



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TOPOGRAFIA DEL PROYECTO GEOMETRICO DE LA
AMPLIACION DE LA CARRETERA FEDERAL
MEXICO-CUERNAVACA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO TOPOGrafo Y GEODESTA

P R E S E N T A :

ALVARO MADRIGAL RICARDEZ



México, D. F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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

Página

CAPITULO I. INTRODUCCION.	1
CAPITULO II. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD (DE LA ZONA AD- YACENTE A LA VIA EN ESTUDIO).	7
II.1. INVESTIGACION Y RECOPIACION DE DATOS.	11
CAPITULO III. TRABAJOS PRELIMINARES.	16
III.1 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA.	16
III.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.	20
III.3 PERSONAL Y EQUIPO UTILIZADO.	24
III.4 ORIENTACION ASTRONOMICA (METODO Y CALCULO).	25
III.5 METODO DE LEVANTAMIENTO UTILIZADO.	38
III.6 DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO Y REGIS- TROS.	44
III.7 CALCULO DE POLIGONALES Y DIBUJO.	48
CAPITULO IV. TRAZO DEL PROYECTO.	58
IV.1 TRAZO.	63
IV.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL.	66
IV.3 ALINEAMIENTO VERTICAL.	70
IV.4 NIVELACION PARA LA UBICACION DE BANCOS DE NIVEL.	74

	Página
IV.5	SECCIONES TRANSVERSALES. 81
IV.6	PROYECTO DE LA SUBRASANTE. 84
IV.7	SECCIONES DE CONSTRUCCION. 93
IV.8	CALCULO DE VOLUMENES. 114
CAPITULO V.	CONCLUSIONES. 122
	BIBLIOGRAFIA. 124

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

Los servicios de comunicaciones y transportes son factores de gran importancia en la vida moderna de la sociedad. Su desarrollo influye decisivamente en el progreso económico y en el bienestar general de la población.

La ampliación y perfeccionamiento de ambos servicios -- aumenta las posibilidades de contacto de la población en general e incrementa las diferentes actividades económicas. Por otra parte, propicia la integración de las diversas regiones del país y permite el surgimiento y consolidación de mercados de cualquier naturaleza.

El transporte es la actividad económica que tiene por objeto el desplazamiento físico de personas y bienes a nivel local, estatal, regional, nacional o internacional, mediante el

pago contratado, convenido o establecido en una tarifa.

El ámbito de transporte es sumamente amplio y, de hecho, incluye a cualquier persona o cosa que pueda ser objeto de esta actividad.

Tierra, agua y aire son utilizados por el hombre para establecer vías de transporte y recorrerlas por los diferentes medios que ha creado.

En nuestro país los antecedentes sobre la existencia de caminos se remonta a la época prehispánica, caracterizada por la construcción de caminos amplios y bien hechos, como fueron las calzadas que cruzaban el Lago de Texcoco para unir con tierra firme a la Isla de Tenochtitlan.

A la llegada de los españoles a México, con la introducción de las bestias y de los vehículos para el transporte de personas y mercancías, los senderos resultaron inadecuados, por lo que fue necesario ampliarlos, cambiar las rutas y suavizar las pendientes. Se abrieron nuevos caminos y se extendieron los ya existentes; fue así como al final del virreinato había en México 7 mil kilómetros de "caminos reales", por los que se podía transitar en carretas de esta manera, los principales caminos que se construyeron para unir a la ciudad capital con el resto del territorio fueron los siguientes:

El de Veracruz, el de Acapulco, el de Santa Fé de Nuevo México, el de Guadalajara y el de Guatemala vía Oaxaca. Estos caminos pasaban por varias ciudades intermedias como: Puebla, Taxco y Durango y contaban con ramales que servían de comunicación entre otras ciudades importantes.

Entre 1821 en que México se hizo independiente y 1867 en que el presidente Juárez destinó, por primera vez en la historia de México, una parte del presupuesto a la construcción y conservación de caminos, no se hicieron obras importantes en este aspecto.

Durante el Porfiriato, a fines del siglo pasado, se encauzaron los esfuerzos en la construcción de la red ferroviaria. Poco se realizó en materia de caminos y los que se construyeron tenían como objeto principal alimentar las estaciones de los ferrocarriles, y, de manera secundaria, comunicar zonas que carecían de vías férreas.

La incorporación del automóvil marca el inicio del desarrollo de las carreteras. En 1925 los automovilistas de México estaban limitados a transitar únicamente en calles y calzadas urbanas.

El transporte de personas y mercancías de una ciudad a otra tenía que hacerse por conducto de los ferrocarriles. La

expansión económica que se experimentó a partir de 1925 hizo que el país contara para 1930, con 1426 kilómetros de carreteras, cifra que se elevó a 9929 kilómetros en 1940.

A partir de entonces, la construcción de carreteras ha ido en aumento constantemente; de tal manera que la longitud de la red era para fines de 1980 de 212 626 kilómetros. Con la construcción de las carreteras no sólo han crecido las ciudades o se han creado nuevos centros de población, sino que también se ha propiciado el acercamiento de los centros de producción, tanto primario como industriales, con los núcleos de consumo, la producción que antes se destinaba sólo al consumo local ha encontrado nuevos mercados en beneficio del productor y de la misma economía nacional. De esta forma la red de caminos a la vez que favorece en el desarrollo de la cultura entre la población asegura y fortalece la unidad nacional.

Pero el gran crecimiento de población que se ha observado en la ciudad de México y alrededores y en consecuencia el aumento en forma titánica de vehículos particulares, urbanos y foráneos han llegado a su punto superlativo, a medida que la ciudad crece, se origina un aumento en la demanda de medios de transporte.

Por lo tanto y como consecuencia las avenidas y carreteras que forman la vialidad urbana y acceso a la ciudad, re-

quieren de una transformación continua para adecuarse a las exigencias que este crecimiento acarrea.

El automóvil al surgir como una necesidad en la vida cotidiana de la gente y los servicios que presta, ha traído consigo un cúmulo de problemas tales como: congestionamientos, accidentes, demoras e inmovilizaciones, etc.

Los cuales de alguna forma son la mezcla de los grandes problemas de transporte que existen en nuestro país.

Dentro del conjunto de problemas que aquejan a la ciudad de México, la vialidad y el transporte son los renglones que actualmente requieren de una mayor atención.

Nuestro estudio estará enfocado a solucionar lo que se conoce como la carretera federal a Cuernavaca en el tramo que comprende desde la "Y", donde convergen la Av. Insurgentes -- Sur y Viaducto Tlalpan hasta la Av. México, mejor conocido como camino al Ajusco.

La cual presenta características físicas y de operaciones tal que la demanda registrada acusa la necesidad de transformación de la misma, para poder observar las demandas futuras que planteará el acelerado crecimiento de la zona y de esta manera conformar un adecuado sistema vial a una de las -

entradas y salidas más importantes de la ciudad de México, co
mo lo es la México-Cuernavaca.

Y por lo tanto se pretende con este trabajo describir en
forma metódica de la utilización de la ingeniería topográfica
en el proyecto de la transformación de dicha carretera.

CAPITULO II

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

Antes de proceder a realizar el proyecto, es de vital importancia tomar en consideración el uso del suelo de la zona por donde se desea llevar a cabo dicho proyecto, así como también consultar los programas parciales de desarrollo y programas de vialidades y transportes.

Una vez analizada esta información, se identifica la vía y los elementos importantes a la misma.

Para así tener un panorama conjunto de las zonas que serán beneficiadas, y en su caso modificadas con su trazo. No obstante la complejidad de la vida moderna, la diversidad de actividades y la disposición de los lugares de trabajo, de residencia y del agrupamiento urbano, así como las características de los medios de transporte y la capacidad económica de -

los asentamientos humanos, han formado una problemática particular de la transportación, caracterizado por largos viajes, -exceso de tiempo de trayecto, aglomeración y malestar entre - los usuarios de los servicios.

Al respecto el acelerado proceso de urbanización implica un toque de tensión a las demandas de servicio entre ellas el de la vialidad.

Para aclarar el concepto anterior es conveniente mencionar que en 1940 la zona metropolitana de la Ciudad de México contaba con 1.8 millones de habitantes, en 1960 la cifra ascendió a 5.2 para 1980 se llegó a una cantidad de 14.8 millones de personas y se estima que al finalizar el presente siglo alcanzará más de 23 millones de habitantes, tal ritmo de crecimiento tiene su origen en las políticas sociales y económicas que han hecho la región central del país una zona geográfica de excesiva concentración de actividades y con mayores y mejores oportunidades de empleo, servicios y equipamiento, con respecto a las que se ofrecen en otras partes del país.

Como quiera que sea el aumento de población seguirá repercutiendo en el problema de vialidad, agravado además por la insuficiencia de recursos económicos para hacerles frente con éxito.

Debido a la expansión de la mancha urbana de la ciudad, - que ha conducido a la utilización de terrenos de alto valor - agrológico y extender las redes de servicio, antes de haber - utilizado adecuadamente la capacidad de las que están en operación se elaboró el plan de desarrollo urbano del D.F. en el que se manejan objetivos para frenar el crecimiento desordenado, mediante políticas de diversificación demográfica y de - máximo uso de las zonas actualmente urbanizadas, como se aprecia, el tipo de crecimiento urbano, condiciona en un principio las características del proyecto que deban designarse tanto a la vialidad como al servicio de transporte.

Lo verdaderamente grave para la ciudad es que de los casi 3 millones de vehículos que circulan, solo el 5% son de - uso colectivo y el resto son básicamente automóviles particulares, que ocupan el 70% de la vialidad para circular y consumen la tercera parte de las gasolinas que se producen en el - país, son la principal causa de la contaminación ambiental y sólo transportan a 1.5 personas por viaje.

Por otro lado la falta de complementaridad entre los - usos del suelo, la concentración de la mayor parte del comercio y de los negocios del área urbanizada y la imposibilidad de una parte considerable de las personas para acceder a una vivienda realmente cercana a los lugares donde desempeñen sus actividades cotidianas, forzan a la población a efectuar via-

jes largos, de tal manera, que destinan entre 3 y 4 horas para el transporte diariamente.

II.1 INVESTIGACION Y RECOPIACION DE DATOS

a. - SITUACION ACTUAL

La carretera federal a Cuernavaca inicia donde convergen la Av. Insurgentes Sur y Viaducto Tlalpan de donde también se desprende la autopista de cuota.

Actualmente la carretera federal tiene un ancho de calzada de aproximadamente de 7.00 m. obteniéndose con esto 2 carriles. Con este proyecto de ampliación se dará un ancho de calzada de 16.40 m. obteniéndose con esto una carretera de cuatro carriles.

Mueve un volumen de tránsito de 3 mil vehículos por hora, a lo largo de esta vía tenemos intersecciones muy importantes en las que destacan la Calle 5 de Mayo y la Calle de Laurel, las cuales conectan al Barrio o al Pueblo de San Pedro, más adelante encontramos algunas alcantarillas y pasos peatonales, para después encontrarnos con la intersección que conecta al Pueblo de San Andrés, inmediatamente más adelante se encuentra la zona turística de hoteles y restaurantes y así continuar hasta la intersección con la Avenida México, que es hasta donde llegamos con el recorrido.

b.- INVENTARIO DE USOS DE SUELO

Las actividades que se desarrollan normalmente en la zona y en las edificaciones ubicadas a ambos lados de la carretera influyen en los volúmenes vehiculares que se presentan y en la demanda de estacionamiento, así como de proporcionar acceso a hoteles, restaurantes y casas particulares.

El alto porcentaje de casas habitación es notorio, en menor cantidad se localizan lotes baldíos o tierras de cultivo. A continuación se describen las características más importantes destacándose la infraestructura vial y urbana de mayor relieve en cada subtramo.

SUBTRAMO: CALLE CRISTOBAL COLON - AV. 5 DE MAYO

Sobre los parámetros colineales al trazo de la carretera federal a Cuernavaca predomina el uso habitacional con casas entre 1 y 2 niveles combinados con comercios de diversos rubros, cabe destacar que las casas habitación en su mayoría son precarias sobre todo del lado poniente de ésta vía, dentro de los comercios se destacan las farmacias, refaccionarias, fondas, etc.

SUBTRAMO: AV. 5 DE MAYO - Y SALIDA A SAN ANDRES TOTOLTEPEC

El uso de suelo predominante en este subtramo es comercial y de servicios, donde se destaca la zona hotelera, con

casas de 1 y 2 niveles en ambos lados, encontrándose también con 2 alcantarillas y deben ser consideradas para el nuevo proyecto y del lado poniente una salida conocida como tlalpuente que comunica a varias colonias con la vía y terrenos baldíos.

SUBTRAMO: SALIDA A SAN ANDRES TOTOLTEPEC - AV. TIJUAMALOAPAN

En este subtramo se encuentran localizados varias alcantarillas y puentes peatonales.

El uso de suelo predominante es casa habitación de 1 ó 2 niveles a ambos lados, esta zona se caracteriza por tener del lado poniente lo que son escuelas primarias y secundarias encontrándose también la salida a la casa de Tlalpan.

SUBTRAMO: AV. TIJUAMALOAPAN-CARRETERA MEXICO-AJUSCO (AV. MEXICO)

El uso de suelo predominante en este tramo es básicamente hotelero y de restaurantes, terrenos de cultivo, baldíos y terrenos de propiedad federal.

c. - INVESTIGACION DE PLANES DE DESARROLLO

A partir de la divulgación del plan nacional de desarrollo urbano, todos los centros de población en el país se dieron a la tarea de producir los instrumentos destinados a regular, normar y orientar su crecimiento durante los próximos 20 años.

Por tal motivo y siguiendo las políticas y lineamientos que marca el citado plan nacional, la ciudad de México ha elaborado el plan de desarrollo urbano del Distrito Federal, cuya meta al año 2000 se pretende lograr mediante la organización territorial de tres áreas perfectamente definidas.

La primera contiene las superficies susceptibles de desarrollo logradas mediante la redensificación e integración de actividades complementarias.

La segunda consiste en áreas de amortiguamiento destinadas a la recreación y servicios con baja densidad de construcción y por último las zonas de preservación o de reserva que contendrán las actividades agropecuarias, forestales y de recarga acuífera.

El plan se ha desarrollado mediante planes parciales correspondientes a cada delegación en las que está dividida la ciudad. El tramo de la carretera federal a Cuernavaca en estudio se encuentra enclavado en la delegación Tlalpan, quedando sujeto a los planes de vialidad que marca el plan parcial de desarrollo urbano de esta delegación (Figura No. 1).

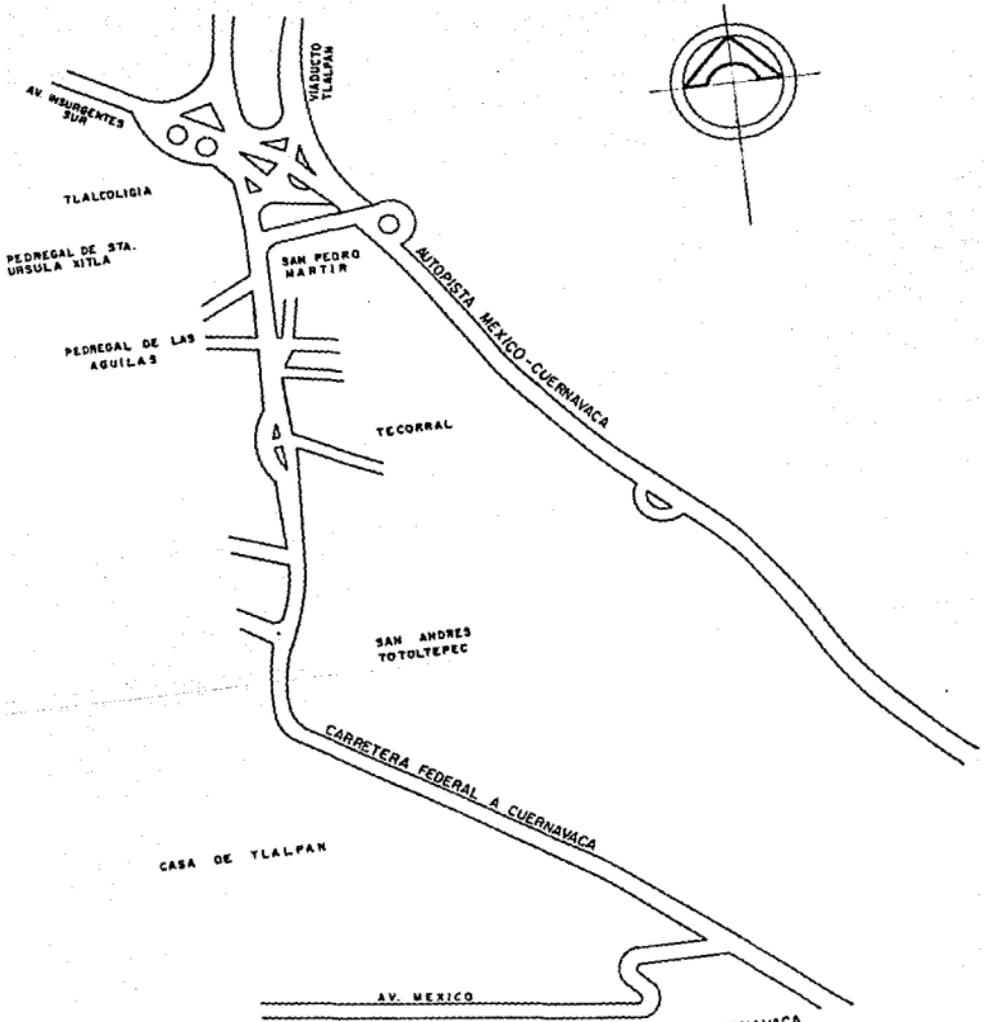


FIGURA -1- CARRETERA FEDERAL A CUERNAVACA

CAPITULO III

TRABAJOS PRELIMINARES

III.1 RECONOCIMIENTO DE LA ZONA

El reconocimiento es el estudio directo que se hace en el terreno, en el cual se desea alojar una vía que tenga los costos de construcción, de operación, de transportes y de conservación mínimos. Se emplean generalmente los siguientes -- instrumentos: una brújula de bolsillo, un clisímetro, un -- aneroide, cinta metálica, un plano topográfico de la región, y además de un buen guía, informaciones de los vecinos.

