

4
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
" ARAGON "

**"SELECCION DE RUTA Y PROYECTO PRELIMINAR
PARA CAMINOS"**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
ALEJANDRO BARBA CARDENAS

ASESOR DE TESIS :
M. EN I. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO, 1988.



**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

	Pág.
I .- INTRODUCCION	1
1.1 .- Los Caminos en la Historia	1
1.2 .- Evolución de la Red Carretera Nacional	5
1.3 .- Dependencias Encargadas del Proyecto, Construcción y Conservación de los Caminos en México	9
1.4 .- Clasificación de Caminos en México	10
1.5 .- Economía y Planeación de un Camino	16
1.6 .- Métodos para la Realización del Proyecto de un Camino	23
II .- SELECCION DE RUTA	26
2.1 .- Generalidades	26
2.2 .- Estudios Sicio-Económicos	27
2.3 .- Determinación del Tránsito de un Camino	34
2.4 .- Acopio de Datos	45
2.5 .- Primeros Reconocimientos	46
2.5.1 .- Reconocimientos con Avioneta	49
2.5.1.1 .- Fotointerpretación	59
2.5.1.2 .- Método del Compás	69
2.5.1.3 .- Informe de los "Primeros Reconocimientos" de un Camino	75
2.5.2 .- Reconocimientos con Helicóptero	81
2.5.2.1 .- Informe de los "Segundos Reconocimientos" de un Camino	84

	Pág.
III .- PROYECTO PRELIMINAR POR EL METODO CONVENCIONAL	105
3.1 .- Generalidades	105
3.2 .- Selección del Procedimiento para el Levantamiento Topográfico	106
3.3 .- Implementación y Trazo Preliminar	110
IV .- PROYECTO PRELIMINAR POR EL METODO FOTOGRAFICO-ELECTRONICO	130
4.1 .- Generalidades	130
4.2 .- Aparatos de Restitución	130
4.3 .- Control Terrestre	135
4.4 .- Anteproyecto a Escala 1:10 000	143
V .- LA PLANTA Y EL PERFIL DEL CAMINO	158
5.1 .- Generalidades	158
5.2 .- Diferentes Distancias de Visibilidad	159
5.2.1 .- Distancia de Visibilidad de Parada	160
5.2.2 .- Distancia de Visibilidad de Paso o Rebase	161
5.3 .- Alineamientos Horizontal y Vertical	163
5.4 .- La Sección Transversal del Camino	167
5.4.1 .- El Pavimento	168
5.4.2 .- La Pendiente Transversal	169
5.4.3 .- El Drenaje del Camino	170

	Pág.
VI .- ECONOMIA DEL CAMINO	183
6.1 .- Generalidades	183
6.2 .- Costos de Construcción y Mantenimiento de un Camino	185
6.3 .- Costos de Operación de los Vehículos de Motor	188
6.4 .- Comentarios Finales	194
 BIBLIOGRAFIA	 197

P R O L O G O

Los caminos forman parte de la infraestructura de un país, que son aquellas obras, por lo general a cargo del gobierno, que provocan el desarrollo para que sus habitantes disfruten los adelantos de la civilización.

Otras obras de infraestructura son: obras para la generación de energía; para aumentar la productividad del campo mediante el riego; los complejos industriales básicos; obras de drenaje; de agua potable; etc.

Los adelantos que se pueden lograr con la construcción de caminos son: elevar el nivel de toda la economía proporcionando un transporte expedito de mercancías, de los centros productores a los centros consumidores; hacer más sencilla la prestación de servicios tales como la educación, atenciones médicas, entrega de correo, abrir mayores oportunidades para los centros de diversión y recreo, etc.

Los caminos han venido evolucionando muy rápido a partir de la tercera década del presente siglo. Esto trae como consecuencia que el gobierno del país tenga que hacer un cuidadoso análisis de las inversiones de infraestructura para obtener los beneficios que de ella se espera y así poder construir más caminos.

Para lograr esto se requiere del empleo de las técnicas de planeación; así como también el adecuar técnicas que se han utilizado en -

países desarrollados, a nuestras condiciones.

La construcción de caminos es primordial a las demás obras de infraestructura, por considerar que, una vez teniéndolos, se puede lograr con mayor facilidad el desarrollo de las otras obras de infraestructura. Con razón se dice que los caminos son la infraestructura de la infraestructura.

Todo esto trae como consecuencia que los métodos para la elaboración de proyectos de caminos se vayan perfeccionando cada vez más y más.

Antiguamente, las técnicas para realizar dichos proyectos se iba transmitiendo de unos ingenieros a otros, de jefes a subalternos a manera de artesanías. Con el paso del tiempo, en México, se han venido utilizando principalmente dos métodos: el Método Convencional y el Método Fotogramétrico-Electrónico.

El presente estudio analizará dichos métodos, tratando de definir en qué condiciones conviene utilizar cada uno; aunque en realidad, se viene utilizando cada vez más el Fotogramétrico-Electrónico, por tener mayores ventajas que el Convencional (la principal es que abarca grandes extensiones de terreno, de una manera más fácil y con mayor rapidez).

En el país, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), ha desarrollado una metodología para el proyecto de caminos, que - -

consta de tres etapas, que son: Selección de Ruta, Proyecto Preliminar y Proyecto Definitivo.

Hablaremos únicamente de las dos primeras etapas, y en su caso, - cuando así se requiera, se darán consideraciones muy generales de la - tercera etapa, que permitan una continuidad en dicho estudio.

Se analizarán la Selección de Ruta y el Proyecto Preliminar por - considerar que son parte fundamental dentro del proyecto de caminos, - ya que el futuro éxito del mismo dependerá de saber elegir la mejor ru - ta, así como dejar definido un buen proyecto preliminar (o sea el eje que seguirá el camino).

En todo esto, debe tomarse en cuenta el factor económico, que es una parte importantísima dentro del proyecto de caminos. Se debe bus- - car que:

costo de operación + costo de construcción + costo de mantenimiento =
costo mínimo.

Por lo tanto, no debemos olvidar que el camino más económico, no es el que tiene una inversión inicial menor, sino el que proporciona - los mayores beneficios en razón del dinero que se invirtió para hacer- - lo.

CAPITULO I .- INTRODUCCION

1.1 .- LOS CAMINOS EN LA HISTORIA

El ser humano, en cuanto forma una célula social elemental, siente la preocupación de los caminos, para buscar los medios de sustento y entrar en relación con sus semejantes y, cuando las agrupaciones humanas van cuajando y llegan a adquirir una importancia social, a estas necesidades del individuo se une la aspiración colectiva de una expansión exterior, comercial y guerrera primero, cultural después.

Se pueden citar muchos pasajes en cuanto a la historia de los caminos, ya que se tiene conocimiento de los primeros caminos desde hace más de 4000 años; sin embargo, sólo señalaremos algunos:

En egipto, 2500 años A.C., el Rey Meops mandó construir una gran pirámide; los grandes bloques de piedra eran conducidos desde Assuán - por el río Nilo, vía de comunicación natural; pero al final era preciso transportarlos por tierra, por lo tanto, hubo de construirse un camino que tuviera gran resistencia para soportar dichos bloques, ya que algunos de ellos pesaban varias toneladas; se movían sobre una especie de trineos que se arrastraban por cuadrillas de esclavos, ello obligaba a que el camino estuviese pavimentado para presentar una superficie suficientemente lisa, no deformable; con ese fin se enlosaron con piedras toscamente labradas, buscando la resistencia precisa; probablemente emplearon rollos de madera en donde apoyaban una plataforma y sobre ésta descansaban los bloques de piedra.

