24.6

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

INVESTIGACION RELACIONADA CON LOS TRABAJOS TOPOGRAFICOS APLICADOS AL PROYECTO Y CONSTRUCCION DE CAMINOS RURALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A

ROGELIO VALDEZ NAVA

MEXICO, D. F. 1987

UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y DESCRIPCION DE LOS CAMINOS RURALES.-

	Pág.
1.1 Antecedentes	1
1.2 Descripción	6
1.3 Definición, 1.4 clasificación	7

CAPITULO II

ESTUDIOS PRELIMINARES PREVIOS AL PROYECTO DE UN CAMINO RURAL

2.1 Estudios preliminares generales	11
2.2 Reconocimiento	13
2.3 Diseño Geométrico	18

CAPITULO III

ESTUDIO DE ANTEPROYECTO Y PROYECTO DEFINITIVO.

3.1 Anteproyecto	35
3.1.1 Configuración	36
3.2 Proyecto	53
3.2.1 Orientación Astronómica	53
3.2.2 Proyecto de la Subrasante	69

CAPITULO IV

TRAZO DEFINITIVO DEL CAMINO Pág.

4.1 Trazo - 74
Nivelación y Tipo - - - - - - - - - - - - - - - - - - - 81
Curvas Verticales - - - - - - - - - - - - - - - - - - - 85
Curvas Horizontales - - - - - - - - - - - - - - - - - - 88

CAPITULO V

METODOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION DEL CAMINO Y DATOS TOPOGRAFICOS NECESARIOS.

5.1 Desmonte - 98
5.2 Cortes - 100
5.3 Prestamos - 102
5.4 Terraplenes - 104

CAPITULO VI

ESTUDIO DE OBRAS DE DRENAJE - - - - - - - - - - - - - - 106

6.1 Consideraciones Hidrológicas Aplicables al estudio del drenaje - 107
6.2 Clasificación del Drenaje - - - - - - - - - - - - - 108
6.3 Las principales obras para la protección del camino, son las siguientes - - - - - - - - - - - - - - - - 112

CAPITULO VII

CONSERVACION PARA ESTE TIPO DE CAMINO - - - - - - - - - 120

7.1 Agentes destructivos - - - - - - - - - - - - - - - - 122

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES - 126

CAPITULO I

ANTECEDENTES Y DESCRIPCION DE LOS CAMINOS RURALES

1.1 ANTECEDENTES.

Fueron los pueblos prehispánicos los que trazaron las primeras rutas camineras actuales; los viajeros fueron los pueblos mismos que se trasladaban de un lugar a otro en busca de un sitio adecuado donde establecerse: la mayoría de ellos emigraron desde el norte hasta el sur, por las costas del Golfo y del Pacífico; después siguieron el curso de los ríos, aguas arriba y así llegaron a poblar la Mesa del Sur.

Ni siquiera los mexicas (o aztecas) que fué el último pueblo en llegar al Antiplano y al Valle de México, sabían exactamente de dónde procedían ni la ruta que siguieron desde que empezaron a emigrar. Decían ser originarios de Aztlán, pero desconocían la ubicación de ese sitio.

Se cuenta que Moctezuma I una vez que vió consolidado el Señorío Mexica sobre los pueblos del Valle de México y los Valles circunvecinos, designó una comisión de sabios sacerdotes para que reconstruyeran la ruta hacia Aztlán y llevaran preciosos regalos a sus abuelos aztecas. Estos sabios lograron determinar la ruta sólo hasta Tula y no pudieron hallar ningún rastro más.

Es difícil precisar cuándo quedaron establecidas rutas fijas de uso constante para comunicar los pueblos prehispánicos sedentarios entre sí, pueblos que se dedicaban a la agricultura y a la pezca, establecidos en Mesoamérica, cuyos límites son más o menos desde la desembocadura del Río Sinaloa en el Pacífico, en una línea que desciende por la Sierra Madre Occidental hasta el Río Santiago y sigue el curso del Lerma en una larga curva que llega un poco al Norte de Querétaro y después sube hasta la desembocadura del Río Pánuco en el Golfo. Las rutas que partían de Tenochtitlán no llegaban más allá de la Quemada, Zacatecas en el Norte pero se extendieron hasta Guatemala hacia el Sur.

Las primeras rutas establecidas fueron locales, destinadas a la comunicación entre los pobladores de un mismo grupo. Eran veredas que conducían desde los sitios de las milpas y cultivos hasta el mercado común y el centro ceremonial religioso.

Fueron los guerreros y comerciantes los que trazaban las mejores rutas para llegar a los demás pueblos, eran los primeros en dar noticias de otros pueblos y de las rutas más adecuadas, sabían resistir si eran hostilizados y regresaban a Tenochtitlán cargados de riquezas.

En el momento de la llegada de los españoles, las principales rutas de Mesoamérica ya estaban trazadas. Todas iban de Tenochtitlán a Occidente , hasta Nayarit; había comunicación con la zona Purépecha, en Michoacán; al Norte, hasta la Quemada y --

las Huastecas, en las Sierras y Costas del Golfo; hacia el Sur las veredas conducían hasta el Señorío de Tultepec, en la Costa de Guerrero, hasta Oaxaca y el Soconusco.

Los españoles sólo transformaron las veredas prehispánicas en caminos de herradura extendiéndolas principalmente hacia el Norte y NE, conforme avanzaba su colonización y la búsqueda del oro y la plata.

En 1546 Juan Toloso descubrió las minas de Zacatecas. Dos años después ya había allí una gran ciudad con 5 iglesias y 50 minas. Convirtiéndose en base de nuevas expediciones que condujeron primero a Santa Bárbara, Chihuahua; después a Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí.

En los primeros inicios del Siglo XIX se produjo el siguiente testimonio de Alejandro de Humboldt "Los caminos más importantes y frecuentes en el comercio son:

1.- El de México a Veracruz por Puebla y Jalapa
2.- El de México a Acapulco por Chilpancingo".

Al finalizar la Colonia, México contaba ya con buen número de caminos carreteros y de herradura, entre ellos podemos mencionar: El de México-Veracruz, Zacatecas-Durango, México-Guadalajara, Durango-Chiahuahua, San Luis Potosí-Monterrey, México-Valladolid, Chiahuahua-Nuevo México.

Las leyes del 1o. de junio de 1839, 2 de diciembre de 1842 y del 27 de noviembre de 1846, crearon la Dirección General de Colonización e Industria, a cuyo cargo quedo la construcción y reparación de caminos, asignándole fondos especiales para su funcionamiento en la segunda de las leyes citadas. Esta Dirección estuvo en funciones hasta que fué substituída por la Secretaría de Fomento, creada por Decreto del 22 de abril de 1853, cuyo pre

supuesto, en su mayor parte, provenía de los impuestos de peaje, recaudados por la administración de caminos, establecida un mes después de la Secretaría de Fomento.

El 19 de noviembre de 1867 el Presidente de la República, - Lic. Benito Juárez, creó un impuesto dedicado a la conservación de caminos, substituyendo al de peaje.

La Secretaría de Estado y el Departamento de Fomento, te-- nía a su cargo las siguientes actividades: Estadística, Agricultura, Comercio, Minería, Telégrafos, Carreteras, Ferrocarriles, Puentes y Canales, Operaciones Geográficas y Astronómicas.

Segregando de los numerosos ramos de ésta Secretaría, los - de Comunicaciones y los de Obra Pública, el 13 de mayo de 1891, el Presidente de la República Gral. Porfirio Díaz, creó la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.

El 30 de marzo de 1935 el Presidente de la República Gral. Plutarco Elías Calles, expidió una Ley estableciendo un impuesto sobre la gasolina, en esta misma ley quedó creada la Comisión Nacional de Caminos, disponiendo del Producto de este impuesto para construir, conservar y mejorar los nuevos caminos. Con el aumento en la construcción, conservación y mejoramiento de los caminos, la Dirección creció también, siendo necesario para su buen funcionamiento separar en varias direcciones sus labores; así a la fecha existen tres Direcciones Generales dentro de la Secretaría de Obras Públicas, que se encargan respectivamente de construir carreteras federales, construir y conservar carreteras de cooperación y de conservar carreteras federales.

Actualmente el impuesto a la gasolina, como todos los demás impuestos, no tiene ya aplicación específica, sino que se incorporan al ingreso nacional que la Secretaría de Hacienda ------

y Crédito Público distribuye en el presupuesto de egresos anual.

Los primeros caminos construídos fueron el de México-Nuevo Laredo, México-Acapulco.

El Presidente Lázaro Cárdenas, nacionalizó el ferrocarril - en 1937; en 1934 estableció formalmente el sistema de cooperación del gobierno federal con los gobiernos de los estados para construir caminos estatales.

En 1938 sólo había 8,463km. de carreteras, de los que 6,428 eran transitables todo el tiempo.

En 1947 el Presidente de la República Lic. Miguel Alemán, hizó resaltar la urgencia de construir caminos vecinales para ligar todos aquellos pueblos, rancherías y comunidades agrarias -- que se hallaban incomunicados.

La política de construcción de caminos en un principio tendía a comunicar la mayor cantidad posible de población; en la actualidad, antes de emprender la construcción de determinada vía, se establece una zona de influencia, después de determinar los - valores de la producción actual y potencial de la zona y ambos - se relacionan con la inversión necesaria. Se establece así un - orden de prerrelación que se tiene en cuenta para hacer las asignaciones presupuestales.

El Secretario de Obras Públicas, Ing. Javier Barros Sierra sintetizó así la política actual de caminos que integran la infraestructura económica del país, y que coadyuvan al desarrollo económico del país mediante nuevas fuentes de trabajo, la apertura de regiones nuevas de producción.

a) Esa política se halla ahora al servicio del desarrollo regional fundamentalmente y así sigue de acuerdo con - las necesidades del desarrollo general del país.

b) La construcción misma se ha beneficiado con el progreso tecnológico en el ramo de la actividad.

I.2 DESCRIPCION.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, clasifica los caminos de México de la siguiente manera:

1.- Caminos Nacionales.

Son los que se construyen con fondos del Gobierno Federal y cuya conservación y mejoramiento lo hace la Dirección General de Caminos con fondos de la Federación, son caminos que unen la capital de la República con las fronteras y litorales principales.

2.-Caminos Estatales.

Son los que se construyen por el gobierno de los estados locales y el Gobierno Federal; su objetivo es el de unir varios Estados entroncando con algún camino nacional.

3.- Caminos Rurales o Vecinales.

Es este tipo de caminos el objetivo de este tema, se describe con más detalle en el subcapítulo siguiente.

I.3 DEFINICION.

Camino Rural.- Conjunto de obras que se construyen en el terreno a lo largo de una línea previamente localizada, de acuerdo con especificaciones fijadas, con objeto de asegurar el tránsito de vehículos y peatones entre dos puntos o más.

Los caminos rurales son aquellos que van de un poblado a otro, los que unen a un poblado de un punto cualquiera con una vía de comunicación mexicana; su importancia se comprende fácilmente ya que en la República Mexicana existe un gran número de poblaciones completamente incomunicadas, debido a las condiciones topográficas del terreno; o únicamente los caminos rurales dominan nuestras cordilleras, descienden a los valles y penetran a las regiones más apartadas, logrando poco a poco mejor nivel de vida a las poblaciones marginadas.

Este tipo de caminos se construyen por iniciativa de los vecinos de la región, con fondos que aportan una tercera parte el Gobierno Federal, otra tercera parte el Gobierno del Estado o Estados en los que se localizan y la otra parte los particulares que habrán de beneficiarse. En ocasiones la aportación de los particulares reviste la forma de contribución de fuerza de trabajo o de materiales para construcción y no necesariamente de dinero.

I.4 CLASIFICACION.

Atendiendo a su importancia y especificaciones geométricas, los caminos vecinales se dividen en:

A) Caminos Vecinales de Tipo Especial.- Están diseñados para aceptar tránsito pesado, a velocidades de 80km/h.

aconsejable en los grandes sistemas de riego ó zonas agrícolas importantes, donde el terreno es plano o con lomerío suave.

B) Caminos Vecinales de Primer Orden.- Se proyecta este tipo para velocidades de 60km/h. máxima, pudiendo ser revestidos o pavimentados; se construye en terrenos planos, de lomerío suave o montañoso.

C) Caminos Vecinales de Segundo Orden.- Se emplean en terrenos montañosos y escarpados, con una velocidad de proyecto de 40km/h, cuya superficie de rodamiento únicamente se reviste; las obras de drenaje pueden ser definitivas o semidefinitivas, atendiendo a las necesidades de la zona por drenar.

D) Caminos Vecinales de Tercer Orden.- Se emplean en terrenos montañosos o muy escarpados construyéndose con un ancho de corona mínimo, cuya superficie de rodamiento se mejora en los tramos que se juzgue conveniente y con radios de curvatura suficiente para permitir el paso y movimientos extras de los camiones; se proveen de lugares o laderos para cruces a cada 500m. como máximo.

TABLA No. I "CLASIFICACION DE LOS CAMINOS RURALES"

CARACTERISTICAS	TIPOS			
	ESPECIAL	1er ORDEN	2º ORDEN	3er ORDEN
CLASE DE TERRENO	PLANO LOMERIO MUY SUAVE	PLANO LOMERIO SUAVE MONTAÑOSO	LOMERIO SUAVE, MONTAÑOSO Y MUY ACCIDENTADO	LOMERIO SUAVE MONTAÑOSO Y MUY ACCIDENTADO.
VEL/MAX.Km/h	80	60.	40	30
DRENAJE	DEFINITIVO	DEFINITIVO SEMIDEFINITIVO	SEMIDEFINITIVO PROVISIONAL	PROVISIONAL
CARGA DE PROYECTO	MINIMO H-15	H-15	H-15	H-10
DENSIDADES DE PROYECTO	DE 100 A 400	MAXIMA 100	MAXIMA 50	250 ó MENOS
SUPERFICIE DE	PAVIMENTADO	REVESTIDA ó PAVIMENTADA	REVESTIDA	NATURAL ó MEJORADA

TABLA No. 2 "GRADOS DE CURVATURA MAXIMA Y VELOCIDADES RECOMENDABLES"

CLASE DE TERRENO	TIPOS DE CAMINOS							
	ESPECIAL		1er ORDEN		2º ORDEN		3er ORDEN	
PLANO	VEL. Km/h.	60 MAX.	VEL. Km/h.	60 MAX.	VEL. Km/h.	60 MAX.	VEL. Km/h.	60 MAX.
	80	9	60	9	40	14 (1)	30	40(1)
LOMERIO SUAVE	80	9	60	14	40	25(1)	30	25(1)
MONTAÑOSA	—	—	40	25(1)	30	35	30	40

Tabla No. 3 "De ancho de la sección, ancho de la superficie de rodamiento y de derecho de vía para cada -- una de los tipos de caminos rurales".

TIPO DE CAMINO RURAL	ANCHO DE SECCION	SUPERFICIE DE RODAMIENTO ANCHO TIPO	DERECHO DE VIA EN (m.)
ESPECIAL	8.00	6.50 PAVIMENTADO	25
1ºr ORDEN	——	6.00 PAVIMENTADO ó REVESTIDO	25 —— 15
2º ORDEN	——	5.00 REVESTIDO	15
3ºº ORDEN	——	3.00 MEJORADO	10

C A P I T U L O I I

ESTUDIOS PRELIMINARES PREVIOS AL PROYECTO DE UN CAMINO RURAL

2.1 ESTUDIOS PRELIMINARES GENERALES.

Organización de las Comunidades.

Para la construcción de caminos rurales la participación de la comunidad es un factor básico, por lo cual se debe convencer a los habitantes de los poblados por donde pasará el camino a construirse, de los beneficios que obtendrán al estar mejor comunicados y de la importancia de su participación en la construcción del camino.

Se celebrarán reuniones con las asistencias de los representantes de las autoridades agrarias de la zona, para atestiguar la organización de los habitantes.

Se formará un Comité el cual estará integrado por habitantes de la región, quienes harán las gestiones para obtener de la propia comunidad la fuerza de trabajo y los materiales de construcción. Se podrá gestionar ante la dependencia y organismos pertenecientes la asesoría para el trazo, los cruces donde se ubicarán las obras de drenaje, capacitación de personal, etc.

Conviene formalizar la integración del Comité Pro-construcción del camino, mediante un acta que debe contener:

a).- Nombre de ó los poblados que serán beneficiados con la construcción del camino.
b).- Objeto de la construcción.
c).- Obligaciones más sobresalientes de los habitantes y de la mesa directiva.
d).- Permiso de los propietarios por donde pasarán los caminos para sacar materiales.
e).- Nombre de las personas que integran la mesa directiva, firma y sello del municipio.

Antes de sujetar el proyecto de un camino vecinal a los estudios de vialidad económica, conviene observar si cumple con las condiciones siguientes:

a).- Todo camino vecinal debe estar ligado a la red de caminos existentes, al menos en uno de sus tramos y que éste sea transitable en toda época del año.

b).- Todo camino vecinal debe servir a una población no menor de 500 habitantes; ésto obedece a uno de los escollos principales que limitan la construcción de vías de comunicación. México es un país cuya población es 50% urbana con mil cuatrocientas localidades aprox. y 50% rural con dos mil quinientas localidades.

Los pasos que se siguen en un trabajo común terrestre para obtener la topografía del terreno y diseñar un camino son - los siguientes:

- Reconocimiento.
- Localización.
- Trazo Preliminar.
- Nivelación y Datos para Topografía.
- Dibujo.
- Proyecto Definitivo.
- Nivelación.
- Secciones Transversales.
- Proyecto de Rasante.
- Diagrama de Masa y dibujo.

2.2 RECONOCIMIENTO.

Es de importancia especial en el análisis de cualquier -- proyecto, que el reconocimiento lo efectué un ingeniero con un mapa y todos los planos existentes de la región; su equipo consistirá de una brújula que servirá para tomar rumbos, así como el rumbo general de la línea que se va a estudiar, un clisímetro para determinar las pendientes que tendrá la ruta y unos - binoculares para poder observar las diferentes formaciones que atraviesan a lo largo de la ruta; una cámara fotográfica le permitirá tomar fotografías de los lugares que se considere conveniente incluir en los informes a presentar después del reconocimiento.

El reconocimiento se hace en dos etapas:

1a. Etapa.- El ingeniero localizador recorre la ruta que - en términos generales haya sido fijada previamente. - En

todas las poblaciones y rancherías irá organizando reuniones a las que concurrirán las autoridades locales y los habitantes de la región. Escuchará y tomará notas de las sugerencias y peticiones que le hagan. Dará a conocer los terrenos que serán afectados por el camino y pedirá la colaboración para la construcción de éste, haciéndoles ver el beneficio que reportará. Este recorrido servirá al ingeniero para ponerse en contacto directo con el medio.

2a. Etapa.- Se hacen estudios desde elpunto de vista técnico, recorriendo a pié, a caballo o en vehículo tipo rural, la ruta en cuestión, con el fín de poder observar en forma directa el terreno y sus características, recabando todos los datos generales de manera que pueda formular un antepresupuesto para determinar la posibilidad de construcción del camino.

Los datos recabados proporcionarán información suficiente sobre lo siguiente:

Ubicación.- Se entiende por ello la división política en que se encuentra el camino y a las que cruzan en caso de salirse de los límites de una sola; su rumbo general o el de los tramos que lo componen; los puntos iniciales y terminal, ya sean poblaciones, estaciones de ferrocarril, entronques con carreteras, etc. Los rumbos los tomará el ingeniero con brújula de mano.

Longitud.- Se calculará la distancia aproximadamente entre los puntos principales del camino, de manera -- que se puedan apreciar la importancia y el costo de cada tramo.

Finalidad.- Se refiere al uso que tendrá el camino: agrícola, ganadero, industrial, turístico, etc.

Puntos importantes que toca o cruza.- Se anotarán los centros agrícolas, ganaderos, industriales, así - como los puntos de interés turístico, miradores, ruinas arqueológicas, etc.

Alineamientos.- El ingeniero localizador observará el alineamiento que en términos generales tendrá el camino, por ejemplo: de este punto a la estación de ferrocarril el terreno es completamente plano, con algunos pequeños escurrideros y posiblemente pueda proyectarse una sola tangente; la estación "F" corresponde al km. 33 del camino.

Pendiente.- El ingeniero dará la pendiente gobernadora que considere que puede tener el camino en su totalidad o en tramos que servirán para estudios - posteriores. Con este análisis de información se determinará en forma definitiva el tipo de camino que se puede construir; se fijará la velocidad de diseño y las demás características geométricas del camino.

Clase de terrenos atravesados.- La clasificación se hará - según sea la costumbre en porcentajes de tierra, roca, material A, B, C, material tipo I,-

Tipo II, tipo III. Indicará de qué tramo a - qué tramo existe dicho material e indicará su tipo, es decir, sí es tierra, tepetate, arcilla, conglomerado, etc.

Drenaje.- Se hará un cálculo aproximado del número de - alcantarillas, agrupándolas por su tipo y dimensiones; tubos, losas, bóvedas, vados, etc. Especificando sí pueden ser definivitas, semidefinitivas o provisionales. Se anotarán - los ríos y arroyos de cierta importancia, calculando la longitud de los puentes necesarios y su tipo.

Ubicación de los Bancos de Materiales.- Toda la información que el ingeniero proporcione respecto a - bancos de materiales para sub-base, base y para revestimiento, será de suma importancia. Se mencionará la distancia de los bancos al - camino y su localización.

Vólumenes Probables.- Por medio de las pendientes transversales y topografía en general, puede formular una estimación de volúmenes probables - por kilómetro que tendrá el camino.

Otros Datos.- El localizador anotará todos los datos que - considere de interés, tales como: vías de comunicación próximas, escasez o abundancia de mano de obra, si existe un camino obrero, salario mínimo de la región, condiciones climáticas de la región; preparará además un croquis del camino lo más detallado posible.

La información que el ingeniero proporcione sobre volúmen de tránsito y su clasificación será empleada en la oficina central para determinar la velocidad del diseño, base de las especificaciones geométricas y el tipo de superficie del rodamiento.