Para localizar una vía es necesario hacer el estudio económico, es decir, el volumen y la clase de carga que se va a mover, el estado económico actual y del estado probable futuro, porque éstos influyen directamente en la clase de vía que se localiza.

Entre las especificaciones, lo indispensable para el reconocimiento son la pendiente y los grados de curvatura máximos. Cuando se localiza una vía no hay que limitar la faja de reconocimiento, se recomienda abarcar lo más posible para que en ésta se puedan llevar a cabo varias alternativas.

Después de reconocer una vasta zona a lo largo de una ruta por estudiar se debe elaborar un plano de reconocimiento en una escala chica, trazar en él una o varias líneas más probables y dibujar los perfiles deducidos de ellas. Para la elección de una ruta es necesario tener conocimientos de geología, elevaciones de los puertos distribuidos en la zona, niveles de aguas máximas extraordinarias, cruces adecuados de los ríos, pantanos, zonas inundables.

Lo anteriormente descrito es sin duda una guía para el reconocimiento de una zona para dar las alternativas en la cual se requiere o desea alojar una vía nueva. Pero para nuestro caso que nos ocupa en donde ya la vía está en funcionamiento y que requiere desde luego de un reconocimiento y un estudio como el descrito en el capítulo II. Daremos algunos puntos de como se llevó a cabo el reconocimiento de la zona por ampliar.

a).- Ubicación.- Se entiende por ubicación, Estado de la República donde se encuentra su zona general o tramos que lo

componen, los puntos inicial y final, entronques con poblaciones importantes, etc.

b).- Longitud.- Distancias aproximadas entre los puntos importantes del camino, para que posteriormente se pueda apreciar la importancia, el costo, dificultades de cada tramo y estado actual de la carretera.

c).- Finalidad.- Es el uso que tendrá el camino; por tramos o el total, ya que puede suceder que en un determinado tramo la finalidad del camino sea distinta que en los demás, o bien mixta, los casos son: agrícola, minero, industrial y turístico.

d).- Puntos importantes que toca o cruza.- Se anotarán los centros agrícolas, ganaderos, industriales, etc., así como lugares de interés turístico: miradores, ruinas arqueológicas, etc. con el kilometraje aproximadamente que les corresponda precisando su importancia.

e).- Alineamiento.- El ingeniero observará el alineamiento que en términos generales, tendrá el camino por tramos.

f).- Pendiente.- Como una primera información, el ingeniero anotará la pendiente gobernadora, y si se respeta o no en éste caso.

g).- Clase de terrenos afectados.- Se tomará nota de la clasificación del terreno por donde afecta el camino, si es -

de cultivo, urbanizado, industrial, federal.

h).- Drenaje.- Se hará un cálculo aproximado del número de alcantarillas, agrupándolas por su tipo y tamaño; tubos, - losas, bóvedas, vados, etc. También se harán anotaciones res pecto a ríos, arroyos, red de agua potable, red de drenaje, - obras inducidas, pasos peatonales.

Este reconocimiento descrito, desde luego es una guía. - Para llevar a cabo dicho reconocimiento requiere de experien- cia, facilidades para realizarlo y tiempo, pues todos los deta- lles considerados desde distintos puntos de vista como son to pográficos, sociales, económicos, políticos y ecológicos pue- den dar lugar a distintas soluciones.

III.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO E INSTALACIONES MUNICIPALES

a).- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación - en un plano es lo que se llama comunmente en nuestro país "Levantamiento" el propósito de un levantamiento topográfico es registrar los datos necesarios para ejecutar la representación gráfica de esos rasgos topográficos.

A esta representación gráfica se le denomina plano o carta topográfica. Un plano topográfico mostrará todos los detalles e instalaciones existentes utilizando símbolos convencionales, así como las distancias entre los detalles y sus elevaciones tomando un banco de nivel conocido.

Clases de levantamientos: Estos pueden ser topográficos o geodésicos.

1.- Topográficos.- Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura de la tierra.

2.- Geodésicos.- Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra.

b).- LOS LEVANTAMIENTOS SE DIVIDEN SEGUN LOS INSTRUMENTOS QUE SE EMPLEAN EN:

1. Levantamiento con Longímetro.
2. Brújula
3. Tránsito o teodolito
4. Equialtímetro
5. Sextante
6. Barómetro
7. Estadia
8. Plancheta
9. Fotogrametría

c).- DIVISION SEGUN EL OBJETO QUE SE PERSIGUE

1. Topografía expeditiva.
2. Agrimensura.
3. Agrodesía.
4. Nivelación.
5. Configuración.
6. Levantamiento de ciudades.
7. Trazo de caminos.
8. Trazo de vías férreas.
9. Trazo de túneles.
10. Topografía de obras de ingeniería civil.
11. Topografía de minas.
12. Levantamiento de ríos.

13. Trazo de canales.
14. Levantamiento de puertos.
15. Topografía arquitectónica.
16. Topografía militar.
17. Levantamiento de costas.
18. Astronomía de posición.

d). - METODOS DE LEVANTAMIENTOS

Para fijar las posiciones de puntos del terreno, siempre se hace trazando en el terreno, una figura regular o irregular, llamada polígono de base o poligonal, a la cual se le miden todos sus ángulos y lados, y a ella se refieren los puntos que se requiere fijar.

En esta forma las poligonales sirven de control. Cuando se dibujan planos es posible usar las estaciones de la poligonal como puntos iniciales o base de los trabajos del levantamiento.

Se dividen en:

Con cinta exclusivamente:

1. Dividiendo el polígono en triángulos.
2. Por alineamientos.
3. Por coordenadas.
4. Por lados de liga.

Con tránsito y cinta:

1. Angulos interiores.
2. Deflexiones.
3. Por radiaciones.
4. Por intersecciones.
5. Por estadia.

El trabajo de poligonación en campo puede describirse en una serie de pasos que se mencionan a continuación:

1. Las estaciones de la poligonal deben ubicarse lo más - cerca posible de los objetos que serán referidos a - partir de ella.
2. Deben marcarse las estaciones utilizando estacas con estoperoles o tachuelas, o con monumentos de piedra o concreto empotrados en el suelo, con un punto preciso en la parte superior, como puede ser una cruz cincelada, un agujero con barreno, o una placa de bronce.
3. Las mediciones de ángulos y distancias deben emplearse según el método de levantamiento que convenga de - acuerdo a las condiciones topográficas del terreno. Por eso dentro de los primeros estudios en la planeación y el diseño de una obra de ingeniería se hace necesario la elaboración de un plano topográfico y los trabajos necesarios de control.

III.3 PERSONAL Y EQUIPO UTILIZADO

a). - PERSONAL

- 1 Ingeniero Topógrafo
- 1 Auxiliar Topógrafo
- 2 Cadeneros
- 2 Contracadeneros
- 1 Chofer

b). - EQUIPO UTILIZADO

EQUIPO	MARCA	MODELO	ESPECIFICACIONES
Teodolito	Wild	T-2	Aproximación a 1"
Distanciómetro	Sokkisha	Red-2	Distancia hasta 2.5 Km.
Prismas de reflexión			Prisma único Montadura basculante
Plomadas			18 onzas
Utilería	Estacas de madera, clavos, pintura, punzón, cepillo, estopa, tinher.		

III.4 ORIENTACION ASTRONOMICA

Es muy frecuente que los levantamientos topográficos se orienten magnéticamente obteniendo las lecturas directas de la brújula y haciendo la reducción a "RUMBOS ASTRONOMICOS" aplicando la declinación magnética conocida del lugar más cercano.

Pero teniendo en cuenta que en la brújula solamente se pueden apreciar cuartos de grado, que la aguja suele sufrir desviaciones o atracciones, debido a objetos cercanos que ejercen una atracción magnética llamada atracción local. Esto se debe a la existencia de alguna acumulación de metales en el terreno o por la existencia de rieles de ferrocarril, torres de transmisión eléctrica, algún carro tanque, la hebilla de un cinturón, un llavero.

Otro tipo de fenómenos que se presentan provienen de tormentas magnéticas y alteraciones periódicas que se producen en el campo magnético de la tierra.

Por todo lo dicho anteriormente estas orientaciones resultan imprecisas y solamente se pueden aceptar en los levantamientos de topografía expedita.

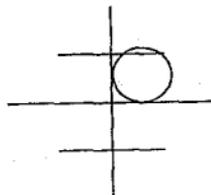
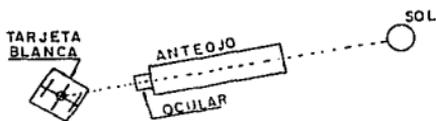
La posición de una poligonal se debe de referir a un sis

tema de orientación relativamente invariable, el cual queda -
definido llevando a cabo una orientación Astronómica.

DETERMINACION DEL AZIMUT DE UNA LINEA
(METODO DISTANCIAS CENITALES DEL SOL)

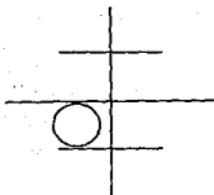
PROCEDIMIENTO DE CAMPO

- 1.- Se centra y se nivela el aparato en uno de los extremos de la línea por orientar colocando el anteojo en posición directa.
- 2.- Se coloca el vernier del círculo horizontal en ceros, y con el movimiento general se visa el extremo opuesto de la línea.
- 3.- Se afloja el movimiento particular y girando el instrumento se visa al sol. En combinación con el movimiento vertical y los tornillos tangenciales correspondientes, se proyecta la imagen del sol sobre una tarjeta blanca (que se coloca atrás del ocular del anteojo) o con el auxilio de un helioscopio, tratando de que quede alojado en el primer cuadrante.
- 4.- En el instante en que los bordos del sol sean tangentes al hilo vertical y horizontal medio, se anota la hora y se leen los ángulos horizontal y vertical del instrumento.



5.- Se gira el anteojo alrededor del eje de alturas del instrumento (quedando ahora en posición inversa con el círculo vertical al lado derecho). Y con el movimiento particular flojo, girando en el sentido de las manecillas del reloj, se visa nuevamente al sol con los movimientos tangenciales correspondientes, se lleva la imagen reflejada del sol hacia el tercer cuadrante.

En el instante de la nueva tangencia se anota la hora y la lectura de los ángulos horizontal y vertical.



6.- Aflojando el movimiento particular y girando en el sentido de las manecillas del reloj, se visa el extremo opuesto de la línea por orientar, leyendo entonces el ángulo horizontal el cual deberá ser igual a $180^{\circ}00' \pm$ aproximación del instrumento y se da por terminada la primer serie.

EL TRIANGULO ASTRONOMICO

Es el triángulo esférico cuyos vértices son el polo (p), el cenit (Z) del observador y el Astro (Q) en cuestión (Ver - Figura No. 2). Su importancia radica en que interviene en la mayor parte de los problemas que se presentan en la Astronomía de Posición.

Su empleo consiste en calcular algunos de sus elementos, partiendo de otros que se miden con instrumentos o que se determinan por medio de los datos que traen los anuarios astronómicos.

Para poder calcular un elemento del triángulo astronómico se requiere que se conozcan por lo menos tres de sus otros elementos, sean estos arcos y/o ángulos.

Sus elementos son los siguientes:

El arco ZQ se denomina "distancia cenital" del astro, y es el complemento de la altura. Si se representa con la letra Z, se tiene que:

$$Z = 90^\circ - A$$

El arco PZ, se denomina "colatitud" y es el complemento de la latitud o sea es igual a $90^\circ - \phi$.

El arco PQ, se llama codeclinación o distancia polar, y

es el complemento de la declinación.

El ángulo diedro pZQ, es el ángulo formado por el meridiano del lugar y el círculo vertical que pasa por el astro, se denomina Acimut (AZ) del astro Q.

El ángulo diedro QPZ, es el ángulo formado en el polo por el meridiano del lugar y el círculo horario que pasa por el astro se llama Angulo Horario (H) del astro Q.

El ángulo diedro ZQP es el ángulo formado por el círculo vertical y el círculo horario que pasan por el astro, se denomina Angulo paraláctico (Q).

Aplicando al triángulo astronómico las fórmulas de la trigonometría esférica denominadas "Ley de los cosenos" y la "Ley de los senos" obtenemos:

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

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

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

$$\frac{\text{Cos } A}{\text{Sen } H} = \frac{\text{Cos } \delta}{\text{Sen } AZ} = \frac{\text{Cos } \phi}{\text{Sen } Q}$$

CALCULO DE LA ORIENTACION ASTRONOMICA
(METODO UTILIZADO: DISTANCIAS CENTIALES DEL SOL)

Lugar: Carretera Federal México-Cuernavaca.

Fecha: 27 de noviembre de 1990.

Aparato: Wild T-2. Temperatura 15°, presión 600 mmHg.

EST.	P. V.	θ	ϕ	TIEMPO
V-1	V-2	16°32'30"	62°31'00"	9 ^h 10 ^m 35 ^s
	SOL.	355°21'20"	62°31'00"	9 ^h 10 ^m 35 ^s
	SOL.	176°14'10"	297°44'00"	9 ^h 13 ^m 40 ^s
	V-2	196°32'30"		
PROMEDIOS		339°15'15"	62°23'30"	9 ^h 12 ^m 07.5 ^s
V-1	V-2	04°07'00"	60°44'30"	9 ^h 14 ^m 00 ^s
	SOL.	343°56'40"		
	SOL.	164°31'50"	298°59'00"	9 ^h 16 ^m 20 ^s
	V-2	184°07'00"		
PROMEDIOS		340°07'15"	60°52'45"	9 ^h 15 ^m 10 ^s

CALCULO PRIMER SERIE

1. - CALCULO DE LA CORRECCION POR REFRACCION

$$Rz = 21.7'' \frac{\beta}{273+t} \tan z =$$

$$Rz = 21.7'' \frac{600}{273+15} \tan 62^{\circ}23'30''$$

$$Rz = 00^{\circ}01'26.44''$$

2. - CALCULO DE LA CORRECCION POR PARALAJE

$$P = 8.8'' \cos A$$

$$A = 90^{\circ} - z$$

$$P = 8.8'' \cos 27^{\circ}36'30''$$

$$A = 90^{\circ} - 62^{\circ}23'30''$$

$$P = 00^{\circ}00'07.8''$$

$$A = 27^{\circ}36'30''$$

3. - CALCULO DE LA DECLINACION

Ho = Hora de observación

Hp = Hora de paso por el meridiano

$$Ho = 9^h 12^m 07.5^s$$

$$\frac{Hp = +11^h 47^m 39^s}{IH = -2^h 35^m 31.5^s}$$

$$VH = -27.4''$$

$$(IH)(VH) = (-2^h 35^m 31.5^s)(-27.4'') = +00^{\circ}01'11.02''$$

declinación del sol $M-90^\circ = -21^\circ 10' 29''$

corrección $= +00^\circ 01' 09.63''$

declinación del sol a hora de observación. $= -21^\circ 09' 19.37''$

4.- DISTANCIA ZENITAL CORREGIDA

$$z = 60^\circ 52' 45''$$

$$+Rz = 00^\circ 01' 21.15''$$

$$60^\circ 54' 06.15''$$

$$-P = 00^\circ 00' 07.69''$$

$$Z_2 = 60^\circ 53' 58.46''$$

PROMEDIOS

promedio de la distancia cenital $= 61^\circ 39' 23.55''$; z

promedio de la declinación $= -21^\circ 09' 18.68''$; δ

latitud del lugar $= 19^\circ 17' 16''$; ϕ

Fórmula:

$$\text{SEN}^2 \frac{1}{2} Az = \frac{\text{sen} \frac{1}{2} (z + \phi - \delta) (\cos \frac{1}{2} (z + \phi + \delta))}{\cos \phi \text{ sen } z}$$

si:

$$m = \frac{1}{2} (z + \phi + \delta)$$

$$N = \frac{1}{2} (z + \phi - \delta)$$

$$\text{sen} \frac{1}{2} Az = \sqrt{\frac{\cos m \text{ sen } N}{\text{sen } z \cos \phi}}$$

$$m = \frac{1}{2} (61^{\circ}39'23.55'' + 19^{\circ}17'16'' - 21^{\circ}09'18.68'') = 29^{\circ}53'40.44''$$

$$N = \frac{1}{2} (61^{\circ}39'23.55'' + 19^{\circ}17'16'' + 21^{\circ}09'18.68'') = 51^{\circ}02'59.11''$$

$$\text{sen } \frac{1}{2} Az = \sqrt{\frac{\cos 29^{\circ}53'40.44'' \text{ sen } 51^{\circ}02'59.11''}{\text{sen } 61^{\circ}39'23.55'' \cos 19^{\circ}17'16''}}$$

$$\text{sen } \frac{1}{2} Az = 0.9008917905$$

$$\text{Azimut del sol} = 128^{\circ}33'03.87''$$

AZIMUT DEL LADO

$$128^{\circ}33'03.87'' - 339^{\circ}41'15'' =$$

$$\text{Azimut del lado V-1 - V-2} = \underline{148^{\circ}51'48.8''}$$

(ver figura No. 3)

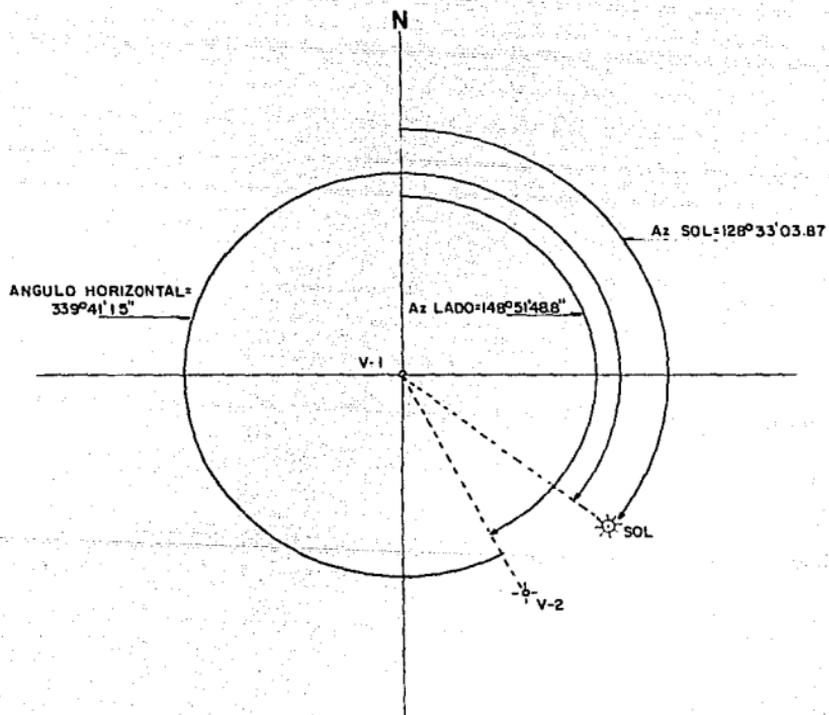


FIGURA - Nº 3

III.5 METODO DE LEVANTAMIENTO UTILIZADO

El método utilizado para la realización de poligonales para obtener la planimetría fué el siguiente:

LEVANTAMIENTO POR ANGULOS INTERIORES

El teodolito que es un instrumento con el cual se pueden medir ángulos con aproximaciones desde un minuto hasta los - muy precisos al segundo, los levantamientos alcanzan la exactitud según el método empleado y el cuidado que ponga la persona que los ejecute.