Con la invención de la rueda (probablemente en Egipto 2000 A.C.), aparece la carreta, que propició que los caminos se acondicionaran - - para que el transporte de personas y mercancías se hiciera lo más rápido y cómodo posible.

Así, en Asia Menor, el Imperio Hitita (1600 a 1200 A.C.) construye caminos militares, utilizados para la expansión guerrera y más tarde para caminos comerciales.

En el Imperio Romano (500 años A.C.), se donde se encuentra el - sistema de comunicaciones más perfecto de la antigüedad. La existencia de este inmenso imperio unido, exigía una red de comunicaciones rápida y segura. En su concepción de conjunto y en los detalles técnicos de ejecución, los Romanos llegaron a una perfección que sólo igualó la -- humanidad en el siglo pasado; las carreteras de Roma, formaron una red de 80 000 Kilómetros a través de Europa y Noráfrica, incluyendo grandes puentes, viaductos y líneas de montañas.

Había "calzadas" de varias categorías; las vías principales que - partían de Roma, estaban construidas sobre cimientos de piedra de gran espesor, terminadas superficialmente con piedra partida (figura 1.1), y las más lujosas, con losas rejuntadas con el máximo cuidado, que formaban un espléndido pavimento continuo donde apenas se veían las uniones (figura 1.2). El ancho total de las "calzadas" era de 5 a 6 metros, de los cuales 4.5 metros se utilizaban como firme central para que cruzasen los vehículos, y el resto, para dos corredores peatonales laterales.

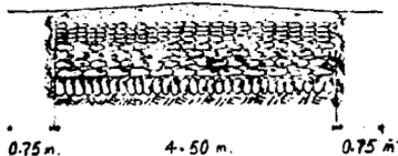


figura 1.1 .- Sección de Calzada Romana

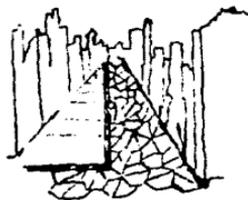


figura 1.2 .- Superficie Enlosada

En América, los Incas del Perú (S. XIV), realizaron una intensa red de más de 4000 Kilómetros de caminos, con excelente trazado y construcción.

En México, la civilización Maya (S. XIV), que se desarrollaba en la Península de Yucatán, a principios de la Edad Moderna, operaron sus comunicaciones por una completa red de caminos llamada Sacbé (en lengua Maya "camino artificial"), con pavimentos de la mejor calidad, ya que duraron por mucho tiempo; en realidad, sus pavimentos duraban largo tiempo, porque los Mayas no conocían la rueda ni las bestias de carga; su transporte se hacía por hombres, los "indios cargueros". Las calzadas Mayas eran muy perfectas, igual que las de los Aztecas, por eso se llegó a compararlas con las de los Romanos.

La cultura Azteca, asentada en el Valle de México, formó una amplia red de caminos en gran parte del territorio mexicano, gracias a la extensión de su dominio sobre culturas como la Olmeca, Tolteca, e incluso los mismos Mayas.

Los caminos Aztecas impresionaban por su construcción; por ejemplo, la historia colonial habla sobre el camino "México-Tacuba" de los Aztecas, que contaba hasta con puentes elevados; lo mismo puede decirse sobre el camino "México-Veracruz", que servía para traer pescado fresco al Emperador Azteca, con 12 hombres en relevos.

Con la llegada de los Españoles (S. XV) se acentuó aún más el incremento de los caminos, ya que los Españoles introdujeron las carreteras y fueron desapareciendo los caminos peatonales; hubo comunicación con el Puerto de Veracruz, pasando por Puebla, y con las principales ciudades del país.

En Inglaterra, a fines del S. XVII, los ingenieros Telford y Mac Adam, acometen la tarea de mejorar las carreteras inglesas; pero por estos años aparece el ferrocarril, transformando radicalmente las ideas de transporte que entonces imperaban, ya que se aumentaban la velocidad y capacidad para transportar grandes masas a grandes distancias y a precios hasta entonces insospechados; esto obliga que los caminos de carretas queden relegados a una función secundaria; como auxiliar del ferrocarril debe servir a éste, distribuyendo y recogiendo el tráfico local, es decir, cargas pequeñas a distancias cortas; por lo tanto, podemos decir que los ferrocarriles y las carretas se complementaron para dar un mejor servicio a las comunidades.

A fines del S. XIX empieza a ser una realidad el transporte mecánico por carretera. En 1884, Gottlieb Daimler construye un motor de combustión interna; había aparecido el automóvil de gasolina. Su técnica

se perfecciona rápidamente y se convierte en medio útil y económico para el transporte de personas y de mercancías; es así como a partir de 1925, se convierte en el medio más versátil de transportación terrestre. Esto trajo como consecuencia, que se acondicionaran los antiguos caminos de carretas, para posteriormente sufrir grandes transformaciones en su geometría y en su estructuración, ya que los vehículos han aumentado en número, en peso y en velocidad comercial.

Después de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), las naciones se preocuparon, en primer término, de la mejora de sus redes carreteras. Italia fué la primera que pensó construir carreteras especialmente proyectadas para el tránsito de automóviles; Alemania y Estados Unidos siguieron más tarde la iniciativa. La necesidad de construir nuevas vías especiales para un tránsito rápido, con pendientes, rasantes, drenajes, curvas adecuadas, etc., es problema que hoy día está planteado en el mundo entero.

1.2 .- EVOLUCION DE LA RED CARRETERA NACIONAL

En los primeros años de este siglo, se introdujeron al país los primeros automóviles, que principalmente ocuparon los caminos reales o de carretas.

Se puede decir que el proyecto y la construcción de caminos en la República Mexicana, se inició en forma sistemática en el año de 1925 - con la creación de la Comisión Nacional de Caminos; de los primeros en construirse fueron: el Camino de la Ciudad de México a Veracruz, de la

Ciudad de México a Laredo y de la Ciudad de México a Guadalajara.

En realidad, la Comisión Nacional de Caminos, se vió ayudada en un principio, por firmas de los Estados Unidos, pero a partir de 1940, los ingenieros mexicanos se han encargado de todo el trabajo, es decir, del proyecto y de la construcción del camino.

Desde 1925 hasta 1982, se construyeron, aproximadamente, 133 497 Kilómetros de caminos de diferentes tipos y con diferentes finalidades, como se ve en la tabla siguiente (tabla 1.1), la cual nos indica la longitud total de la red carretera en México, en diferentes años.

