o abajo de la anterior, lo que origina tramos que no están compensados longitudinalmente y cuyos volúmenes son la diferencia -

de las ordenadas de las compensadoras.

Los tramos que no están compensados y que quedan hacia arriba producen un desperdicio.

Cuando ya está dibujada la curva masa se observa si es posible que se utilicen todos los volúmenes de corte en la formación de terraplenes.

Siempre los cortes que queden arriba de la línea de compensación se mueven hacia adelante y los cortes que quedan abajo, se mueven hacia atrás.

DETERMINACION DE LOS ACARREOS.

A continuación se estudia la determinación de los acarreos con base en el diagrama de la curva masa.

a) ACARREO LIBRE.

Es la distancia máxima a la que puede ser transportado un material, estando el precio de esta operación incluido en el de la excavación, en este estudio se considera una distancia de acarreo libre de 20 mts., éste se representa por medio de una línea horizontal en la zona inmediata de los máximos y mínimos de la curva masa.

b) SOBREACARREO.

La distancia media de sobreacarreo se determina dividiendo por la mitad la ordenada comprendida entre la línea de compensa--

ción y la línea de acarreo libre, por el punto medio se traza una horizontal que estará limitada en sus extremos por la curva masa, se mide la longitud de esta horizontal y se le resta la longitud de acarreo libre; el resultado es la distancia de sobreacarreo, generalmente se toma una distancia de sobreacarreo de 120 mts., y se paga en metros cúbicos por estación: M^3 -estación. (se emplea tractor con bulldozer).

c) ACARREO CORTO.

Es la distancia en que hay que transportar un material -- que se encuentre entre 120 mts., y 520 mts., se paga en metros cúbicos por hectómetro: M^3 -Hm (Se emplea motoescrepa).

d) ACERO LARGO.

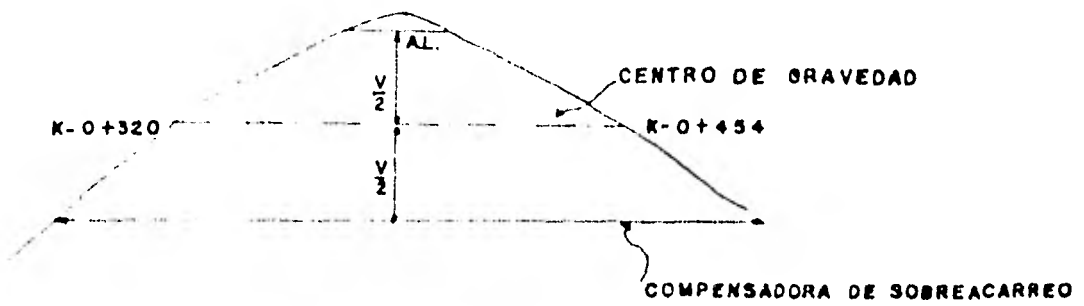
Es la distancia en que hay que transportar un material que se encuentre entre 520 mts., a 20 kms., se paga en metros cúbicos por kilómetro: M^3 -Km. (se emplea camión).

CENTRO DE GRAVEDAD

El centro de gravedad en un diagrama de la curva masa es una línea paralela que se encuentra en la parte media, entre dos compensadoras consecutivas.

Al dibujar esta línea en el diagrama de la curva masa la va a interceptar en dos puntos en los que hay que colocar el cadenas correspondiente, para así poder determinar la distancia y en -

función de esta evaluar el costo de acuerdo al tipo de acarreo.