Los levantamientos pueden ser por medio de poligonales - cerradas dentro de las cuales quedan comprendidas extensiones superficiales; en las que la exactitud angular y lineal puede ser comprobada.

Los círculos acimutales de los teodolitos están gradua-- dos en el sentido en que giran las manecillas del reloj y, - aunque también tienen numeración en sentido opuesto y mien- - tras no se especifique lo contrario, siempre se entenderá que la medida de los ángulos se hará teniendo en cuenta el senti- do de las manecillas del reloj.

Para el levantamiento de un polígono cerrado, debe te- nerse en cuenta la dirección que debe seguir el caminamiento,

conociendo el sentido de la graduación del círculo acimutal.- En la fig. (4), se observa que para obtener ángulos interiores, el caminamiento debe seguir el sentido contrario al de las manecillas o levógiro, aunque no es un requisito indispensable.

Siguiendo el caminamiento en el mismo sentido que el de las manecillas del reloj, los ángulos que se obtienen en cada vértice, serán exteriores, como se aprecia en la fig. (5), -- aunque no es un requisito indispensable.

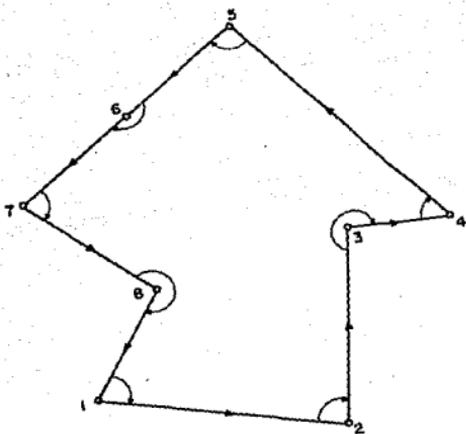


FIGURA -4

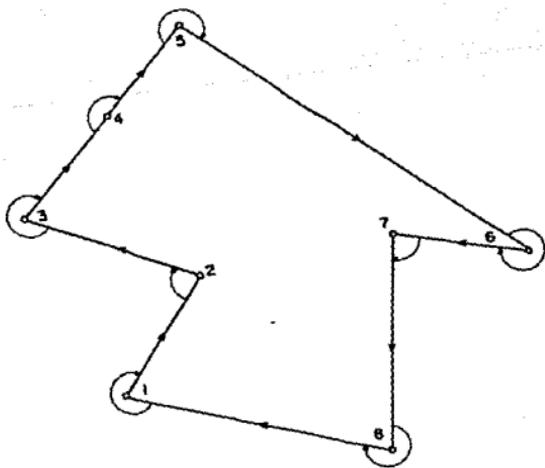


FIGURA-5

ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS PARA LEVANTAMIENTOS DE POLIGONOS CON TRANSITO Y CINTA

Debe considerarse que estas tolerancias son los errores máximos admisibles en condiciones comunes de trabajo, que con cuidado, personal adiestrado e instrumentos ajustados, pueden reducirse todavía considerablemente.

1. Levantamientos preliminares como guía para levantamientos posteriores, para dibujar a escala mediana, valor del terreno bajo ángulos medidos al minuto, cinta de acero de 50 m. pendientes menores del 3% ó mayores, poniendo la cinta horizontal a ojo con su tensión normal.

tolerancias	{	angular: 1'30"	\sqrt{N}	Donde
		lineal: $\frac{1}{1000}$		N=No. de vértices.

2. Levantamientos comunes, con buena precisión (como localización de caminos y ferrocarriles. La mayoría de los levantamientos con tránsito quedan dentro de esta clasificación.

Ángulos medidos al minuto, visuales tomadas a señales bien plomeadas, cinta de acero de 50 m, pendientes menores del 2%, poniendo la cinta horizontal a ojo con tensión normal.

$$\text{Tolerancias} \left\{ \begin{array}{l} \text{angular: } 1' \sqrt{N} \\ \text{lineal: } \frac{1}{3000} \end{array} \right.$$

3. Levantamientos con precisión suficiente para trabajos en poblaciones o en linderos importantes, o para control de otros levantamientos extensos. Valor del terreno alto.

Como mínimo tres series por ángulos; visuales tomadas al hilo de la plomada o a señales cuidadosamente plomeadas. Distancias medidas con cinta de acero o distanciometro.

$$\text{Tolerancias} \left\{ \begin{array}{l} \text{angular: } 30'' \sqrt{N} \\ \text{lineal: } \frac{1}{5000} \end{array} \right.$$

4. Levantamientos con cuidado suficiente para trabajos de precisión en ciudades y levantamientos especialmente importantes. Como mínimo tres series por ángulos si el aparato aproxima medio minuto, o cinco series angulares si el aparato aproxima un minuto.

Aparatos perfectamente ajustados, visuales tomadas con todo cuidado a señales plomeadas, cinta de acero de 50 m. y distancias medidas de ida y vuelta o empleo de distanciometro electrónico.

Tolerancia $\left\{ \begin{array}{l} \text{angular: } 15'' \text{ a } 20'' \quad \sqrt{N} \\ \text{lineal: } \frac{1}{10,000} \end{array} \right.$

En todos los casos se considera que la totalidad de ángulos y lados se miden directamente.

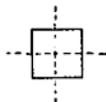
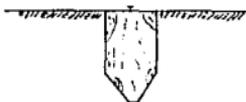
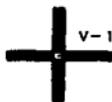
También se puede consultar el Diario Oficial de la Federación de fechas, 29 de marzo de 1985 y 1° de abril de 1985 - respecto a normas técnicas y especificaciones mínimas para los levantamientos.

III.6 DESCRIPCION DEL TRABAJO DE CAMPO Y REGISTROS

El trabajo de campo inicia desde el recorrido de la zona por levantar, pudiendo desde este momento ir localizando los sitios donde vamos a ubicar los vértices de poligonal; cuidando siempre que sea posible, haya visibilidad entre los vértices ubicados.

Los vértices se marcan (o graban) en el lugar elegido de la siguiente manera:

Localizando el lugar para ubicar un vértice se le ordena al cadenero que lo ubique, grabándolo con marro y cincel, si es en una zona de concreto o asfalto, o colocando una estaca si es terreno natural, pintándolo preferentemente de color rojo y numerándolos.



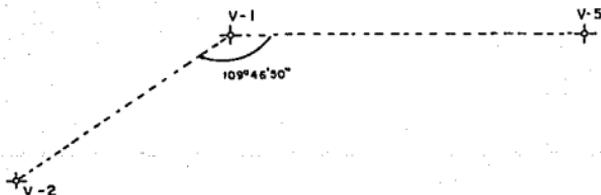
La medición de los ángulos interiores se lleva a cabo de la siguiente manera:

De acuerdo a la figura siguiente se coloca el aparato en la estación (vértice V-1), se nivela y con la lectura del círculo horizontal en $00^{\circ} 00' 00''$. Dirigiendo posteriormente la visual al vértice (V-5), tomando y anotando en la libreta la primer lectura, posteriormente se visa al vértice (V-2) y se anota en seguida la lectura.

En seguida se invierte el anteojo y se da un giro azimutal de 180° visando nuevamente al vértice (V-2) anotando la lectura, en esta posición se visa nuevamente el vértice (V-5) y se anota la lectura.

EJEMPLO:

EST.	P.V.	θ	PROMEDIOS
V-1	V-5	$10^{\circ} 44' 00''$	$109^{\circ} 46' 50''$
	V-2	$120^{\circ} 30' 50''$	
	V-2	$300^{\circ} 30' 50''$	$109^{\circ} 46' 50''$
	V-5	$190^{\circ} 44' 00''$	



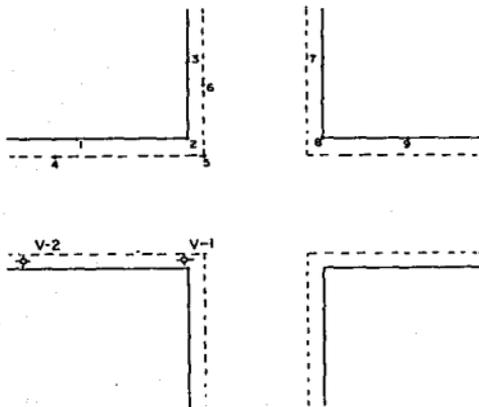
LEVANTAMIENTO DE DETALLES

Consiste en levantar todos los detalles e instalaciones municipales de la zona para obtener la planimetría existente que pueda interferir en el desarrollo del proyecto.

Se inicia numerando con pintura cada uno de los detalles como son: paramentos, guarniciones, puentes peatonales, altura de cables de alta tensión, pozos de visita, registros de teléfonos, etc.

Así como también tuberías de agua potable, drenajes, gas, etc.

A continuación se muestra un croquis y un registro de levantamientos de detalles.



EST.	P.V.	θ	D.H.	NOTAS
V-1	V-2	00° 00' 00"		
	1	75° 10' 20"	10.20	PARAMENTO
	2	90° 05' 10"	9.80	"
	3	90° 06' 10"	15.00	"

III.7 CALCULO DE POLIGONALES Y DIBUJO

a) COMPROBACION DE CIERRE DE POLIGONOS

El objetivo final que se persigue es que el polígono -
quede como una figura geométrica perfecta.

En un polígono cerrado debe comprobarse:

Cierre Angular, Cierre Lineal.

Para cierre angular o lineal:

Si el error \leq Tolerancia: El trabajo se ejecutó correctamen
te y se compensa el error para -
que cierre.

Si el error $>$ Tolerancia: Trabajo incorrecto; se rectifica
o repite el trabajo.

b) CIERRE ANGULAR

En un polígono cerrado: Angulos interiores = $180^\circ \times (n-2)$
Condición de cierre angular.

Suponiendo que tenemos un aparato con aproximación = $01'$
y se mide un ángulo cuyo valor esté comprendido entre:

$$35^\circ 25' 30'' \text{ y } 35^\circ 26' 30''$$

El aparato nos dará una lectura de $35^\circ 26'$ o sea que el

error de la lectura puede ser $\pm 30''$ es decir, $\pm 1'$ aproximación.

Luego:

$$E_m = \pm \frac{a}{2} \quad (\text{para un ángulo})$$

Para (n) ángulos:

$$E_t = E_m \sqrt{n} = \pm \frac{a}{2} \sqrt{n} \quad y$$

TOLERANCIA = $2 \left(\pm \frac{a}{2} \sqrt{n} \right)$ en general TOLERANCIA = $\pm a \sqrt{n}$

a = aproximación del aparato

n = número de ángulos medidos del polígono.

Si el error es tolerable, se compensa repartiéndolo entre todos los ángulos del polígono por igual, siempre que todos ellos hayan sido medidos en igualdad de condiciones, o se reparte arbitrariamente aplicando el criterio que convenga según las condiciones de campo.

De las medidas y la longitud de los lados que forman los ángulos debe procurarse variar lo menos posible los ángulos - formados por lados largos, para afectar la figura lo menos posible.

c). CIERRE LINEAL

La condición para que un polígono cierre linealmente es

que la suma algebraica de las proyecciones de sus lados sobre 2 ejes rectangulares, sea nula, independientemente en cada -- eje.

La orientaci3n que m1s conviene para los ejes, es la de los puntos cardinales, es decir, tomar ejes Norte-Sur y Este--Oeste, pues tenemos los 1ngulos que forma cada lado con ellos, que, son los rumbos.

CONDICION DE CIERRE LINEAL

$$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma \text{PROYS. N} - \Sigma \text{PROYS. S} = 0 \\ \Sigma \text{PROYS. E} - \Sigma \text{PROYS. W} = 0. \end{array} \right.$$

PARA CADA LADO

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{PROY. SOBRE EL EJE Y (N-S)} = \text{LONG} \times \text{COS RUMBO O} \\ \text{AZIMUT.} \\ \text{PROY. SOBRE EL EJE X (E-W)} = \text{LONG} \times \text{SEN RUMBO O} \\ \text{AZIMUT.} \end{array} \right.$$

Los Rumbos o Azimut deben ser los calculados con los 1ngulos interiores compensados.

Las proyecciones hacia el N y hacia el E ser1n positivas y negativas hacia el S y el W.

Recorriendo el poligono en un mismo sentido, las iniciales de sus rumbos dan el sentido de las proyecciones. As1 -

por ejemplo; un lado de rumbo SW, se proyectará al Sur y al Oeste.

Obsérvese que como se trata de proyecciones, estas son, pudiera decirse, las componentes de cada lado, como si fueran fuerzas y la posición de los ejes no interesa por ahora, sólo su orientación. El error en cada eje es la diferencia entre las sumas de proyecciones, y el error total (E_t) es la hipotenusa ($\sqrt{A^2 + A^2}$) del triángulo formado por ambos errores.

Error por unidad de longitud de polígono:

$$\frac{E_t}{L, \text{ (Longitud total del polígono)}}$$

Esta expresión se acostumbra ponerla con la unidad en el numerador para hacerla más objetiva y también para compararla con las especificaciones que se fijan para las diversas clases de trabajos, tales como:

$$\frac{1}{100}, \frac{1}{5\ 000} \text{ etc.}$$

$E_t \leq$ TOLERANCIA: Se compensa

SI

$E_t >$ TOLERANCIA: Se repite el trabajo, o se revisa para encontrar algún error o errores que hayan causado que se excediera de lo tolerable.

Si resultase que el error total lineal es menor que la

tolerancia especificada, se compensa para llegar al cierre perfecto. La compensación puede hacerse por varios procedimientos, de los cuales los más empleados son: La regla de la brújula y la Regla del Tránsito.

REGLA DE LA BRUJULA.- Es el procedimiento más empleado, y está basado en:

1°.- En que los errores en el levantamiento son accidentales y varían con la raíz cuadrada de la longitud de los lados directamente, por lo que se corrige proporcionalmente a la longitud de los lados.

2°.- Que los errores angulares tienen efecto semejante a los de cadenamamiento.

De lo anterior se tiene:

$$\frac{\text{CORRECCION A LA PROYECCION } x \text{ ó } y \text{ DE UN LADO}}{\text{ERROR } x \text{ ó } y} = \frac{\text{LONGITUD DEL LADO}}{\text{LONGITUD TOTAL DEL POLIGONO}}$$

$$\frac{\text{CORR. } x \text{ ó } y}{E \text{ x ó } y} = \frac{\text{LADO}}{L}; \text{ CORR. } x \text{ ó } y = \left[\frac{E \text{ x ó } y}{L} \right] \text{ LADO}$$

El paréntesis contiene a una constante que representa el error, en (x) o en (y) por unidad de longitud de polígono.

REGLA DEL TRANSITO.- Esta regla está basada:

1°.- En que los errores en el levantamiento son acciden

tales;

- 2°.- Que las medidas de ángulos son más precisas que las medidas de longitud.

Con esta regla se corrige proporcionalmente a las proyecciones de los lados, y se expresa así:

$$\frac{\text{CORRECCION A LA PROYECCION } x \text{ ó } y \text{ DE UN LADO}}{\text{ERROR } x \text{ ó } y} = \frac{\text{PROYECCION DEL LADO } x \text{ ó } y}{\text{SUMA ARITMETICA DE TODAS LAS PROYECCIONES DEL POLIGONO } x \text{ ó } y; \text{ ES DECIR, } (\sum N + \sum S) \text{ ó } (\sum E + \sum W)}$$

$$\text{CORRECCION } x \text{ ó } y = \left[\frac{E_x \text{ ó } y}{\sum \text{PROYS. } x \text{ ó } y} \right] \text{ PROY. LADO } x \text{ ó } y$$

Aquí el paréntesis contiene una constante que es el error por unidad de proyección.

Para comprobación de las correcciones calculadas debe cumplirse que:

$$\sum C_x = Ex \quad \sum C_y = Ey$$

El signo de las correcciones será tal que:

- 1°.- Se sume a las proyecciones cuya suma es MENOR.
2°.- Se reste a las proyecciones cuya suma es MAYOR.

COORDENADAS.- Por medio de coordenadas de los vértices de las figuras geométricas que se emplean como apoyo, se tiene el control horizontal de los levantamientos y estudios to-

pográficos. Los ejes de coordenadas se escogen según las direcciones N-S y E-M con origen en cualquier punto que convenga.