En la actualidad se han desarrollado métodos fotogramétricos para el diseño geométrico de caminos. Estos métodos son útiles como auxiliares para la determinación de rutas, por medio de fotografías podemos diseñar la topografía del terreno, tanto en la altimetría como en la planimetría, así como la geología, factor importante en la ubicación del camino en el terreno.

Las ventajas que se obtienen usando métodos fotogramétricos son: menor costo, gran número de detalles complementarios, mayor facilidad de selección de rutas, información general sobre la faja fotografiada.

Pero hay zonas que no son apropiadas para la fotografía aérea, o lo son sólo en ciertas épocas del año; la niebla, las nubes y los bosques con follaje permanente, impiden conocer la topografía mediante fotogrametría.

El reconocimiento aéreo ofrece mayores ventajas por la rápidez con que se efectúa y por las grandes áreas que se pueden abarcar con vuelos a diferentes alturas en avionetas o helicopteros. Deberán hacerlos conjuntamente el residente de construcción responsable del camino, un experto en proyecto y el encargado del estudio de localización.

2.3 DISEÑO GEOMETRICO.

En el diseño geométrico de un camino deben tenerse presente los siguientes conceptos:

Velocidad.- Es el factor determinante del diseño y de ella dependen las especificaciones geométricas del camino. Debe entenderse por velocidad para fines de diseño la máxima que puede mantenerse más o menos uniformemente en el camino o en tramos de caminos dentro de la seguridad y durante el período de poco tránsito. De la velocidad que se fije para diseñar el camino en terreno plano, lomerío, montañoso y escarpado, dependerá el costo del mismo.

La velocidad de proyecto máxima admisible para caminos rurales debe ser de 80 km/h, únicamente en regiones agrícolas de los grandes sistemas de riego o casos semejantes, en donde generalmente se construye carpeta asfáltica, fuera de éstos casos excepcionales, la mayoría estará comprendido entre 40 y 60 km/h para terreno plano y lomerío suave.

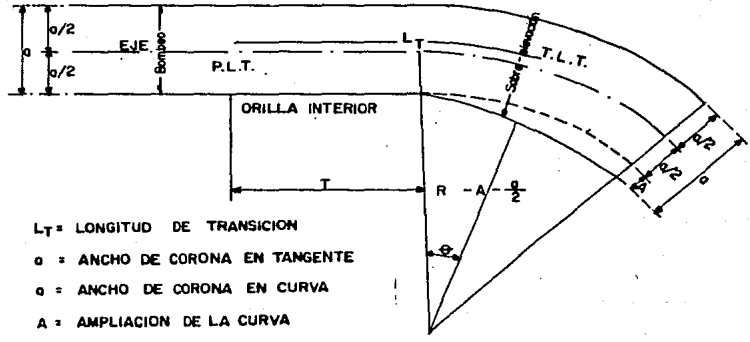
TIPO DE CAMINO	VELOCIDAD DE DISEÑO EN KM./H Y CLASE DE TERRENO		
	PLANO Y ONDULADO	MONTAÑOSO	MUY ACCIDENTADO
ESPECIAL	FUERA DE ESPECIFICACIONES		
1ª ORDEN	80	60 — 50	40 — 30
2ª ORDEN	80 — 60	50 — 40	30 — 25
3ª ORDEN	40	30 — 25	30 — 25
BRECHA	FUERA DE ESPECIFICACIONES		

Ancho de corona.- Depende de la velocidad de los vehículos y de la clasificación del tránsito sin -- considerar el volumen del mismo.

CAMINO	TIPO DE TERRACERIA Y ANCHO DE LA CORONA		
	PLANO Y ONDULADO	MONTAÑOSO	MUY ACCIDENTADO
1er ORDEN	8.00	7.00	6.00
2o ORDEN	7.00	6.00	6.00
3 ORDEN	4.00	4.00	4.00

Corona.- Es la superficie del camino que contiene a la rasante y está comprendida entre los hombros del camino y definida por la pendiente transversal y el ancho.

La pendiente de la corona depende de la ubicación de la sección en el alineamiento horizontal; cuando la sección está en tangente se le llama bombeo y cuando está en curva sobre-elevación, como se ve en la figura siguiente:



L_T = LONGITUD DE TRANSICION

a = ANCHO DE CORONA EN TANGENTE

a = ANCHO DE CORONA EN CURVA

A = AMPLIACION DE LA CURVA

P = RADIO DEL EJE DE LA CURVA

T = TANGENTE

Ancho de Derecho de Vía.- Es el terreno que se requiere para el establecimiento, protección y operación de una vía de comunicación; su ancho depende de las necesidades del camino.

Distancia de Visibilidad.- Es la longitud de camino que un conductor puede ver contínuamente cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son favorables.

Tipos de distancia de visibilidad:

Distancia de Visibilidad de Parada: es considerada como la mínima distancia de visibilidad que debe provocar y proporcionarse en cualquier punto del camino. Es la mínima necesaria para que un conductor vea un objeto de 15cm. de altura y pueda parar su vehículo antes de llegar a él; la fórmula es como sigue:

$$Dp = \frac{Vt}{3.6} + \frac{V}{254\ f}$$

En donde: Dp = Distancia de visibilidad de parada.
V = Velocidad de marcha, en km/h.
t = Tiempo de reacción en segs.
f = Coeficiente de fricción longitudinal.

Distancia de Visibilidad de Encuentro: usada solamente en caminos de un sólo carril, es la distancia mínima requerida en curvas verticales en cresta, para que los conductores de dos

vehículos que circulen en sentido contrario - pueden efectuar la maniobra de parada con seguridad.

La fórmula es: De = 2 Dp.

En donde:

De = Distancia de visibilidad de encuentro.

Dp = Distancia de visibilidad de parada.

Pendiente Máxima.- Al hacer el estudio de las pendientes máximas admisibles se debe tomar en cuenta lo - siguiente:

- Importancia relativa del tránsito de tracción animal y del tránsito de vehículos de motor. En un camino empedrado, la pendiente máxima es de 5%, en donde puede descender con seguridad un carro de tracción animal no dotado de frenos; y al 12% es la pendiente máxima que puede descender un carro del mismo tipo dotado de frenos.

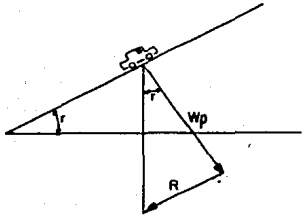
- En superficies de rodamiento, la misma carga que puede ser arrastrada en una superficie a nivel, puede serlo también con un ligero aumento de esfuerzo en una pendiente - de 2.5%, ésto permite proyectar en forma - compensada, una línea valiéndose de éstas - pendientes.

- El uso de pendientes mayores a las pendientes máximas gobernadoras del camino, no reducen la carga máxima por transportar, siempre que la longitud de éstas pendientes máximas no exceden de 80 a 100m.

La elección de la pendiente máxima depende de las necesidades de tránsito y la topografía - del lugar.

El diseño de la pendiente debe estar debidamente equilibrado entre los dos extremos que son:

a) Limitar la pendiente con objeto de tener - mejor operación de los vehículos.
b) Usar las pendientes máximas para lograr el menor costo de construcción.



$R = W_p \text{ Tan. } r$

$R = \frac{W_p}{100}$ EN LA QUE "p" ES LA PENDIENTE EN: POR CIENTO.

Alineamiento Horizontal.- Es la proyección sobre un plano del eje de la subcorona del camino y está formado por tangentes y curvas.

Tangentes horizontales.- Son las rectas de - alineamiento horizontal definidas por su rumbo y longitud.

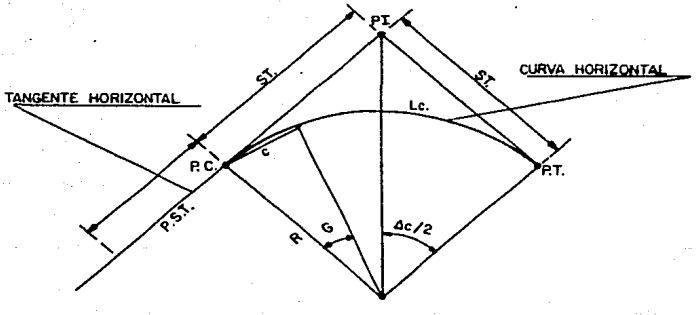
Curvas Horizontales.- Son los arcos de círculo que unen dos tangentes, se definen por su ángulo central y su grado de curvatura.

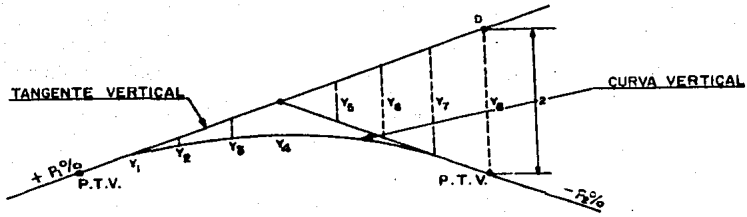
Alineamiento Vertical.- Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona del camino, está formado por tangentes y curvas verticales.

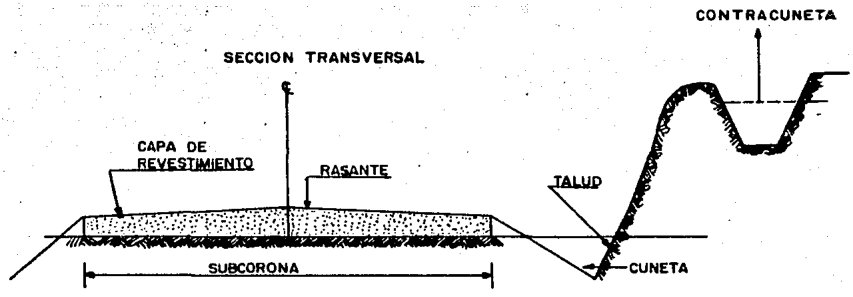
Tangentes Verticales.- Son rectas de alineamiento vertical definidas por su pendiente y su longitud.

Curvas Verticales.- Son los arcos de parábola de eje vertical que unen dos tangentes verticales consecutivas. Se define por las pendientes de entrada y salida y por la longitud que debe ser la suficiente para que en cada punto de la curva, la distancia de visibilidad de encuentro sea mayor que la de parada.

Sección Transversal.- Es un corte vertical en un punto cualesquiera del camino, normal al alineamiento horizontal. Está definido por corona, subcorona, cunetas, contra cunetas y los taludes.




TANGENTE VERTICAL
CURVA VERTICAL
+ P%
P.T.V.
P.T.V.
- P%
D
2


SECCION TRANSVERSAL
CONTRACUNETA
CAPA DE REVESTIMIENTO
RASANTE
TALUD
SUBCORONA
CUNETA

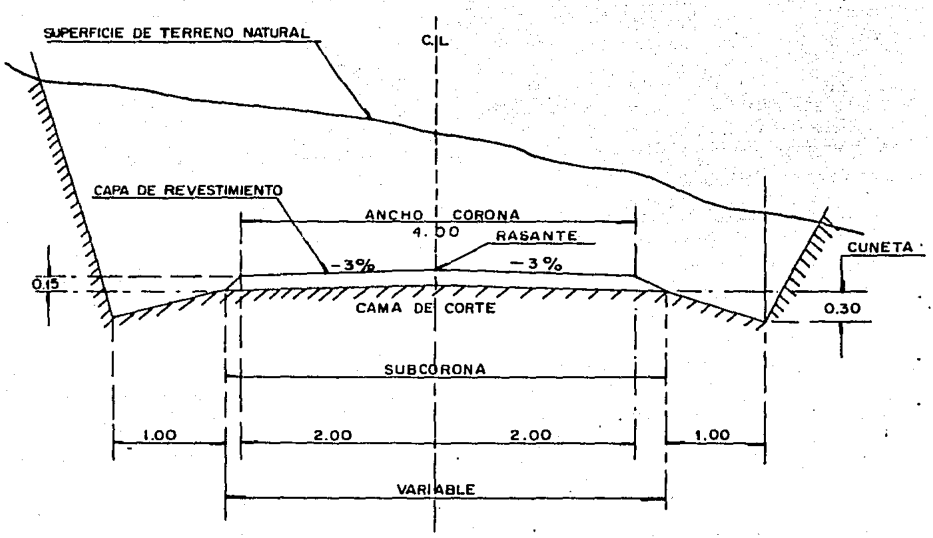
Elevaciones.- Son las cotas del terreno que - se anotan a cada 20m. y en la rasante las elevaciones calculadas para esta línea.

Espesores.- Se divide en corte y terraplén, - los cuales se encuentran sacando la diferencia entre terreno y rasante.

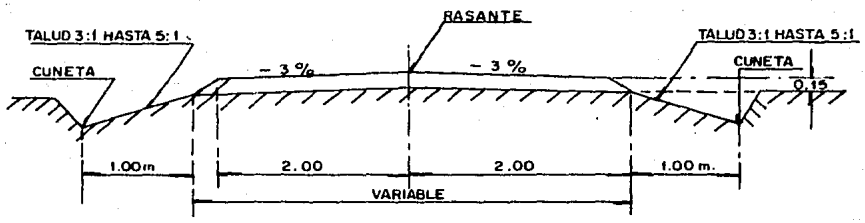
Secciones de Construcción.- Habiendo hecho el levantamiento en el campo según se indica en secciones de construcción se procede a proyectar la sección tipo del camino sobre la sección del terreno.

Se dibuja ésta sobre la sección transversal a la distancia del terreno que corresponde al - corte o terraplén según sea el caso y a una - escala 1:100, tanto horizontal como vertical en papel milimétrico para tener mayor facilidad en la medida de las áreas de la sección - del camino que se presenta.

a) Determinación de las áreas de las secciones.- La determinación de las áreas, después de dibujados los perfiles transversales del camino en escala adecuada, se puede hacer por varios procedimientos, siendo el más usual por medio del planímetro.
b) Dividiendo las superficies en franjas del mismo ancho mediante líneas verticales con una separación igual entre todos y los más cercanos posibles; para obtener mayor precisión se recomienda la separación de 10 mm.



SECCION TRANSVERSAL EN CORTE PARA CAMINOS RURALES



SECCION TRANSVERSAL "LLANERA" EN TANGENTE

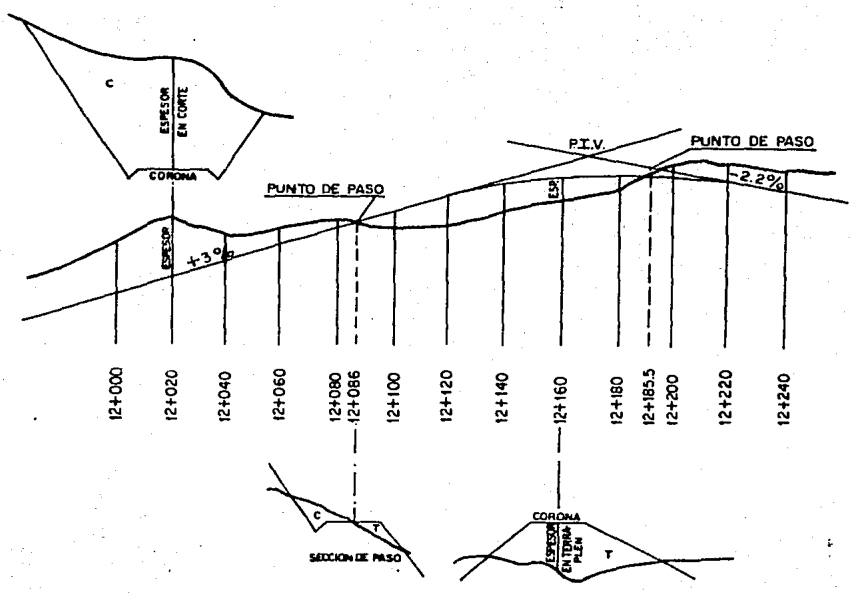
Finalmente el área se obtiene por medio de la fórmula siguiente:

$A = K \ell$

En donde: A = Area de la Sección.
K = Separación constante entre líneas verticales
ℓ = Suma de las longitudes de las líneas verticales

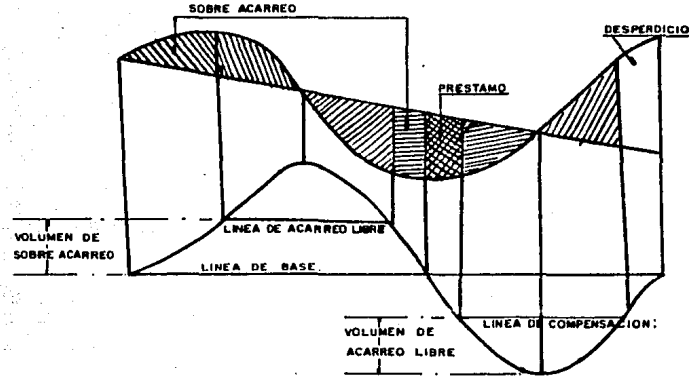
Estudio de Terracerías.-Se entiende por terracerías al conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial ejecutada hasta la subrasante de acuerdo con el proyecto.

Proyecto de rasante.- Es el proyecto de la corona de la terracería de una obra vial, terminada conforme a los niveles y secciones del proyecto. Para realizarlo se requiere de dibujo previo del perfil del terreno y las secciones transversales. En el dibujo se traza una serie de rectas con longitudes y pendientes de acuerdo con las especificaciones constructivas del camino, las cuales se unen por curvas verticales. Cuando estas líneas pasan por abajo del terreno hay necesidad de efectuar cortes y cuando pasan por arriba, se requiere terraplenar.
Ejemplo en la página siguiente.



Proyecto de la Curva Masa.- El diagrama de la curva masa - es el método ordinario empleado para el estudio de los volúmenes y movimientos de tierra efectuados en los trabajos de terracerías y permite hacer estudios comparativos de diferentes - combinaciones de acarreo, excavaciones, préstamos y relleno.

El siguiente diagrama es una curva en la que - las abscisas representan las estaciones del levantamiento y las ordenadas representan la suma algebráica de las excavaciones y terraplenes de un punto de partida de perfil. Las ex-



cavaciones se consideran como positivas y los terraplenes como negativos.

Propiedad del diagrama de la curva masa:

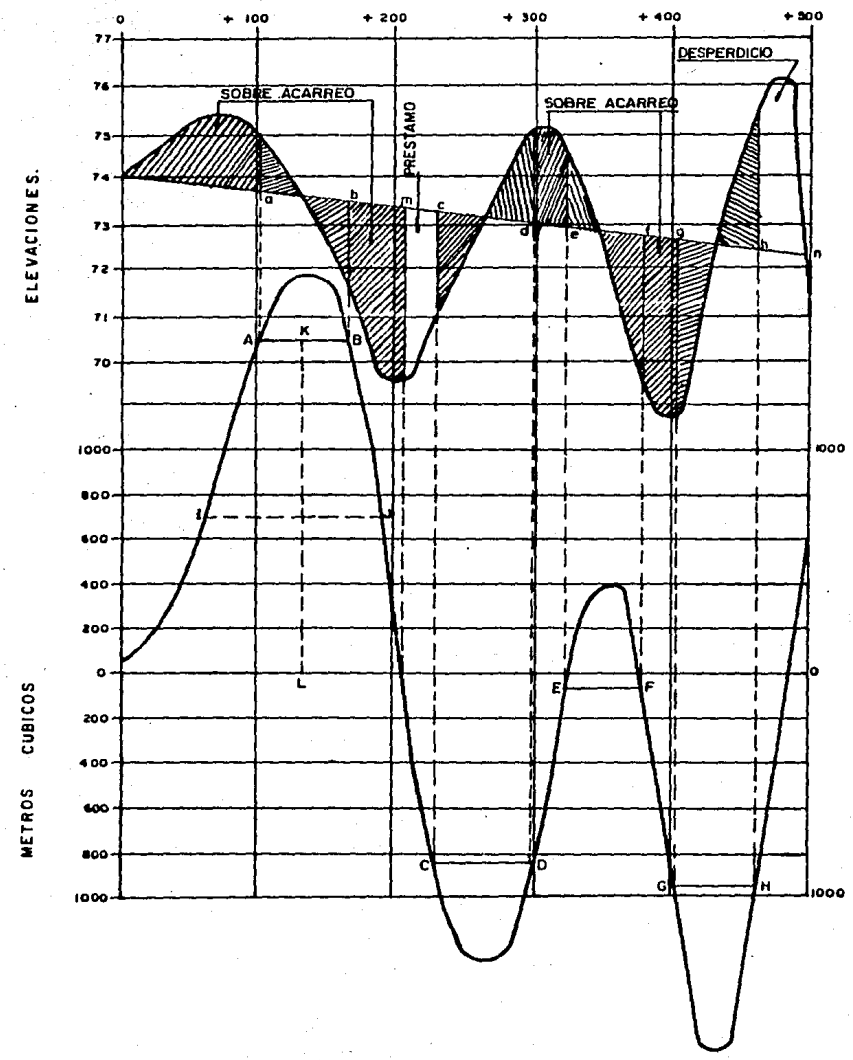
a) Los puntos de inflexión de la curva corresponden a los puntos en los que en el perfil no hay corte ni terraplén.
b) Las líneas descendentes indican terraplenes y las líneas ascendentes corte.
c) La diferencia de longitud (algebráica) entre dos ordenadas es la media del total de la -- cantidad de material entre las estaciones -- que se consideran.
d) El volumen de los cortes es igual al de los terraplenes entre dos puntos cualesquiera - de la curva bisectados por una línea hori-- zontal.

e) El área comprendida entre una línea horizontal y la curva masa es la medida de acarreo entre dos estaciones en que la línea horizontal corta a la curva.

En la estación 0 + 000 la ordenada es cero, en la ordenada 0 + 020 la ordenada representa la cantidad de material movido entre las estaciones 0 + 000 y la 0 + 020; en la estación 0 + 040 está representada la cantidad de material desde la estación 0 + 040 de manera que en cada estación la ordenada representa la suma algebráica de todas las cantidades desde la estación 0 + 000 hasta la estación que se considere.