El siguiente ejemplo muestra el registro de cálculo

y curva masa:

JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL ESTADO D

Camino TROPICO LA VICTORIA

Tramo 0+000 AL 10+000

Residencia

Campamento

Fecha JULIO de 1981

Estación	Elevaciones		Espesores		Areas		A + A		Semi-distancia	Volumen		Corte de Abdo.	
	Terrero	Rasante	Corte	Terraplén	Corte	Terraplén	Corte	Terraplén		Corte	Terraplén	Corte	Tplén.
0+000	100.00	100.00			0.00	0.00		0.00	00				
20	99.60	100.20		0.60		7.40		7.40	10		74.0		
40	99.65	100.28		0.63		8.15		15.55	10		155.0		
60	99.76	100.37		0.61		8.70		16.85	10		168.5		
80	99.91	100.43		0.52		7.85		16.55	10		165.5		
0+100	100.07	100.55		0.48		6.00		13.85	10		138.5		
120	100.28	100.65		0.37		4.35		10.35	10		103.5		
40	100.39	100.77		0.38		4.75		9.10	10		91.0		
60	100.57	100.86		0.29		4.75		9.50	10		95.0		
80	100.77	100.95		0.18		2.80		7.55	10		75.5		
0+200	100.90	101.03		0.13		2.10		4.90	10		49.0		
20	101.08	101.16		0.08		2.15		4.25	10		42.5		
40	101.25	101.20	0.05			0.40		2.55	10		25.5		
60	101.32	101.32		0.00	0.00	0.60		1.00	10		1.00		
80	101.47	101.40	0.07		0.35		0.35		10	3.50		12	
0+300	101.73	101.55	0.18		0.00	0.00	0.35		10	3.50		12	
20	101.86	101.62	0.24		1.40		1.40		10	14.0		12	
40	102.06	101.75	0.31		1.55		2.95		10	29.5		12	
60	102.29	101.82	0.47		4.02		5.57		10	55.7		12	
80	102.49	101.95	0.54		5.60		9.62		10	96.2		12	
0+400	102.72	102.08	0.64		6.15		11.75		10	117.5		12	