AÑO	GOBIERNO	TERMINADA (Km.)	REVESTIDOS (Km.)	PAVIMENTADOS (Km.)	TOTAL (Km.)
1925	Plutarco E. Calles	203	245	241	635
1934	Emilio Portes Gil.	786	1 234	1 133	3 260
1934	Pascual S. Rubio				
	Avilardo Rodríguez				
1934	Lázaro Cárdenas	786	1 231	1 183	3 260
1940		1 643	3 505	4 781	9 329
1940	Manuel Ávila C.	1 643	3 505	4 781	9 329
1944		2 363	7 267	8 614	18 244
1946	Miguel Alemán	2 363	7 267	8 614	18 244
1952		2 039	5 315	15 981	23 925
1952	Adolfo Ruiz C.	2 039	5 305	15 981	23 325
1958		3 082	11 002	23 400	37 484
1958	Adolfo López M.	3 082	11 002	23 400	37 484
1964		6 353	15 505	33 186	56 045
1964	Gustavo Díaz O.	6 353	16 505	33 186	56 045
1970		7 424	21 079	41 347	70 520
1970	Luis Echeverría	7 494	21 079	41 347	70 520
1976		8 031	103 471	58 958	175 463
1976	José López P.	8 031	103 471	58 958	175 463
1982		5 934	109 521	65 042	133 497

Tabla 1.1

Durante el presente Gobierno (Miguel de la Madrid) y hasta 1986, se han construido 12 446 Kilómetros más de caminos para México, lo que nos lleva a un total aproximado de 195 943 Kilómetros de caminos.

En la siguiente figura (figura 1.3), del mapa de la república, se puede apreciar cómo ha evolucionado la red carretera nacional desde 1930 hasta 1980.



figura 1.3 .- Red de Carreteras en la República Mexicana: (a) hasta 1930; (b) hasta 1960.

En las primeras etapas de la evolución del camino en México (1925), la Comisión Nacional de Caminos, creó lo que se le conoció con el nombre de "Plan Nacional Carretero", el cual perseguía los siguientes objetivos:

a) Unir la capital del país con las ciudades fronterizas.

- b) Unir la capital del país con las principales capitales de los estados.
- c) Unir la capital del país con los puertos.

Todo esto, era con el fin de lograr la integración nacional, trayendo como consecuencia el desarrollo (social, económico, cultural, - etc.), de dichas ciudades, mediante la transportación de bienes y servicios, rehabilitación de ferrocarriles y puertos, proporcionando energía eléctrica a la insipiente industria, etc.

En 1956 surge la SCOP (Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas), que más tarde sería la SOP (Secretaría de Obras Públicas), y que más adelante fuera la SAHOP (Secretaría de Acentamientos Humanos y - - Obras Públicas); hoy día es la SCT (Secretaría de Comunicaciones y - - Transportes), la cual se vió en la necesidad de plantear un "Plan Sectorial" para definir metas por alcanzar en la expansión y mejoramiento de la red de carreteras, del cual se han derivado los proyectos de programa de inversiones de caminos.

El Programa de inversiones de caminos, propuesto por la SCOP, se puede resumir de la manera siguiente:

- 1.- Conservar en buen estado la red existente, para asegurar el servicio eficaz y permanente.
- 2.- Terminar, al ritmo adecuado, las obras iniciadas, buscando la oportuna obtención de los beneficios previstos.

- 3.- Construir nuevas carreteras que sirvan a núcleos de población - - actualmente comunicados y propicien la incorporación de zonas - - capaces de aumentar la producción.
- 4.- Construir obras que mejoren el sistema carretero en zonas ya comu- - nicadas, cuando la demanda así lo requiera. Tal es el caso de - - ampliaciones, acortamientos y autopistas.

1.3 .- DEPENDENCIAS ENCARGADAS DEL PROYECTO, CONSTRUCCION Y CONSERVA- CION DE LOS CAMINOS EN MEXICO.

En nuestro país, aunque por Ley todas las obras viales que se - - construyan, deben ser proyectadas y dirigidas por la Secretaría de Co- - municaciones y Transportes (SCT), existen otras dependencias oficiales que para poder cumplir con la misión que tienen encomendada, también - - construyen caminos. Entre estas dependencias se encuentran:

- 1.- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS (SARH). Que tie- - ne necesidad de construir caminos para la realización de sus - - obras, principalmente para la operación y conservación de los dis- - tritos de riego.
- 2.- PETROLEOS MEXICANOS (PEMEX). Se ve en la necesidad de construir - - caminos para poder realizar la exploración y la explotación de - - los campos petroleros.
- 3.- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE). También se ve en la - -

necesidad de construir sus propios caminos para tener acceso a las obras que construya, como son las presas de almacenamiento y las plantas hidroeléctricas.

4.- Los Gobiernos Estatales, a través de sus Direcciones de Obras Públicas, se encargan también de construir sus propios caminos.

1.4 .- CLASIFICACION DE CAMINOS EN MEXICO.

La clasificación de caminos en México, la podemos dividir en tres grandes grupos, de acuerdo al punto de vista que se requiera dar; así tenemos:

1.- CAMINOS DESDE EL PUNTO DE VISTA ADMINISTRATIVO. Nos marca la dependencia que se encarga de la construcción y conservación de los caminos. Esta clasificación es la siguiente:

a) CAMINO FEDERAL.- El costo de la construcción y conservación del camino, está directamente a cargo del Gobierno Federal.

b) CAMINO ESTATAL.- El costo de construcción se realiza en forma bipartita, es decir, mitad el Gobierno y mitad el Estado; y la conservación queda a cargo unicamente del Estado.

c) CAMINO VECINAL.- El costo de construcción se realiza en forma tripartita, entre el Gobierno, el Estado y la cooperación de los particulares beneficiados; la conservación queda a cargo del Estado.

d) CAMINOS DE CUOTA.- El costo de la construcción y conservación esté a cargo de una paraestatal: Caminos y Puentes Federales de Ingreso y Servicios Conexos, la inversión del camino es recuperable a través de las cuotas de peaje, es decir, el usuario del camino, paga cierta cantidad para tener derecho a usar las vías de tránsito; dicha cantidad, es una contribución para el mantenimiento de las mismas.

2.- CAMINOS DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIO-ECONOMICO. Están clasificados en función de la utilidad que puedan dar al país; así tenemos:

a) CAMINOS DE FUNCION SOCIAL.- Son aquellos que se hace necesario construir con el fin de incorporar al desarrollo nacional a los núcleos sociales que han permanecido marginados por falta de comunicación. La evaluación de este tipo de caminos se realiza por el "Método de Índice de Servicio", el cual consiste en hacer un análisis del costo de la obra por habitante servido que se calcule, dividiendo el costo total de la obra entre el número de personas beneficiadas en la zona de influencia del camino. Así tenemos:

$$\text{Índice de Servicio} = \frac{\text{Costo total de la Obra}}{\text{Número de Personas Beneficiadas}}$$

El cociente menor nos dirá, cual es la obra que tiene prioridad sobre las demás; por lo tanto, ordenando los cocientes progresivamente, conoceremos cuales son las obras que deben realizarse primero.

b) CAMINOS PARA EL DESARROLLO.- Son aquellos que se construyen --

para provocar el desarrollo de las zonas con riqueza potencial, - es decir, propician el auge agrícola, ganadero, pesquero, comercial, industrial, educacional o turístico de la zona de influencia. La evaluación de este tipo de caminos se realiza por el - - "Método de Índice de Productividad", que consiste en estimar el - valor de los costos de la producción de la zona de influencia durante un periodo de tiempo, generalmente cinco años, y dividirlo entre el monto de la inversión, obteniéndose de esta manera un - índice que sirve como comparación para las distintas obras entre sí. Así tenemos:

$$\text{Índice de Productividad} = \frac{\text{Valor de Costo de Producción de 5 Años}}{\text{Monto de la Inversión}}$$

c) CAMINOS EN ZONAS DESARROLLADAS.- Se construyen para comunicar, de una manera directa, los puntos que han alcanzado mayor desarrollo; lo que ocasiona un ahorro en las distancias de recorrido y - costos de operación. El nivel de servicio debe ser mayor que el - del resto de los caminos, por lo que la operación del vehículo es más segura y cómoda.