Secuencia para el proyecto de curva masa:

a) Se proyecta la subrasante en el perfil del terreno.
b) Se determinan en cada estación o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte y terraplén.
c) Se dibujan las secciones de construcción
d) Se dibuja la plantilla de corte o terraplén con los taludes escogidos, según el tipo de material, sobre la sección de construcción.
e) Se calculan las áreas de las secciones.
f) Se calculan los volúmenes, abundando los cortes, según el material.
g) Se suman algebráicamente los volúmenes de cortes y terraplenes.
h) Se dibuja la curva con los volúmenes anteriores.


0
+ 100
+ 200
+ 300
+ 400
+ 500
77
76
75
74
73
72
71
70
ELEVACIONES.
SOBRE ACARREO
PRESTAMO
SOBRE ACARREO
DESPERDICIO
a
b
c
d
e
f
g
h
n
A
K
B
L
E
F
C
D
G
H
1000
800
600
400
200
0
200
400
600
800
1000
METROS CUBICOS

En caso de la figura anterior, se construyó la curva masa correspondiente al perfil, sumando algebraicamente los volúmenes de terracerías, presentando gráficamente estos valores a escala y tomando como positivos los volúmenes de corte y como negativos los de terraplén.

Basándose en la propiedad que tiene cualquier recta paralela a la línea de base y tomando como acarreo libre 60m., se trazaron las rectas A, B, C, D, E, F, G, H, que cortan a la curva en los puntos A, B, C, D, E, F, G, H. respectivamente; se levantaron perpendiculares desde estos puntos hasta su encuentro con la rasante, obteniendo así los puntos a, b, c, d, e, f, g, h - que indican que entre los puntos a y b, c y d, e y f, g y h, los volúmenes de corte y terraplén se compensan y que el acarreo es libre. A su vez la línea de base indica al cortar la curva, entre qué puntos los volúmenes de terraplén y de escavación son - iguales y se tienen así los puntos O y M que en el perfil corresponden a o, Y, m, así es que desde el origen o hasta el punto M, los movimientos de material están compensados; de estos movimientos, los comprendidos entre "a" y "b" son acarreo libre, el transporte del material desde el origen o hasta el punto "a" para formar el terraplén desde el punto "b" hasta el punto "m" constituyen el sobreacarreo; en la misma forma queda definido el sobreacarreo para construir la parte de terraplén comprendida entre los puntos "f" y "g" así como los acarreos libres entre los puntos c y d, e y f, g y h.

Después de analizar los puntos anteriores, -- queda por analizar los volúmenes comprendidos entre los puntos "m" y "c" y los puntos "h" y "n", entre los puntos "m" y "c" hay un volu-- men faltante de terraplén que tiene por valor la diferencia de las ordenadas de la curva en los puntos considerados, para completarlo es- necesario echar mano a material tomado de po- zos de préstamo y recibe el nombre de présta- mo, entre los puntos "h" y "n" se tiene mate- rial que ya no es utilizable y recibe el nom- bre de desperdicio, siendo su volumen igual a la diferencia de las ordenadas de los puntos "h" y "n".

La cantidad de sobreacarreo se determina fá-- cilmente en forma gráfica como sigue: (Ver la figura anterior). Después de trazar la línea AB que define los límites de acarreo libre, - queda la parte de excavación comprendida en-- tre "o" y "a" como disponibles; utilizando co mo línea de compensación la línea de base, se tiene que los volúmenes se compensan entre los puntos "o" y "m": como datos necesarios para - cuantificar el sobreacarreo se necesitan el vo lumen transportado y la distancia entre los -- centros de gravedad de la excavación y del te- rraplén; el volúmen se obtiene por las ordena- das de la curva y las distancias de los centros de gravedad se obtienen como sigue: tomando el punto medio de la distancia vertical entre las- líneas AB y OM, por este punto se traza la ho- rizontal IJ y desde los puntos en que cortan a

la curva se levantan perpendiculares que definen los puntos i, j; la distancia a escala entre estos dos puntos es la distancia de los -- centros de gravedad de las dos masas.

Con estos datos se calcula el acarreo por la - fórmula:

$$\text{Sobreacarreo} = \frac{L-\ell}{20} V$$

En la que:

L = distancia de los centros de gravedad.

ℓ = distancia de acarreo libre

V = volumen de material transportado.

Para el caso presente se tiene:

L = 120m. (distancia de los centros de grave-- dad).

ℓ = 60m. (distancia de acarreo libre).

V =1400m. (volumen acarreado)

$$S \cdot A = \frac{120-60}{20} \qquad 1400 = 4200 m^3 \text{ EST.}$$

Sobreacarreo.- Es el realizado a una distancia de más de - 20m. considerando como unidades las siguientes:

a) Metro cúbico.- Estación a una distancia de - 20 a cien metros.

b) Metro cúbico.- Hectómetro a una distancia de 20 a cien metros.

c) Metro cúbico.- Kilómetro desde el origen a - más de 500m.

CAPITULO III

ESTUDIO DE ANTEPROYECTO Y PROYECTO DEFINITIVO

3.1 ANTEPROYECTO.

Es el resultado del conjunto de estudios y levantamientos topográficos que se llevan a cabo con base en los datos -- previos para situar en planos obtenidos de esos levantamientos, el eje que seguirá el camino.

Para el anteproyecto se requiere de un levantamiento topográfico que consiste en una poligonal del trazo, un plano con curvas de nivel de la faja en estudio, un plano de perfil longitudinal del terreno, en el eje de la poligonal que sirve de base para el levantamiento y un plano de secciones transversales a dicho eje.

3.1.1 Configuración.

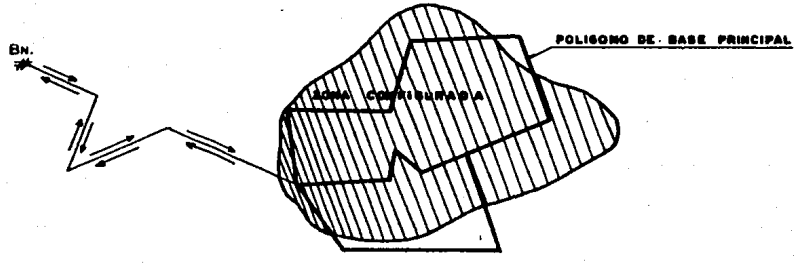
La configuración de la faja se obtiene por los siguientes métodos:

A) Configuración con puntos aislados.
B) Método de secciones transversales.

A) Configuración con Puntos Aislados.- Para la configuración los puntos del terreno se fijan por radiaciones desde los vértices de poligonales de base, por medio de distancias y ángulos para el cálculo de direcciones y elevaciones.

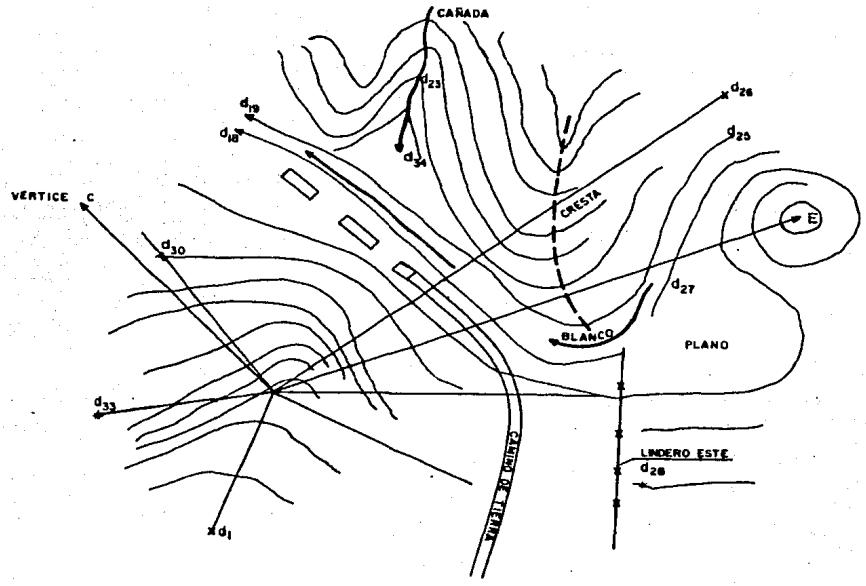
Como en estos trabajos sólo se toman puntos aislados notables del terreno, para el dibujo, las curvas de nivel se obtendrán interpolándolas entre las cotas de los puntos fijados. También deben tomarse, naturalmente, los detalles que se consideren necesarios además de los propios del terreno (construcciones, linderos, vías de comunicación, bancos de nivel, etc.)

El plano de comparación de niveles, o la cota de partida para configuraciones con estadia, puede tomarse de un banco -- previamente establecido o suponer una cota conveniente a un -- banco que se establezca, pudiendo además referir su cota a otro banco conocido, mediante una nivelación diferencial, o nivelando mediante estadia trigonométricamente entre ambos bancos, -- por una o varias rutas, como se muestra en la figura siguiente.



En estos trabajos de configuración se debe hacer un croquis cuidadoso de la localización de los puntos y detalles más notables del terreno que se toma desde cada vértice, para después reproducirlos en el dibujo.

Este croquis es tan importante como el registro de los datos numéricos del levantamiento, pues es la base y la guía para el dibujo.



Los vértices del polígono de base obviamente se vé que deberán estar en puntos notables, elevados con la mayor visibilidad posible a su alrededor, para tomar desde ellos por radiaciones todos los puntos necesarios.

Los puntos del terreno que se deben tomar para obtener su configuración son únicamente aquellos en donde se noten cambios de pendiente ó cambios de dirección de los accidentes topográficos. Esto equivale a considerar el terreno formado por una serie de planos de diferentes pendientes y formas, pues como ya se dijo antes al dibujar la configuración se trazan las curvas de nivel igualmente espaciadas entre los puntos fijados.

En terrenos planos los puntos quedarán muy espaciados y cuando están cubiertos de vegetación que impide ver los pequeños accidentes, se pueden abrir brechas radiales en cada vértice e ir tomando puntos sobre una misma línea, a cada cincuenta pasos por ejemplo, ó según convenga. Para mayor facilidad y ahorro de tiempo, las radiaciones para puntos de configuración del terreno pueden fijarse mediante rumbos medidos con la brújula del tránsito. Como también se deben anotar los rumbos observados de los lados del polígono, quedando así automáticamente relacionados con éstos.

Para cada vértice debe hacerse un croquis acompañado de su respectivo registro de datos.

REGISTRO DE CAMPO

TRABAJO: _____ LUGAR: _____ APARATO: _____

FECHA: _____ OPERADOR: _____

EST.	P. V.	R.M.O	∢ HORIZONTAL	∢ VERTICAL	ESTADAL	OBS.
D	C			6° 10' ↓	0.75 0.60	
a= 1.55	E			19° 25' ↓	3.92 0.40	
	d_1			11° 05' ↓	0.78	
	d_2			0° 30'	0.65	
	d_3			9° 11'	1.57	
	"					
	"					
	d_{10}					

Para calcular y ordenar los datos de los puntos de configuración es conveniente tabularlos en la forma siguiente:

EST.	P.V.	∢ HORIZONTAL	DIST. HORIZONTAL	DIST. VERTICAL	COTA
H	h_1				
	h_2				
	h_3				
	h_4				

Con los datos así ordenados puede procederse a dibujar en la siguiente forma:

a).- Se dibuja el polígono de base y los polígonos auxiliares en caso de haberlos.

b).- Con transportador se marcan los ángulos horizontales de todos los puntos de configuración, alrededor de todos y cada uno de los vértices de estación.

c).- Se trazan las radiaciones con su distancia para fijar la posición de los puntos, y se le pone su nombre y cota.

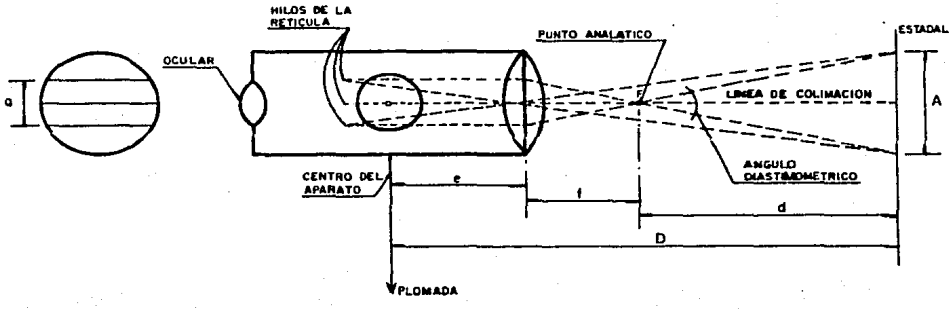
d).- Con la ayuda de los croquis de campo se marcan ejes de cañadas y parteaguas.

e).- Hecho lo anterior, por zonas puede irse dibujando las curvas de nivel, uniendo puntos de igual cota, ayudándose con los croquis.

La equidistancia vertical de las curvas depende de la escala del dibujo.

Estadia.- Este procedimiento está basado en la lectura que se observa sobre una regla graduada, limitada por la separación de los hilos de la retícula de un anteojo. La separación entre hilos generalmente es fija, aunque hay aparatos con hilos movibles. A los anaratos dotados de estos hilos para medir leyendo en un estadal se les llama estadimétricos.

En la actualidad, prácticamente todos los tránsitos y muchos niveles vienen dotados de hilos de estadia, pues es el -- procedimiento taquimétrico más empleado. La determinación de la distancia entre el aparato y el estadal se hace como se ve - en la figura siguiente.



A = Lectura en el estadal, entre hilos.

$\frac{d}{A} = \frac{f}{a}$; $\quad d = \frac{f}{a} A$

$\frac{f}{a}$ es una constante del aparato llamado (C), constante grande.

Entonces: $d = CA$

(f + e) es también otra constante (c), constante chica.

$f + e = c$

$D = d + f + e$ $\qquad D = CA + c$

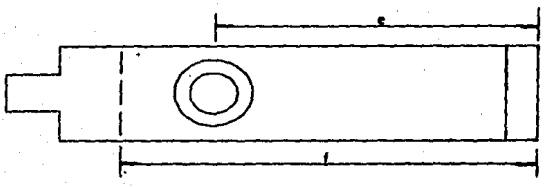
Esta es la fórmula básica de Estadia.

Determinación de las Constantes de Estadia de los Aparatos.

La determinación debe hacerse en un lugar plano, a nivel, con objeto de que la línea de colimación quede perpendicular a la regla graduada, para que sea cierta la fórmula: D = CA + c.

La determinación se hace por alguna de las dos formas siguientes, según sea el aparato de que se trate.

a) Aparatos cuyo objetivo móvil al enfocar (tipo antiguo), constante chica.



c = e + f

En donde:

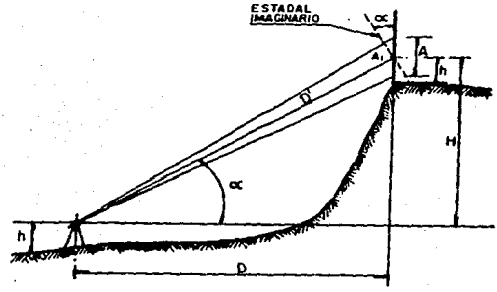
e = Se mide directamente sobre el anteojo, del objetivo al centro del aparato.

f = Se mide considerándola aprox. como la distancia del objetivo a la retícula, ya que allí se forma la imagen.

(C).- Se marca (c), y después varias distancias (d) con cinta y se toman lecturas (A) en un estadal.

El promedio será el valor definitivo para C grande.

Cuando la visual no es horizontal, deberán aplicarse las fórmulas para obtener la distancia horizontaly el desnivel, conociendo la lectura en el estadal (A) y el ángulo de inclinación alfa.



De la figura se tiene:

A_1 = Lectura que se haría en un estadal imaginario inclinado normal a la línea de colimación.

A = Lectura del estadal real vertical.

$$A_1 = A \cos \alpha$$

h = Altura del aparato sobre el terreno.

Estando el estadal normal a la línea de colimación.

$D_1 = CA_1 + C$; distancia inclinada.

Pero como el estadal siempre se pone a plomo.

$A_1 = A \cos \alpha$ y como: $D = D_1 \cos \alpha$ al substituir valores queda $D = DA \cos^2 \alpha + C \cos \alpha$ distancia horizontal.

Ahora $H = D + \frac{D \cos \alpha \operatorname{Sen} \alpha}{\cos \alpha}$; substituyendo el valor de (D)

$$H = CA \cos^2 \alpha \frac{\operatorname{Sen} \alpha}{\cos \alpha} + C \cos \alpha \frac{\operatorname{Sen} \alpha}{\cos \alpha}$$

$H = CA \cos \alpha \operatorname{Sen} \alpha + C \operatorname{Sen} \alpha$ y como: $2 \operatorname{Sen} \alpha \cos \alpha = \operatorname{Sen} 2\alpha$,

$\operatorname{Sen} \alpha \cos \alpha = \frac{\operatorname{Sen} 2\alpha}{2}$

Se substituye en la fórmula y queda:

$$H = \frac{1}{2} \text{ CA Sen } 2\alpha + c \text{ Sen } \alpha \text{ desnivel}$$

B) Método de Secciones Transversales.- Este procedimiento consiste, en términos generales, en trazar uno o más polígonos de apoyo, por los lugares convenientes de la zona a levantar y después se obtienen los perfiles o secciones del terreno, transversales a los lados del polígono, cubriendo el área requerida.

La secuencia del trabajo de campo será entonces así:

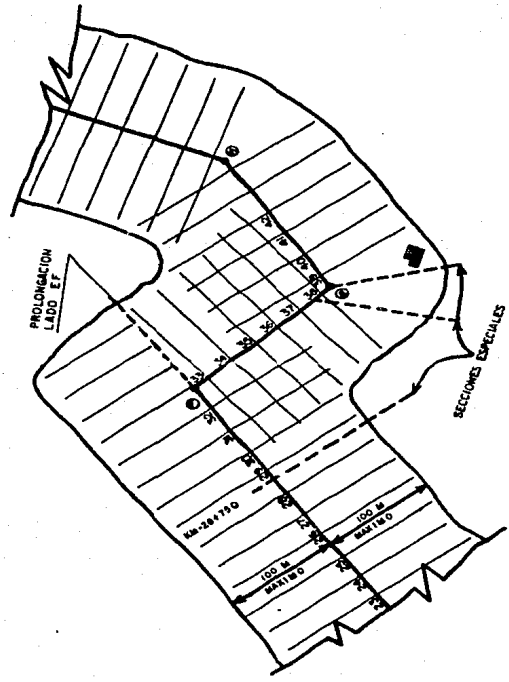
1.- Se traza el polígono de apoyo, marcado a intervalos para poder obtener su perfil.
2.- Se nivela de perfil el polígono para obtener las cotas de todos los puntos.
3.- Se sacan secciones transversales de todos y cada uno de los puntos del polígono.

En general las secciones son normales al polígono, pero en ciertos casos se necesitan secciones especiales, en algún punto intermedio, en cierta dirección para fijar detalles importantes ó para cubrir vacíos que a veces quedan en los vértices.

Lo más frecuente es que las secciones se obtengan con nivel de mano, especialmente cuando el terreno es accidentado, pues el aparato en este caso es el mismo observador y puede trasladarse rápidamente.

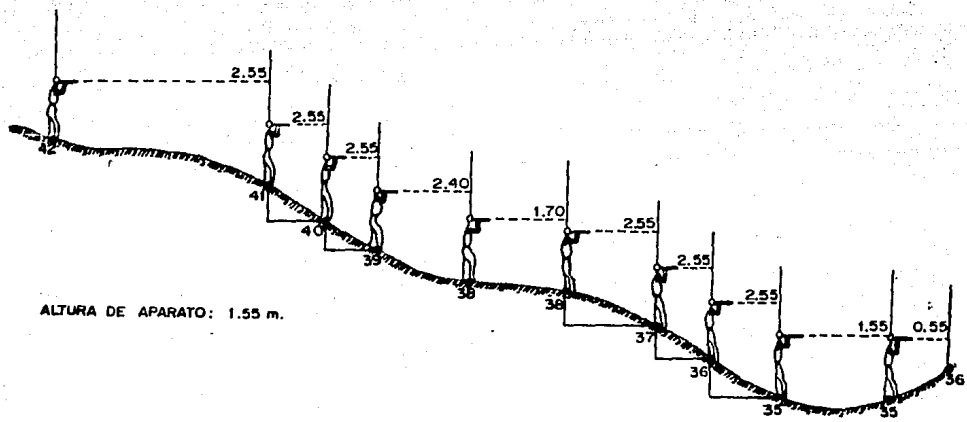
El punto de partida para obtener cada sección es el polígono cuya cota se determinó con la nivelación de perfil.