TERRACERIA

FORMA No. 4

Hoja No. 1

CURVA MASA

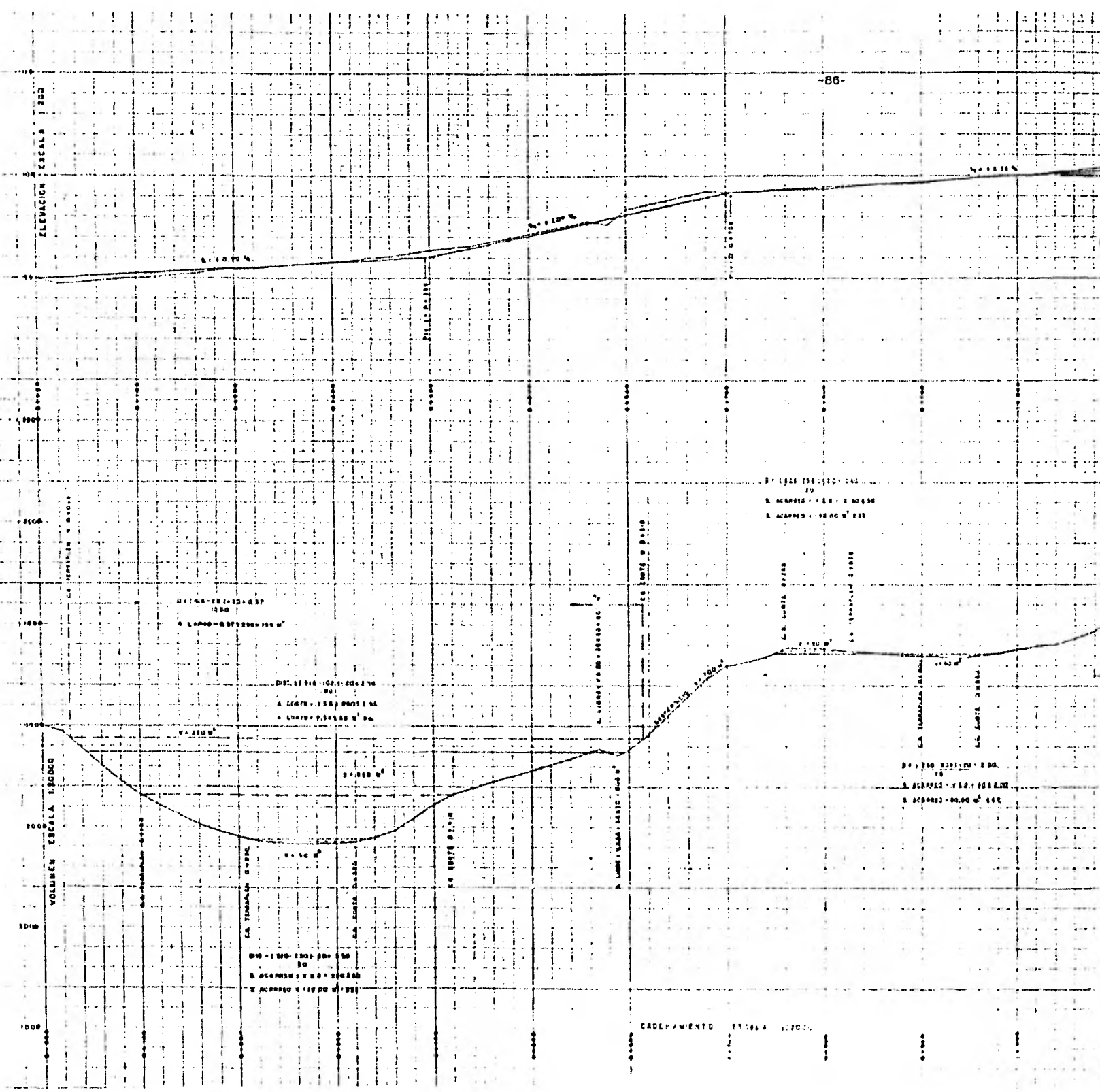
De Km. 0 + 000 Km. 0 + 400

Fecha JULIO de 1981

De la hoja No.

Kms	A + A		Semi-distan- cia	Volumen		Cota de Abdo.		Vol. Abundados		Suma Algebraica Vols. Abdos.		Ordenada Curva Masa
	1	2		Corte	Terraplén	Corte	Tplón.	Corte	Terraplén	+	(-)	
0.00		0.00	00									10.000.00
7.40		7.40	10		74.0				74.00			9 926.00
8.15		15.55	10		155.0				155.00			9 771.00
8.70		16.85	10		168.5				168.50			9 602.50
7.85		16.55	10		165.5				165.50			9 437.00
6.00		13.85	10		138.5				138.50			9 298.50
4.35		10.35	10		103.5				103.50			9 195.00
4.75		9.10	10		91.0				91.00			9 104.00
4.75		9.50	10		95.0				95.00			9 009.00
2.80		7.55	10		75.5				75.50			8 933.50
2.10		4.90	10		49.0				49.00			8 884.50
2.15		4.25	10		42.5				42.50			8 842.00
0.40		2.55	10		25.5				25.50			8 815.50
0.60		1.00	10		1.00				10.00			8 806.50
	0.35		10	3.50		1.2		4.20				8 810.70
0.00	0.35		10	3.50		1.2		4.20				8 814.90
	1.40		10	14.0		1.2		16.80				8 831.70
	2.95		10	29.5		1.2		35.40				8 867.10
	5.57		10	55.7		1.2		66.84				8 933.94
	9.62		10	96.2		1.2		115.44				9 049.38
	11.75		10	117.5		1.2		141.00				9 190.38