Al ejecutar un trabajo pueden ocurrir dos casos:

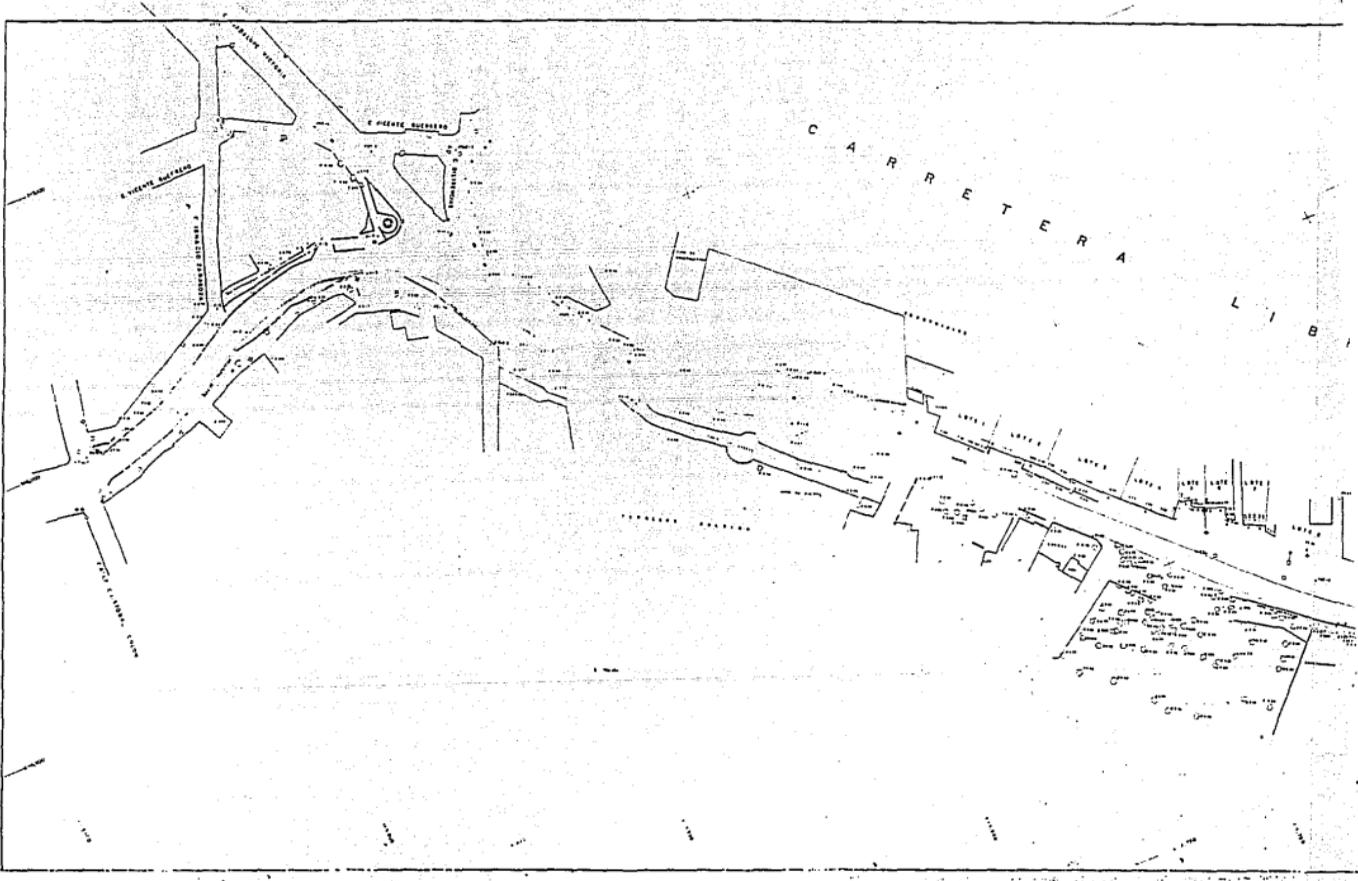
a).- Que la zona se ubique dentro, o junto a otra, donde ya se hayan establecido vértices de apoyos anteriores y deba quedar el nuevo trabajo relacionado con el anterior. En este caso, basta con tomar entre los puntos nuevos de apoyo, uno de los ya establecidos de coordenadas conocidas, a partir de él se calculan las coordenadas de los demás.

b).- Que no haya sistema de ejes previamente establecidos. En éste caso se está en libertad de ubicarlo como mejor convenga, y generalmente se procura que todo el polígono de apoyo quede en el primer cuadrante para que todas las coordenadas sean positivas. Conviene hacer un croquis aproximado de la figura para ver cuáles son los puntos más al oeste y -- más al sur y por ellos, o cerca, pueden pasar los ejes.

Basta que a un punto se le fijen sus coordenadas para que queden fijados los ejes y a partir de esas coordenadas se calculan las de los demás, sumando o restando las proyecciones de los lados que ligan consecutivamente los vértices.

Por medio de las coordenadas se pueden dibujar polígonos, obtener superficies y calcular un sinnúmero de problemas.

En cuanto al dibujo por coordenadas, es el método más conveniente pues cada punto se fija en su posición, independientemente de los demás, y en caso de algún error en el dibujo de un punto, no se afectan los otros como sucede si se dibuja a base de ángulos y distancias.



CAPITULO IV

TRAZO DEL PROYECTO

a).- GENERALIDADES

Las aportaciones en obras públicas dentro de las que están contemplados los caminos deben generar los máximos beneficios a la comunidad con la mínima inversión posible.

Una condición primordial para alcanzar esta meta es el conocimiento a fondo de los problemas y la aplicación de las técnicas apropiadas para resolverlos.

Lo anterior lleva a pensar que solo deben llevarse a cabo aquellas obras cuyo proyecto se encuentre completamente detallado en todas sus partes.

Para la elaboración detallada de este proyecto se requiere como base, que todos los estudios se hayan elaborado con la mayor precisión.

b).- ANTEPROYECTO

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

Una vez obtenidos los planos a una escala apropiada, se inicia el estudio para el trazo del camino, considerando un - sin número de posibilidades, hasta obtener la más conveniente que se tomará como tentativa del eje del camino quedando así definidos los alineamientos horizontal y vertical.

Un trazo ideal es aquel que se adapta económicamente a - la topografía del terreno.

Sin embargo la elección de una línea y su adaptabilidad al terreno dependen de los criterios adoptados.

Estos criterios a su vez dependen del tipo y volumen de tránsito previstos durante la vida útil del camino, así como de la velocidad de proyecto.

Por consiguiente, una vez clasificada la vía y fijadas las especificaciones que regirán el proyecto geométrico se - debe buscar una compatibilidad de alineamientos que se adapten al terreno planimétrica y altimétricamente y cumplan los requisitos establecidos.

En muchas ocasiones algunos factores pueden llevar a -- obligar una línea, entre ellos pueden mencionarse:

- a).- Los requerimientos del derecho de vía.
- b).- La división de propiedades.
- c).- El efecto de la vía proyectada sobre otras existentes.
- d).- Las previsiones para lograr un buen drenaje.

Estos factores y otros semejantes que pudieran estable-- cerse influyen en la determinación de los alineamientos hori-- zontal y vertical de un camino.

Alineamientos que dependen mutuamente entre sí por lo -- que deben guardar una relación que permita la construcción - con el menor movimiento de tierra posible y con el mejor ba-- lance entre los volúmenes que se produzcan de excavación y te-- rraplén.

c).- PROYECTO

Es el producto de los diversos estudios en los que se - han considerado todos los casos previstos y se han estableci-- do normas para la realización de la obra y para resolver aque-- llos otros casos que puedan presentarse como imprevistos.

La fase de proyecto se inicia una vez situada la línea - con estudios de una precisión tal que permiten definir las características geométricas del camino, las propiedades de los materiales que lo formarán y las condiciones de los ríos o arroyos que cruza.

Respecto a las características geométricas los estudios permitirán definir la inclinación de los taludes de cortes y terraplenes y las elevaciones de rasante.

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

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

Los imprevistos que surjan durante la construcción de la obra se resolverán con base en los estudios realizados en el proyecto de la misma, ampliándose éstos para los casos que se crean necesarios.

d).- ORGANIZACION Y COORDINACION

Compete al departamento de vialidades después de haberse elaborado los planos topográficos e instalaciones municipales a escala 1:500 la realización del proyecto de la ampliación señalando en dicho proyecto, origen y destino de la ampliación, secciones de la ampliación, así como también las referencias de: PIs (PUNTOS DE INFLEXION), P_Os (PUNTOS OBLIGADOS), PSTs (PUNTOS SOBRE TANGENTES). Así como también algunos elementos de las curvas horizontales como son: STs (subtangentes) y los G (grados de curvatura).

Posteriormente este proyecto es enviado al departamento de topografía y proyecto geométrico para su realización. El departamento de topografía y proyecto geométrico se avoca a realizar dicho proyecto en constante comunicación con el departamento de vialidades ya que dicho proyecto puede sufrir modificaciones.

OTROS departamentos también tienen ingerencia en los trabajos a realizarse como son: MECANICA de suelos, hidráulica y Estructuras, a los cuales el departamento de topografía y proyecto geométrico a petición de ellos les proporciona información o bien realiza algún trabajo relacionado con el proyecto.

IV.1 TRAZO

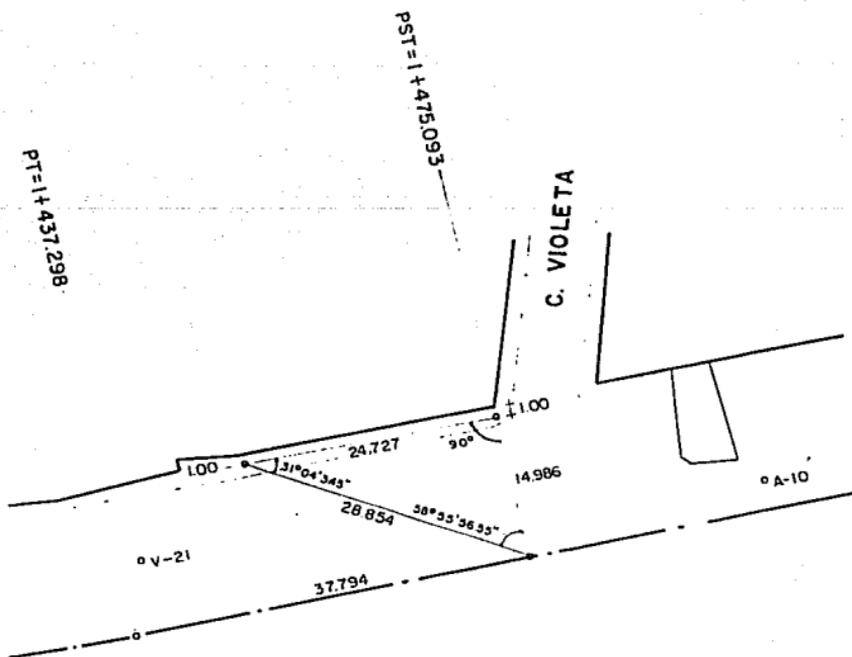
El trazo se hará en base a los puntos obligados previamente determinados en el proyecto tales como los PIs (puntos de inflexión), POs (puntos obligados), PSTs (puntos sobre tangentes).

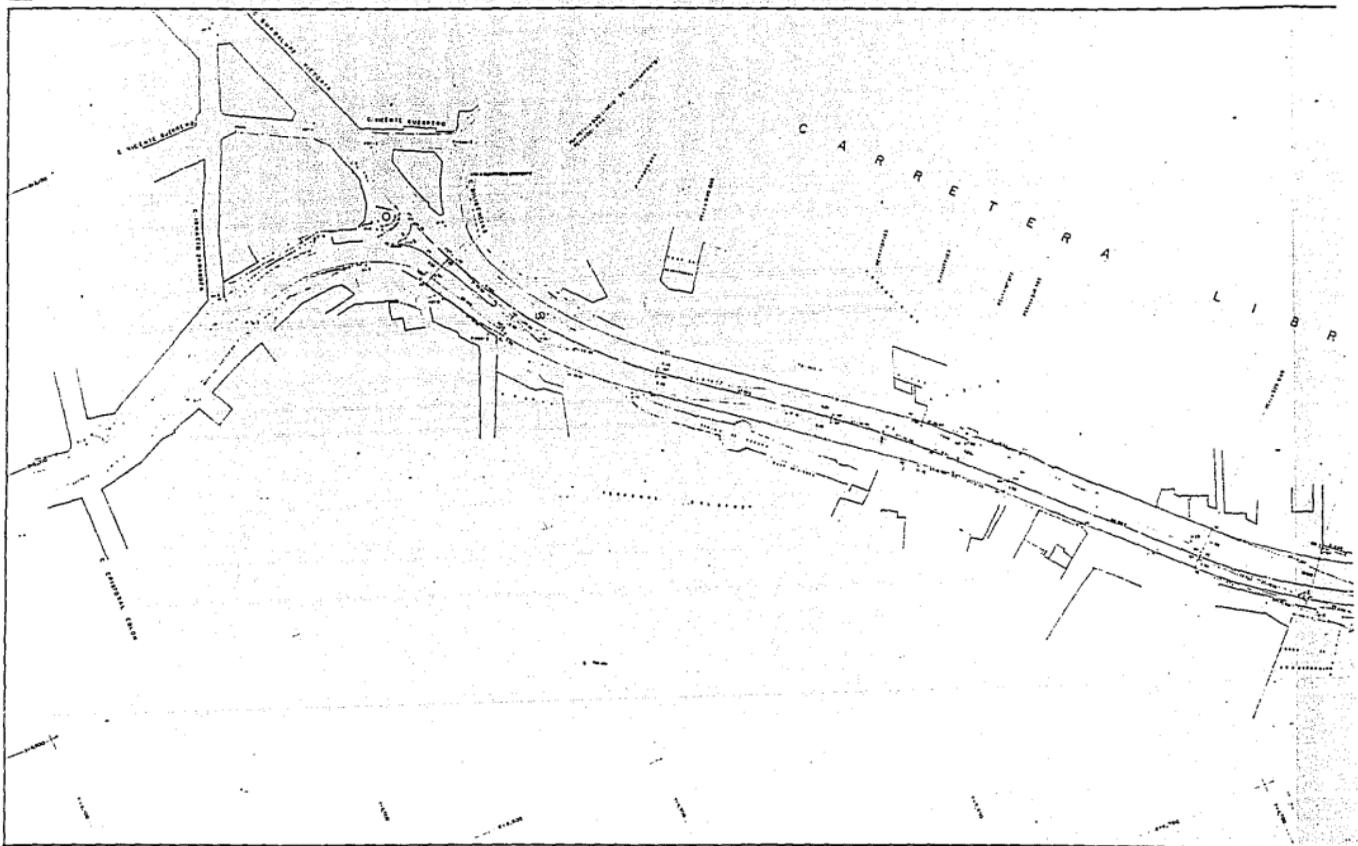
La unión de estos puntos obligados en la que se miden -- las longitudes así como las deflexiones en los PIs y en las -- que se hacen las ligas necesarias con la poligonal del levantamiento topográfico, para controlar el trazo lineal y angularmente, nos da los elementos geométricos del trazo como son: cadenamientos de los PSTs, POs, PCs, PIs y PTs, así como los datos de curvas tales como deflexiones, radios, longitudes de curvas y los elementos necesarios para su trazo y la elaboración de la planta general de trazo.

REFERENCIACION.- Los puntos que definen el trazo, tales como PSTs, POs, PIs, deberán referenciarse para rehacer cualquier tramo que se requiera. Pero principalmente con objeto de reubicar las posiciones originales durante el proceso de construcción.

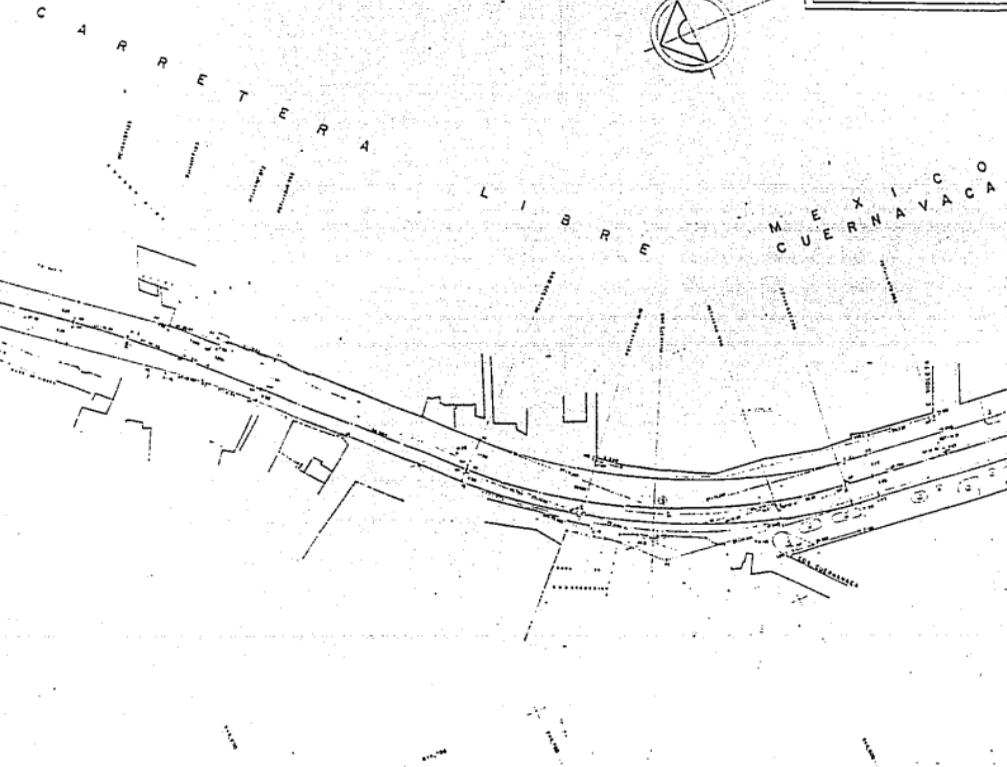
Algunas reglas prácticas para referenciar los puntos importantes del eje de trazo son:

- 1.- Que en una tangente debe haber como mínimo dos referencias.
- 2.- Las referencias deben estar marcadas o cinceladas -- perfectamente y pintadas de preferencia de color rojo.
- 3.- Ubicarlas de preferencia en sitios inamovibles como son: paramentos, torres de alta tensión, bardas, etc.
- 4.- Dar ángulos y distancias al punto ubicado y croquis de la referencia.





DATOS PARA EL TRAZO DE CUERPOS NO REGISTRALES			
NO. DE TRAZO	FECHA DE TRAZO	PROYECTO	PROYECTANTE
1	1978	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...



NOTAS:

1. UNIDAD DE DISEÑO ARCHITECTONICO
2. ESTE PLANO SE DESARROLLA CON ACUERDO DE ENTENDIMIENTO ENTRE EL PROYECTANTE Y EL COMITENTE
3. EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION SE REALIZA DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS DE LA LEY DE OBRAS PUBLICAS
4. EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION SE REALIZA DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS DE LA LEY DE OBRAS PUBLICAS

SIMBOLOGIA

- LINEA DE TRAZO

PROYECTO	...
FECHA	...
PROYECTANTE	...
COMITENTE	...