En estos perfiles transversales no se miden distancias para fijar punto sobre el trazo y determinar después sus cotas, --

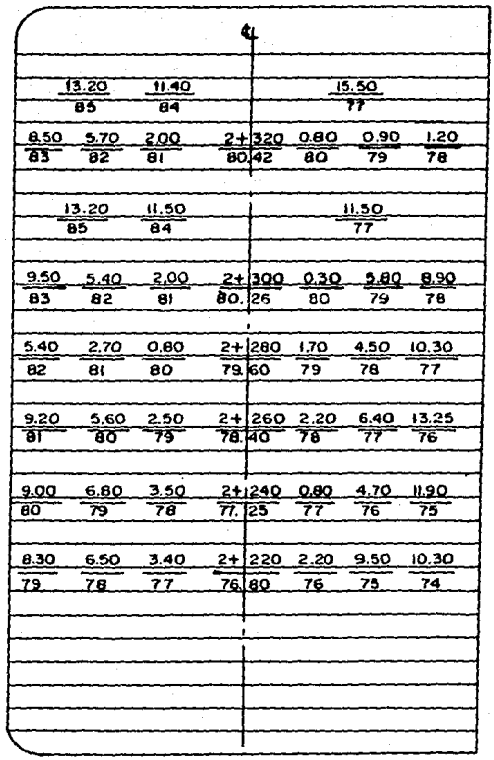


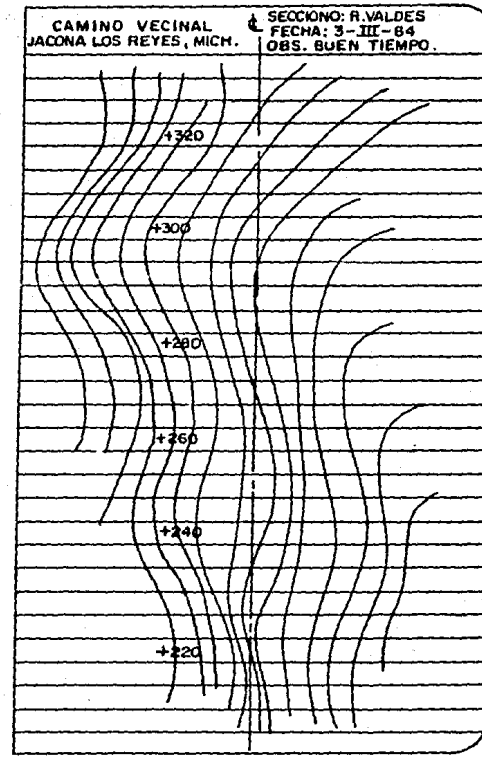
sino que se localizan sobre la línea que va a seguir la sección y a ambos lados del polígono, los puntos de cota cerrada y midiéndo las distancias de uno a otro. Con ésto se facilita el trabajo, pues al irse parando el observador sobre cada punto de cota cerrada, para encontrar la siguiente, deberá leer con su nivel en el estadal la misma lectura constantemente, pues debe ir bajando o subiendo desniveles. Además así se obtienen ya las distancias que se tendrán que dibujar después para fijar los puntos de cota cerrada por donde pasarán las curvas de nivel.

El observador, después de medir la altura de su ojo, se parará sobre el punto de cota conocida del polígono, y calculará lo que debe leer en el estadal para que éste quede colocado-



SECCIONAMIENTO POR EL METODO DE COTA CERRADA.





EJEMPLO DE SECCIONES TRANSVERSALES.

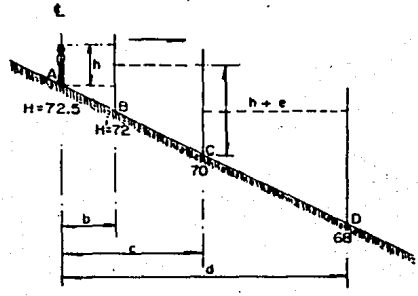
sobre el punto de cota cerrada inmediato, entonces que le vayan alejando el estadal según la dirección de la sección, hasta que haga la lectura calculada; mide la distancia que se dejó al estadal, anota, y se traslada al lugar donde se quedó el estadal, de cota ya conocida, cerrada y procede de igual forma a buscar el siguiente punto; pero de aquí en adelante ya serán sus lecturas constantes para localizar las siguientes cotas cerradas. El procedimiento se sigue hasta llegar a la distancia que requiera cubrir a ambos lados del polígono, como se ve en la figura siguiente.

Las secciones transversales de punto de cota cerrada, se usan en terreno poco accidentado.

Ejemplo: Para obtener la cota cerrada de un punto cuando el terreno desciende.

Datos: h = 1.60m.
e = (equidistancia) = 2m.
H = 72.50

Se coloca el seccionador en A (como se vé en la sig. figura):



Se dirige el estadalero sobre la línea de la sección hasta que, con el nivel de mano, lea en el estadal:

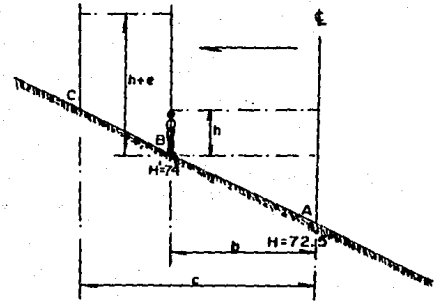
$$H = h - H' = 72.50 + 1.60 - 72 = 2.10m.$$

Que corresponderán al punto B. Anota la distancia b que hay de A a B; como la equidistancia es de 2m. no puede desde A buscar el siguiente punto de cota cerrada, que sería el 70, por que tendría que leer en el estadal 4.10m; por lo tanto se pasa a B y dirige al estadalero hasta que lea: h + e = 1.60 + 2.00 = 360m.

En el punto C, anotando la distancia c correspondiente a AC.

Esta lectura h + e será la que tendrá que hacer el seccionador en lo sucesivo en todos los puntos, para ir obteniendo las cotas 68. 66 y 64.

Si el terreno asciende, el seccionador va por delante y él es el que avanza o retrocede hasta colocarse en un punto desde el cual observe en el estadal la lectura deseada (como se ve en la figura siguiente):



h = altura de ojo = 1.60m.
H = cota de la estación A = 72.5
e = equidistancia = 2m.

El primer punto B tendrá cota 74 y la lectura en el estadal colocado en A, será: H' + h - H = 74 + 1.60 - 72.5 = 3.10m.

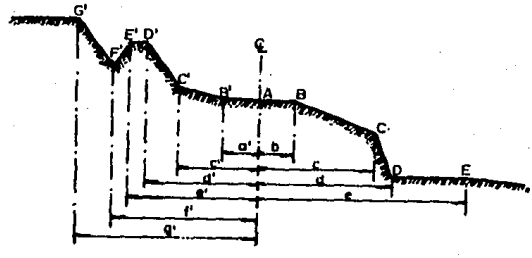
El seccionador se mueve hasta encontrar el punto B desde el cual observa 3.10 en el estadal y mide la distancia horizontal b correspondiente a AB; enseguida el estadalero se pasa a B y el

seccionador se cambia hasta encontrar el punto C desde el cual puede leer en el estadal: h + e = 1.60 + 2.00 = 3.60m.

Procediendo a medir la distancia c igual a AC. Para los - puntos siguientes se sigue visando h + e.

Secciones Transversales en Terreno Accidentado.- En este caso, desde el punto A del trazo (como se ve en la siguiente figura), el seccionador busca la cota de los puntos característicos B, C, D, E, B', C', D', E', F', G', escogiéndolos de tal manera que entre uno y otro la pendiente sea uniforme, con lo que la interpolación de las curvas será correcta. Se toman las distancias b, c, d, e, b', c', d', e', f', g', correspondientes a los puntos del terreno, para poder dibujar posteriormente la -- sección.

En el terreno accidentado es frecuente también sacar secciones en puntos situados entre estaciones y en algunas ocasiones seguir fondos de arroyos o cualquier otro accidentes topográfico que puede representar una línea recta con un rumbo cualquiera con respecto al trazo o una línea quebrada. Para el primer caso se anotará su rumbo magnético de cada lado o quiebre de la -- sección del terreno, mayores facilidades se tendrán para proyectar la línea definitiva y para estudiar el drenaje.



En terreno plano de poca pendiente el polígono de apoyo se va -- trazando de inmediato sobre la ruta escogida, pues no requiere la búsqueda de pendiente para desarrollar la línea. Con el tránsito al ir trazando se va confirmando que no se sobrepase la -- pendiente especificada. A este polígono de apoyo se le llama - "preliminar", y debe quedar perfectamente referenciada para poder después localizarla cuando se regrese al terreno a trazar - el proyecto estudiado.

3.1.2 La Línea Preliminar.- Es una poligonal abierta, que parte de un punto al que se le denomina 0 + 000; estando esta línea - acotada cada 20 metros, además de los puntos intermedios que lo ameriten cuando haya quiebres fuertes del terreno, cruces de caminos, con canales, con ferrocarriles, con barrancos, etc.

Para llevar a cabo el trazo preliminar se hace lo siguiente:

1o. Se escoge y se marca el punto de partida.
2o. Se establece el azimut de la línea de partida.
3o. Se determina la elevación del punto de partida.

Por otra parte se toman en cuenta las siguientes precauciones:

a).- No es forzoso obtener grandes tangentes, sino procurar llevar el mejor avance posible y con la precisión requerida.

b).- Estacar a cada 20 metros y en puntos intermedios por quiebres fuertes del terreno, a la distancia que sea; es decir 26, 27,50m. etc.

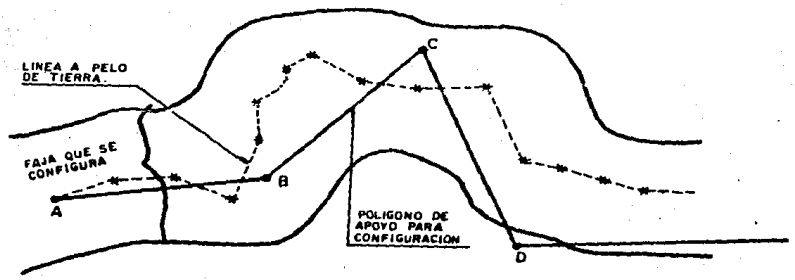
c).- No perder el tiempo tratando de centrar exactamente las estacas, pudiendo quedar éstas hasta 5 cm. fuera de la línea sin que ello pueda alterar las elevaciones.

d).- Tratar de evitar daños de sembradios.

e).- Efectuar dobles lecturas de los ángulos, con el fín de checar que éstas estén bien tomadas.

f).- Hacer observaciones solares cada 10km. para corre-- gir azimutes.

g).- Colocar bancos de nivel a distancias no mayores de 500m. y alejados de la línea de trazo para no ser - destruídos durante la construcción de la obra.



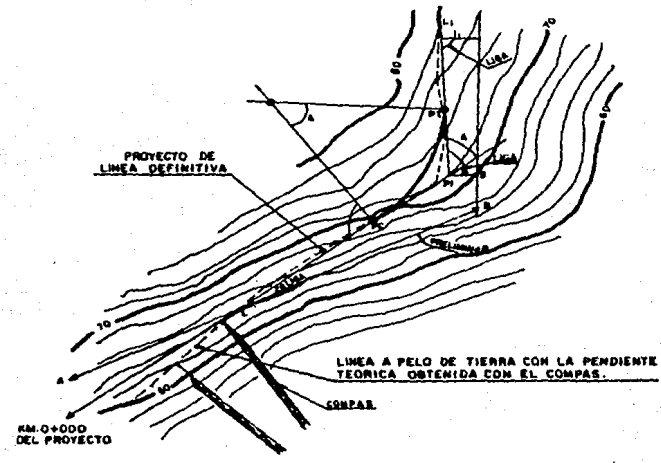
Una vez que se tiene el plano de la faja de topografía -- que se necesita para proyectar al eje del camino, lo que en el terreno puede hacerse con un clisímetro, para llevar una línea con una pendiente dada, puede hacerse en el plano, utilizando - un compás. Conociendo la equidistancia entre curvas de nivel y la pendiente que se desea para el camino, se calcula la abertura del compás para que al interceptar con sus puntas dos curvas de nivel continúas, a la línea imaginaria que une a esos dos puntos tenga la pendiente deseada.

Ejemplos:

a).- Supongamos que la equidistancia es un metro y la pendiente con que se quiere proyectar una línea en una ladera es del 5%, la separación entre las puntas del compás deberá ser de 20m, para que cuando se recorran 100, se hayan subido o bajado 5.

b).- Si la equidistancia en el plano entre curvas de nivel es de 2m. y se proyecta con 6%, cada vez que se pasa de una curva a otra se subirán o bajarán 2 metros, -- por lo que la abertura entre las puntas del compás será igual a 2/6 ó sea 33.33metros.

Con la misma escala con que está dibujado el plano se separán las puntas del compás y partiendo del punto inicial se procede a ascender o descender, brincando de curva en curva. (Como se vé en la siguiente figura).



La unión de esos puntos daría una línea teóricamente "a - pelo de tierra". Esta línea quebrada es la base para proyectar el trazo de la línea definitiva que, con las mayores tangentes posibles, deberá ajustarse lo más que se pueda a la línea "a pelo de tierra". En la práctica es imposible lograr ésto, pero - se procura compensar a izquierda y derecha de la línea quebrada "a pelo de tierra", para lograr la compensación en planta. Las tangentes se unen con curvas que, igualmente, se apeguen lo más

posible a la línea imaginaria "a pelo de tierra" o compensen su trazo a izquierda y derecha lo más que sea posible.

3.2 PROYECTO.

La línea definitiva puede tener varios lados o todos comunes con el trazo preliminar. Para su localización en el terreno se toman los datos necesarios de los levantamientos desarrollados con anterioridad, tales como rumbos, longitudes, deflexiones y referencias de las nuevas líneas con relación a los puntos de trazo preliminar.

3.2.1 Orientación Astronómica.

Para determinar las direcciones de las líneas definitivas de levantamientos y las posiciones geográficas de los diversos puntos donde se trabaja; es necesario recurrir a las observaciones y cálculos astronómicos.

En un lugar de la Tierra para situar la posición de las estrellas se emplea el Azimut y la Altura, que llamamos coordenadas locales.

La 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 es la "esfera o bóveda celeste" y en ella se encuentran todos los cuerpos celestes, inclusive los que forman nuestro sistema planetario.

Líneas, Planos y Círculos de la Esfera Celeste.- La vertical del lugar: señalada por una cuerda flexible en cuyo extremo suspendemos un cuerpo y se sostiene por el otro extremo. Prolon-

gando idealmente esta línea hasta que toque a la bóveda celeste, marca en ella los puntos llamados "zenit" hacia arriba del observador y "nadir", hacia abajo.

El "eje polar", cuya intersección con la superficie de la Tierra materializa los polos Norte y Sur P y P'.

La "meridiana" que es la intersección de los planos del meridiano y del horizonte. Los planos de la esfera celeste relacionados con las líneas antes descritas son: los planos verticales, que son aquellos que contienen a una línea vertical. Por cada lugar de la Tierra pueden pasar varios planos verticales.

El plano "meridiano" que es un plano vertical que contiene a la línea de los polos. Por cada lugar de la Tierra sólo pasa un plano meridiano y los planos o círculos horarios, que son los que contienen a la línea de los polos: siguen, en orden de importancia, los planos que se mencionan:

El plano del horizonte, que divide la esfera celeste en dos partes iguales y es perpendicular a la vertical del lugar.

El primer vertical, es el que forma un ángulo de 90° con el plano del meridiano.

El plano del ecuador, divide la esfera celeste en dos partes iguales y es perpendicular al eje del mundo.

El plano de la eclíptica, es el que contiene a la órbita de la Tierra en su movimiento anual alrededor del Sol.

Los círculos menores o de declinación, son los planos donde se hayan las trayectorias aparentes de las estrellas (debidas al movimiento diurno) y son paralelos al plano del ecuador.

La meridiana o línea en que se cortan los planos del meridiano y del horizonte. La intersección de esta línea con la esfera celeste marca los puntos cardinales N y S (Norte y Sur).

La intersección de los planos del ecuador y la eclíptica, se llama línea de los equinoccios; uno de sus extremos es el punto vernal o equinoccio de Primavera.

Angulo Horario de una Estrella, es el ángulo medido sobre el plano del ecuador a partir del meridiano del lugar, hasta el círculo horario de la estrella. Se mide hacia el oeste de 0 a 24 horas ó de 0° a 360° a partir del momento en que la estrella culmina en la rama superior del meridiano del lugar, entonces cuando la estrella pasa por el meridiano de lugar, se dice que es el momento de la culminación y origen del ángulo horario de la estrella, para un lugar determinado de la Tierra.

Círculo Horario de una Estrella, es un meridiano de la esfera celeste que pasa por la estrella en cuestión, todos los círculos horarios convergen en los polos celestes y constituyen planos que giran en el eje polar.

Declinación, es el ángulo de elevación de una visual a una estrella sobre el plano del ecuador y se mide a partir de este plano, de 0° a 90° hacia el norte o hacia el Sur, o positiva y negativa respectivamente.

Sistemas de Coordenadas.- El sistema de coordenadas ecuatoriales terrestres está formado por la latitud y la longitud.

Latitud, es el ángulo que forma la vertical del lugar con el plano ecuador, se mide sobre un plano normal al ecuador (meridiano del lugar), de 0° a 90° hacia el Norte o hacia el Sur.

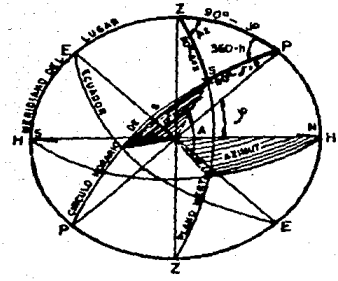
Longitud, es el ángulo medido sobre el plano del ecuador a partir del meridiano origen (meridiano de Greenwich), hasta el meridiano del lugar. Se mide generalmente hacia el oeste - de 0 a 24 horas ó de 0° a 360°.

El sistema de coordenadas locales está formado por la altura y el azimut.

Azimut, es el ángulo medido sobre el plano del horizonte del lugar, entre la dirección norte-sur (meridiano del lugar) y la visual a una estrella.

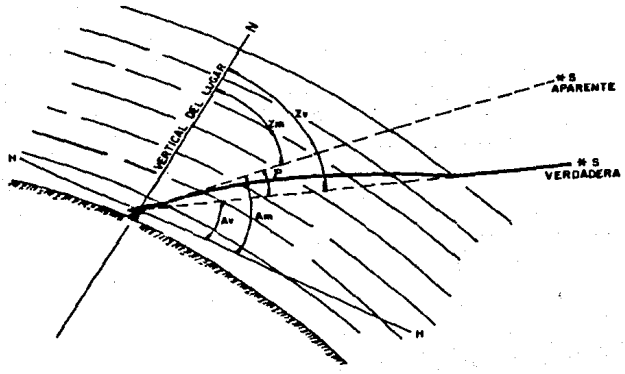
Altura, es el ángulo vertical que forma la visual a una - estrella con el plano del horizonte.

En la siguiente figura se muestran líneas, planos y círculos de la esfera:



S = ASTRO OBSERVADO
H-H = PLANO DEL HORIZONTE
E-E = PLANO DEL ECUADOR
Z-Z = VERTICAL DEL LUGAR
P-P = EJE POLAR
N-S = MERIDIANA.
Az = AZIMUT
A = ALTURA
φ = LATITUD
δ = DECLINACION
h = ANGULO HORARIO

Refracción.- Es la desviación que sufren los rayos luminosos al atravesar la atmósfera. (como se ve en la figura siguiente).



AM = altura medida
Av = altura verdadera
C = corrección por refracción.
Zm = distancia zenital medida.
Zv = distancia zenital -- verdadera.

$$Av = Am - C$$
$$Zv = Zm + C$$

La fórmula es: $R = 60 \text{ Tang.} \frac{P'}{762} \quad \frac{1}{0.004F}$

60 Tang. = refracción media y se encuentra tabulado en los anuarios y tablas astronómicas.

$B = \frac{P'}{762}$ a = Factor barométrico.

$T = \frac{1}{1+0.004t}$ = Factor termométrico.

Determinación de la Latitud de un lugar por Observaciones del Sol en Dos Posiciones.- La latitud se obtiene por las siguientes fórmulas que aparecen en el anuario.

$$\text{Sen } \phi = \text{Sen Am Sen } \delta + \text{Cos}^2 \quad \text{Am } \frac{B}{I} \qquad (I)$$

$$AM = \frac{A1 + A2}{2}$$

A1: altura del Sol en las dos posiciones
A2: observadas, corregidas por refracción.

δ = Declinación del Sol en el instante medio de las dos observaciones.

B = Angulo horizontal entre las dos posiciones observadas (diferencia de lecturas del círculo horizontal a partir de una señal cualquiera).

I = Intervalo de tiempo entre las dos observaciones, reducido a minuto de Arco.

Ejemplo:

Determinación de la latitud de un lugar por observación del Sol en dos posiciones.

Fecha de la observación: Diciembre 21 de 1968.
Lugar de observación: Cúpula de la Fac. de Ing. C.U.

Fórmula: $\text{Sen } \phi = \text{Sen Am Sen } \delta + \text{Cos Am Cos } \delta \text{ Cos Q}$

$$\text{Cos tQ} = \frac{B \text{ Cos Am}}{As -- A1}$$

AM = Altura medida verdadera.
F = Declinación del Sol en el momento medio de las observaciones (posición media).
Q = Angulo paraláctico.
B = Angulo horizontal entre las dos observaciones.
A1 = Primera altura verdadera.
A2 = Segunda altura verdadera.

CALCULO DE AM

1a. Altura observada: 22°23'30"
Corrección por Refracción 2'20" x B 1' 36" (Tabla del Anuario)
Altura Verdadera A1 = 22°21'54"

2a. Altura observada: 27°13'
Corrección por Refracción: 1'53" x B 1' 18"
Altura Verdadera A2 = 27°11'42"
A2 - A1 = 4°49'48" =289° 8'

$$Am = \frac{A1 + A2}{2} = 24°46'48"$$

CALCULO DE B

1er. Angulo Horizontal observado = 328°14'30"
2do. Angulo Horizontal Observado = 332°12'30"
Diferencia = 3°58' = B
B = 238'

CALCULO DE δ (ANUARIO: EFEMERIDES DEL SOL)

Hora de Paso del Sol por el Meridiano.
90° el 21 de Diciembre de 1968 = $11^h\ 58^m 36^s$
Promedio de las horas de observación: = $9^h\ 16^m$
Intervalo: = $-2^h\ 42^m 365^s$
= -2.71 horas.