Pasa a la hoja No. 2



ELEVACION ESCALA 1:200

SECC

VOLUMEN ESCALA 1:20000

3000

1000

C.A. TUBERIA 10.000

DE: 11.116 - 102.120 = 90.904
A: 11.116 - 73.8 = 37.316
S: 11.116 - 9.545 = 1.571

DE: 11.116 - 102.120 = 90.904
A: 11.116 - 73.8 = 37.316
S: 11.116 - 9.545 = 1.571

DE: 1.500 - 100.00 = 98.500
A: 1.500 - 70.0 = 88.500
S: 1.500 - 10.00 = 78.500

C.A. TUBERIA 10.000

C.A. TUBERIA 10.000

C.A. TUBERIA 10.000

C.A. TUBERIA 10.000

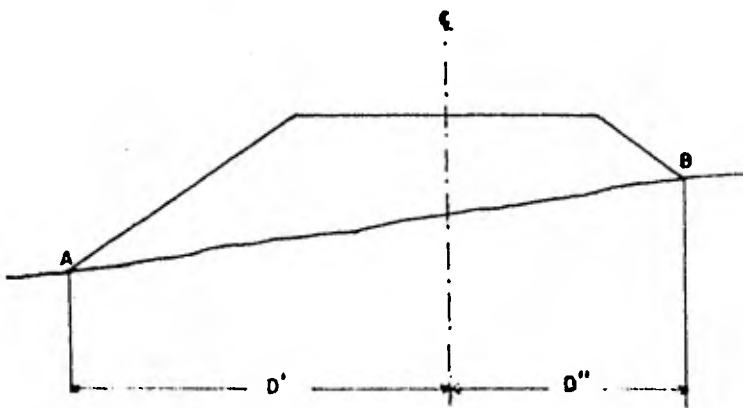
C.A. TUBERIA 10.000

C.A. TUBERIA 10.000

DE: 1.500 - 100.00 = 98.500
A: 1.500 - 70.0 = 88.500
S: 1.500 - 10.00 = 78.500

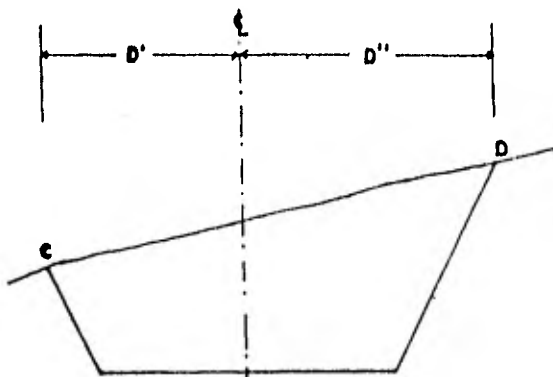
ESTACAS LATERALES.

Para la determinación del área de sección de construcción es indispensable tener conocimiento de las estacas laterales que limitan las secciones de construcción en la superficie del terreno. Uno de los procedimientos para obtener estas estacas es el método gráfico o inglés y consiste en la determinación gráfica de las estacas laterales. Se levanta una faja de sección transversal que incluya estacas laterales estimadas a ojo, en el punto de la línea donde se requiere la sección transversal. Se dibuja a una estaca grande, por ejemplo 1:200, se coloca un escantillón en el punto y a la altura necesaria se dibuja la sección de construcción. La intersección de la figura de sección de construcción dibujada correctamente en el perfil transversal de las posiciones de las estacas laterales y se obtienen midiendo estas gráficamente el área se obtiene generalmente con planímetro.



A, B, C y D CON LAS ESTACAS LATERALES

EJEMPLO DE ESTACAS LATERALES EN TERRAPLEN



EJEMPLO DE ESTACAS LATERALES EN CORTE

B I B L I O G R A F I A

1. "MANUAL DE PROYECTO GEOMETRICO DE CARRETERAS"
Sría. de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
2. "TOPOGRAFIA"
Montes de Oca, Miguel.
3. "MANUAL DE CAMINOS VECINALES"
Etcharren Gutiérrez, René.
4. "INSTRUCTIVO PARA LAS BRIGADAS DE LOCALIZACION"
Sría. de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
5. "TOPOGRAFIA GENERAL"
Higashida Miyabara, Sabro.
6. "ASTRONOMIA DE POSICION"
Medina Peralta, Manuel.
7. "METODOS TOPOGRAFICOS"
Toscano, Ricardo.