CIUDAD DE MEXICO

SECRETARIA GENERAL DE OBRAS PUBLICAS **DDF**

DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS

C. L. J. MANUEL CAMACHO SOLIS
 C. J. DANIEL SUZ FERRELL
 C. J. DANIEL SUZ FERRELL
 C. J. DANIEL SUZ FERRELL

PLANTA GENERAL DE TRAZO

SEGUNDA ETAPA

IV.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje del camino y que debe llenar ciertos requisitos para lograr una circulación de vehículos cómoda y segura. Los elementos que lo integran son:

Las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

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

Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas se les representa como PI y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por A.

Como las tangentes van unidas entre sí por curvas, la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

CURVAS CIRCULARES. - Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas.

Las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio.

CURVAS CIRCULARES SIMPLES.- Cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, esta se denomina curva simple. En el sentido del cadenamamiento las curvas simples pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

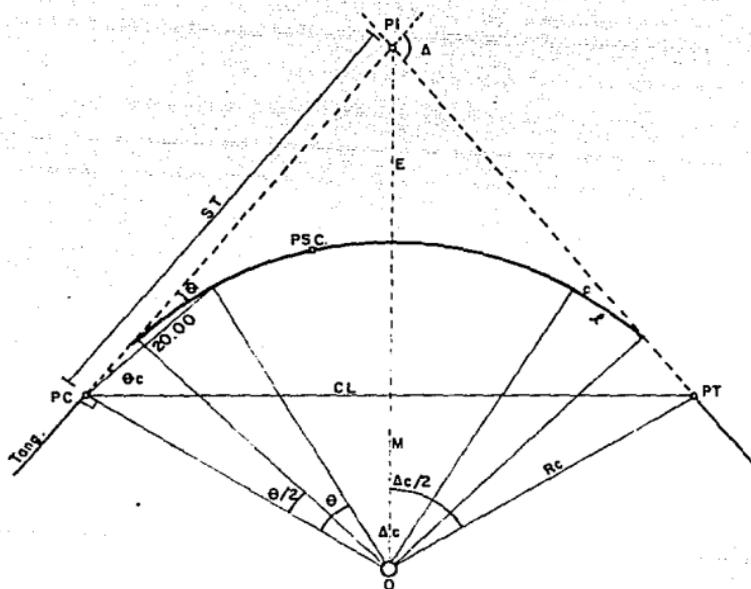
CURVAS CIRCULARES COMPUESTAS.- Cuando están formadas por dos o más curvas circulares simples del mismo sentido y de diferente radio, o de diferente sentido y cualquier radio, pero siempre con un punto de tangencia común entre dos consecutivas. Cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario compuestas inversas. En caminos deben evitarse este tipo de curvas porque introducen cambios de curvatura peligrosos.

CURVAS DE TRANSICION.- Cuando un vehículo pasa de un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se refiere al cambio de dirección como a la sobreelevación y a la ampliación necesarias.

Para lograr este cambio gradual se usan las curvas de transición.

Se definirá aquí como curva de transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal, que en su longitud se efectúa de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la curva circular.

Después de haber descrito los elementos que integran el alineamiento horizontal, para el caso que nos ocupa, se utilizaron únicamente las curvas circulares simples y tienen como elementos característicos los siguientes. Ver fig. No. 6.



$$R_c = \frac{1145.92}{G_c}$$

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

$$E = R_c (\text{Sec } \frac{\Delta_c}{2} - 1)$$

$$M = R_c \text{Sen Var } \frac{\Delta_c}{2}$$

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

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

$$l = \frac{20.00 \theta}{G_c}$$

$$LC = 20.00 \frac{\Delta_c}{G_c}$$

FIGURA - 6

IV.3 ALINEAMIENTO VERTICAL

Definición. - El alineamiento vertical es la proyección (perfil) del desarrollo del eje de un camino al cual se le llama también subrasante.

El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas verticales parabólicas.

TANGENTES. - Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas.

La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente y se representa como T_v .

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

Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina PIV, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra Δ .

PENDIENTE GOBERNADORA. - Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel, determinado en función de las características del tránsito y la configuración del terreno, la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos con-

ceptos, permite obtener el menor costo de construcción, conservación y operación.

Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

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

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

CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida.

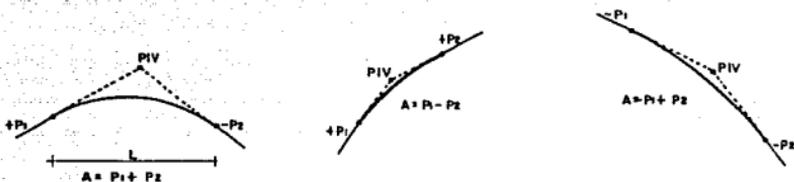
Deben dar por resultado un camino de operación seguro y confortable, apariencia agradable y con características de --

drenaje adecuados.

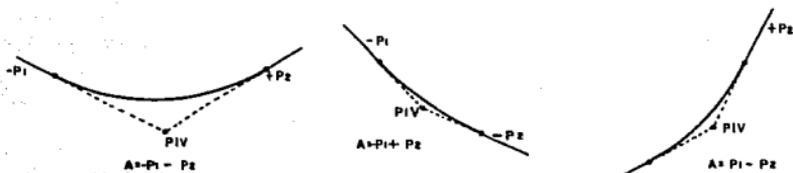
El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta se representa como PCV y como PTV el punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

La expresión $Y=Kx^2+Px$ corresponde a la ecuación de una parábola que es la recomendada para emplearse en las curvas verticales.

Las curvas verticales pueden tener concavidad hacia arriba o hacia abajo, recibiendo el nombre de curvas en columpio o en cresta respectivamente. Ver figura No. 7



CURVAS VERTICALES EN CRESTA



CURVAS VERTICALES EN COLUMPIO

P_1 = PENDIENTE DE ENTRADA

P_2 = PENDIENTE DE SALIDA

A = DIFERENCIA DE PENDIENTES

L = LONGITUD DE LA CURVA

K = VARIACION DE LONGITUD POR UNIDAD DE PENDIENTE $K = \frac{L}{A}$

FIGURA - 7

IV.4 NIVELACION PARA LA UBICACION DE BANCOS DE NIVEL

Altimetría o control vertical.- Tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos, siendo el más común de ellos el del nivel del mar.

A las alturas de los puntos sobre esos planos de comparación se les llama cotas, elevaciones o alturas y a veces niveles.

NAME.- Nivel de aguas máximas extraordinarias.

COTA SNMM.- Cota sobre el nivel medio del mar.

Para tener puntos de referencia y de control para obtener las cotas del terreno, se escogen o se construyen puntos fijos, notables, invariables, en lugares convenientes, estos puntos son los que se llaman bancos de nivel.

Su cota se determina con respecto a otros puntos conocidos, o se les asigna una cualquiera según el caso.

Los bancos de nivel que se construyen son generalmente de concreto, como pequeñas mojoneras, con una varilla o una saliente que defina el punto, y además permita cuando se usa regla graduada (estadal) para tomar lecturas, que ésta se apo

ye en un punto único definido y no en una superficie que pueda tener irregularidades que hagan variar la altura.

Esto sobre todo es importante en trabajos de nivelación directa donde la aproximación se lleva hasta milímetros y a veces más, en trabajos de precisión.

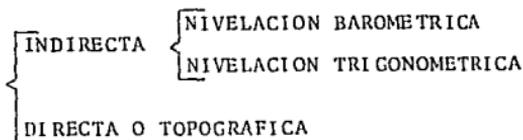
En realidad solo en extensiones cortas el plano de comparación se considera como un plano, pues realmente es lo que se llama una superficie de nivel.

SUPERFICIE DE NIVEL.- Es la que si se mueve un cuerpo sobre ella la gravedad no ejecuta ningún trabajo, es decir en todos sus puntos es normal a la dirección de la gravedad.

Entonces el desnivel entre dos puntos será la diferencia de alturas entre sus superficies de nivel.

Las diferencias de alturas, o determinación de cotas de los puntos del terreno, se obtienen mediante la nivelación.

La nivelación puede ser:



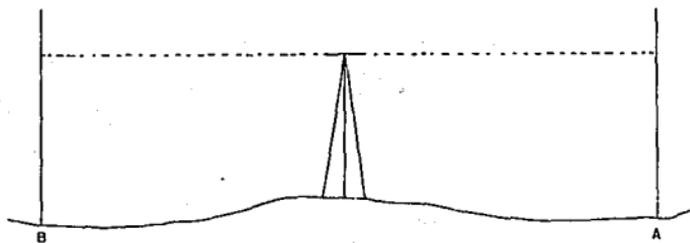
METODOS PARA NIVELAR DIRECTAMENTE

a).- NIVELACION DIFERENCIAL

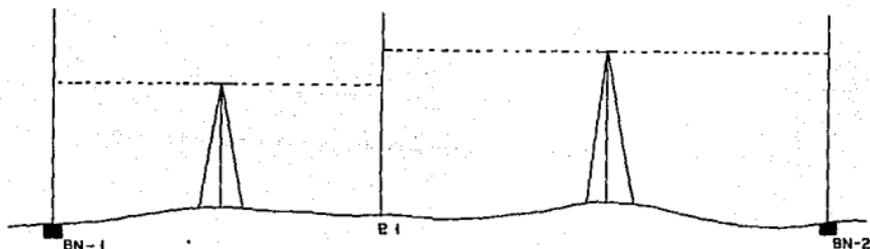
b).- NIVELACION DE PERFIL

NIVELACION DIFERENCIAL.- Tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre 2 puntos.

DISTANCIA CORTA.- Cuando hay algún lugar donde se puede colocar el aparato de modo que puedan verse desde él los dos estadales, colocados en sus respectivos puntos, y si la distancia del aparato a ellos no se excede de la calculada para obtener la aproximación deseada, el desnivel, como se vió antes se obtiene simplemente por la diferencia de lecturas en A y B.



DISTANCIAS LARGAS.- Cuando no se puedan cumplir las condiciones del caso anterior, o sea que los puntos estén muy -- distantes uno de otro y con obstáculos intermedios, el desnivel se obtiene repitiendo la operación cuantas veces sea necesario, utilizando puntos intermedios llamados puntos de liga (PL), la nivelación se va llevando así por la ruta mejor hasta llegar al punto final.



CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA REALIZAR UNA NIVELACION

1.- Como los (PL) ligan una posición del aparato con la siguiente posición deben ser puntos fijos, invariables, cuando menos mientras se cambia el aparato a la siguiente posición para leer atrás al mismo (PL); también deben escogerse, si son puntos que existan sobre el terreno, que tengan como los bancos de nivel un punto sobresaliente. Si no se encuentran puntos así en la ruta, deberán darse los (PL) sobre estacas, clavos, o pijas metálicas, pues de esto depende gran par

te el éxito del trabajo.

2.- Es importante procurar que en cada posición del aparato, la distancia a que se lee atrás sea igual a la de adelante, para eliminar cualquier error por desviación inapreciable de la línea de colimación o por curvatura y refracción.

3.- Las nivelaciones como todo trabajo deben comprobarse. La comprobación de una nivelación es otra nivelación y puede hacerse por alguno de estos métodos.

a).- Nivelar de ida y de regreso. Por los mismos puntos o por otro camino o puntos diferentes.

b).- Nivelar por doble punto de liga.- De este modo se hace lo mismo que en el caso anterior pero las dos nivelaciones se llevan al mismo tiempo, o también tres si se desea.

c).- Nivelar por doble altura de aparato.- Por este procedimiento las nivelaciones que se llevan quedan totalmente independientes, pues se van comprobando las diferencias de lecturas entre PLS consecutivos, y no tienen en común la primera y última lecturas como en el caso anterior.

Sea cual fuere el método que se siga como se obtienen -

dos o más valores para el desnivel total, el valor más probable será la media aritmética de ellos y el error de cada nivelación la diferencia que tenga con dicho valor más probable.

La ubicación de los bancos de nivel se llevó a cabo por el método de nivelación directa (nivelación diferencial) y se observa lo siguiente que en terrenos planos y ondulados, se fijaron bancos de nivel a cada 500 m.

Esta distancia disminuirá conforme el terreno se hace más accidentado y en terreno escabroso puede llegar a ser conveniente fijar bancos de nivel a cada 100 m y de cada uno de los bancos de nivel ubicados se referenció y se elaboró un boletín para su localización. (ver dibujo)

ORIGEN DE ELEVACIONES CORRESPONDE AL BANCO DE NIVEL CON ELEVACION -
 2318.500 m.s.n.m., EL CUAL ESTA UBICADO EN LA INTERSECCION DE
 LAS CALLES DE GUADALUPE Y CALLE DILIGENCIAS.

FECHAS	ELEVS.	NIVELADOR	CROQUIS DE LOCALIZACION
23 IV 91	2593.153		

FECHA	MAYO-91
HOJA	
ELABORO	
REVISO	
APROBO	

CARRETERA MEXICO-CUERNAVACA
 LOCALIZACION DE BANCOS DE NIVEL
 PRIVADA VISTA ANAHUAC - C. AL AJUSTO
 BOLETIN

IV.5 SECCIONES TRANSVERSALES

Una vez que se ha trazado y nivelado el eje de la carretera se procede a cadenear dicho eje a cada 20 m. y en zonas de curvas a cada 10 m.

En nuestro caso como el proyecto de la carretera es para una ampliación no se tomaron las secciones para configurar a cada lado del eje y tampoco se usó nivel de mano sino que se usó nivel fijo, obteniéndose los detalles existentes hasta una distancia aproximadamente de 50 m. a cada lado del eje.

Después de haber sido medida y nivelada cada una de las secciones se procede a realizar el cálculo de las nivelaciones para posteriormente dibujarlas en papel milimétrico a una escala igual tanto horizontal como vertical. A continuación se describen algunos métodos para configurar la zona donde se aloja cualquier trazo de caminos fundamentalmente y pueden ser de dos formas.

1. - SECCIONES TRANSVERSALES CON NIVEL FIJO O MONTANTE.
2. - SECCIONES TRANSVERSALES CON NIVEL DE MANO O CLISIMETRO.

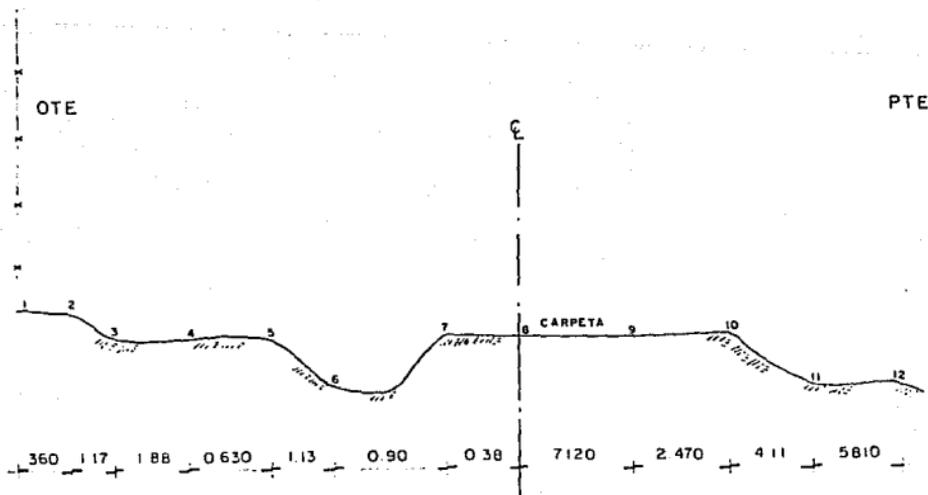
El tipo de nivel que se use, dependerá de la precisión del trabajo y de lo abrupto o plano que sea el terreno en su topografía.

Específicamente para el trazo de vías terrestres y en especial tratándose de la preliminar el método a usarse será a base de secciones transversales levantadas con nivel de mano y bajo el sistema de cota redonda.

Por otra parte cuando se trata del eje de la línea definitiva será necesario levantar las secciones transversales -- con nivel fijo y será necesario tomar en consideración en la sección todos y cada uno de los quiebres o cambios de pendiente del terreno, así como también las distancias a cada lado del eje de la línea.

EJEMPLO:

Levantamiento de secciones transversales (croquis y nivelación) para la ampliación carretera federal México-Cuernavaca.



EST.		COTAS	NOTAS
2-18	3.019		
1		0.939	Paramento
2		1.551	t/natural
3		3.129	"
4		3.258	2. aux.
5		3.390	t/natural
6		4.125	"
7		3.797	Carpeta
8		3.756	¢
9		3.350	carpeta
2-18	1.169		
10		1.1614	t/natural
11		4.368	"
12		4.950	"

IV.6.- PROYECTO DE LA SUBRASANTE

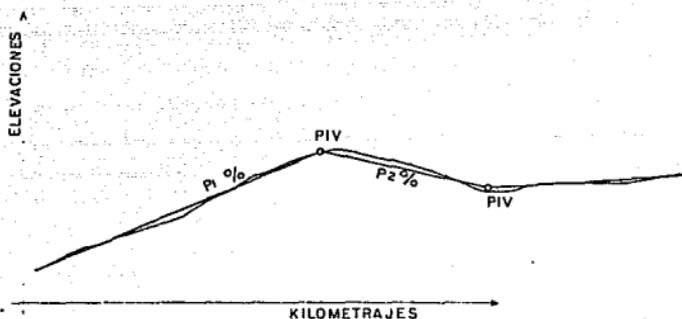
La subrasante es el perfil del eje de las terracerías terminadas y la rasante es el perfil de la superficie de rodamiento, o riel, o plantilla de canal, según sea la vía de que se trate, y en general es paralela a la subrasante y desde -- luego queda sobre ella.

La subrasante la forman una serie de líneas rectas con -- sus respectivas pendientes, unidas por arcos de curvas parábólicas verticales; las líneas rectas son tangentes a las curvas verticales, las pendientes máximas serán las que correspondan para el tipo de camino proyectado y la clase de terreno atravesado, las pendientes siguiendo el sentido del cadena miento serán (+) ascendentes o (-) descendentes.

La subrasante que se proyecte deberá compensar lo -- más que sea posible las excavaciones y los rellenos (o cortes o terraplenes como se les acostumbra llamar).

Esto se logra pegándose lo más posible al perfil del terreno las pendientes se proyectan hasta décimos, ejemplo 5.4%, 3.1%. Aunque a veces para algunos cálculos se requiere trabajar con pendientes con 3 ó 4 decimales para lograr exactitud en los desniveles.