En el país, estos caminos están constituidos por las llamadas autopistas, que en general son caminos de cuota. La evaluación de este - tipo de caminos se realiza por el "Método de Índice de Rentabilidad", que consiste en determinar los ahorros (beneficios) que se tendrán al utilizarse la nueva obra y dividirlos entre el costo total de la misma; los ahorros pueden ser de gasolina, lubricantes, llantas, horas-hombre en la distancia de recorrido, etc., y otros menos tangibles como la -

comodidad y la seguridad, que si bien no se pueden cuantificar de una manera directa la comodidad y la seguridad, sí podemos darnos una idea de la reducción de accidentes y por ende del ahorro que esto implica - en los bienes materiales, así como las reducciones de los muertos y heridos. Así tenemos:

$$\text{Indice de Rentabilidad} = \frac{\text{Beneficios Totales (Ahorros)}}{\text{Costo Total de la Obra.}}$$

El Índice de Rentabilidad nos dice si debe de construirse o no el camino; si el resultado del cociente es mayor que la unidad, nos indica que el camino sí debe construirse, pero si es menor, indica que la inversión no es rentable. En el capítulo correspondiente, se verá un ejemplo de esto.

3.- CAMINOS DESDE EL PUNTO DE VISTA TECNICO. Son aquellos que están - en función del número y tipos de vehículos que van a recibir, así como del tipo de terreno en donde se encuentren. Dependiendo de - estos parámetros encontramos la geometría (secciones transversales, pendientes y curvas) y la velocidad de proyecto del camino.

Para poder determinar la geometría y la velocidad de proyecto del camino, se necesita entrar de lleno a lo que es el proyecto en sí, es decir a la Selección de Ruta, al Proyecto Preliminar y al Proyecto Definitivo; sin embargo, se muestra una tabla (tabla 1.2) donde nos podemos dar una idea de esto.

El tipo de vehículos aquí considerados, en vista de la composición promedio de tránsito de las carreteras nacionales, en forma general, es de un 50% de vehículos ligeros y el otro 50% de vehículos pesados, de los cuales el 15% está constituido por remolques. De igual manera, el tipo de terreno aquí considerado es: 1) Terreno Plano y Lomerío Suevo, 2) Lomerío Fuerte, 3) Montañoso poco Escarpado, 4) Montañoso muy Escarpado. Así, inicialmente se tuvieron:

- a) CAMINO DE TIPO ESPECIAL.- Para un Tránsito Diario Promedio - - Anual (TDPA) superior a 3000 vehículos, equivalente a un Tránsito Horario Máximo Anual (THMA) de 360 vehículos o más.
- b) CAMINO TIPO A.- Para un TDPA de 1500 a 3000 vehículos, equivalente a un THMA de 180 a 360 vehículos.
- c) CAMINO TIPO B.- Para un TDPA de 500 a 1500 vehículos, equivalente a un THMA de 60 a 180 vehículos.
- d) CAMINO TIPO C.- Para un TDPA de 50 a 500 vehículos, equivalente a un THMA de 6 a 60 vehículos.
- e) CAMINO TIPO BRECHA.- Para un TDPA hasta de 50 vehículos, equivalente a un THMA hasta de 6 vehículos.

CAMINO TIPO A

TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDA) = 1500-3000				
TRANSITO HORARIO MÁXIMO ANUAL (THMA) = 130-340				
CONCEPTOS	TERRENO PLANO	LOMEAIO	MONTAÑOSO	MONTAÑOSO
	Y LOMEAIO SUAVE	FUERTE	POCO ESCAJAPADO	MUY ESCAJAPADO
SECCION	3.00 m 6.10 m	4.00 6.10	4.00 6.10	4.00 6.10
TRANSVERSAL				
VELOCIDAD DE PROYECTO	70.00 km/hr	60.00 km/hr	50.00 km/hr	40.00 km/hr
CURVATURA MÁXIMA	8°	11°	16° 30'	26°
PENDIENTE GOBERNADORA	2.0 %	3.5 %	4.0 %	4.5 %
PENDIENTE MÁXIMA	4.0 %	5.0 %	5.5 %	6.3 %

CAMINO TIPO B

TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDA) = 500-1500				
TRANSITO HORARIO MÁXIMO ANUAL (THMA) = 40-130				
CONCEPTOS	TERRENO PLANO	LOMEAIO	MONTAÑOSO	MONTAÑOSO
	Y LOMEAIO SUAVE	FUERTE	POCO ESCAJAPADO	MUY ESCAJAPADO
SECCION	3.00 m 6.10 m	4.00 6.10	4.00 6.10	4.00 6.10
TRANSVERSAL				
VELOCIDAD DE PROYECTO	60.00 km/hr	50.00 km/hr	40.00 km/hr	35.00 km/hr
CURVATURA MÁXIMA	11°	16° 30'	26°	35°
PENDIENTE GOBERNADORA	2.5 %	3.5 %	4.5 %	5.0 %
PENDIENTE MÁXIMA	4.5 %	5.5 %	6.0 %	6.5 %

CAMINO TIPO C

TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL (TDA) = 100-500				
TRANSITO HORARIO MÁXIMO ANUAL (THMA) = 6-60				
CONCEPTOS	TERRENO PLANO	LOMEAIO	MONTAÑOSO	MONTAÑOSO
	Y LOMEAIO SUAVE	FUERTE	POCO ESCAJAPADO	MUY ESCAJAPADO
SECCION	2.00 m 4.50 m	3.00 4.50	4.00 4.50	4.00 4.50
TRANSVERSAL				
VELOCIDAD DE PROYECTO	50.00 km/hr	40.00 km/hr	30.00 km/hr	25.00 km/hr
CURVATURA MÁXIMA	16° 30'	26°	47°	67°
PENDIENTE GOBERNADORA	3.0 %	4.0 %	4.5 %	5.0 %
PENDIENTE MÁXIMA	5.0 %	6.0 %	6.5 %	7.0 %

Tabla 1.2

1.5 .- ECONOMIA Y PLANEACION DE UN CAMINO.

La palabra Planeación, se ha venido usando en lugar de la palabra Planeamiento, que a su vez procede de la palabra latina Planus, que quiere decir Planes. Podemos decir que planeación es la palabra que in dice la acción de hacer planes.

En la actualidad la Planeación puede aplicarse a diversas actividades: humana, política, económica, educativa, de energía y de transporte y llamaremos Planeación Integral a la que estudiando las diversas actividades mencionadas nos conduce a un aprovechamiento correcto en su medida de todos aquellos recursos naturales de que disponemos.