Declinación del Sol a la hora de su paso por el meridiano 90°
- 23°26'45"

Corrección por Variación Horaria en el Intervalo -0.05' x 2.71 -
= 0°00'00.14"

REGISTRO

PRIMERA OBSERVACION

INST.	P. O.	CIRCULO HORIZONTAL		CIRCULO VERT.	HORA (T. C.)	OBSERV.
		A	B			
D	SEÑAL	0° 00'	180° 00'			
D	SOL ☌	328° 29'	148° 29'	21° 48'	9^h 02^m	
I	SOL ☍	148° 00'	328° 00'	22° 39'	9^h 04^m	
I	SEÑAL	180° 00'	0° 00'			
SUMAS :		656° 29'		43° 107'	18^h 06^m	
PROMEDIOS:		328° 14' 30"		22° 23' 30"	9^h 03^m	

SEGUNDA OBSERVACION

INST.	P. O.	CIRCULO HORIZONTAL		CIRCULO VERT.	HORA (T. C.)	OBSERV.
		A	B			
D	SEÑAL	0° 00'	180° 00'			
D	SOL ☌	332° 22'	152° 22'	26° 30'	9^h 28^m	
I	SOL ☍	152° 03'	332° 03'	27° 56'	9^h 30^m	
I	SENAL	180° 00'	0° 00'			
SUMAS:		664° 25'		53° 86'	18^h 58^m	
PROMEDIOS:		332° 12' 30"		27° 13'	9^h 29^m	

Declinación del Sol en su Posición Media a las 9^h16^m, del 21 de Dic.

$$\delta = -23°26'45''$$

CALCULO DE Q.

$$\text{Cot } Q = \frac{238' \text{ Cos } 24°46'48''}{289.8'} = 0.74563 =$$

$$Q = 53°17'27''$$

CALCULO DE ϕ

$$\text{Sen } \phi = \text{Sen } 24°46'48'' \times \text{Sen } (-23°26'45'') + \text{Cos } 24°46'48'' \times \text{Cos } (-23°26'45'') \times \text{Cos } 53°17'27''$$

$$\text{Sen } \phi = 0.41914 \times (-039788) + 0.90792 \times 0.91744 \times 0.59776$$

$$\text{Sen } \phi = -.16677 + 0.49791$$

$$\text{Sen } \phi = 0.33114$$

$$\phi = 19°20'17''$$

Métodos para Determinar el Azimut Astronómico de una Línea.-

OBSERVANDO

1.- Una estrella cualesquiera con alturas iguales.
2.- El Sol con alturas iguales.
3.- La Polar en su elongación máxima.
4.- La Polar en cualquier momento.
5.- El Sol en un momento cualquiera.
6.- El Sol en dos posiciones
7.- La Polar y una estrella auxiliar.

En este tipo de trabajo sólo se usa el 5o. Método: Observación del Sol en un momento cualquiera y también conocido como "El Método observando el Sol en un momento cualquiera", que es el más usado en trabajos ordinarios. La latitud del lugar debe conocerse con 01' de aproximación y la altura del Sol también debe medir

se con 01' de aproximación para tener en el azimut calculado una seguridad de ± 01'.

Las observaciones deben hacerse entre las 8 y 9 horas ó entre las 15 y 16 horas. Entre 20° y 30° de altura es la posición más favorable.

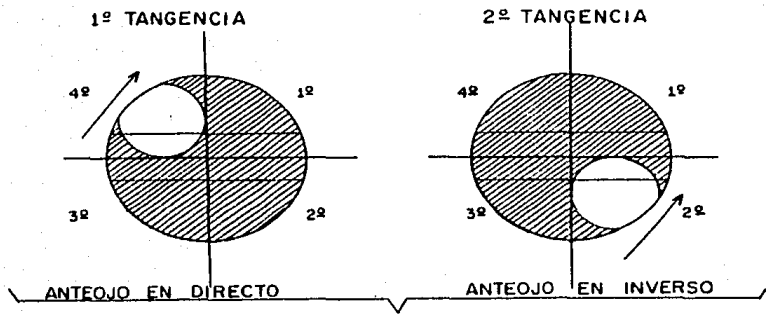
Procedimiento para hacer las observaciones:

Una vez elegida la línea que se va a orientar y estando el tránsito centrado en la estación correspondiente, que puede ser P.S.T., P.C. ó en P.T.

1o. Con el tránsito en posición directa, se visa el punto de adelante (punto de trazo a seguir que puede ser un P.S.T., P.C., P.T.), teniendo el vernier A del ángulo horizontal en 0°00" y el vernier B en 180°.

2o. Giramos hasta observar el disco solar tangente a los hilos de la retícula en el 4o. cuadrante.

3o. Terminando en posición directa, volvemos a observar el disco solar, ahora con el tránsito en posición inversa y las tangencias al disco solar se harán en el 2o. cuadrante como se ve en la siguiente figura.



El lapso entre tangancias debe ser menor de un minuto.

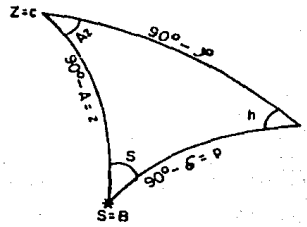
En el momento de la tangencia se anotarán los siguientes datos:

a) Fecha.
b) Hora.
c) Angulo horizontal y vernier A y B.
d) Angulo Vertical.
e) Rumbo magnético observado.

Cada par de tangencias opuestas constituyen una observación y para tener seguridad en la obtención del azimut de la línea, debe hacerse una serie cuando menos de tres observaciones, para que el azimut finalmente obtenido para la línea, sea el promedio de los calculados en cada una, es decir, para cada observación debe calcularse el azimut de la línea, y NO promediar azimutes del Sol.

Se hará un croquis anotando la posición del Sol (izquierda a derecha), con respecto a la línea orientada.

Determinación de la Fórmula del Azimut



En el triángulo astrónomico Pzs, por Ley de Cosenos:

$$\text{Cos } (90 - \delta) = \text{Cos } (90° - \phi) \text{ Cos } (90° - A) + \text{Sen } (90° - \phi) \text{ Sen } (90° - A) \text{ Cos Az}$$

$$\text{Sen } \delta = \text{Sen } \phi \text{ Sen A} + \text{Cos } \phi \text{ Cos A Cos Az}$$

$$\text{Cos Az} = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } \phi \text{ Sen A}}{\text{Cos } \phi \text{ Cos A}}$$

Transformando esta fórmula para que sea directamente calculable por logarítmos, tenemos:

Poniendo la distancia zenital (z) en lugar de (90° - A), -- queda:

$$\text{Cos Az} = \frac{\text{Sen } \delta - \text{Sen } \phi \text{ Cos z}}{\text{Cos } \phi \text{ Sen z}} \qquad \ldots\ldots (1)$$

Y por la fórmula trigonométrica que relaciona funciones de un ángulo, mitad con función del ángulo entero:

$$2 \text{ Sen}^2 \frac{Az}{2} = 1 - \text{Cos Az} \ldots\ldots (2) = \text{Substituyendo (1) en (2)}$$

$$2 \text{ Sen}^2 \frac{Az}{2} = 1 - \frac{\text{Sen}\delta \text{ Sen}\phi \text{ Cos z}}{\text{Cos } \phi \text{ Sen z}}$$

Introduciendo el (1) al quebrado;

$$2\ \text{Sen}^2\ \frac{Az}{2} = \frac{\text{Cos}\ \phi\ \text{Sen}\ z\ -\ \text{Sen}\ \delta\ +\ \text{Sen}\ \phi\ \text{Cos}}{\text{Cos}\ \phi\ \text{Sen}\ z}$$

Sabiendo que: $\text{Sen}\ (\phi + z) = \text{Sen}\ \phi\ \text{Cos}\ z + \text{Cos}\ \phi\ \text{Sen}\ z$

Se puede $2\ \text{Sen}^2\ \frac{Az}{2} = \frac{\text{Sen}\ \phi + z)\ -\ \text{Sen}\ \delta}{\text{Cos}\ \phi\ \ \text{Sen}\ z}$

Y por la fórmula para calcular la diferencia de las sumas - de dos ángulos:

$\text{Sen A} - \text{Sen B} = 2\ \text{Sen}\ \frac{1}{2}\ (A - B)\ \text{Cos}\ \frac{1}{2}\ (A + B)$, tendremos:

$$2\ \text{Sen2}\ \frac{Az}{2} = \frac{2\ \text{Sen}\ \frac{1}{2}\ \ (\phi + z - \delta)\ \text{Cos}\ \frac{1}{2}\ \ (\phi + z + \delta)}{\text{Cos}\ \phi\ \ \text{Sen}\ z}$$

$$\text{Sen}\ \tfrac{1}{2}\ Az\ = \frac{\text{Sen}\ \frac{1}{2}\ (z + \phi - \delta)\ \text{Cos}\ \frac{1}{2}\ (z + \phi + \delta)}{\text{Cos}\ 4\ \text{Sen}\ 7} \qquad \text{(B)}$$

Y en la forma semejante también se obtiene.

$$\text{Tang}\ \tfrac{1}{2}\ Az = \frac{\text{Sen}\ \frac{1}{2}\ \ (z + \phi - \delta)\ \text{Cos}\ \frac{1}{2}\ (z+ \phi + \delta)}{\text{Cos}\ \frac{1}{2}\ \ (\phi + \delta - z)\ \text{Sen}\ \ \ (z+ \phi + \delta)} \qquad \text{(C)}$$

Sí el Sol se observa en la mañana, su azimut se cuenta a -- partir del Norte hacía el Este, y sí se observa por la tarde después de su paso por el meridiano, el ángulo que resulte para el azimut será hacia el Oeste, con el mismo origen en el norte.

Ejemplo: La determinación del azimut de la línea F-6, por el Método de Distancias Zenitales Absolutas del Sol.

(Lado F-6) del Polígono No. 2 dentro del triángulo 14.

Lugar de Observación: Ciudad Valles, S.L.P.

Latitud del Lugar: 21°59'04"N.

Fecha de Observación: Febrero 20 de 1968.

Registro de Campo

Estación en (F)

OBSERVO :
CALCULO:
APARATO KBE DE 01'

SERIE	P. O.	INST.	CIRCULO HORIZONTAL A	CIRCULO HORIZONTAL B	CIRCULO VERTICAL	HORA (T. C.)	OBSERVACIONES
	G	D	0° 00'	180° 00'			BRUJULA: SE 3°
	SOL	D	293° 03'	113° 03'	32° 12'	$9^h\ 31^m$	ANGULOS MEDIDOS A LA DERECHA.
	SOL	I	112° 52'	292° 51'	33° 34'	$9^h\ 35^m$	
	G	I	180° 00'	0° 00'			
SUMAS			585° 54'	225° 55'	65° 46'	$19^h\ 06^m$	
PROMEDIOS			292° 57'	112° 57'	32° 53'	$9^h\ 33^m$	

Cálculos: Los tres elementos que se necesitan son: Z, ϕ, δ.

Cálculo de (δ):

Hora Paso Sol por el Meridiano 90WG El 20 Febrero de 1968 (Anuario Pág. 13) $12^h13^m48^s$

Promedio de las Horas de Observación: 9^h33^m

Intervalo: $2^h40^m48^s = 2.68$

Declinación del Sol a la Hora de su -- Paso por el Meridiano 90WG (Anuario -- Pág. 13) 11°03'30"

Corrección por Intervalo: 2.68 + 53.69/hora 02'24" =

143.9" = 2'24"

Declinación del Sol a la Hora de Observ. 11°05'54" = δ

Cálculo de (z)

Altura Media Aparente	32°53'00"
Distancia Zenital Aparente	57°07'00"
Correcc. por Refracción (Anuario)	0°01'30"
Distancia Zenital Verdadera:	57°08'30" = Z

Cálculo del Azimut

Fórmula: $\text{Sen}^2 \frac{1}{2} Az = \frac{\text{Sen } \frac{1}{2} (Z + \phi - \delta) \text{ Cos } \frac{1}{2} (Z + \phi + \delta)}{\text{Cos } \phi \text{ Sen } Z}$

$Z = 57°08'30"$ $\qquad$ $Z + \phi = 79°07'34"$

$\phi = 21°59'04"$ $\qquad$ $+ \delta = 11°05'54"$

$Z + \phi = 70°07'34"$ $\qquad$ $Z + \phi + \delta = 68°01'40"$

$-\delta = +11°05'54"$ $\qquad$ $\frac{1}{2} (Z+\phi+\delta) = 34°00'50"$

$(Z + \phi - \delta) = 90°13'28"$

$\frac{1}{2} (Z + \phi - \delta) = 45°06'44"$

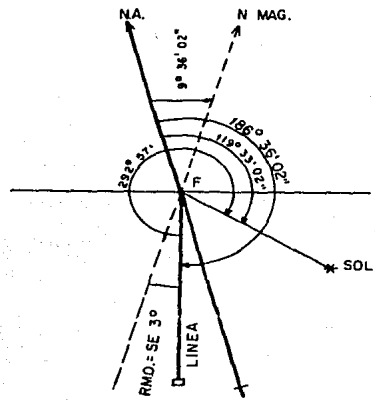
Log	Sen	45°06'44"	= 9.8503340 - 10
Log	Cos	34°00'50"	- 9.9142464 - 10
Colog	Cos	21°59'04"	= 0.0327865
Colog	Sen	57°08'30"	= 0.0757731
Log	$\text{Sen}^2 \frac{1}{2}$	Az	= 19.8730800 - 20
Log	$\text{Sen}^2 \frac{1}{2}$	Az	= 9.9365400 - 10
	$\frac{1}{2}$	Az	= 59°46'31"
		Az	= 119°33'02" Sol al Este

Promedio Círculo Horiz. = 292°57'

(Ang.Direct.a partir de 0= 173°23'58"

359°59'00"

Azimut Astronómico Línea F-6 = 186°36'02"



Como dato adicional se obtiene la declinación magnética - en el lugar, en la forma siguiente:

Rumbo Astronómico: F - G = SW	6°36'02"
Rumbo Magnet. observ. F-G = Se	3°00'00"
	9°36'02"

Declinación Magnética 9 ½ Al E

3.2.2 PROYECTO DE LA SUBRASANTE.

Generalidades.

El costo de construcción parte integrante de la evaluación de un camino, está gobernado por los movimientos de terracerías. Esto implica una serie de estudios que permiten tener la certeza de que los movimientos a realizar serán los más económicos, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fija.

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

Proyecto de la Subrasante.

Al iniciarse el estudio de la subrasante en un tramo, se deben analizar el alineamiento horizontal, el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno, los datos relativos a la calidad de los materiales y la elevación mínima que se requiere para dar cabida a las estructuras.

La subrasante económica es aquella que ocasiona el menor costo de la obra, entendiéndose por ésto, la suma de las erogaciones ocasionadas durante la construcción y por la operación y conservación del camino, una vez abierto al tránsito.

La subrasante debe cumplir con las Especificaciones del Proyecto Geométrico dadas.

En general, el alineamiento horizontal es definitivo, pues todos los problemas inherentes a él han sido previstos en la fase de anteproyecto.

La subrasante a proyectar debe permitir alojar las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel y su elevación debe ser la necesaria para evitar humedades perjudiciales a las terracerías, causadas por zonas de inundación o humedad excesiva en el terreno natural.

Elementos que Definen el Proyecto de la Subrasante.

A) Condiciones topográficas.
B) Condiciones geotécnicas.
C) Subrasante mínima.
D) Costo de las terracerías.

A) Condiciones Topográficas.- De acuerdo con su configuración se consideran los siguientes tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso.

Se considera terreno plano a aquel cuyo perfil acusa pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula. Como lomerío, se considera el terreno cuyo perfil longitudinal presenta en sucesión, cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor de 25°.

Como terreno montañoso se considera al que ofrece pendientes transversales mayores de 25°, caracterizado por accidentes topográficos notables y cuyo perfil obliga a fuertes movimientos de tierra.

En terreno plano el proyecto de la subrasante será generalmente en terraplén, sensiblemente paralelo al terreno, con la altura suficiente para quedar a salvo de la humedad propia del suelo y de los escurrimientos laminares en él, así como para dar cabida a las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel.

En un terreno considerado como lomerío, el proyectista estudiará la subrasante, combinando las pendientes especificadas, obteniendo un alineamiento vertical ondulado, que en general permitirá aprovechar el material producto de los cortes, para formar los terraplenes contínuos.

En terreno montañoso, como consecuencia de la configuración topográfica, la formación de las terracerías se obtiene mediante la excavación de grandes volúmenes.

B) Condiciones Geotécnicas.- La calidad de los materiales que se encuentran en la zona en donde se localiza el camino, es factor muy importante para lograr el proyecto de la subrasante económica, ya que además del empleo que tendrán en la formación de las terracerías, servirán de apoyo al camino. La elevación de la subrasante está limitada en ocasiones por la capacidad de carga del suelo que servirá de base al camino.

Un suelo se clasifica como Material A, cuando puede ser atacado con facilidad, mediante pico, pala de mano, escrepa o pala mecánica de cualquier capacidad; además, se consideran como Material A, a los suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.5 cms. Material B, es el que requiere ser atacado mediante arado o explosivos ligeros, considerándose además como Material B, las piedras sueltas mayores de 7.5 y menores de 75.0cms. Finalmente, el Material C, es el que solamente puede ser atacado mediante explosivos.

C) Subrasante Mínima.- La elevación mínima correspondiente a puntos determinados del camino, a los que el estudio de la subrasante económica debe sujetarse, define en esos puntos el proyecto de la subrasante mínima. Los elementos que fijan éstas elevaciones mínimas son:

1.- Obras Menores.- Es necesario que el estudio de la subrasante respete la elevación mínima que requiere el proyecto de las alcantarillas. Esto es determinante en terrenos planos, pues en terrenos considerados como de lomerío y montañoso, solamente en casos aislados habrá que tomar en cuenta la elevación mínima, ya que el proyecto de la subrasante estará obligado por las condiciones que este tipo de configuración topográfica impone y generalmente habrá espacio vertical suficiente para dar cabida a las obras menores.

2.- Puentes.- Aun cuando en los cruces de corrientes que hacen necesaria la construcción de puentes, la elevación definitiva de la subrasante no será conocida hasta que se proyecte la estructura, es necesario tomar en consideración los elementos que intervienen para definir la elevación mínima, con el objeto de que el proyecto del alineamiento vertical se aproxime lo más posible a la cota que se requiere.

Para lograr lo anterior se debe contar con los siguientes datos:

a) Elevación del nivel de aguas máximas extraordinarias.
b) Sobreelevación de las aguas ocasionada por el estrechamiento que origina el puente en el cauce.
c) Espacio libre vertical necesario para dar paso a cuerpos flotantes.
d) Peralte de la superestructura.

3.- Zonas de inundación.- El paso de un camino por zonas de inundación obliga a guardar cierta elevación de la subrasante que se fija de acuerdo con el nivel de aguas máximas extraordinarias.

En estos casos, se recomienda que la elevación de la subrasante, sea como mínimo un metro arriba del nivel de -- aguas máximas extraordinarias, estando el dato preciso - en función de las características de la zona inundable.

4.- Intersecciones.- Los cruces que un camino tiene con otras vías de comunicación terrestre, ya sean en proyecto o -- existentes, dan lugar a intersecciones que pueden ser a - un nivel o a desnivel. En este caso el proyecto de la -- subrasante deberá considerar la vía terrestre que se cruce.

CAPITULO IV

TRAZO DEFINITIVO DEL CAMINO

4.1 TRAZO

Al trazarse la línea proyectada, queda ubicada en el terreno, tal como se dibujó en el plano. Gráficamente sobre el plano se calculan las curvas y se determina la longitud de las tangentes. Cada vez que en el plano la línea de proyecto cruce la preliminar, se calcula el cadenamiento que corresponde al punto de cruce y por trigonometría o simplemente con un transportador, se determina el ángulo de cruce, como se muestra en la Figura de la página 52. Estos puntos se llaman ligas y sirven para que el Ingeniero inicie el trazo definitivo; y en lo sucesivo para comprobar que la línea que se proyectó en el plano va siendo trasladada fielmente al terreno.

Se calcula el ángulo correspondiente a la intersección de la peliminar con el proyecto de la línea definitiva y también el cadenamiento que corresponde al punto L. Se calcula gráfica mente la deflexión Δ en el PI, que es también el ángulo central de la curva; igualmente todos los elementos de la curva y con - su longitud se determina el cadenamiento del PC y del PT, pues- to que se conoce por medición en el plano, la distancia uno que media entre L del proyecto y el PST de la preliminar. Centra su aparato en el punto L de la preliminar, que ha sido fijado des- de A ó desde B con la precisión de un PST; con el ángulo "a" em pieza a trazar la línea definitiva; al llegar al PI comprueba - que lo separa de la preliminar la distancia; se puede también - fijar la siguiente tangente partiendo de los puntos S y PST y - midiendo las distancias. Si el punto inicial 0 + 000 está deter minado por ser el eje de una calle, por ejemplo, ó por cualquier otra circunstancia partirá de él y al cruzar la preliminar en - L, comprobará que no se ha apartado del proyecto si la cruza con el ángulo "a". Las ligas son aproximadas y debe recordar el In- geniero que sus ángulos y sus distancias son gráficas y sirven solamente para relacionar en el terreno el trazo del proyecto - con la preliminar.

Centrando el tránsito en la estaca inicial 0 + 000, se em- pieza a trazar la línea definitiva poniendo trompos y estacas - cada 20m. en las tangentes y cada 20, 10 ó 5 metros en las cur- vas de acuerdo a su grado de curvatura.

Para disminuir el error de colimación debe de visar el pun- to anterior en posición directa y en posición inversa.

En los cruces con caminos, ferrocarriles, canales, ríos, arroyos, se conviene colocar trompos y estacas correspondientes a ese cadenamiento, ya que son datos importantes para la cons- trucción de un camino.

Referencias.

Es absolutamente indispensable dejar debidamente referenciados todos los puntos que definen el trazo en el terreno, tales como PC, PI, PT, PST.

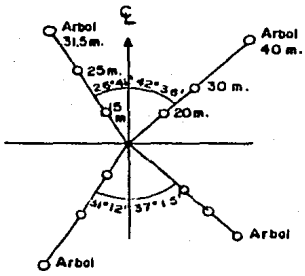
Los PST referenciados no distarán más de 500m. uno del otro. El objeto de referenciar es para fijar la posición de un punto con relación a otros de carácter permanente durante la construcción del camino; ya que éstos desaparecerían en el momento de hacer el desmonte y son necesarios para reconstruirse el trazo en cualquier momento a partir de dichos puntos fijos, comprobándose además, si la ejecución del trazo va apegándose al proyecto.

Para referenciar un punto se emplean ángulos y distancias, medidos con exactitud. Los puntos referenciados deberán quedar fuera del derecho de vía y si se van a efectuar préstamos se retirarán lo necesario para no interferir con la construcción.