A veces resultarán cortes o terraplenes muy altos en terreno accidentado, o en zonas muy planas la subrasante puede ser el mismo perfil del terreno.



El costo de construcción, parte integrante de los costos en que se basa la evaluación de un camino, está gobernada por los movimientos de terracerías.

Esto implica una serie de estudios que permitan tener la certeza de que los movimientos a realizar sean los más económicos, dentro de los requerimientos que el tipo de camino fija.

A continuación se dan los lineamientos que el proyectista debe seguir para obtener la subrasante que corresponde a un proyecto económico.

Al iniciarse el estudio de la subrasante en un tramo se deben analizar:

- a).- El alineamiento horizontal.
- b).- El perfil longitudinal.
- c).- Las secciones transversales del terreno.
- d).- Los galibos mínimos para dar cabida a las estructuras.
- e).- Respetar las especificaciones de proyecto geométrico dadas.

Todo esto como regla general, pudiendo presentarse casos especiales en donde la subrasante se fije desde un principio, a una determinada altura y conservarla así durante todo un tramo, debido a que bien puede tratarse de un camino existente, el cual se pretende ampliar lateralmente o de un camino costero, que se requiere proyectar a una elevación determinada en terraplén.

De acuerdo con lo anterior, se considera que los elementos que definen el proyecto de la subrasante económica, son los siguientes:

1. - Condiciones topográficas.
2. - Condiciones geotécnicas.
3. - Subrasante mínima.
4. - Costo de las terracerías.

1. - Condiciones topográficas: De acuerdo con su configu

ración se consideran los siguientes tipos de terreno:

plano

lomerío

montañoso

Terreno plano.- En este tipo de terrenos su perfil presenta pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud, con pendiente transversal escasa o nula.

Terreno en lomerío.- En este tipo de terreno su perfil longitudinal presenta cimas y depresiones de cierta magnitud, con pendiente transversal no mayor de 45%.

Terreno montañoso.- En este tipo de terreno su perfil longitudinal presenta accidentes topográficos notables, con pendientes transversal mayor al 45%.

En terreno plano el proyecto de la subrasante será generalmente en terraplén, paralelo al terreno con la altura necesaria para quedar a salvo de la humedad propia del suelo. Así como para dar cabida a las alcantarillas, puentes y pasos a desnivel.

En este tipo de terreno los terraplenes estarán formados con material producto de préstamo ya sea lateral o de banco y el proyecto de tramos con visibilidad de rebase general-

mente no presenta ninguna dificultad tanto por lo que respecta al alineamiento horizontal como al vertical.

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 contiguos.

El proyecto de la subrasante a base de contrapendientes, la compensación longitudinal de las terracerías en tramos de longitud considerable, el hecho de no representar problema de dejar el espacio vertical necesario para alojar las alcantarillas, los pasos a desnivel y puentes, son características de este tipo de terreno.

Así mismo cuando se requiere considerar la distancia de visibilidad de rebase en el proyecto del alineamiento vertical se ocasiona un incremento en el volumen de tierras a mover.

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

Cuando a causa de la excesiva pendiente transversal del terreno haya necesidad de alojar en firme la corona del camino, la elevación de la subrasante debe estudiarse considerando la construcción de muros de contención o de viaductos, con el objeto de obtener el menor costo del tramo, en ocasiones el proyecto de un túnel puede ser la solución conveniente.

Son características del terreno montañoso el empleo frecuente de las especificaciones máximas, tanto en el alineamiento horizontal como en el vertical, la facilidad de disponer del espacio libre para dar cabida a alcantarillas y puentes, la presencia en el diagrama de masas de una serie de desperdicios interrumpidos por pequeños tramos compensados, la frecuencia de zonas críticas, los grandes volúmenes de tierra a mover, la necesidad de proyectar alcantarillas de alivio y el alto costo de construcción resultante si se quiere considerar en el proyecto la distancia de visibilidad de rebase.

Dada la relación que existe entre los alineamientos horizontal y vertical en todos los casos antes descritos especialmente en el último, es necesario que al proyectar el alineamiento horizontal, se tomen en cuenta los problemas que afectan el estudio económico de la subrasante.

2.- Condiciones Geotécnicas.- La calidad de los materiales que componen la zona en donde se localiza el camino, -

es factor importante para lograr el proyecto de la subrasante económica, ya que además del uso 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.

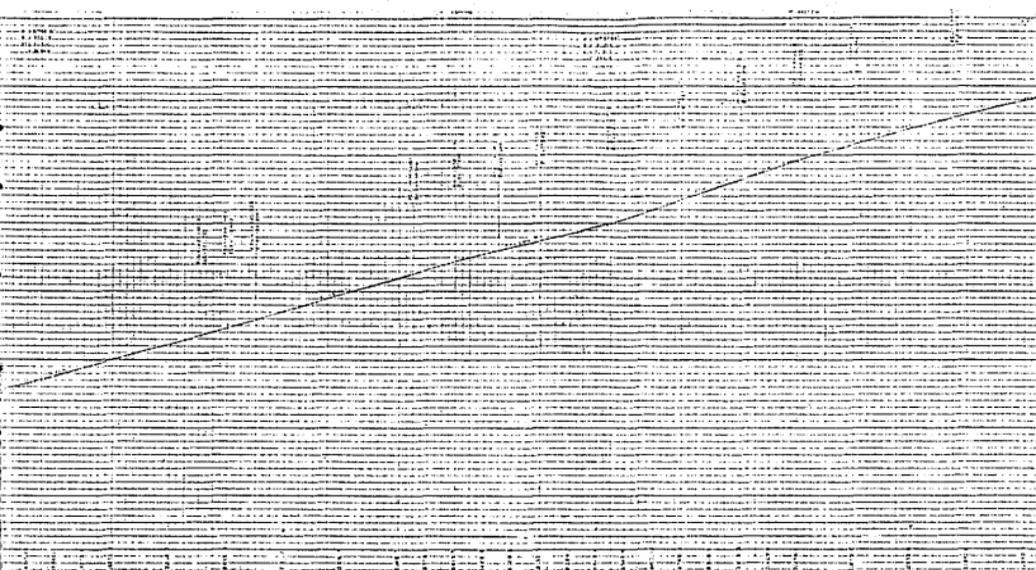
3.- Subrasante mínima.- La elevación correspondiente a puntos determinados del camino o a los que el estudio de la subrasante económica debe sujetarse, define en esos puntos el proyecto de la subrasante mínima los elementos que los fijan son:

- a).- Obras menores.
- b).- Puentes.
- c).- Zonas de inundación.
- d).- Intersección con vías terrestres (existentes)

4.- Costo de las terracerías.- La posición que debe guardar la subrasante para obtener la economía máxima en la construcción de las terracerías dependen de los siguientes conceptos:

- a).- Excavación en cortes.
- b).- Excavación en préstamo.
- c).- Compactación en el terraplén del material de corte.
- d).- Compactación en el terraplén del material de préstamo.
- e).- Sobreacarreo del material de corte a terraplén.

- f).- Sobreacarreo del material de corte a desperdicio.
- g).- Sobreacarreo del material de préstamo a terraplén.
- h).- Costo del terreno afectado para préstamo, desmonte y despalme dividido entre el volumen de terracerías extraído del mismo.
- i).- Coeficientes de variabilidad volumétrica.
- j).- Distancia económica de sobreacarreo.



ESTADO DE GUATEMALA
 SECRETARÍA DE FOMENTO Y OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y CONTROL DE OBRAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE LICENCIAS Y PERMISOS

ESTADO DE GUATEMALA
 SECRETARÍA DE FOMENTO Y OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y CONTROL DE OBRAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE LICENCIAS Y PERMISOS

CIUDAD DE MEXICO
 SECRETARÍA GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE LICENCIAS Y PERMISOS

ESTADO DE GUATEMALA
 SECRETARÍA DE FOMENTO Y OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y CONTROL DE OBRAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE LICENCIAS Y PERMISOS

5A

IV.7 SECCIONES DE CONSTRUCCION

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

Los elementos y conceptos que determinan el proyecto de una sección de construcción, pueden separarse en dos grupos:

- 1).- Los propios del diseño geométrico.
- 2).- Los impuestos por el procedimiento a que debe sujetarse la construcción de las terracerías.

Los elementos que integran el grupo 1 son:

- a).- Espesor de corte o terraplén.
- b).- Corona.
- c).- Calzada.
- d).- Acotamiento.
- e).- Pendiente transversal.
- f).- Ampliación en curvas.
- g).- Pavimento.
- h).- Subcorona.
- i).- Taludes.
- j).- Cunetas y contracunetas.

Los elementos que integran el grupo 2 son:

- a).- Despalme.
- b).- Compactación del terreno natural.
- c).- Escalón de liga.
- d).- Cuerpo del terraplén.
- e).- Capa subrasante.
- f).- Cuña de afinamiento.
- g).- Muro de retención.
- h).- Berma.
- i).- Estratos en corte.
- j).- Caja en corte.

DEFINICIONES DE LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL GRUPO 1.

a). Espesor de corte o terraplén.- Es un valor numérico que nos indica la profundidad o altura que hay entre la subcorona y el terreno natural, obtenido de hacer la diferencia entre las elevaciones de la subrasante y el terreno natural, en un punto determinado sobre el eje del trazo del camino.

b). Corona.- Es la superficie del camino terminado que queda comprendida entre los hombros del camino, o sea entre las aristas superiores de las cunetas en la sección transversal está representada por una línea.

c). Calzada.- La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

Los anchos de carril en zonas urbanas pueden ser de: - - 2.75 m, 3.05 m, 3.35 m y 3.65 m y normalmente se proyectan -- dos, cuatro o más carriles. En el caso de caminos rurales -- los anchos son variados, pero generalmente se proyectan caminos de un carril para las dos direcciones de tránsito, con un ancho usual de 4.50 m.

d). Acotamientos.- Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendida entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino; su finalidad es proteger a la calzada contra la humedad y erosiones; proporcionan un ancho adicional fuera de la calzada, mejoran la visibilidad en las curvas y son posibles lugares de estacionamiento - momentáneo.

El ancho de los acotamientos depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino - vaya a funcionar.

e). Pendiente transversal.- Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos.

1. Bombeo.
2. Sobreelevación.
3. Transición del bombeo a la sobreelevación.

1. Bombeo.- El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado, será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.

Este bombeo se acostumbra a expresarse en por ciento. Por ejemplo el bombeo más usual para carreteras es el 2%.

En la siguiente tabla se dan los valores guía para emplearse en el proyecto en función del tipo de superficie de rodamiento.

TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO		BOMBEO (EN DECIMALES)
MUY BUENA	SUPERFICIE DE CONCRETO HIDRAULICO O ASFALTICO, TENDIDO CON EXTENDEDORAS MECANICAS.	0.01 a 0.02
BUENA	SUPERFICIE DE MEZCLA ASFALTICA TENDIDA CON MOTO CONFORMADORA, CARPETA DE RIEGO.	0.015 a 0.03
REGULAR A MALA	SUPERFICIE DE TIERRA O GRAVA.	0.02 a 0.04

2. Sobreelevación.- La sobre elevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la cuvra para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.

La expresión para calcular la sobreelevación necesaria en una curva circular es la siguiente.

$$S = 0.00785 \frac{V^2}{R} - M$$

donde:

S = Sobreelevación en valor absoluto.

V = Velocidad del vehículo en Km/h.

R = Radio de la curva en m.

M = Coeficiente de fricción lateral.

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

Debe tomarse en cuenta que la sobreelevación máxima estará siempre en función del grado máximo y viceversa. Para esto existen tablas que muestran los valores correspondientes para cada tipo de carreteras, grado de curvatura y velocidad, que para obtener una determinada sobreelevación en una curva, basta con recurrir a tablas de cálculo, en donde vienen tabulados estos datos para diferentes tipos de carreteras, tomando como argumento la velocidad de proyecto y el grado de curvatura.

3.- Transición del bombeo o la sobreelevación.- En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la coro-

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

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

La longitud mínima de transición para dar la sobreeleva-

ción, puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación se tienen tres procedimientos:

- 1.- Girar la sección sobre el eje de la corona.
- 2.- Girar la sección sobre la orilla interior de la corona.
- 3.- Girar la sección sobre la orilla exterior de la corona.

El primer procedimiento es el más conveniente ya que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los hombros son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y sólo se emplean en casos especiales.

f).- Ampliación en curvas.- Es el incremento al ancho de corona y de calzada, en el lado interior de las curvas del alineamiento horizontal.

g).- Pavimento.- Se entiende por pavimento a la capa de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de tal manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a

la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales, al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos generalmente, están formados por la sub-base, la base y la carpeta definiendo esta última la calzada del camino.

Al espesor de la sub-base mas base se le conoce con el nombre genérico de revestimiento.

h).- Subcorona.- La subcorona es la superficie que limita a las terracerías y sobre la que se apoyan las capas del pavimento.

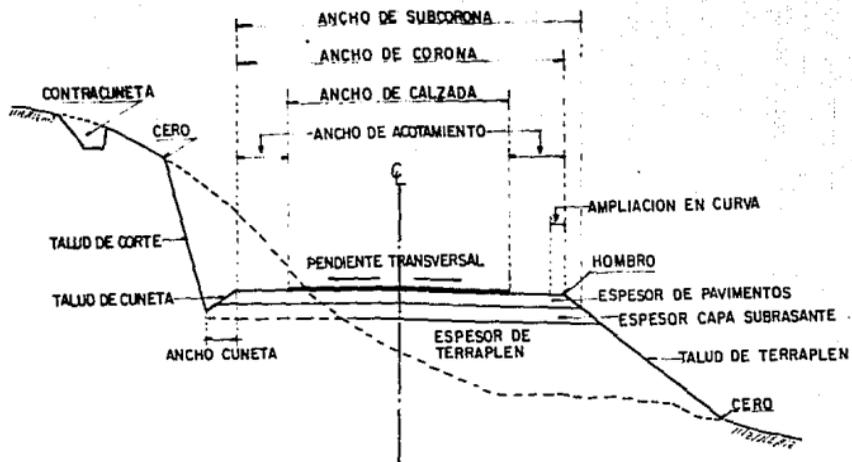
i).- Taludes.- Es el parámetro de inclinación de los cortes o de los taludes expresado numéricamente por el recíproco de la pendiente.

Los taludes de los cortes y terraplenes, se fijan de acuerdo con su altura y la naturaleza del material que lo forman; en terraplén dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material al formar el talud el valor comúnmente empleado para el es de 1.5:1.

En los cortes debido a la gran variedad en los tipos de material disponible es indispensable un estudio para definir los taludes de reposo en cada caso para esto se hacen estudios geotécnicos o estudios de los suelos a cada kilómetro normalmente.

J).- Cunetas.- Las cunetas y las contracunetas son obras de drenaje que por su naturaleza quedan incluidas dentro de las secciones transversales y de construcción.

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a cada lado de la vialidad contiguas a los hombros con el objeto de recibir el agua que escurren por la corona y los taludes.



SECCION DE CONSTRUCCION TIPO

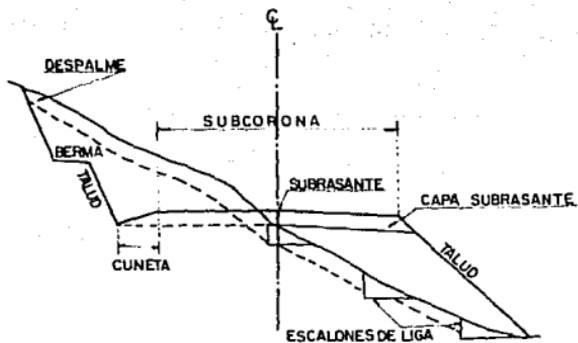
DEFINICIONES DE LOS ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL GRUPO 2.

a). Despalme.- Es la remoción de la capa superficial del terreno natural que por sus características (capa vegetal) no es adecuada para la construcción de terracerías, ya sea que se trate de zonas en corte, en áreas destinadas para el desplante de terraplenes o de zonas de préstamo.

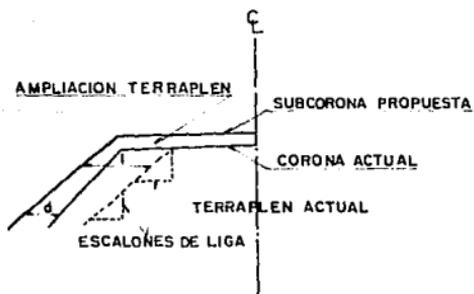
b). Compactación del terreno natural.- Es la presión a la que se somete el material del terreno sobre el que se desplantará un terraplén o al que queda abajo de la subcorona o de la capa subrasante en un corte, para proporcionarle a ese material el peso volumétrico requerido. También se aplica en el caso de terracerías antiguas que vayan a ser ampliadas.

c). Escalón de liga.- Es el que se forma con el área de desplante de un terraplén cuando la pendiente transversal del terreno es poco menor que la inclinación del talud 1.5:1 a fin de obtener una liga adecuada entre ellos y evitar un deslizamiento del terraplén.

También se proyecta en casos de ampliación o reconstrucción de caminos existentes. Actualmente, dada la política en materia de caminos que se está siguiendo de reconstrucción y ampliación de los mismos; este procedimiento es un factor de vital importancia.



PROYECTO DE ESCALONES POR PENDIENTE TRASVERSAL DEL TERRENO MENOR A LA DEL TALUD DEL TERRENO



ESCALONES POR RECONSTRUCCION DE TERRACERIAS EXISTENTES

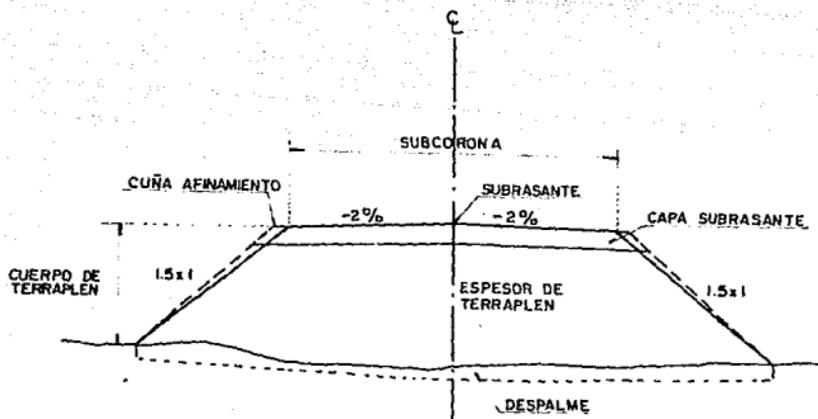
En este caso se proyectan dichos escalones cuando la distancia horizontal d entre taludes, es menor que el ancho del equipo de construcción, para lo cual hay que recortar el terraplén existente, hasta obtener la distancia mínima necesaria.