Es de suponerse que la primera gran Planeación Integral que debería estudiarse y llevarse a la práctica es la mundial pero como es sabido influyen tal cantidad de intereses humanos que por el momento tan sólo hay estudios que la bosquejan y entre las grandes obras de esta planeación mundial se han previsto el Dique de Gibraltar que podría reger toda la zona del Mar Mediterráneo y el 50% del Desierto del Sahara, así también el Tunel Europa-América en el Atlántico y otras muchas - - obras en las zonas árticas.

Todas las obras antes mencionadas acarrearían beneficios incalculables para todos los pueblos que actualmente habitan nuestro mundo y es de desearse se empiecen a realizar, ya que se cuenta con la energía suficiente para lograrlo.

Hay muchas Planeaciones Integrales de menor escala que sí son factibles de realizarse como son la Planeación Integral Nacional, la de una Región como la de la cuenca del Papaloapan, la del Noreste, etc.

En toda Planeación el espíritu que debe animar a los Ingenieros - que intervengan en ella ha de ser el de crear obras que sirvan no sólo a la generación actual, sino a las futuras para no legarles obras inútiles que sólo sirvieron para resolver problemas inmediatos.

Para realizar una Planeación completa debe contarse con una serie muy correcta de datos: económicos, sociales, agrícolas, políticos y de recursos naturales de la zona, datos que han de tener toda veracidad, y muchos de éstos necesitan ser representados en forma objetiva, ya sea en forma de gráficas o en cartas topográficas.

El primer paso que se sigue en el estudio de un Camino es la - - Planeación Vial, que es el proyecto de las comunicaciones que satisfaga las necesidades de una región.

La Planeación Vial indica cual es la red de comunicaciones necesarias a través del tiempo, que clases de vías de comunicación se necesitan, sus características, relación entre las diversas vías, cuándo es necesario construirlas, en que etapas y por dónde se deben empezar a - construir.

Para llegar a los resultados anteriores se necesita efectuar un - estudio, que empezando por los datos geográficos, sociológicas y económicos y terminando con la inter-relación de los mismos, nos lleva de -

una manera precisa a la formación de la Planeación Vial.

La Planeación Vial tiende a satisfacer una de las etapas del ciclo económico: la distribución, que en su parte Ingenieril llamamos transporte, el cual liga los centros de producción con los de consumo, es decir, centros de población entre sí.

El transporte por carreteras se realiza através del vehículo motor, por tal motivo, dentro del estudio económico, deben de analizarse los costos de operación de dichos vehículos, como son: combustible, lubricantes, llantas, mantenimiento, etc.

Estos costos de operación varían con las distancias de recorrido, velocidad de proyecto, pendientes del camino, geometría del camino, etc; por lo tanto, conjuntamente, deben ser analizados todos estos parámetros para que esto arroje la mayor economía posible.

De todo esto se deduce que la minimización de los costos en los desplazamientos, posee una importancia preponderante y es necesario tanto al nivel operacional como al nivel infraestructura. Es el transporte, pues, la espina dorsal de la economía y bienestar de todos los pueblos.

El concepto de Planeación Vial que necesariamente es dinámico, ya que resuelve la demanda de vías de comunicación actual y prevee la futura, encaja lógicamente dentro del concepto de Planeación Integral o el de Planeación Económica y por lo tanto está íntimamente - - -

relacionada con ellas, puesto que, según se planea el desarrollo de la industria, la agricultura, etc., será como consecuencia la demanda de comunicaciones. De aquí se infiere que los encargados de una Planeación Vial deberán estar informados de todas aquellas planeaciones realizadas relativas a la zona o región en estudio.

De las diversas fuentes que es necesario consultar para una Planeación Vial, la primera: Mapas - En la República Mexicana se pueden conseguir los de Navegación Aérea, los que son apropiados para trabajos de conjunto en amplias zonas. Para zonas reducidas o donde convenga detalle, como en el caso de los lugares densamente poblados o muy abruptos es recomendable utilizar los planos elaborados por la Secretaría de la Defensa Nacional y el INEGI.

Los datos que son convenientes tener a mano, aparte de los mapas ya citados son:

- Temperatura
- Precipitación
- Humedad
- Vientos
- Días con sol
- Descubrimientos de cuencas
- Geológicos
- Zonas boscosas
- Tierra de labor, ya sea de riego, temporal o susceptibles de abrirse al cultivo

- Tierras cultivables, productivas, pastizales, zonas mineras
- Ferrocarriles, caminos, canales y ríos navegables
- Puertos
- Aeropuertos
- Gasoductos
- Oleoductos
- Líneas de transmisión: eléctricas, telegráfica o telefónica
- Centrales eléctricas
- Datos demográficos .- Estos se obtienen de los censos nacionales y los que de inmediato nos interesan son:

Población total por Municipio, Distrito, Estado (hombres y mujeres)

Población económicamente activa

Población urbana y rural

Clasificación de la fuerza de trabajo

Clasificación de poblaciones por el número de habitantes; mortalidad, enfermedades endémicas, alfabetismo, razas e ingresos de la población.

- Datos económicos .- Los que en términos generales se refieren a: Agricultura, ganadería, forestales, minería, petróleo, pesca, industria y comercio.
- Datos agrícolas .- Valor total de la producción anual por Municipio, tonelaje total de la producción anual por Municipio; -- principales productores agrícolas en tonelaje anual por cada -

uno de ellos.

- Datos ganaderos .- Se refieren a cabezas de ganado vacuno: para ordeña, para matanza; ganado porcino, caprino, bovino, lanar, - caballar; aves de corral y producción de huevos, carne etc.
- Datos forestales .- Estos registran su producción en metros cúbicos y también por piezas y su valor de la madera de construcción, de la leña, del carbón, del desperdicio industrializable y resinas.
- Industria minera .- Cantidad de minerales explotados por Municipio; valor total de la producción.
- Datos petroleros .- Pozos en explotación. Zonas con domos estudiados, zonas probablemente petroleras.
- Industria pesquera .- Interesa conocer: producción anual de pescado y su valor, el número de naves pesqueras, el tonelaje total de las naves y la inversión anual en naves, víos y tripulación.
- Datos industriales .- Es necesario conocer: Valor anual de la producción y su tonelaje anual; kilowatts producidos en las plantas termoeléctricas e hidroeléctricas y valor de todas las industrias. El valor de las instalaciones nos puede dar idea del tiempo de la estabilidad de la industria.

- Datos comerciales .- Se debe conocer: El monto anual de la recaudación de impuestos y monto anual de créditos bancarios que se otorgan y posibilidad de incremento de esos créditos.
- Aforos viales .- Se refieren al tránsito en los caminos existentes y composición del mismo, deducción del tránsito futuro, etc.

La planeación de caminos se relaciona con su aspecto económico mediante los programas de inversión que ejecuta la SCT, es decir, los estudios generales de planeación permiten definir las características más sobresalientes de los proyectos, y con base en la evaluación económica, se determinan los índices de productividad y rentabilidad de las obras, así como el orden de preferencia para su cumplimiento.

Por eso, antes que cualquier otro estudio, deben hacerse las consideraciones conducentes para determinar si conviene o no, construir el camino. En ello consiste la planeación.

La SCT cuenta con su Dirección de Planeación, que se encarga de realizar los programas anuales de inversiones através de estudios de tipo socio-económicos.