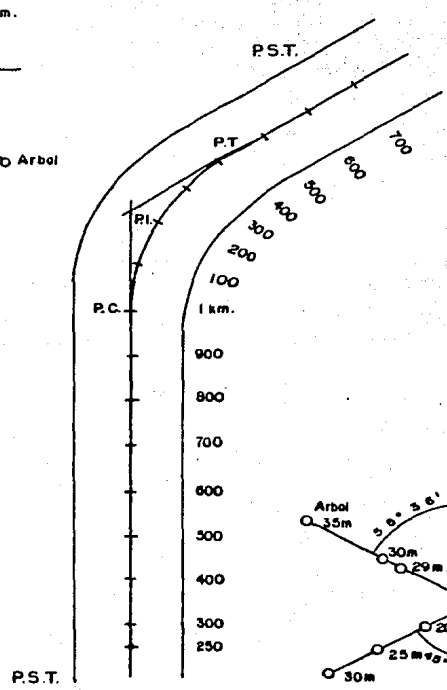
Para fijar las referencias lo más conveniente es utilizar los árboles corpulentos y notables, aristas de casas, cantiles, etc., si no se encuentran referencias de esta índole se pondrán trompos con tachuelas en cada punto y junto una estaca como testigo, con el número de referencia del punto y su distancia al eje del camino.

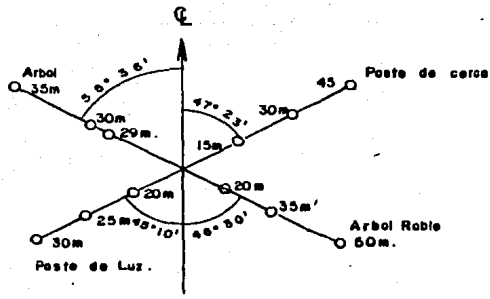
(Ver figura de Trazo y Referencias en el Proyecto de un Camino Rural, en la página siguiente).-

TRAZO Y REFERENCIAS EN EL PROYECTO DE UN CAMINO RURAL .



PC = 1 + 000





P.S.T. = km. 0 + 250

El tipo de Registro usado por la Dirección General de Caminos en el Trazo es el siguiente:

HORA : 16:00 Horas.
FECHA: Abril-16 – 1971
TIEMPO: Fuerte Viento.

EST.	DIST.	C. V.	DEFLEXION	R. M. O.	R. A. C.	OBS.
		0.1	0.1	0.1	0.1	
Δ 21+ 320	42.03	-3.09	0.00	NE 66° 30'	NE 75° 04'	
+ 300						
Δ 21+ 291.97		- 3.09	16.02 D	NE 66° 30'	NE 75° 04'	
+ 280						
+260						21+ 233.80
						PUNTO
+ 240	64.17					OBLIGADO
Δ 21+233.80		- 6.20	38.13 D	NE 30° 30'	NE 59° 02'	

En la primer columna se anota el cadenamiento de 20 en 20m. dejando un renglón en blanco para anotar las estaciones del tránsito.

En la segunda se anotan las distancias entre las estaciones.

En la tercera se anotan las lecturas del círculo vertical.

En la cuarta columna se anotan las deflexiones.

En la quinta se anota el rumbo magnético observado de la línea.

En la sexta columna se anota el rumbo astronómico calculado de la línea.

Personal.

La brigada de trazo de caminos rurales puede considerarse -

básicamente compuesta por:

Un trazador
Un nivelador
Un seccionador
Dos cadeneros
Dos estadaleros.

Y el personal auxiliar necesario de acuerdo con las condiciones especiales del trabajo, tales como: los peones indispensables para abrir brechas, chofer, caballerango, etc.

El trazador es el jefe de la brigada, tiene a su cargo la fijación de la ruta, del trazo, el proyecto de la rasante y el cálculo de la curva masa.

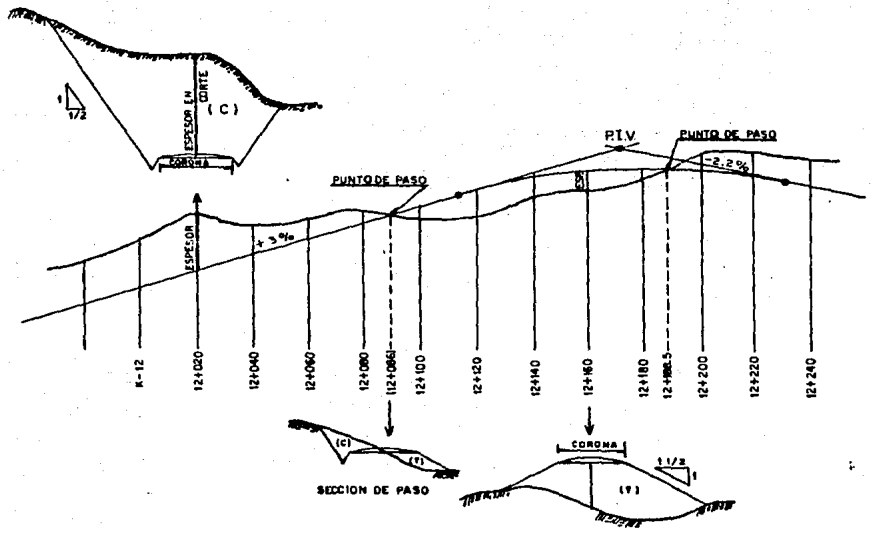
El nivelador se hace cargo del nivel, dibuja los perfiles y proyecta las obras de drenaje.

El seccionador se encarga del trazo de las secciones y su sibujo, así mismo se encarga de integrar la topografía, de auxiliar al jefe de la brigada en el cálculo de la curva masa y -- ayuda al nivelador en el proyecto del drenaje.

Secciones Transversales o de Construcción.

Son perfiles del terreno normal al eje proyectado en planta. Es el método preciso para el cálculo de terracerías, se trazan de acuerdo a ciertas especificaciones en corte ó en terraplén a cada 20m. en la línea definitiva.

El espesor de la altura del terraplén o la profundidad del corte, se deduce del perfil en la línea definitiva y es la diferencia entre la cota de la rasante y el terreno.



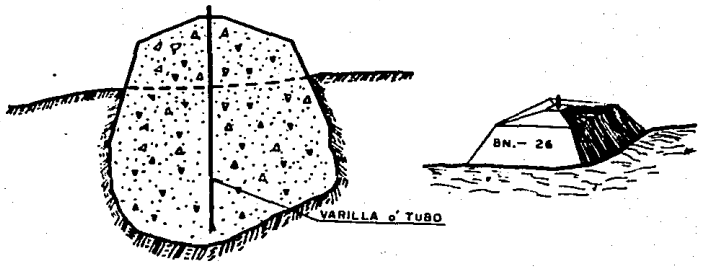
La pendiente o talud de las excavaciones y terraplenes de-- penderá de la clase de terreno que se encuentre pues en cada caso debe dársele la inclinación de reposo natural para evitar derrumbes. Los cortes pueden tener por ejemplo taludes a plomo de 1.5 por 1 en materiales sueltos, los terraplenes desde 1.5 x 1, hasta 2 x 1.

También en estas secciones debe dibujarse el bombeo y las - cunetas de desague.

Nivelación y Tipo.

Nivelación.- Tiene por objeto determinar la diferencia de altura entre dos o más puntos del terreno. Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos por ejemplo: el NMN (nivel medio del mar) A las alturas en los puntos sobre esos planos de comparación se les llama cotas, elevaciones, o alturas.

Bancos de Nivel.- Son estructuras fijas, notables e invariables que se construyen en lugares convenientes y generalmente de concreto como mojoneras, etc. Sirven como referencia para obtener cotas de puntos del terreno

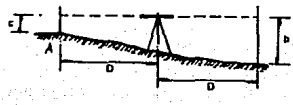


Tipos de Nivelación.

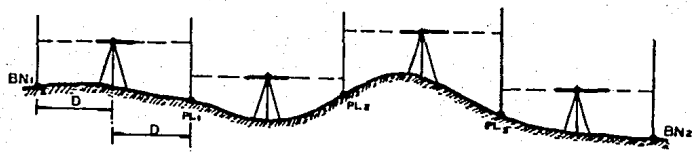
a) Nivelación Diferencial.- Se realiza cuando se puede poner el aparato de modo que pueda verse desde él los dos estadales colocados en los respectivos puntos.

Procedimiento.- Se instala el nivel a la altura y distancia conveniente del primer banco de nivel A, como se vé en la siguiente figura, se coloca un estadal sobre este punto, se hace la lectura en el estadal y se obtiene la

altura del aparato. Se procede a hacer la lectura en el estadal que está sobre el punto del cual queremos conocer su elevación.



Para extensiones largas se repite el mismo procedimiento.

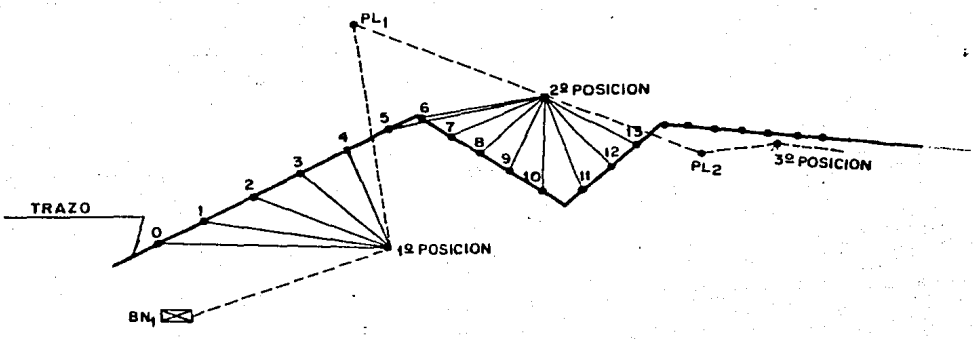


Es necesario comprobar toda nivelación para tener la seguridad de que está bien, y ésto se puede hacer nivelando nuevamente de regreso.

b) Nivelación de Perfil.- Es el levantamiento del perfil de una línea de proyecto. La línea por nivelar debe estar estacada a cada 20m. En esta nivelación además de los puntos de liga, se necesita hacer las lecturas del estadal en todos los puntos de estaca y en todos los puntos donde se quiera la línea del perfil del terreno, para que al unir con líneas rectas los puntos en el dibujo, se pueda obtener el perfil real de la línea del proyecto.

Para esta nivelación se necesitan bancos de nivel a cada 500m. por lo menos. Los lugares adecuados para los bancos de - nivel son los lugares donde hay obras, como puentes, túneles, alcantarillas, etc. y en general en los lugares necesarios en donde no se afecten por construcciones.

El procedimiento es semejante al de la nivelación dife-- rencial. La diferencia estriba en que cada posición del aparato entre dos puntos de liga, se toman también lecturas en los puntos de trazo establecido.



REGISTRO

Trabajo: _____ Observador: _____

Lugar: _____ Fecha : _____ Aparato: _____

P. O.	+	∡ COTA APARATO	LECTURAS(−) BN y PL	PUNTOS (−)	COTAS
BN 1	2.950	52.950			50.000
0				2.668	50.282
1				2.391	50.559
2				1.955	50.995
3				1.447	51.503
4				1.582	51.368
PL-1	1.666	54.224	0.392		52.558
5				0.590	53.634
6				0.591	53.633
7				0.912	53.312
8				1.235	52.989
Etc.				Etc.	
PL-2			3.699		50.525
BN-2					COTA BN-2
	Σ(+)		Σ(−)		

ANOTACIONES EN LA 1ª POSICION DEL APARATO.

ANOTACIONES EN LA 2ª POSICION DEL APARATO.

(−)

(−)

(−)

(−)

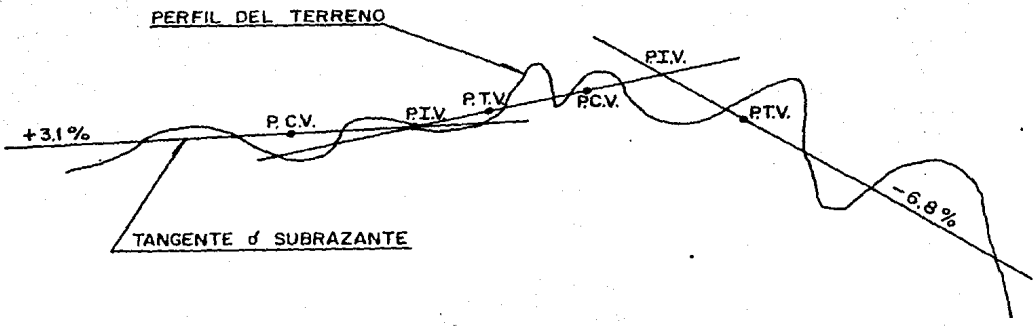
En la primer columna del Registro de una Nivelación de la página anterior, se anotan las estaciones que se nivelan y los puntos de liga, así como los bancos de nivel.

Los puntos de tránsito se anotan con su kilometraje completo y sus anotaciones: P.C., P.T., P.S.T., etc.

En la segunda columna se anota la altura del aparato; en la cuarta se anotan las lecturas adelante; en la quinta columna la lectura negativa para determinar la cota de las estacas y los puntos de tránsito; en la sexta se anotan las cotas calculadas en las lecturas hechas. Las cotas de los puntos de liga y de los bancos de nivel se determinan al milímetro y las del terreno al centímetro.

Curvas Verticales.

Una vez proyectada la subrasante, se procede al cálculo de las curvas verticales, con el fin de contrarrestar cortes en -- las partes de las intersecciones de dos pendientes.

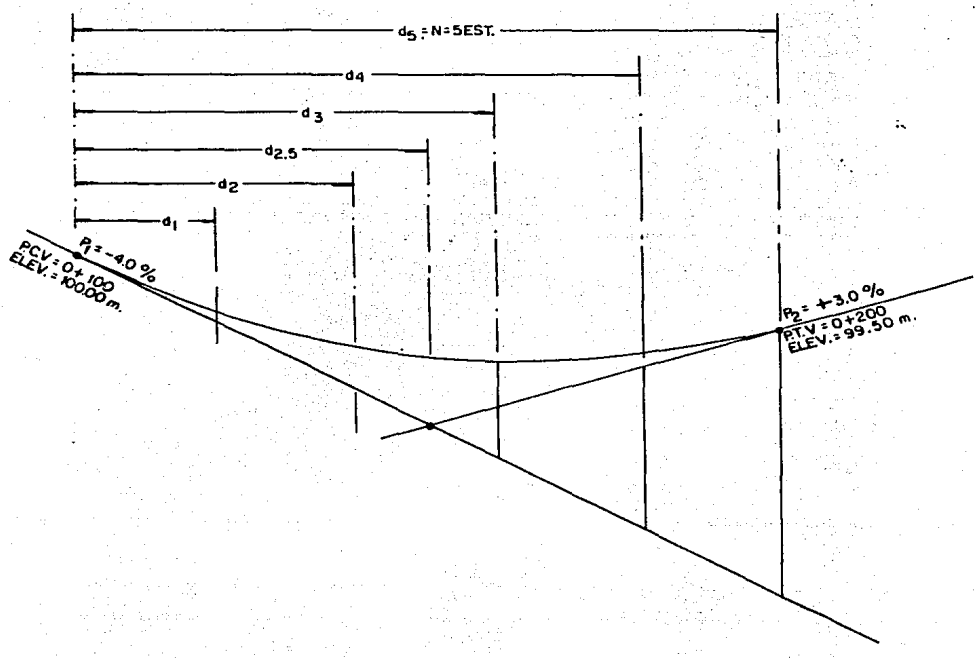


Se proyectan curvas verticales cuando la diferencia algebraica entre 2 pendientes sea mayor del 0.5%, EJEMPLO:

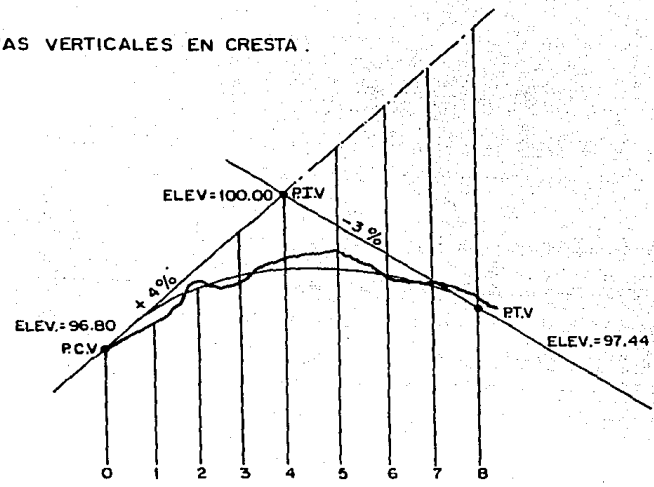
Si de un tramo de nivel se pasa a una pendiente ascendente de-5% la diferencia algebraica será:

Tramo a nivel	=	0. 00%
Tramo ascendente	=	5. 0%
		5. 0%

CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO



CURVAS VERTICALES EN CRESTA.



CALCULO POR EL METODO DE TANGENTES PROLONGADAS

NUMERO DE CUERDAS =/4/+ /3/ = 7 m = 8 CUERDAS

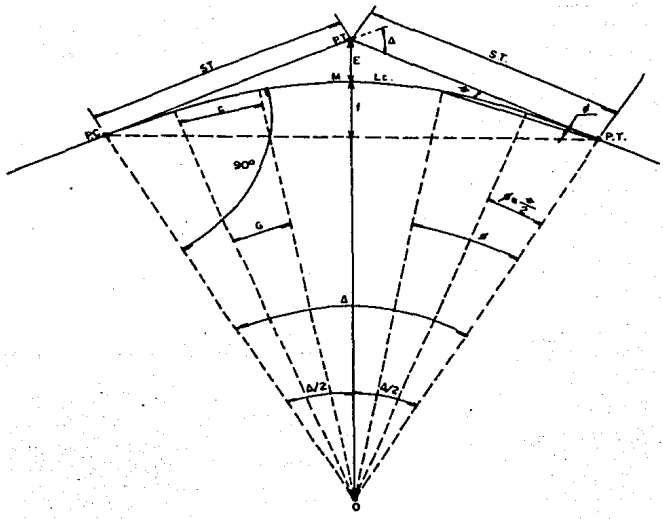
$$K = \frac{A-B}{n^2} = \frac{103.20-97.60}{64} = \frac{5.60}{64} = 0.0875$$

K = 0.0875

n	COTA	COTA TAN PROLONGADA	n^2	K n^2	COTAS CURVA	COTA TERRENO
0	96.80		0	0	96.80	96.40
1	97.60		1	0.90	97.51	97.21
2	98.40		4	0.36	98.04	98.44
3	99.20		9	0.81	98.39	98.25
4	100.00	100.00	16	1.44	98.56	98.66
5	99.40	100.80	25	2.25	98.55	99.00
6	98.80	101.60	36	3.22	98.38	98.43
7	98.20	102.40	49	4.41	97.99	97.70
8	97.60	103.20	64	5.76	97.44	97.94

CURVAS HORIZONTALES

Las tangentes deben unirse entre sí por medio de curvas por lo - general circulares, o espirales dependiendo de la velocidad del- tránsito y la configuración del terreno.- En la figura siguiente se ve una curva horizontal con sus elementos correspondientes.



CURVA HORIZONTAL

ELEMENTOS DE UNA CURVA HORIZONTAL

T = TANGENTE	f = FLECHA
PC = PRINCIPIO DE CURVA	O = CENTRO DE LA CURVA
P.T. = PRINCIPIO DE TANGENTE	Lc = LONGITUD DE CURVA
S.T. = SUBTANGENTE	G = GRADO DE LA CURVA
P.I. = PUNTO DE INFLEXION	C = ARCO DE 20 M.
R = RADIO DE CURVATURA	Ø = ANGULO DE UNA CUERDA
Δ = DEFLEXION	PSC. = PUNTO SOBRE CURVA.
E = EXTERNA	⊸ = ANGULO DE DEFLEXION A UN PSC.

CALCULOS

$\frac{G}{20} = \frac{360}{2\pi R}$

$$\therefore \quad R = \frac{1145.9^2}{G} \qquad \text{------ (1)}$$

$$ST = R \ \text{TANG.}(\Delta/2) \qquad \text{------ (2)}$$

$$Lc = \frac{20\,\Delta}{G} \qquad \text{------ (3)}$$

DEFLEXION POR MTR.

$$d = \frac{\Delta/2}{Lc} \qquad \text{------ (4)}$$

E = PI-O-MO-NO =
PI- O - R
E = R SEC Δ/2 - R

$$E = R.\,SEC.\,\Delta/2 - 1 \qquad \text{------ (5)}$$

f = MO-NO
NO = R COS Δ/2 =
R(1-COS Δ/2)

$$f = R \ SEN \ \ \Delta/2 \qquad \text{------ (6)}$$

PC = PI - ST

PT = PC + LC

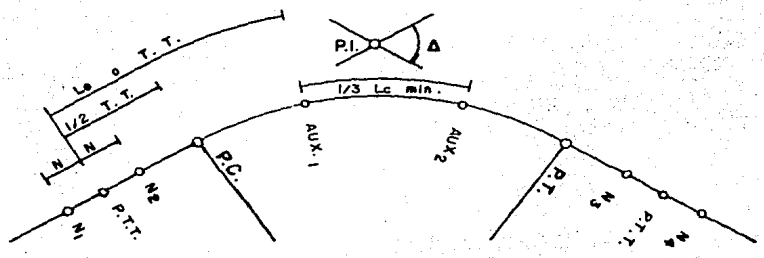
Trazo de Curvas Horizontales.

Una vez obtenida la tabla de deflexiones se localiza en el campo el punto de inflexión, se visa la estación anterior, y en esta dirección se mide una distancia igual a la subtangente, en este punto se coloca una estaca con su tachuela, se traslada el aparato a este punto, se centra y se visa el PI, se pone en ceros el vernier, se fija el movimiento general y con el movimiento particular, se gira un ángulo en el sentido donde se encuentre la curva igual que la primera deflexión de entrada, un cadenero se pondrá en el punto de comienzo PC, con el cero de la cinta, el otro cadenero avanzará una distancia igual al valor de la primera subcuerda, cuando quede visado por la dirección que se tiene en el anteojo se tendrá el ángulo y la distancia de nuestro primer punto sobre cuerda (PSC). Se traslada el cadenero de atrás a este punto, el aparato se gira ahora un ángulo igual al valor de una cuerda, se procede en la misma forma que como se indicó anteriormente y así se prosigue hasta colocar todos los puntos de la curva.