En este caso se tiene que sujetar a las recomendaciones que se hacen, al efectuar el estudio de suelos, el cual nos especifica cuáles deben ser las dimensiones tanto del peralte como de la plantilla para formar el escalón.

d). Cuerpo de terraplén.- Se llama así a la parte del terraplén que queda abajo de la subcorona. Está formado por una o más porciones según sea la elevación del terraplén, las características de los materiales y el tratamiento que se les dé.

e). Capa subrasante.- Es la porción subyacente a la subcorona, tanto en el corte como en terraplén. Su espesor es comúnmente de 30 cm y está formada por materiales seleccionados para soportar las cargas que le transmite el pavimento.

f). Cuña de afinamiento.- Es el aumento lateral que se le da a un talud de terraplén, para lograr la compactación en las partes contiguas a él. Es de forma triangular comúnmente de 20 cm de ancho en su parte superior al nivel del hombro de



SECCION DE CONSTRUCCION TIPO

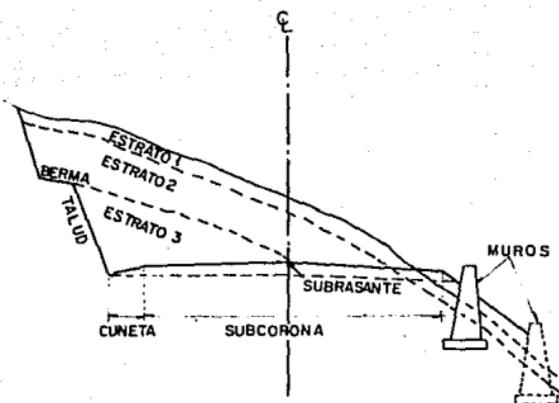
la subcorona y termina en la línea de ceros del talud o en el lecho superior de la porción inferior, si ésta es de material no compactable. Esta cuña debe recortarse en el afinamiento final.

g). Muro de retención.- Cuando la línea de ceros del terraplén no intersecta al terreno natural, es necesario construir muros de retención, cuya ubicación y altura estarán dadas como resultado de un estudio económico. Por regla general siempre se deben ubicar a la altura del camino.

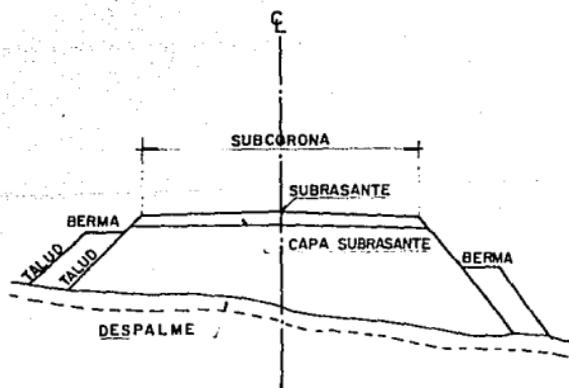
h). Berma.- En un terraplén, está formada por el material que se coloca adosado a su talud a fin de darle mayor estabilidad al terraplén. En corte, es un escalón que se hace recortando el talud, con el objeto de darle mayor estabilidad y de detener en él al material que se pueda desprender, evitando así que llegue hasta la corona del camino.

i). Estratos en cortes.- Así se designa a las diferentes capas que aparecen en un corte, cuando cada una de ellas está formada por material de distintas características de las demás. Una sección típica en corte, se muestra en donde se observa lo siguiente;

a). La capa superficial del terreno o estrato (1) que en general está formada por materiales finos, si es -



MURO DE RETENCION Y BERMA EN CORTE



BERMA EN TERRAPLEN

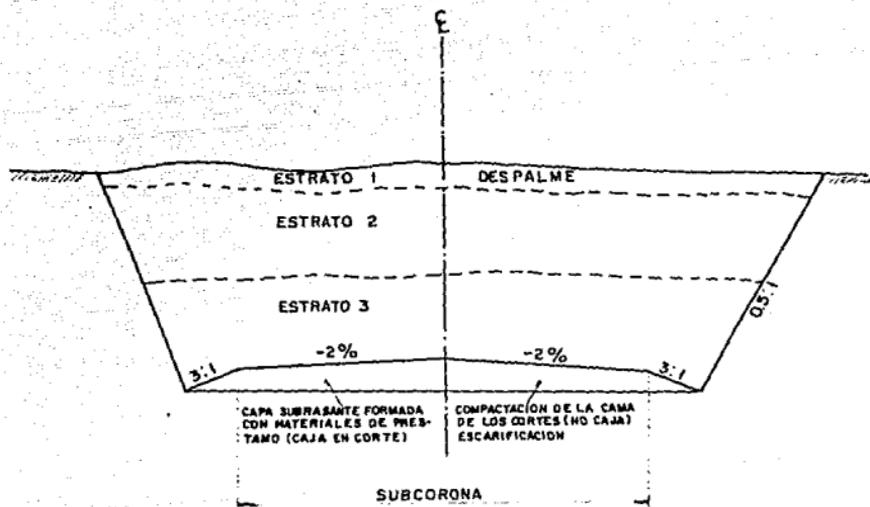
aprovechable por su calidad para formar el terraplen, se considera como tal; si por el contrario es inadecuado para ese empleo, viene a ser el despalme antes descrito.

b). Las porciones (2) y (3) representan dos estratos formados por material adecuado para la formación de terracerías, pero cuyas características son distintas.

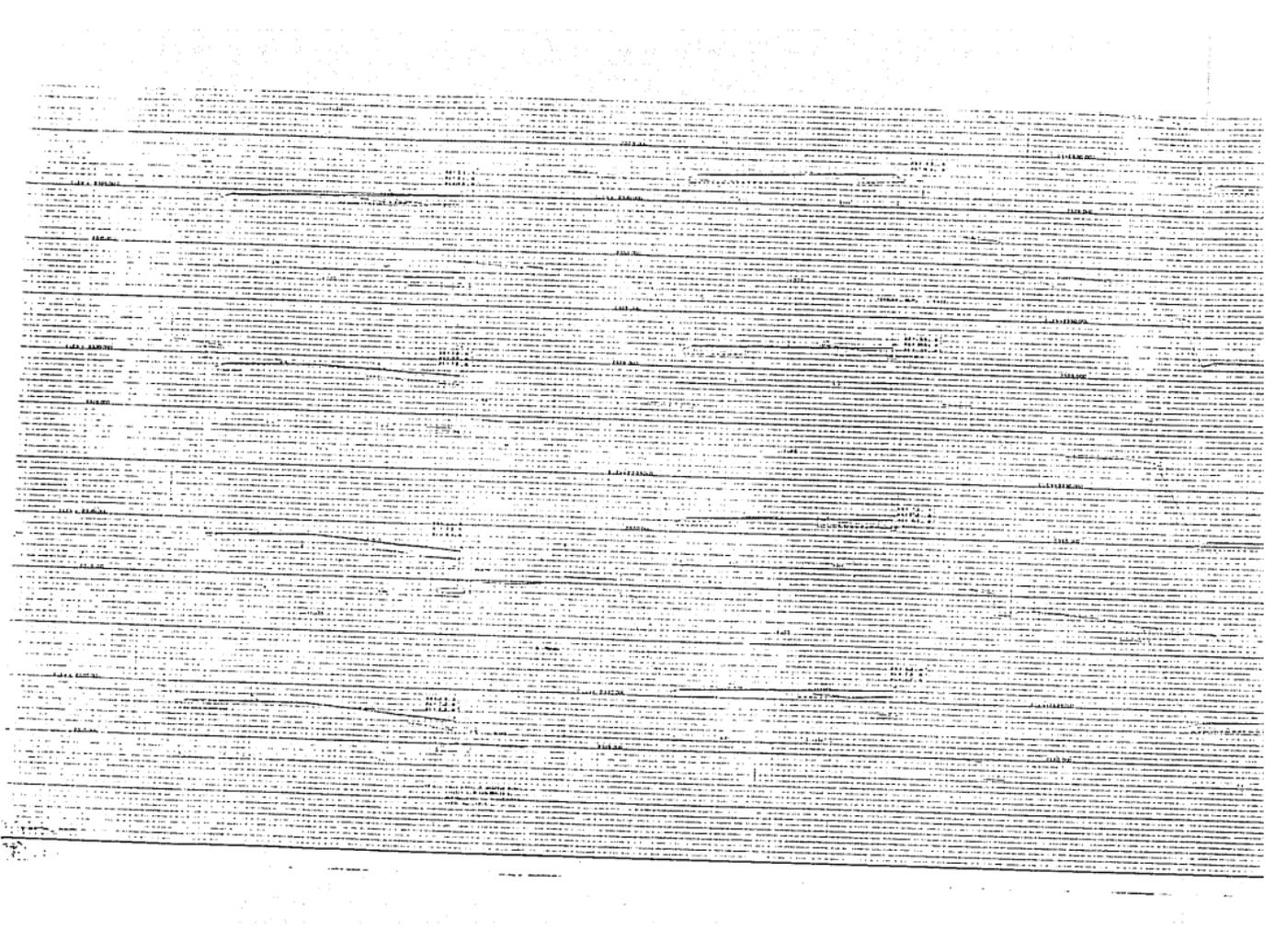
j). Caja en cortes. - Es la excavación del material subyacentes a la subcorona, inadecuado para formar la capa subrasante.

Este material debe ser substituido por otro de características apropiadas para formar la capa subrasante.

En caso de que el material de corte fuera apropiado para formar la capa subrasante, entonces dicho material se escarificaría y compactaría al porcentaje recomendado por la capa subrasante 95%.

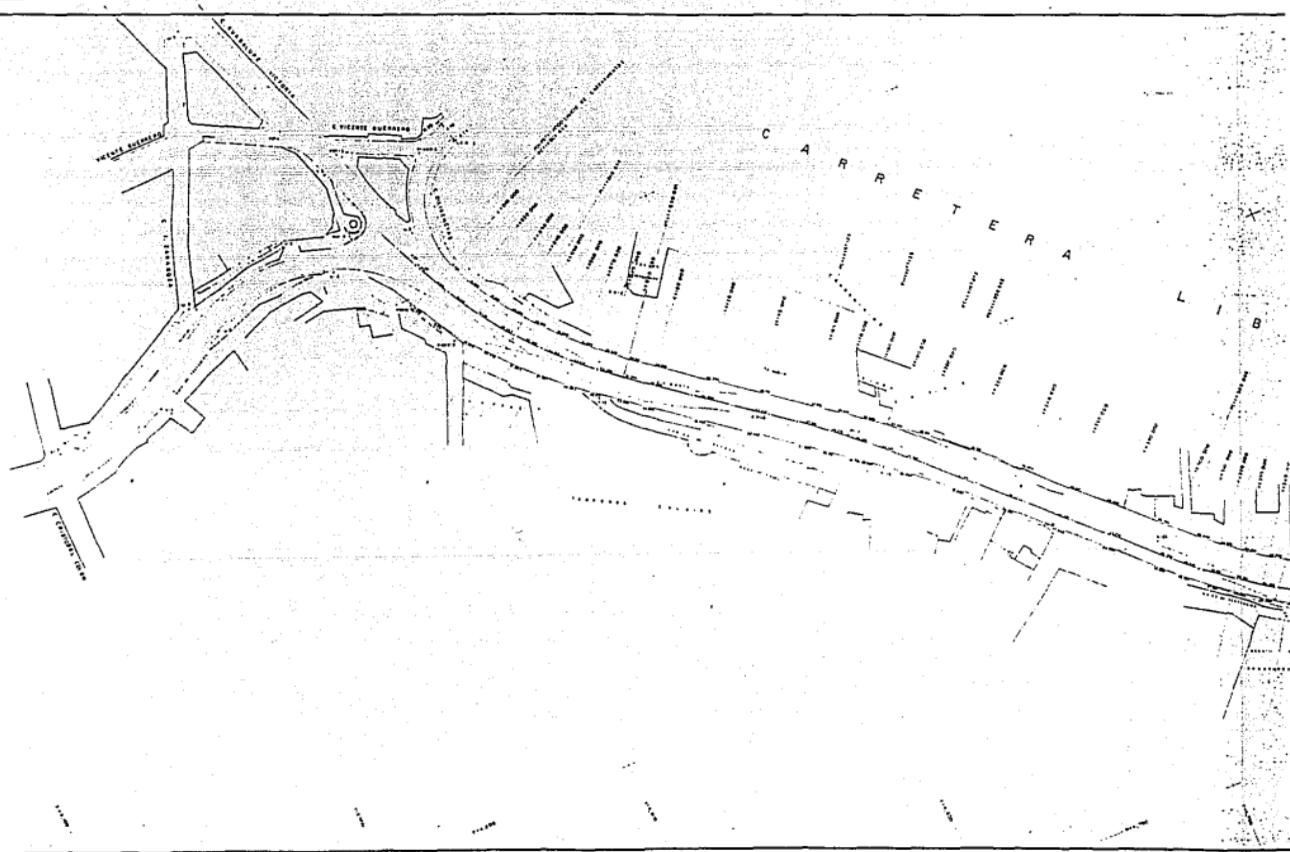


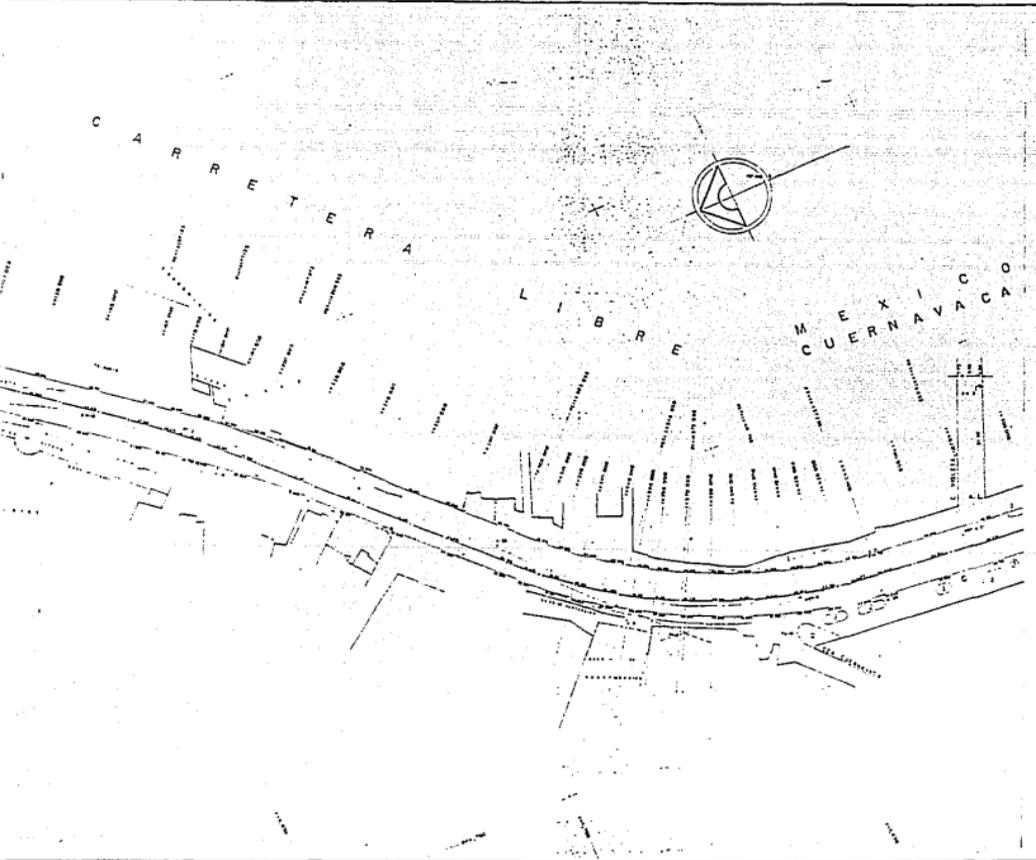
SECCION DE CONSTRUCCION TIPO



CIUDAD DE MEXICO

SECRETARIA DE ECONOMIA Y FINANZAS DDF





NOTAS

1. Escala: 1:50,000
 2. Fuente: Datos de campo
 3. Elaboración: DDF
 4. Fecha: 1970

SIMBOLOGIA

- Línea de calle
- Línea de ferrocarril
- Línea de metro
- Línea de autopista
- Línea de avenida
- Línea de avenida secundaria
- Línea de avenida terciaria
- Línea de avenida cuaternaria
- Línea de avenida quinary
- Línea de avenida senary
- Línea de avenida septary
- Línea de avenida octary
- Línea de avenida nonary
- Línea de avenida decary
- Línea de avenida undecary
- Línea de avenida duodecary
- Línea de avenida tredecary
- Línea de avenida quidecary
- Línea de avenida sexdecary
- Línea de avenida septdecary
- Línea de avenida octodecary
- Línea de avenida novdecary
- Línea de avenida vigintary
- Línea de avenida vigintecary
- Línea de avenida trigintary
- Línea de avenida trigintecary
- Línea de avenida quadragintary
- Línea de avenida quadragintecary
- Línea de avenida quinquagintary
- Línea de avenida quinquagintecary
- Línea de avenida sexagesimary
- Línea de avenida sexagesimecary
- Línea de avenida septuagintary
- Línea de avenida septuagintecary
- Línea de avenida octogintary
- Línea de avenida octogintecary
- Línea de avenida nonagintary
- Línea de avenida nonagintecary
- Línea de avenida centenary

CIUDAD DE MEXICO

SECRETARÍA GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS **DDF**

El Sr. **MARCEL GARCÉS** **EDIFE**
 El Sr. **PABLO RUIZ FERNÁNDEZ**
 El Sr. **FABIAN DE PAUL RABALA**

PROYECTO: SECCIONES NIVELADAS

ESTADO: MEXICO

CIUDAD: MEXICO

PROYECTO: SECCIONES NIVELADAS

ESTADO: MEXICO

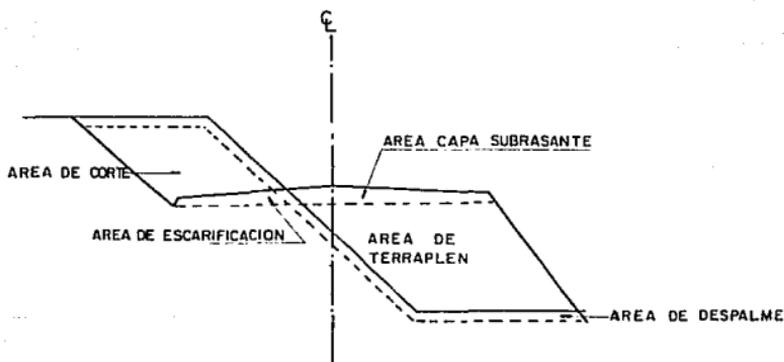
CIUDAD: MEXICO

IV.8 CALCULO DE VOLUMENES

1. - Cálculo de Areas

Una vez dibujadas las secciones y proyectadas, se revisan para evitar posibles errores al determinar el área de cada una de ellas.