El proyecto de un camino puede hacerse para una carretera nueva o simplemente para la ampliación de una ya existente; por lo tanto, se deberán definir las características de la circulación en la zona del proyecto, mediante estudios sistemáticos de "Origen y Destino", aforos de tránsito y estudios de velocidad y tiempos de recorrido; todo esto

nos permitirá conocer la capacidad que para soportar la corriente de vehículos deben tener los distintos tramos de la red, así como los lugares de mayor congestionamiento y accidentes (por lo que el camino puede ameritar una ampliación).

Se hace notar que una vía de comunicación favorece enormemente el desarrollo productivo de la misma, pero no constituye por sí sola el factor absoluto para el desarrollo de esa región.

1.6 .- METODOS PARA LA REALIZACION DEL PROYECTO DE UN CAMINO

La SCT cuenta con dos métodos diferentes para la realización del proyecto de un camino: El "Método Convencional o Tradicional" y el -- "Método Fotogramétrico-Electrónico"; y a su vez, cada método lo divide en tres etapas: "Selección de Ruta", "Proyecto Preliminar" y "Proyecto Definitivo" .

Como primera etapa, la selección de ruta abarca una amplia zona entre los puntos que se requiere comunicar; en ésta intervienen ingenieros especialistas en proyecto, en planeación y geólogos. Se hace un exhaustivo escopio de datos de la región, que pueden ser mapas con curvas de nivel, de clima, geológicos, planos fotogramétricos, fotografías aéreas; todo este material es analizado por los especialistas, -- quienes proponen varias alternativas de vuelo que se recorren primero con vuelos altos en avionetas en donde se toman fotografías aéreas escala 1:50 000; posteriormente se estudian las rutas más viables por medio de helicóptero, con los cuales se realizan vuelos bajos y permitir

se estudien en forma directa problemas importantes, ya que se tiene facilidad de aterrizar en zonas planas sin vegetación. En esta etapa, se toman fotografías aéreas de los corredores que contienen las rutas más probables a escala 1:25 000, o si se tiene más seguridad en esas rutas, la escala puede ser de 1:10 000. Para el fin de la estructuración de obra de que se trate, en esta etapa, por medio de los recorridos y las fotointerpretaciones topográficas y geológicas, se pueden tener datos cuantitativos de pendientes transversales del terreno, de la posible pendiente longitudinal, del tipo y densidad del drenaje, de la formación geológica, de las fallas estructurales, de los plegamientos, de la posición de los echados, de zonas pantanosas y de inundación.

Todos los datos anteriores deben vaciarse en planos restituidos - en donde quede marcada la ruta aceptada, igualmente que en las fotografías aéreas y en los mosaicos fotográficos correspondientes.

Como segunda etapa se realizan los estudios de anteproyecto, que consisten en conocer con detalle la topografía, en un ancho de 100 m. aproximadamente a cada lado de la línea aceptada como probable en la primera etapa.

Estos estudios, dependiendo de la vegetación existente, de la claridad atmosférica, del tipo de topografía y de la accesibilidad, se realizan por el medio tradicional de Brigadas Terrestres o por medios fotogramétricos electrónicos; los ingenieros geólogos realizan inspecciones a diferentes puntos de control para verificar y afinar la --

fotointerpretación realizada y estudiar con detalle algunos fenómenos que consideren de importancia. En esta etapa, intervienen también ingenieros hidrólogos para conocer la hidrología a lo largo de la ruta, siendo importante que obtengan los datos de precipitación pluvial para que, posteriormente en el Proyecto Definitivo, detallen las características del drenaje que llevará el camino.

También inician sus estudios los especialistas en mecánica de suelos, quienes se encargaran de realizar estudios generales para familiarizarse con la zona que atraviesa el camino. En esta etapa, en el Método Fotogramétrico-Electrónico, se toman fotografías aéreas escala - - 1:10 000 con las cuales también se pueden formar mosaicos fotogramétricos y obtener la correspondiente restitución de planos donde se proyecta en gabinete la línea preliminar de la vía terrestre en cuestión.

La tercera etapa es la correspondiente al proyecto definitivo, en la cual se hacen los estudios necesarios para obtener los planos detallados que servirán para la construcción de la obra, como son: los de proyecto horizontal y los de proyecto vertical, en el que se incluyen la posición, tipo y dimensiones de las obras de drenaje y la curvatura, en la que se indican los movimientos de tierra con los scarreos correspondientes, que deben realizarse para que la obra sea económica.

CAPITULO II .- SELECCION DE RUTA

2.1 .- GENERALIDADES

Se entiende por ruta la faja del terreno de ancho variable entre dos puntos obligados, dentro de la cual es factible hacer la localización de un camino. Mientras más detallados y precisos sean los estudios para determinar la ruta, el ancho de la faja será más reducido.

Puntos obligados son aquellos sitios por los que necesariamente deberá pasar el camino, ya sea por razones topográficas, técnicas, económicas, sociales y políticas, tales como: puertos orográficos, la cabecera de un Distrito, la Capital de un Estado, una mina en producción de bastante importancia o un valle eminentemente agrícola que también esté en producción.

El inicio, la terminación y los puntos intermedios del paso del camino, forman parte de los puntos obligados.

La formación de grupos de especialistas en proyecto, en planeación y en geología, es de gran ayuda para el acopio de datos necesarios en la selección de ruta. Datos económicos, sociales, de vialidad, geológicos, geotécnicos, fotografías aéreas, etc., sirven para determinar a este nivel los costos y ventajas de las diferentes rutas para elegir la más conveniente.

Dentro de esta etapa, no es posible dar reglas concretas, ya que ha de pesar principalmente el buen criterio del proyectista para la solución más conveniente. Esta es una de las fases más importantes en el estudio de una carretera.

2.2 .- ESTUDIOS SOCIO-ECONOMICOS

Lo primero a realizarse en el proyecto de un camino, son los estudios de tipo socio-económico que justifiquen la construcción del mismo y/o las mejoras de los ya existentes. Podemos considerar que este análisis, forma parte del scopio de datos (en este caso económicos y sociales) del proyecto del camino.

Básicamente, se hace un análisis del funcionamiento que pudiera tener la red carretera, mediante la determinación de los enlaces necesarios entre los puntos que se quiera unir, según las siguientes actividades:

- a) Agrícolas
- b) Ganaderas y Pesqueras
- c) Industriales
- d) Comerciales, Educativos y Turísticos

Así pues, suponiendo que se requiere hacer un camino para promover el desarrollo de una zona potencialmente rica en agricultura, mediante la unión de la población productora agrícola A con la población consumidora agrícola B . Lo primero que hay que hacer, es - -

determinar el uso actual y potencial del suelo de la población productora A , dicha información es obtenida de las publicaciones estadísticas que en México provienen de la S.A.R.H., la cual se representa - por medio de cartas geográficas. En seguida se determina la capacidad de consumo de la población consumidora B , tomando en cuenta investigaciones por muestreo y censos tanto industriales como de población.

No hay que olvidar la posibilidad de que haya puntos intermedios entre los puntos A y B , de los cuales también debe de obtenerse su información socio-económica.