Si hay un obstáculo que impida trazar la curva en su totalidad, desde el PC, entonces se comienza el trazo de la curva como se indicó anteriormente hasta llegar a la última estaca que pueda colocarse desde el PC, se fija con mayor cuidado que las anteriores, se traslada el aparato a éste punto, se visa el PC teniendo en el circulo horizontal la última lectura de la deflexión, correspondiente a la estación en la que se centró el aparato, se dá vueltas de campana y se sigue el trazo usando los ángulos que corresponderían a la estación siguiente, como si se trazara desde el PC.

EST.	P. V.	DEFLEX.	DATOS CURVA	R. M. O.	R. A. C	NOTAS
	P.T. 2+310.63	30° 15'	PI. = 2+226.00 R = 191.97 m. Δ = 60° 30' I ST. = 117.04 m. g = 6° I Lc = 201.67 m.	N 12° 00' E	N 21 42' E	
	300	28° 39'				
	280	25° 39'				
	260	22° 39'				
	240	19° 39'				
	220	16° 39'				
	200	13° 39'				
	180	10° 39'				
	160	7° 39'				
	140	4° 39'				
	2+120	1° 39'				
P.C. 2+108.96				N 72° 30' E	N 82° 12' E	

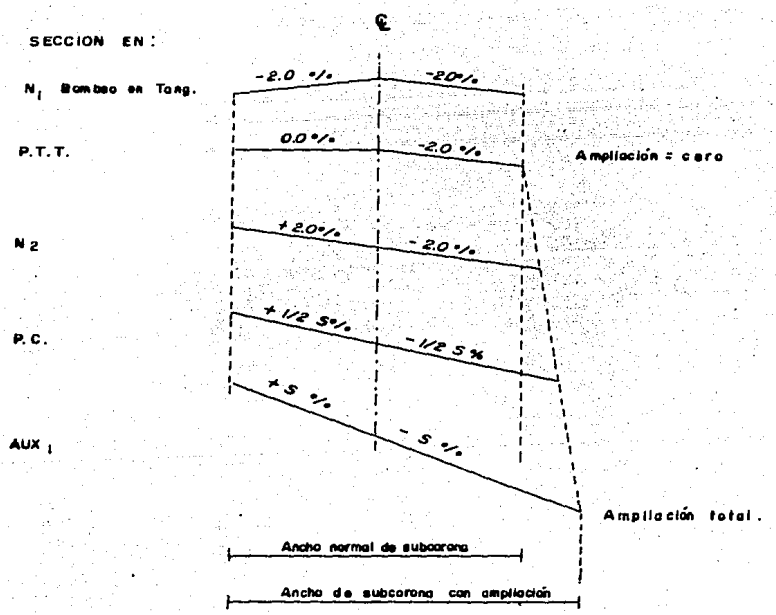
Cuando el alineamiento horizontal trazado en campo esté formado por curvas circulares simples, que es el caso común; la variación de sobreelevaciones y ampliaciones es como a continuación se describe :



RE PRESENTACION DE LA CURVA HORIZONTAL .

VARIACION DE SOBREELEVACION Y AMPLIACION EN UNA CURVA CIRCULAR.

(SECCION TRANSVERSAL)



AMPLIACIONES, SOBREELEVACIONES Y TRANSICIONES PARA CAMINOS RURALES

VELOCIDAD		30			40			50			60			70		
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le
0 30	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 00	1145.92	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1 30	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	40	3.0	22
2 00	572.96	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2 30	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3 00	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
3 30	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26
4 00	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.4	19	60	5.3	30
4 30	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
5 00	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
5 30	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
6 00	190.99	40	3.0	10	60	3.0	13	60	3.3	16	60	5.5	26	70	8.0	45
6 30	176.29	50	3.0	10	60	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
7 00	163.70	50	3.0	10	60	3.0	13	60	4.1	18	70	6.4	31	80	9.5	52
7 30	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.6	33	80	10.0	56
8 00	143.29	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8 30	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9 00	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9 30	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10 00	114.56	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.9	24	90	9.1	44			
11 00	104.17	60	3.0	10	70	3.7	15	80	6.5	26	90	10.0	48			
12 00	95.49	60	3.0	10	80	4.0	15	90	7.1	28						
13 00	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14 00	81.85	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15 00	76.39	70	3.0	10	90	5.0	16	100	8.8	35						
16 00	71.62	80	3.0	10	90	5.4	17	100	9.4	38						
17 00	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18 00	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19									
19 00	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20 00	57.30	90	3.3	10	100	6.7	21									
22 00	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24 00	47.75	100	4.0	10	120	8.0	26									
26 00	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28 00	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30									
30 00	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32									
32 00	35.81	130	5.3	13												
34 00	33.70	130	5.7	14												
36 00	31.83	140	6.0	14												
38 00	30.16	150	6.3	15												
40 00	28.65	150	6.7	16												
42 00	27.28	160	7.0	17												
44 00	26.04	160	7.3	18												
46 00	24.91	170	7.7	18												
48 00	23.87	180	8.0	19												
50 00	22.92	180	8.3	20												
52 00	22.04	190	8.7	21												
54 00	21.22	190	9.0	22												
56 00	20.46	200	9.3	22												
58 00	19.76	200	9.7	23												
60 00	19.10	210	10.0	24												

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

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición mixta, en metros.

Nota— Para grados intermedios no previstos en la tabla, Ac, Sc y Le se obtienen por interpretación lineal.

En la misma forma, sería la variación al final de la curva sólo que en sentido inverso.

Ilustraremos lo anterior con un ejemplo numérico.

G = 8° 00'
R = 143.24 m.
ST = 76.89 m.
Lc = 141.13 m.
Vp = 60 Kph
Pc = 35 + 346.10
Pt = 35 + 487.23

Con todos los datos del tipo del camino, la velocidad de proyecto (60 Kph) y el grado de curvatura (8°), vamos a la tabla 004-5 de la Dirección General de Servicios Técnicos y encontramos que - para esos datos:

SEm = 7.3 %
Amp = 0.80 m.
T.T. = 35 m.

El valor de N lo encontramos con esta información, puesto que es - la longitud necesaria para una variación de 2% en sobreelevación - por lo que:

$$\frac{N}{2.0\%} = \frac{35}{7.3\%} \qquad N = \frac{35 \times 2}{7.3} = 9.59 \text{ m.}$$

El cálculo de valores intermedios en sobreelevación y ampliación,- es sencillo, puesto que la variación es lineal y además conocemos- los límites entre los cuáles se efectúa dicha variación:

a) Para sobreelevaciones, varía de 0 % a S máx. % en una distancia de T. T. metros así que:

$$S_x = \frac{S\ máx.}{T.T.} \quad d_x \qquad (\text{en nuestro ejemplo } S_x = d_x \frac{7.3}{35}$$

En donde S_x = sobreelevación en el punto deseado.

S más. = sobreeelevación en la parte central de la curva, obtenida de las tablas.

T.T. = longitud de la tangente de transición.

d_X = distancia del P.T.T. o del F.T.T. (tomados como origen) al punto deseado.

b) Para ampliaciones, la variación es de 0 en el inicio de la transición (P.T.T.) y al final de la misma (F.T.T.) y tiene un valor máximo en los puntos auxiliares, es decir la transición se hace en T.T. m.

$$A_X = \frac{A\ máx.}{T.T.} \quad d_x \qquad (\text{en el ejemplo } A_x = \frac{0.80}{35} \quad d_X = 0.022857\ d_x$$

en donde: A_x Ampliación en el punto deseado.

A máx. Ampliación total en la curva circular obtenida de las tablas.

T.T. Longitud de la tangente de transición obtenida de las tablas.

d_X Distancia del origen (P.T.T. ó F.T.T. según el lado de la curva que se este analizando), al punto deseado.

DATOS PARA EL PROYECTO DE SECCIONES

OBRA VIAL : Camino : Torreón - Culiacán
TRAMO : Los Herrera - El Palmito.
DE km. km. 35 + 314.03 A km. km. 35 + 500
SUB-TRAMO : Los Herrera - M. Ocampo ORIGEN Los Herrera, Dgo.

ESTACION	G	VELOCIDAD DE PROYECTO	SOBREELEVACION		AMPLIACION		TRANSICION	
			IZQ	DER	IZQ	DER	S.E.	AMPL.
35 + 314.03	N		-2.0%	-2.0%	0.00	0.00	9.57	
320			-8.0%	"	"	"	3.60	
323.60	PTT		0.0%	-2.0%		0.00	0.00	0.00
333.17	N		+2.0%	-2.0%		0.17	9.57	9.57
340.			+3.4%	-3.4%		0.29	16.40	16.40
346.10	PC		+4.7%	-4.7%		0.40	22.50	22.50
360			+7.6%	-7.6%		0.65	36.40	36.40
368.60	PC	AUX	+9.4%	-9.4%		0.80	45.00	45.00
380			"	"		"		
400			"	"		"		
420	8° 30'		"	"		"		
440			"	"		"		
460			"	"		"		
464.73	PT	AUX	+9.4%	-9.4%		0.80	45.00	45.00
480			+6.2%	-6.2%		0.53	29.73	29.73
487.23	PT		+4.7%	-4.7%		0.40	22.50	22.50
500			+2.0%	-2.0%		0.17	9.73	9.73
500.16	N		+2.0%	-2.0%		0.17	9.57	9.57
509.73	PTT		0.0%	-2.0%		0.00	0.00	0.00
519.30	N		-2.0%	-2.0%	0.00	0.00	9.57	
520.			"	"	"	"		
540.			"	"	"	"		
560			"	"	"	"		
35 + 500			-2.0%	-2.0%	0.00	0.00		

CAPITULO V

METODOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION

Los pasos a seguir en la construcción de un camino rural son:

5.1 DESMONTE.

Consiste en el despeje de la vegetación existente en las áreas necesarias para la construcción del camino y las destinadas a bancos de material para la construcción del camino, con objeto de evitar la presencia de material vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, de acuerdo con lo fijado en el proyecto. Comprende la ejecución de cualquiera de las operaciones siguientes:

A) Tala. Consiste en cortar los árboles y arbustos.

B) Roza. Consiste en quitar la maleza, hierba, sacate o residuos de las siembras.

C) Desenraice. Consiste en sacar los troncos o tocones con raíces.

D) Limpia y quema. Consiste en retirar el producto del desmonte al lugar que indique la Secretaría, estibarlo y quemar lo no utilizable, a criterio de la -- propia Secretaría.

Las operaciones de talar, rozar y limpiar, se ejecutan entre los ceros del camino, excepto cuando se trate de zonas de vegetación de selva o bosque, en las que se fectúa la tala hasta 3 mts. hacia afuera de los ceros en ambos lados; así mismo esos trabajos se ejecutan en la superficie limitada por las líneas trazadas a 1m. fuera de los ceros de los canales y contracunetas, y de las zonas que limitan los préstamos y bancos.

La operación de desenraizar, como se define en este capítulo se ejecuta entre los ceros del camino. Este trabajo debe ejecutarse de tal manera que se asegure la eliminación completa de la materia vegetal para que no se revuelva con el material destinado a la construcción. El desmonte se mide tomando como unidad la hectárea.

5.2 CORTES.

Son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación o abatimiento de taludes en derrumbes, en despalmes de cortes o para el desplante de terraplenes, con objeto de preparar y formar la sección de la obra, de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga, se clasifican tomando como base los tres tipos siguientes:

Material A.- Son suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.5cm. por ejemplo suelos agrícolas, los limos y las arenas.

Material B.- Es el que por la dificultad de extracción y carga, sólo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchillas de inclinación variable. Pertenecen a este tipo de material: las piedras sueltas menores de 75cms. y mayores de 7.5cms. por ejemplo rocas muy alteradas, conglomerados mediante cementados, areniscas y tepetates.

Material C.- Es el que, por su dificultad de extracción, sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; se

consideran como material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75cms. Por ejemplo rocas basálticas, las areniscas y conglomerados fuertemente cementados, calisas, riolistas, granitos.

Cuando lo indique el proyecto se despalma el sitio de los cortes, desalojando la capa superficial del terreno natural que por sus características no sean adecuadas para la construcción de los terraplenes. Los despalmes se ejecutan solamente en material A. El material producto del despalme siempre se desperdiciará, colocándolo en el lugar que indique la Secretaría.

Las escavaciones en cortes se ejecutarán siguiendo un sistema de ataque que facilite el drenaje. Las cunetas y contracunetas que indique el proyecto, deberán hacerse simultáneamente con los cortes.

Los materiales obtenidos de los cortes se emplean en la formación de terraplenes o se desperdician como lo indique el proyecto.

En los tramos de terracerías compensadas, antes de efectuar préstamos de ajuste, debe vaciarse totalmente los cortes, utilizando todo el material aprovechable en la formación de -- los terraplenes.

En laderas cuya pendiente transversal sea igual o mayor a 20% no se deben construir terraplenes; la sección se aloja en firme y en casos excepcionales se construyen muros de contención para estabilizar la sección.

Para dar por terminado un corte, al nivel de la subrasante se verifica el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

Para los volúmenes de despalme, de cortes y de ampliación o abatimiento de taludes, se consideran los volúmenes que indique el proyecto. Se determinan los volúmenes a cada tipo de material."

5.3 PRESTAMOS.

Son excavaciones ejecutadas en los lugares fijados en el proyecto, a fín de obtener los materiales adecuados para formar los terraplenes no compensados. Pueden ser:

a) Préstamos Laterales.- Son los ejecutados dentro de fajas ubicadas fuera de los ceros en uno o ambos lados del eje y de las terracerías, con ancho de 30m. contados a partir del centro de línea del camino, cuyos --

materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a di-- chos préstamos, pudiendo sobresalir los extremos de - unos y otros en cada caso hasta 20m.

b) Préstamos de Banco.- Son los ejecutados fuera de la - faja de 30m. de ancho.

La ubicación y las dimensiones de los préstamos son fijadas en cada caso en el proyecto.

Los préstamos se excavan únicamente hasta la profundidad fijada en el proyecto.

El ejecutor no inicia la excavación de ningún préstamo - hasta que éste haya sido trazado y seccionado por la Secretaría y cuente con la autorización de ésta.

En los tramos de terracerías compensadas, solamente se hacen préstamos de ajuste cuando se ha utilizado totalmente el material aprovechable de los cortes.

El ejecutor es responsable de que durante la operación de despalme o de excavación para obtener los materiales de - préstamo, no se destruya o altere las referencias y bancos -

de nivel del seccionamiento. Los conceptos de obra se miden - tomando como unidad el metro cúbico. Los volúmenes del producto del despalme se miden empleando el método del promedio de áreas extremas.

Los volúmenes de préstamo se miden seccionando las excavaciones a cada 20m. o menos, si la configuración del terreno así lo requiere y calculando por el método del promedio de -- áreas extremas. Se determinan los volúmenes correspondientes a cada uno de los tipos de materiales, la clasificación debe- hacerse en tramos no mayores de 100m.

5.4 TERRAPLENES.

Son estructuras ejecutadas con materiales adecuados producto de cortes o de préstamos de acuerdo con lo fijado en el proyecto, que estén exentos de materia orgánica.

Siempre que la topografía del terreno lo permita, los terraplenes se construyen con capas sensiblemente horizontales - en todo lo ancho de la sección.

Para la formación de la parte de los terraplenes que se - construya con material a volteo, el volumen se determina seccionando el terraplén a cada 20m. o menos, si la configuración --

del terreno así lo requiere, calculando por el método del promedio de áreas extremas y tomando como base la sección de proyecto, haciendo las modificaciones necesarias para cambios autorizados por la Secretaría.

Para dar por terminada la construcción de un terraplén incluyendo su afinamiento, se verifica el alineamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de acuerdo al proyecto y lo ordenado por la Secretaría, dentro de las tolerancias autorizadas.

3.5 TRABAJOS TOPOGRAFICOS QUE SE EFECTUAN EN LA CONSTRUCCION DE CAMINOS RURALES.

Antes de construir un camino rural se debe verificar que los datos de proyecto coincidan con el trazo hecho en el campo. Para ello se hace de nuevo el trazo del eje del camino referenciando los P.S.T., P.C., P.I., P.T., con testigos que sean inmovibles a la hora de la construcción.

También se efectúa una nivelación del eje del trazo para verificar el alineamiento vertical, ubicando bancos de nivel a cada 500m. con testigos que sean inmovibles a la hora de la construcción.

CAPITULO VI

ESTUDIO DE OBRAS DE DRENAJE

El agua es uno de los elementos que causa mayores proble-- mas a los caminos, provocando menor resistencia de los suelos, presentando fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento; por lo que es necesario hacer estudios de drenaje.

Drenaje.- Es el conjunto de obras que sirven para captar, conducir y alejar del camino, el agua que puede causarle pro-- blemas.

El agua de lluvia al caer sobre la superficie terrestre - tiene varios destinos: puede escurrir superficialmente infiltrándose en el subsuelo o evaporarse.

Al construirse un camino se modifican las condiciones del- escurrimiento en las zonas que atraviesa, lo que puede ser causa

de diversos problemas, tales como la erosión, depósito, inundaciones, etc.

Por lo mismo el estudio del drenaje debe iniciarse desde - la elección de la ruta, para lo cual se debe elegir la zona que provoque menos problemas de escurrimiento. De ser posible, utilizando las pendientes máximas permisibles se tratará de aprovechar los parteaguas en donde el drenaje sea mínimo. En las laderas de las serranías, el drenaje aumenta; sin embargo, las -- cuencas y los escurrimientos están generalmente bien definidos; en cambio, en terrenos planos es donde se tienen mayores problemas de drenaje, ya que a menudo ni las cuencas ni los escurrimientos están bien definidos.

6.1 CONSIDERACIONES HIDROLOGICAS APLICABLES AL ESTUDIO DEL DRENAJE.

a) Cantidad y tipo de precipitación.- Se debe de tener en - cuenta la cantidad de agua que cae el año.

b) Ritmo de precipitación.- Si caen aguaceros de lluvia fina durante períodos largos.

c) Tamaño de la cuenca.- Si la cuenca es pequeña, un aguacero puede abarcar la totalidad de una cuenca pequeña, pero si la cuenca es grande, el aguacero sólo puede abarcar un sólo lado.

d) Declive superficial.- La pendiente de la cuenca es importante, ya que el agua se concentrará más rápidamente a - medida que la pendiente es mayor y a medida que la topografía permite causes más directos.

e) Permeabilidad de los suelos.- Si la permeabilidad de - los suelos y rocas es alta debido a su formación geológica, el escurrimiento es menor ya que una parte importante del agua se infiltrará.

f) Condiciones de saturación.- En suelos con alta saturación o con una cubierta de pastisales cerrada, el escurrimiento es mayor.

Actualmente, se cuenta con diferentes métodos hidrológicos para obtener el gasto de una cuenca y se clasifican en empíricos, estadísticos y los basados en la relación lluvia escurrimiento.

1.- Los empíricos basados en la experiencia del proyectista.

2.- Los métodos estadísticos hacen uso de datos de precipitaciones y escurrimientos que se han registrado durante largo tiempo y se basan en los gastos máximos - anuales de la corriente de que se trate.

3.- Lluvia escurrimiento.- Requiere datos de precipitación así como datos de la cuenca. Estos métodos fueron desarrollados para áreas hasta de 50 km^2.

6.2 CLASIFICACION DEL DRENAJE.

El drenaje de caminos se clasifica en superficial y subterráneo, según se realice o no, el escurrimiento, a través de - las capas de la corteza terrestre.

El drenaje superficial se clasifica según la posición que las obras guardan con respecto al eje del camino, en paralelo- y transversal.

El drenaje paralelo o longitudinal capta los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él; pertenecen a este tipo de drenaje: las cunetas, contracunetas, -- bordillos y canales de encauzamiento.

El drenaje transversal.- Retira lo más pronta posible el agua de la corona del camino; pertenece a este tipo de drenaje: los tubos, losas, bóvedas, vados, sifones y el bombeo de la corona.

El drenaje transversal se divide en:

a) Drenaje mayor o puentes, con claro mayor de 6 m.
b) Drenaje menor o alcantarillas.

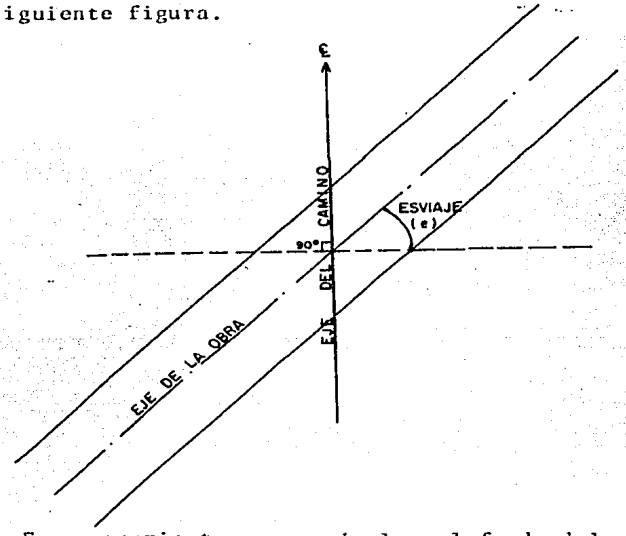
Para el proyecto de una obra de drenaje se toma en cuenta los siguientes factores:

1.- Ubicación de la obra.
2.- Cálculo del área hidráulica.
3.- Elección del tipo de obra.
4.- Cálculo dimensional y estructural.
5.- Elaboración del funcionamiento del drenaje en tramos de 5 km.