Dichas áreas comprenderán la región delimitada por la sección de construcción y el terreno natural.



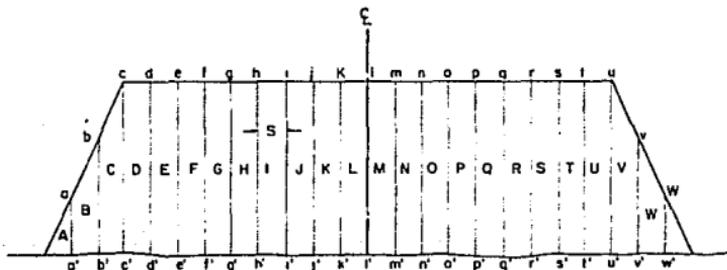
Dentro de los diferentes procedimientos empleados para obtener áreas tenemos:

1. - Método analítico
2. - Método gráfico
3. - Método del planímetro

1.- Método analítico.- Este método se basa en la descomposición de la sección, en figuras regulares obtenidas al trazar líneas verticales por los puntos de quiebre del terreno y de la sección de construcción.

Este método es útil cuando las áreas de las secciones se calculan con la ayuda de una computadora.

2.- Método gráfico.- En la figura siguiente la sección en terraplén mostrada ha sido dividida en trapecios y dos triángulos externos mediante líneas verticales a una separación constante "S".



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

$$AT = \left(\frac{a}{2}\right) S + \left(\frac{a+b}{2}\right) S + \left(\frac{b+c}{2}\right) S + \left(\frac{c+d}{2}\right) S + \left(\frac{d+e}{2}\right) S + \left(\frac{e+f}{2}\right) S + \left(\frac{f+g}{2}\right) S + \dots$$

o lo que es lo mismo siendo constante S:

$$AT = S \left(\frac{a}{2} \right) + \left(\frac{a+b}{2} \right) + \left(\frac{b+c}{2} \right) + \left(\frac{c+d}{2} \right) + \left(\frac{d+e}{2} \right) + \left(\frac{e+f}{2} \right) + \left(\frac{f+g}{2} \right) + \dots$$

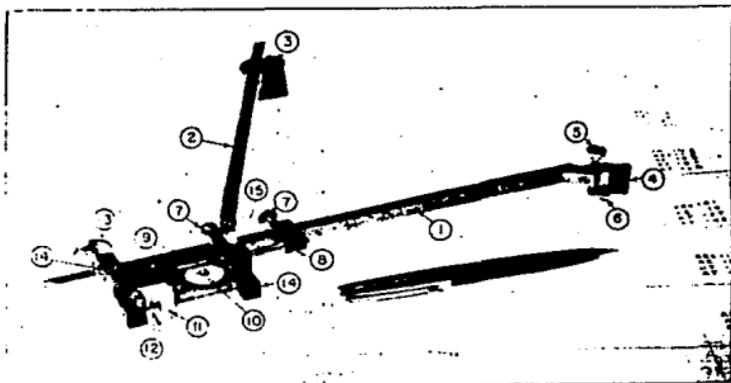
ó sea:

$$AT = S \left(\frac{2a}{2} \right) + \left(\frac{2b}{2} \right) + \left(\frac{2c}{2} \right) + \left(\frac{2d}{2} \right) + \left(\frac{2e}{2} \right) + \left(\frac{2f}{2} \right) + \left(\frac{2g}{2} \right) + \dots$$

por lo tanto: $AT = S (a+b+c+d+e+f+\dots)$

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

3.- Método mecánico o del planímetro.- Por su rapidez y sencillez del instrumento es el que más se presta para la obtención de las áreas.



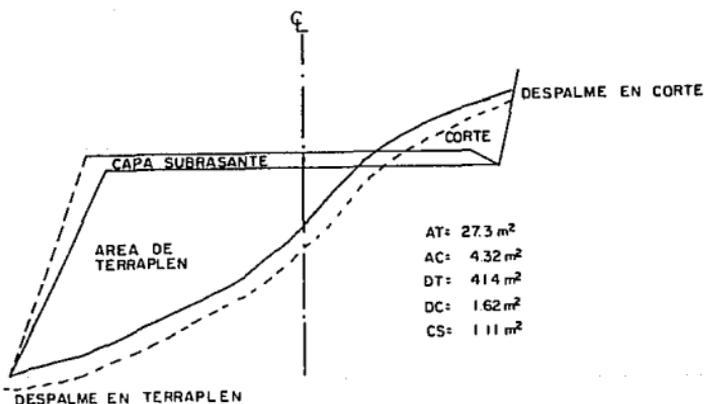
- | | | |
|-------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Brazo trazador | 6. Tornillo protector | 11. Tambor medidor |
| 2. Brazo polar | 7. Tornillos de sujeción | 12. Nonio |
| 3. Palo | 8. Tornillo de ajuste | 13. Rueda de balancro y deslizamiento |
| 4. Perilla móvil | 9. Control de venues | 14. Soporte |
| 5. Guía trazadora | 10. Contador de circunferencia | 15. Articulación |

El procedimiento a seguir es el siguiente: se fija el polo en el punto conveniente y se coloca la guía trazadora en un lugar de la sección convenientemente, se toma la lectura inicial y se sigue el perímetro de la sección o de la figura con la guía hasta volver al punto de partida, tomando una segunda lectura, la diferencia entre estas dos lecturas se multiplican por la constante, que es dada por el fabricante en una tabla que comunmente viene en el planímetro, el resultado será el área buscada.

La operación se repite varias veces y se saca un promedio aritmético para mayor certeza.

Conforme se van obteniendo las áreas se van anotando en un extremo ya que en una sola sección se pueden presentar varios conceptos de áreas.

Como se ve en el ejemplo:



Una vez que se han determinado las áreas en las secciones se procede al cálculo de volúmenes, para esto es necesario que se suponga que el camino está formado por prismoides, tanto en corte como en terraplén.

Cada uno de estos prismoides está limitado en sus extremos por dos superficies paralelas verticales representadas -- por las secciones de construcción y lateralmente por los planos de los taludes, de la subcorona y del terreno natural.

El volumen de material se calcula por tramos entre secciones consecutivas, lo cual puede hacerse por la fórmula del prismoide:

$$V = d/6(A1+4Am+A2)$$

En la que (d) es la distancia entre las dos secciones ex tremas del prisma (A1) y (A2) las áreas de esas secciones y (Am) el área de una sección cuyas dimensiones son el promedio de las dimensiones de las secciones extremas.

Obsérvese que Am no es el promedio de A1 y A2.

Esta fórmula se puede aplicar para cualquier caso que re quiera la determinación de volúmenes de prismas irregulares - como el que nos ocupa; pero en los estudios de vías de comuni cación se prefiere aplicar una fórmula más sencilla, aunque - menos aproximada, y que en general da valores más grandes pa-

ra los volúmenes:

$$v = \left(\frac{A1 + A2}{2} \right) d \quad (1)$$

y como aquí tenemos que en la mayoría de los casos la distancia (d) vale 20 m.

$$v = (A1 + A2) 10$$

volumen entre secciones separadas 20 m.

Esta fórmula facilita mucho los cálculos. Naturalmente que, cuando se trate de volúmenes entre secciones especiales que no disten 20 m. debe aplicarse la fórmula general (1).

Cuando una de las áreas sea igual a cero como en el caso de los puntos de paso de corte a terraplén o viceversa, el volumen será el área de la otra sección dividida entre dos y multiplicada por la distancia entre las secciones.

Debe tenerse especial cuidado en observar la sección que resulte en los puntos de paso pues cuando el terreno es inclinado aunque en el eje no haya movimiento de material si existe área en corte y en terraplén en ese punto, una se promediará con la de la sección de atrás y la otra con la de adelante.



CALCULO DE VOLUMENES

OBRA: AMPLIACION CARRETERA LIBRE MEXICO - CUERNAVACA
 TRAMO:
 DEL KM. AL KM.

FFCHA:
 CALCULO:
 REVISO:

ESTACION	AREAS			A ₁ + A ₂			D/2	VOLUMEN			ORDENADA DE CURVA MASA	
	DESAPALME	CORTE	TERRAPLEN	DESAPALME	CORTE	TERRAPLEN		DESAPALME	CORTE	TERRAPLEN	FINOS	O C M
								C.V.V.=1.2	C.V.V.=1.2	P.C.=0.85%		
1+000	2.6	7.2	2.5								0.0	0.0
1+010	2.0	7.5	8.3	9.6	14.7	10.8	5	27.6	88.2	63.5	27.6	24.7
1+020	2.8	12.8	7.6	9.8	20.3	13.9	5	28.8	121.8	93.5	56.4	53.0
1+030	3.3	18.1	19.3	6.1	30.9	26.9	5	36.6	185.4	158.2	93.0	80.2
1+040	3.8	6.8	9.5	7.1	24.9	23.8	5	42.6	149.4	140.0	135.6	89.6
1+050	3.2	7.9	2.7	9.0	14.7	7.2	5	50.0	88.2	42.4	189.6	135.4
1+060	7.3	57.3	0.3	12.5	65.2	3.0	5	75.0	391.2	17.6	264.6	509.0
1+070	5.6	54.6	0.4	12.9	111.9	0.7	5	71.4	671.4	4.1	342.0	1176.3
1+080	4.5	41.9		10.1	96.5	0.4	5	60.6	579.0	2.4	402.6	1752.9
1+090	4.9	53.4		9.4	95.3		5	56.4	571.8		459.0	2324.7
1+100	3.9	64.1		8.8	117.5		5	52.8	705.0		511.8	3029.7
1+120	4.3	24.1	4.2	8.2	88.2	4.2	10	98.4	1058.4	49.4	610.2	4038.7
1+140	3.8	13.7	16.4	8.1	37.8	20.6	10	97.2	453.6	242.4	707.4	4249.9
1+160	3.9	10.4	2.7	7.7	24.1	19.1	10	92.4	289.2	224.7	799.8	4319.4
1+170	3.9	14.2	8.0	7.8	24.6	10.7	5	147.6	64.2	62.9	947.4	4315.7
1+180	3.9	25.9	4.8	7.8	40.1	12.8	5	96.8	240.6	75.3	994.2	4481.0
1+190	3.6	27.5		7.7	53.4	4.8	5	46.2	320.4	28.3	1040.4	4773.1
1+200	3.9	29.8		7.7	57.3		5	46.2	458.4		1086.6	5231.5
1+220	3.6	26.3		7.5	56.1		10	90.0	673.2		1176.6	5704.7
1+240	4.2	26.1		7.8	52.4		10	93.6	628.8		1270.2	6533.5
1+260	3.8	27.5		8.0	53.6		10	96.0	643.2		1366.2	7176.7
1+280	3.6	18.5		7.4	46.0		10	88.8	552.0		1455.0	7728.7
1+300	3.4	8.2	0.2	7.0	26.7	0.2	10	84.0	320.4	2.4	1539.0	8046.7
1+310	3.3	6.5	0.3	6.7	14.7	0.5	5	40.2	795.0	2.9	1579.2	8778.8
1+320	3.3	10.2		6.6	16.7	0.3	5	39.6	100.2	1.7	1618.8	8877.3
1+330	3.6	4.4		6.9	14.6		5	41.4	87.6		1660.2	8964.9
1+340	3.6	6.2		7.2	10.6		5	43.2	63.6		1703.4	9028.5
1+350	3.8	11.1		7.4	17.3		5	44.4	103.8		1747.8	9132.3
1+360	3.9	14.3		7.7	25.4		5	46.2	152.4		1794.0	9264.7
1+370	3.8	8.9		7.7	23.2		5	46.2	139.2		1840.2	9423.9
1+380	4.5	11.7		8.3	20.6		5	49.8	123.6		1890.0	9547.5
1+390	4.2	8.9		8.7	20.6		5	52.2	123.6		1942.2	9671.1



CALCULO DE VOLUMENES

 OBRA: AMPLIACION CARRETERA LIBRE MEXICO - CUERNAVACA
 TRAMO: _____
 DEL KM. _____ AL KM. _____

 FECHA: _____
 CALCULO: _____
 REVISO: _____

ESTACION	AREAS			A ₁ + A ₂			D/2	VOLUMEN			ORDENADA DE CURVA MASA	
	DESALPME	CORTE	TERRAPLEN	DESALPME	CORTE	TERRAPLEN		DESALPME	CORTE	TERRAPLEN	FIGS	O C M
1+390	4.2	8.9									1892.2	9671.1
1+400	3.9	10.9		8.1	19.8		5	18.6	118.8		1990.8	9769.9
1+410	3.6	8.8		7.5	17.7		5	15.0	118.2		2035.8	9908.1
1+420	3.3	8.9		6.9	17.7		5	11.4	106.2		2077.2	10014.3
1+430	3.3	6.7		6.6	15.6		5	39.6	93.6		2116.8	10107.9
1+440	3.7	3.5	1.6	7.0	10.2	1.6	5	42.0	61.2	9.4	2158.8	10159.7
1+460	3.6	3.2		7.3	6.7	1.6	10	87.6	80.4	9.4	2246.4	10230.7
1+480	3.6	5.4		7.2	8.6		10	86.4	103.2		2332.6	10333.9
1+500	3.6	3.6		7.2	9.0		10	86.4	108.0		2419.2	10441.9
1+520	3.7	4.9		7.3	8.5		10	87.6	102.0		2506.8	10543.9
1+540	3.8	6.9		7.5	11.8		10	90.0	141.6		2596.8	10685.5
1+560	3.9	8.9		7.7	15.8		10	92.4	189.6		2689.2	10875.1
1+580	3.7	6.1		7.6	18.0		10	91.2	180.0		2780.4	11055.1
1+600	3.8	2.3		7.5	8.4		10	90.0	100.8		2870.4	11105.9
1+620	3.9	1.9		7.7	4.2		10	92.4	50.4		2962.8	11206.3
1+640	3.7	4.3		7.6	6.2		10	94.8	74.4		3057.6	11280.7
1+660	3.4	5.5		7.1	9.8		10	85.2	117.6		3152.8	11398.3
1+680	3.8	7.3		7.2	12.8		10	86.4	153.6		3229.2	11551.9
1+700	3.6	4.6		7.4	11.9		10	88.8	142.8		3318.0	11694.7
1+720	3.6	3.5		7.2	8.1		10	86.4	97.2		3404.4	11791.9
1+740	3.7	4.2		7.3	7.7		10	87.6	92.4		3492.0	11884.3
1+760	3.6	3.4		7.3	7.6		10	87.6	91.2		3579.6	11975.5
1+780	3.7	1.6	1.8	7.3	5.0	1.8	10	87.6	60.0	21.1	3667.2	12014.4
1+800	3.2	2.5	2.3	6.9	4.1	2.1	10	82.8	49.2	18.2	3750.0	12015.3
1+810	2.7	1.1	0.8	5.9	3.6	3.1	5	35.4	21.6	18.2	3785.4	12018.8
1+820	3.3	2.0	0.7	6.0	3.1	1.5	5	36.0	18.6	8.8	3821.4	12028.6
1+830	3.6	2.8	1.2	6.9	4.8	1.9	5	41.4	28.8	11.2	3862.8	12046.2
1+840	4.2	3.8	2.7	7.8	6.6	3.9	5	46.8	39.6	22.9	3909.6	12062.9
1+850	3.9	4.5	3.2	8.1	8.3	5.9	5	48.6	49.8	34.7	3958.2	12078.0
1+860	3.6	4.9	3.2	7.5	9.4	5.4	5	45.0	56.4	31.8	4003.2	12102.6
1+870	3.6	4.9	3.2	7.2	9.8	4.4	5	43.2	58.8	25.9	4046.4	12125.5
1+880	3.6	2.9	0.5	7.2	7.3	2.7	5	42.2	43.8	15.9	4089.6	12163.4

CAPITULO V

CONCLUSIONES

El pujante desarrollo de nuestro país, el incremento en el número de vehículos y el sorprendente crecimiento demográfico han motivado que numerosas vías de comunicación ya no cumplan adecuadamente su misión comunicadora.

Por lo tanto, uno de los aspectos que se están tomando en cuenta para que algunas de las carreteras cumplan con su función de una manera adecuada y estén a la altura de las mejores vías de comunicación es modernizándolas.

La modernización de las carreteras se están llevando a cabo en todo el país. Entre las que se cuenta la carretera federal México-Cuernavaca.

La cual ha tenido una transformación tanto en su aspecto

físico como también ha servido para dar un mayor beneficio so
cial, a todos los habitantes aledaños a la misma.

Así como también recalcar la importancia de los trabajos
topográficos realizados para la transformación de dicha carrete
ra, y quedando demostrado una vez más que la ingeniería topo
gráfica en México está a la altura de cualquier rama de la
ingeniería, y que además sigue siendo una de las impulsoras -
del desarrollo del país.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Manual de Caminos Vecinales.
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
- Topografía
Montes de Oca.
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
- Topografía General.
Ing. Sabro Higashida Miyabara.
- Introducción a la Topografía.
Serie Schaum.
- Topografía.
Ing. Nabor Ballesteros Tena.
Ed. Limusa.
- Topografía Moderna
Russell C. Brinker
Paul R. Wolf.
Ed. Harla, S.A. de C.V.
- Anuario del Observatorio Astronómico Nacional.
Ed. Por el Instituto de Astronomía de la UNAM.
1990.