Con esto, a grandes rasgos, puede tener el proyectista la faja - del terreno, por donde pudiera pasar el camino; luego entonces se hace la evaluación del camino utilizando el criterio de Productividad, por medio del cual obtenemos un Índice que nos marca la bondad de la inversión; cuando este índice resulte mayor que la unidad, nos indica que conviene su realización y nos da también posibilidades de seguir un - orden en las inversiones (programar) .

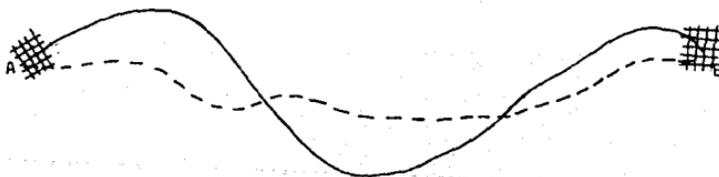
En caso de que se requiera hacer un camino para una zona desarrollada - por ejemplo el acortamiento a un camino ya existente - deberá de obtenerse el Índice de Rentabilidad de la inversión, el cuál nos dirá si es conveniente o no la construcción del camino; por lo tanto, el primer paso es determinar cuál será la composición del tránsito que - usará el camino (mediante estudios de Ingeniería de Tránsito, como pueden ser los aforadores o los estudios de "origen y destino"), así tenemos que la composición del tránsito para el camino en cuestión es la

siguiente:

- Vehículos A = 40% (vehículos ligeros, automóviles hasta 15 ton.)
- Vehículos B = 22% (vehículos pesados, camiones de 15 a 23 ton.)
- Vehículos C = 38% (vehículos especiales, camiones con semirremolque de 25 a 33 ton.)

Posteriormente, se obtiene la determinación de los ahorros en -- tiempo, obtenidos al efectuar la construcción de la vía de comunicación.

Veremos que se reduce la distancia y se aumenta la velocidad por lo que se obtiene una economía en tiempo:



Longitud Actual (Línea llana) = 90 Km.

Velocidad Actual = 50 Km./hr.

Longitud de Proyecto (Línea Punteada) = 60 Km.

Velocidad de Proyecto = 80 Km.

Obteniendo tiempos de recorrido para ver el ahorro del tiempo:

Tiempo de recorrido camino actual:

$$90 \text{ Km. a } 50 \text{ Km./hr.} = (90 \text{ Km.}) / (50 \text{ Km./hr.}) = 1.8 \text{ hr.}$$

Tiempo de recorrido camino nuevo

$$60 \text{ Km. a } 80 \text{ Km./hr.} = (60 \text{ Km.}) / (80 \text{ Km/hr}) = 0.75 \text{ hr.}$$

$$\text{Ahorro de tiempo: (At)} = 1.8 - 0.75 = 1.05 \text{ hr.} = \text{At}$$

En seguida se procede a calcular el ahorro unitario por tiempo, para lo cual se emplea la siguiente expresión:

$$\text{Autv} = (\text{Vhh} \times \text{Npv} + \text{Vhv}) (365) (\text{At}) (\text{Ct}) ; \text{ en donde:}$$

Autv = Ahorro unitario por tiempo por tipo de vehículo.

Vhh = Valor hora - hombre promedio

Npv = Número de pasajeros por vehículo

Vhv = Valor hora vehículo

At = Ahorro en tiempo

Ct = Composición del tránsito en %

Sabemos que el valor hora-hombre promedio en la zona del proyecto es de \$ 100.00 y que el número promedio de pasajeros por vehículo es - el siguiente:

vehículos A = 3 pasajeros

vehículos B = 20 pasajeros

vehículos C = 2 pasajeros

También se ha determinado que el costo por hora-vehículo es de:

vehículos A = \$ 500.00

vehículos B = \$ 1000.00

vehículos C = \$ 1000.00

Entonces al aplicar nuestra ecuación sustituyendo valores tendremos:

$$\text{Autv} = (\text{Vhh} \times \text{Npv} + \text{Vhv}) (365) (\text{At}) (\text{Ct})$$

$$\text{vehículos A} = \text{Autv} = (100 \times 3 + 500) (365) (1.05) (0.40) = 122\ 640.00$$

$$\text{vehículos B} = \text{Autv} = (100 \times 20 + 1000) (365) (1.05) (0.22) = 252\ 945.00$$

$$\text{vehículos C} = \text{Autv} = (100 \times 2 + 1000) (365) (1.05) (0.38) = 174\ 762.00$$

La suma de los costos de los tres tipos de vehículos nos da el ahorro unitario por tiempo de todo el tránsito; por lo tanto, tenemos:

$$(122\ 640) + (252\ 945) + (174\ 762) = \$ 550\ 347.00$$

Dentro del proyecto, se está considerando un costo promedio por Km. construido de \$ 28 000 000.00, por lo tanto, el costo total de la construcción es:

$$(28\ 000\ 000) (60) = \$ 1.68 \times 10^9 \quad (1680 \text{ millones de pesos})$$

Se está considerando un costo promedio de mantenimiento de \$ 1 500 000.00 por Km./año, lo que nos da un costo total de mantenimiento al año de:

$$(1\ 500\ 000) (60) = \$ 9.0 \times 10^7 \quad (90 \text{ millones de pesos})$$

Para la proyección del tránsito y la evaluación del proyecto, se realiza una tabla como la siguiente (tabla 2.1) con los datos hasta aquí obtenidos. Enseguida de la tabla, se da una explicación de la misma.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
NÚMERO DE OBRAS	AÑO	FACTA DE INCREMENTO DEL TRÁNSITO	TRÁNSITO (VEHICULOS)	BENEFICIOS \$ X 10 ⁸	COSTOS \$ X 10 ⁷	FACTA DE ACTUALIZACIÓN	BENEFICIOS ACTUALIZADOS \$ X 10 ³	COSTOS ACTUALIZADOS \$ X 10 ⁷	
1	1980	1.000	1000	5.5035	100.00	0.9929	4.9140	100.007	
2	1981	1.035	1035	6.0263	9.00	0.7118	4.2895	6.4062	
3	1982	1.090	1194	6.5711	9.00	0.6355	4.1759	5.7195	
4	1983	1.085	1234	7.1325	9.00	0.5044	3.6133	4.5594	
5	1984	1.080	1400	7.7049	9.00	0.4523	3.4849	4.0707	
6	1985	1.075	1505	8.2827	9.00	0.4038	3.3445	3.6342	
7	1986	1.070	1611	8.8661	9.00	0.3220	2.8548	2.898	
8	1987	1.065	1716	9.4440	9.00	0.2567	2.4242	2.3103	
9	1988	1.060	1819	10.0108	9.00	0.2046	2.0482	1.8414	
10	1989	1.050	1910	10.5116	9.00	0.1827	1.8204	1.6443	
Tabla 2.1							Σ:	33.0697	185.390

Las columnas número 1 y número 2, simplemente son los años -- que se considera tendrá de vida útil la obra; sin embargo por razones de simplificación, además consideramos 10 años (de 1980 a 1989).

La columna número 3 se determina con la ayuda de la ingeniería de tránsito, obteniéndose los índices de incremento observados para los caminos. Si el camino es nuevo, se puede hacer un estudio de "Origen y Destino"; en caso de que el camino emerite una ampliación, los "Aforadores" pueden ser de utilidad.