En base a los estudios de drenaje que se efectúan en las etapas de elección de la ruta y anteproyecto, en el estudio definitivo se ubican los ejes de las alcantarillas en la planta del camino. Se debe tomar en cuenta que no en todos los escurrrideros, se construirá una obra sino que en alguno de ellos; los de menor importancia, se canalizan hacia los de mayor caudal ya sea que se intercepten por medio de canales laterales, contra-cunetas ó cunetas.

Sobre la línea del camino se requiere conocer el cadenamiento y la cota del terreno y subrasante, en el lugar que se efectuará el cruce, así como el ángulo de esviaje de la obra.

Angulo de esviaje.- Es el ángulo formado por el eje de la cantanrilla con la normal al eje del camino. Es el complemento al menor ángulo de deflexión que hace el eje del camino, tomando en cuenta el eje del cadenamiento con el eje de la obra y su sentido será contrario al de la deflexión. Como se muestra en la siguiente figura.



Es necesario trazar y nivelar el fondo del cauce con las modificaciones realizadas y si es necesario, para efectuar un mejor proyecto, se hará el levantamiento topográfico de una zona aledaña al cauce, el cual se dibujará a escala 1:500, con curvas de nivel a cada medio metro.

Con este levantamiento se proyecta la plantilla de la obra, pudiéndose efectuar rectificaciones al cauce, procurando -

efectuar los menos rellenos posibles y no provocar erosiones, principalmente hacia la salida de la obra.

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 las alcantarillas.

Para calcular el área hidráulica necesaria en una obra de drenaje, se pueden utilizar diferentes métodos, pero generalmente se utiliza la fórmula de TALBOT.

La fórmula de Talbot, fué determinada mediante una gran cantidad de observaciones en zonas de alta precipitación pluvial (máxima 100 mm^3/h), en el medio oeste de Estados Unidos. Su expresión es: $a = 0.183\ CA^{3/4}$ en la que:

a = área hidráulica necesaria en la obra en m^2

A = área hidráulica de la cuenca por drenar en Ha.

C = coeficiente que varía de acuerdo a las características del terreno.

La fórmula de Talbot, según su autor es aplicable a cuencas hasta de 200 km^2, pero en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, al restringir su uso a las obras menores únicamente, se ha reducido ese valor a 10 km^2 aprox., que es en términos generales, el valor del área de la cuenca más grande que se puede drenar con una alcantarilla.

Coeficiente de Talbot

NATURALEZA DEL TERRENO	COEFICIENTE
Terreno plano	0.20
Terreno ligeramente ondulado	0.30
Terreno ondulado	0.50
Lomerío	0.60
Lomerío fuerte	0.80
Montañas	0.90 – 1.00

IV.3 LAS PRINCIPALES OBRAS PARA LA PROTECCION DEL CAMINO, SON LAS SIGUIENTES.

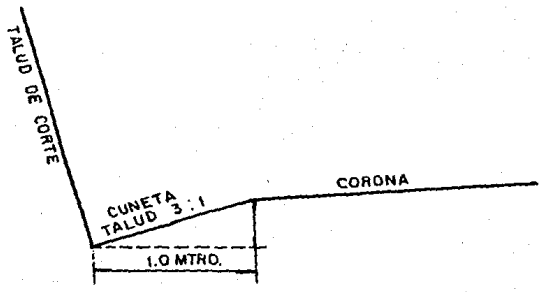
a).- Bombeo. Consiste en proporcionar a la corona del camino en las tangentes del trazo horizontal, una pendiente transversal del centro del camino hacia los hombros y su función es la de dar salida expedita al agua que cae sobre la corona y evitar en lo posible que penetre en las terracerías.

En los caminos rurales cuya corona esté revestida, el bombeo debe ser del 4% como máximo; pero con el fín de evitar erosión en los terraplenes en balcón y en la superficie de rodamiento cuando la pendiente longitudinal sea fuerte, se podrá proporcionar a la corona una pendiente transversal contínua, hacia el lado del corte, hasta del 5% con objeto de desalojar rapidamente el agua hacia la cuneta; en las secciones en curva el bombeo se superpone con la sobreelevación necesaria, de manera que la pendiente transversal ocurre sin discontinuidades; la sobreelevación máxima será del 10%. Por regla general, el bombeo se debe dar en la capa que represente un menor costo, así pues es conveniente darlo en la subbase u otra capa más profunda.

Cunetas.

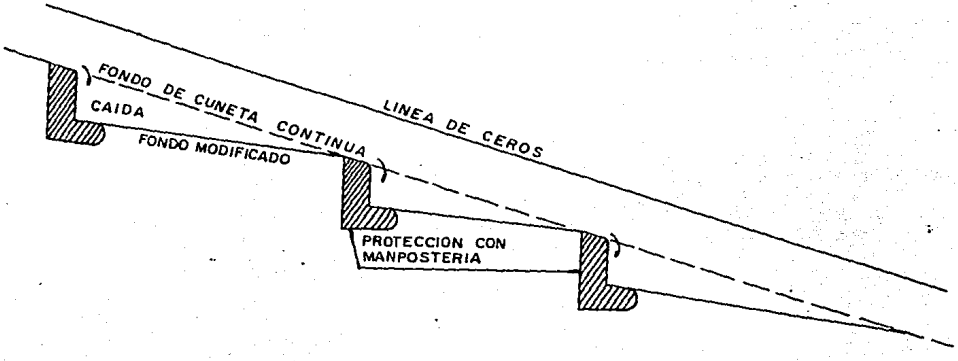
Cunetas.- Son canales que se hacen a los lados de la cama del camino en cortes, su función es interceptar el agua que escurre de la corona, del talúd de corte y del terreno natural adyacente para conducirla hacia una corriente natural ó una obra-transversal.

Para calcular el área hidráulica de las cunetas, se considera suficiente en la mayoría de loscasos, la utilización de una sección transversal triangular cuya profundiad es de 33cm. de ancho de 1m. y con taludes de lado de la corona de 3:1. La longitud de una cuneta debe ser de 250m. si se pasa esa distancia se debe de construir una obra que conduzca fuera del camino el caudal de la cuneta hacia aguas abajo.

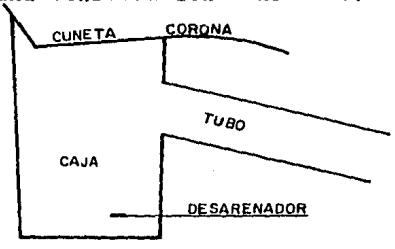


Para evitar que el agua se salga de las cunetas, debe procurarse que no haya cambios bruscos de velocidad, lo cual se logra mediante cambios de sección y transiciones adecuadas.

Para evitar que el material de las cunetas sea erosionado, debe reducirse la velocidad que alcanza el agua, disminuyendo la pendiente de la cuneta y provocando caídas para que el fondo de la cuneta esté por debajo de la subrasante.



Los cajones de entrada con desarenadores son obras de alivio más ventajosas y recomendables, el agua que corre por las cunetas antes de entrar a la alcantarilla caé en la caja, que más abajo tiene un depósito desarenador, destinado a retener, por sedimentación, los arrastres que lleva la corriente de agua. Estas obras requieren de una conservación constante.



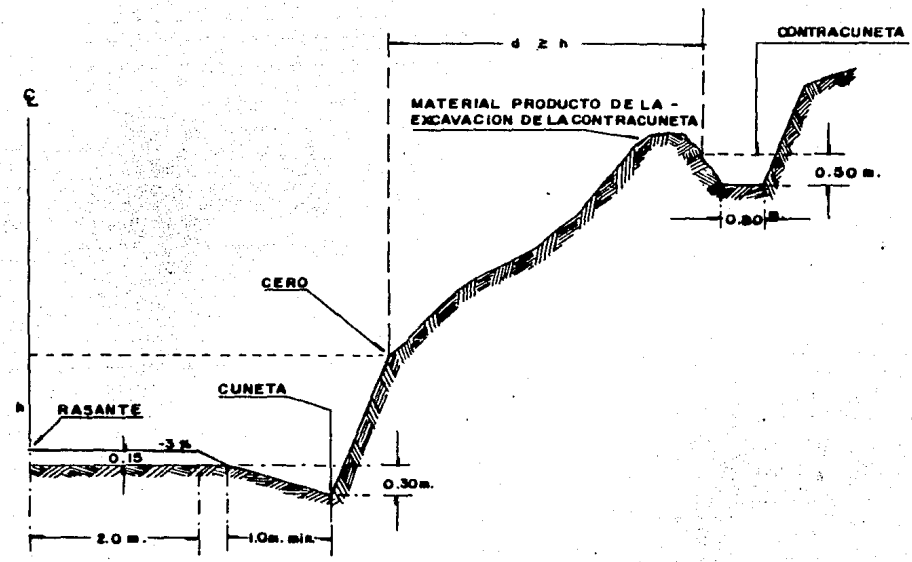
Contracunetas.

Contracunetas.- Son zanjas que se construyen aguas arriba de los ceros en los cortes y tienen como finalidad interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada inmediata o parte baja del terreno, evitando que al escurrir por los taludes los erosione y que se aumente el caudal de las cunetas.

Se construyen contracunetas en aquellas zonas en las que el escurrimiento es transversal al camino y proveniente de una cuenca grande, de tal manera que pudiera sobrepasarse la capacidad dela cuneta; para su localización y proyecto se deben tomar en cuenta la formación geólogica, la topográfica, la cobertura vegetal del terreno, la precipitación, el área por drenar, la forma de la ladera, etc.

La sección de las contracunetas generalmente es de forma trapezoidal con las siguientes dimensiones: 0.80m. en la plantilla y 0.5m. de profundiad, el talúd de aguas abajo será el suficiente para que no se derrumbe.

CUNETA TIPO DE SECCION TRIANGULAR Y CONTRACUNETA TRAPEZOIDAL PARA CAMINOS RURALES



VADOS:

Son estructuras superficiales del camino en el cruce con un escurrimiento de agua efímera o permanente, de tirante pequeño. Tiene frecuente aplicación cuando se tienen co--- rrientes de régimen torrencial que permitan el paso de vehículos la mayor parte del año y donde la interrupción del tránsito sea cuando más de 2 a 4 horas.

Su configuración debe acercarse lo más posible a la del -- terreno natural para no alterar, sino en escala mínima, el régimen hidráulico y para la protección del vado mismo, la elección de este tipo de obra es, en general cuando se tienen cauces amplios y la rasante del camino es baja.

El proyecto geométrico del vado debe ser con la superficie de rodamiento a pelo de tierra ya que cualquier parte de - éste que quede arriba, por baja que sea es un obstaculo al escurrimiento que actua como vertidor pudiendo provocar un aumento en la socavación.

En caminos rurales, el vado sustituye numerosas veces al - puente mediano o chico y a la alcantarilla de grandes di-- mensiones.

El vado tendrá una longitud limitadapor el nivel de aguas máximas, excepcionales ya que no debe de haber obstáculo al -- curso del agua y de sus arrastres que provoquen aumento en el ancho de la corriente.

Alcantarillas.-

Alcantarillas.- Son estructuras de diferente forma que - sirven para conducir y desalojar el agua lo más rápido posible de las hondonadas y partes bajas del terreno que atraviesan el camino.

Según la forma de su sección y el material de que están - construídas las alcantarillas, se clasifican en: tubos, bóvedas, losas sobre estribos y cajones. Están siempre alojadas en el - cuerpo de la terracería.

Cualquiera que sea el tipo de alcantarilla, el terraplén - que se coloque sobre ella debe ser compactado por capas de 15 a 20 cms. de espesor, atacándose ambos lados simultáneamente hasta un espesor mínimo de 0.60m. en tuberías y 1m. de bóvedas a - partir de la parte superior de la clave.

Tubos.- Son alcantarillas de sección interior usualmente - circular y requieren siempre de un espesor de terraplén o col-- chón mínimo de 0.60m. para su mayor funcionamiento estructural. El material de que se construyen puede ser concreto reforzado o lamina ondulada.

Bóveda.- Son estructuras cuya sección transversal interior

está formada por tres partes principales: el piso, dos paredes verticales y sobre éstas un arco circular de medio punto o rebajado.

Las bóvedas son construídas con mampostería de 1a. y mortero de cemento 1:5. Para construir el arco se requiere un molde de madera que se aprovecha también para colar la clave a todo lo largo de la obra.

En la elección del tipo de alcantarilla se consideran la adecuada funcionalidad hidráulica y la estructural, sujetas a los factores siguientes:

a) Altura del terraplén.- Cuando la subrasante ya está definida se debe tomar en cuenta qué tubos y qué bóvedas requieren de un colchón mínimo de terraplén en los hombros; en cambio las losas y la parte superior de los cajones pueden quedar a la altura de la rasante del camino.

b) Forma de la sección del escurrimiento en la cruce, si es amplia y no bien definida, puede pensarse en la utilización de una losa de pequeña altura, pero de claro amplio ó en uno ó en varios tubos que son económicos para áreas hidráulicas hasta 1.5m^2; las losas y cajones hasta 3m^2 y las bóvedas hasta 16m^2.

c) La capacidad de sustentación del terreno.- Influye en el costo y en la elección de las obras por la cimentación que requieren, utilizándose muy comúnmente los cajones para los terrenos con baja capacidad de carga.

d) Materiales de construcción disponibles en la región.

CAPITULO VII

CONSERVACION PARA ESTE TIPO DE CAMINO

La conservación de un camino rural está a cargo de la Junta Local de Caminos del Estado.

En todas las Juntas de Caminos se deben tener planos esquemáticos del derecho de vía en toda su jurisdicción en donde consten las dimensiones de los terrenos de su propiedad o rentados, tanto de la faja del camino, como de los campamentos, bancos, canteras, parques, campos de turismo, para poder ejercer el control, la vigilancia y la conservación adecuadas.

Todos los terrenos del derecho de vía, tanto los que corresponden a las fajas o a ambos lados de la estructura del camino, deberán tenerse limpios de plantas nocivas y desmontados de hierba o arbustos que impidan la visibilidad, especialmente en los -

entronques y cruzamientos a nivel con caminos y ferrocarriles.

Para asegurar la no invasión del derecho de vía con obras o construcciones en terrenos colindantes con el mismo, el encargado de la conservación deberá marcar físicamente en el terreno el alineamiento del límite de derecho de vía y ejercer estricta vigilancia durante la construcción de la obra.

La Junta Local de Caminos tiene derecho por ley al retiro de su derecho de vía y terrenos particulares de todo aquello - que afecte al servicio público, por ejemplo: cuando se quiere convertir el derecho de vía en depósito de basura.

En ningún caso se permitirá la instalación dentro del derecho de vía de ductos de gas, gasolina o petróleo crudo, para -- conducciónes a lo largo del derecho de vía, sino únicamente on caso de cruzamiento.

Las líneas de drenaje, tuberías de agua, gas, gasolina, etc. que crucen el camino deben alojarse dentro de la tubería de mayor diámetro, a fín de evitar nuevos cortes al camino por efecto de reparaciones.

Arbolado.- Los árboles bien empleados y seleccionados tienen como resultado directo para la conservación del camino, la absorción del agua excesiva del subsuelo y por lo tanto disminuyen el efecto nocivo de la capacidad en los terraplenes y en las sub-bases ejercen una acción reguladora de la temperatura y humedad ambiente. También pueden servir como barreras protectoras de tolvaneras y de invasión de arenas al camino, las cuales además de causar gastos de limpia, ocasionan incomodidades y peligros al tránsito.

En muchas regiones los caminos atraviesan bosques o zonas -

de árbolado, cuyos beneficios deben aprovecharse facilitando - su propagación, haciendo podas correctas de ramas secas y de - aquellas que pueden extenderse hasta obstruir la visiblidad, - haciendo la limpieza y vigilando que no existan peligros de incendio o quema de pastos, prohibiendo que el ganado paste dentro del derecho de vía y cuidando que el árbolado no sea objeto de explotación de resinas, astillas, cortezas, etc.

VII.1 AGENTES DESTRUCTIVOS.

a) Naturales.- El mayor enemigo del camino es el agua, - ya que la mayoría de los caminos rurales están terminados hasta su etapa de revestimiento provisional y - con puentes provisionales.

b) Tránsito.- Es uno de los factores que más contribuyen al deterioro de los caminos y a la destrucción indebidamente rápida de los pavimentos, es el tránsito de vehículos y especialmente el de vehículos pesados.

La conservación abarca variados e intensos aspectos que - se atienden más o menos de manera rutinaria y cuya finalidad es la de lograr que el camino preste servicios permanentemente, este tipo de conservación abarca los siguientes pasos.

1. Vigilancia y protección del derecho de vía.

2. Desmonte y deshierbe.

3. Terracerías.- Cuyo mantenimiento comprende los trabajos necesarios para que los cortes y los terraplenes - conserven su sección de proyecto; mediante rellenos se separan los deslaves que se presentan en los taludes ocasionados por el escurrimiento del agua en los cortes

o bien en los derrumbes.

4. Obras de drenaje.- Requiere una atención contínua, en especial antes de la temporada de lluvias, mediante -- trabajos de limpia y desazolve de cunetas, de contra-- cunetas, de canales y alcantarillas; además se requiere efectuar reparaciones pequeñas de estas obras de -- zampeados, etc., construcción de obras complementarias, como: guarniciones y lavaderos para encausar escurri-- mientos.

5. Puentes.- Requieren una inspección contínua, ya que pueden estar sujetos a socavaciones excesivas del fondo - del cauce, exponiéndo peligrosamente la cimentación, - cuyos daños deben repararse de inmediato, para evitar que lleguen a ser de consideración; también es necesario suspender el ataque de los bancos de grava que ocasionan desviaciones de las corrientes, peligrosas para la estabilidad del puente y retirar los troncos de árbol que pueden disminuir su capacidad hidráulica; reforzar sus terracerías de acceso; es necesario que se ejecuten trabajos de pintura para proteger las partes metálicas de las estructuras del puente.

6. Superficies de rodamiento.- La atención que se presta a los revestimientos o pavimentos de que se construye la superficie de rodamiento, incluye trabajos de bacheo, nivelaciones con recargue de grava o con mezclas asfálticas según el caso.

7. Obras de protección.- En aquellos lugares de los caminos que presentan peligros excepcionales al tránsito, se protege a los vehículos contra accidentes de consecuencias.

8. Riesgos.- Los riesgos de materiales asfálticos, deben aplicarse cada determinado número de años a la superficie de rodamiento pavimentadas.

Reconstrucciones.- La reconstrucción de la superficie de rodamiento está indicada cuando los métodos de conservación normal no son suficientes para mantener el camino en buenas condiciones de tránsito y cuando los gastos de dicha conservación -- normal son excesivos. La reconstrucción puede ser motivada por la pérdida de espesor del revestimiento, por la pérdida de materiales que hacen inestable la superficie de rodamiento, por malos materiales de la base o por falta de drenaje. Antes de proceder a la reconstrucción se debe de estudiar el estado de la - sub-base mediante pruebas de laboratorio, a fín de resolver si es conveniente mejorar la estabilidad de la sub-base, ya sea -- agregando en forma de masa los materiales indispensables o si - simplemente debe hacerse una consolidación mejor por los procedimientos adecuados.

En las reconstrucciones no sólo deben tomarse en cuenta las condiciones de resistencia de la superficie, sino también las necesidades de ampliación y mejoramiento del camino por perfeccionamiento de la sección, de la rasante y del alineamiento.

El éxito en la duración de una superficie de rodamiento - revestida depende principalmente de la atención que reciba durante su primer año de vida y por lo tanto después de una reconstrucción deberá continuarse cuidando.

Cuando la reconstrucción sea motivada debe hacerse preferiblemente por medios mecánicos, utilizando rodillos, patas de dabra, rodillos neumáticos, aplanadora.

El mantenimiento se inicia una vez entregado el camino a la comunidad y con recursos de la región; serán los habitantes de la región los encargados de avisar a la residencia de mantenimiento cuando ocurran daños graves, por lluvias, rupturas de drenajes, derrumbes. Para que así se reparen los daños y exista siempre un buen acceso de vehículos durante todo el año.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

El objetivo de un camino rural sigue siendo el de comunicar a las poblaciones de las regiones marginadas con la civilización.

Conforme transcurran los años en nuestro país, se van modernizando los métodos y mecanismos para el proyecto y construcción de un camino rural.

Ahora para realizar el anteproyecto de un camino rural, contamos con cartas que elabora el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informatica), en las cuales encontramos información topográfica, geológica, económica, climatológica de toda la República Mexicana; en estas cartas podemos realizar varias alternativas de selección de ruta y elegir la que más convenga.

Con la invención de vehículos de transporte y carga diseñados para circular por terrenos desde planos hasta montañosos, surgen modificaciones en los elementos de diseño geométrico, obteniendo mayor comodidad y rapidez para trasladarse de un sitio a otro.

Para realizar el trabajo en gabinete de un camino rural, se cuenta actualmente con métodos por computadora realizando el trabajo de elaboración de datos, cálculo de áreas de secciones de construcción y cálculo de curva masa de una manera más rápida.

Los trabajos de proyecto que se deben entregar a las oficinas de la Dirección General de Caminos Rurales són:

1).- Trabajos de Campo.
a).- Registro de trazo, orientación astronómica, cálculo de coordenadas.
b).- Registros de nivel.
c).- Registros de secciones transversales y obras de drenaje.

2).- Trabajos de gabinete.

a).- Planos de planta, perfil, secciones de construcción y proyectos de obras de drenaje.

b).- Memoría de cálculo de curva masa.

Todos estos elementos son indispensables para la construcción de un camino rural.

Actualmente la construcción de un camino rural no se realiza sólo a base de mano de obra, ahora se aprovecha también el material y la maquinaría moderna, por ejemplo: en una obra de drenaje de un camino rural si es necesario se utilizan los mismos elementos de construcción que se utilizan para una obra de drenaje de una carretera federal.

Podemos decir que un camino rural ya no es sólo un camino de mano de obra, su función es la misma, pero para su proyecto y construcción se utiliza una combinación de métodos tradicionales con métodos modernos, con lo cual se aprovechan mejor los presupuestos, que por lo general son bajos, para su construcción.

Finalmente, se hace notar la necesidad permanente de este tipo de caminos que nos permiten la incorporación de los recursos naturales, a la vida nacional.