La columna número 4 se obtiene multiplicando el número inicial

de vehículos por el factor de incremento del tránsito del año siguiente y así sucesivamente; es decir:

$$(1000) (1.095) = 1095 ; (1095) (1.090) = 1194 ; \text{ etc.}$$

La columna número 5 se obtiene multiplicando los ahorros unitarios por tiempo de todo el tránsito, por la columna número 4 ; es decir:

$$(550\ 347) (1000) = 5.5035 \times 10^8 ; (550\ 347) (1095) = 6.0263 \times 10^8 ; \text{ etc.}$$

La columna número 6 se determina mediante los costos por Km. to tales construídos, así como los costos por mantenimiento al año; es decir:

$$\text{costo total por Km. construídos} = \$ 168 \times 10^7$$

$$\text{costo por mantenimiento al año} = \$ 9 \times 10^7$$

La columna número 7 es un factor de actualización que afecta a los beneficios y a los costos; dicho factor se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_a = V_n \frac{1}{(1+i)^n} ; \text{ en la que:}$$

V_a = Valor actual del producto

V_n = Valor del producto en el año n

i = Tasa de interés = 12% (esta tasa se utiliza en nuestro medio)

La columna número 8 se obtiene de multiplicar la columna número 5 por la columna número 7 .

La columna número 9 se obtiene de multiplicar la columna número 6 por la columna número 7.

Finalmente, como ya se mencionó, se hace la evaluación del camino para ver si conviene realizar la inversión, aplicando el criterio del Índice de Rentabilidad, el cual nos dice:

$$IR = \frac{\text{Beneficios Actualizados}}{\text{Costos Actualizados}} > 1.0 ; IR = \text{Índice de Rentabilidad.}$$

Si los valores encontrados son mayores que la unidad, quiere decir que sí debe hacerse la inversión: De nuestro ejemplo, tenemos:

$$IR = \frac{\text{col. 8}}{\text{col. 9}} ; IR = \frac{33.0697 \times 10^8}{183.090 \times 10^7} = 1.806 > 1.0$$

Esto indica que sí conviene hacer esta inversión.

N O T A : Los valores utilizados en este ejemplo no son reales, sin embargo sirven para fines didácticos.

Por lo tanto, dentro del estudio socio-económico se analiza si el camino será función social, para el desarrollo ó en zonas desarrolladas, y con base en esto se determinan los Indices de Productividad y de Rentabilidad de las obras, así como el orden de preferencia para su cumplimiento.

2.3 .- DETERMINACION DEL TRANSITO DE UN CAMINO.

El tránsito es el elemento al cual el camino le dará servicio; el tránsito puede ser para el transporte de mercancías (al cual se le llama flete) y/o para el transporte de personas (al cual se le llama pasaje).

En el país, la S.C.T. tiene clasificados de manera general a los vehículos que transitan por carretera en:

- a) Vehículos tipo A o ligeros
- b) Vehículos tipo B o pesados
- c) Vehículos tipo C o especiales

Los vehículos ligeros son vehículos de pasajeros y/o carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas; se incluyen en esta denominación los automóviles, camionetas y las unidades ligeras de carga o pasajeros.

Los vehículos pesados son unidades destinadas al transporte de carga o de pasajeros, de dos o más ejes y seis o más ruedas; en esta denominación se incluyen los camiones y los autobuses.

Los vehículos especiales son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan el camino, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola u otros productos voluminosos; y en general todos los demás vehículos no clasificados anteriormente. La tabla 2.2 muestra la clasificación de vehículos adoptada por la S.C.T., así como los resultados obtenidos en la elaboración de un estudio de origen y destino.

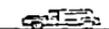
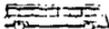
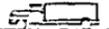
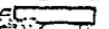
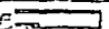
TIPO DE VEHICULO	NUMEROS	ESQUEMAS		SIMBOLO	PORCENTAJE DE VEHICULOS	PORCENTAJE DE VEHICULOS		
		PERFIL	PLANTA					
VEHICULOS LIGEROS	AUTOMOVILES			Aa	—	46		
	CAMIONETAS			Ae			12	
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES			H	—	12		
	CAMIONES			C2			21	
				C3			15	
				T2-S1			100	30
				T2-S2				
				T3-C2				
			T2-S1-02	7				
OTRAS COMBINACIONES								
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES MADUENAS AGRICOLAS BICICLETAS Y MOTOCICLETAS OTROS	VARIABLE		En variable	VARIABLE			

Tabla 2.2

Clasificación General de los Vehículos S.C.T.

La Ingeniería de Tránsito, de las siguientes definiciones:

- a) **VOLUMEN DE TRANSITO:** Es el número de vehículos que pasan por un tramo de la carretera en un intervalo de tiempo dado; los intervalos más usuales son la hora y el día, y se tiene el Tránsito Horario (TH) y el Tránsito Diario (TD).

- b) **DENSIDAD DE TRANSITO:** Es el número de vehículos que se encuentran en una cierta longitud del camino en un instante dado.
- c) **TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL:** Es la suma de todos los vehículos que pasan en un año en los dos sentidos de un camino, dividido entre 365 días (es decir es el Tránsito Promedio Diario).
- d) **TRANSITO HORARIO MAXIMO ANUAL:** Es el máximo número de vehículos que pasan en un tramo del camino durante una hora, para un lapso establecido de observación, normalmente un año.
- e) **TRANSITO GENERADO:** Es el volumen de tránsito que se origina - por el desarrollo de la zona de influencia del camino y/o por el mejoramiento de la carretera.
- f) **TRANSITO INDUCIDO O DESVIADO:** Es la parte del volumen de tránsito que para llegar a un lugar está haciendo uso de los caminos actuales, pero que al construirse el nuevo, va a hacer uso del nuevo camino.

Al proyectar una carretera, la selección del tipo de camino (tipo A, tipo B, tipo C, etc.), depende fundamentalmente de la demanda, es decir, del volumen de tránsito que circulará en un intervalo de tiempo dado, su variación, su tasa de crecimiento y su composición.

Un error en la determinación de estos parámetros, ocasionará que la carretera funcione durante el periodo de previsión, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó o - que se presenten problemas de congestionamiento cuando el volumen de tránsito sobrepase a lo proyectado.

El tránsito futuro debe preverse para un plazo de 15 a 20 años; - para fijar las cifras, no es posible emplear fórmulas matemáticas, que no podrían recoger todas las circunstancias que pueden influir en el incremento del tránsito.

Así, para determinar la sección de un camino, se necesita conocer el volumen del tránsito que circulará en los diferentes tramos de una carretera; para esto, se utilizan como fuentes los datos obtenidos de los "aforadores" y de los estudios de "deducción del tránsito" .

Cuando el proyecto será para un camino nuevo, se realizarán estudios de deducción del tránsito, los cuales se analizan mediante dos - conceptos: 1) tránsito inducido y 2) tránsito generado.

1.- TRANSITO INDUCIDO: Como ya se dijo, es el tránsito que para llegar a un lugar esté haciendo uso de los caminos actuales, pero que al construirse el nuevo, hará uso del camino nuevo; para obtener el tránsito inducido se hacen estudios de "origen y destino" .

1.a .- ESTUDIOS DE ORIGEN Y DESTINO: Su objetivo primordial es conocer el movimiento del tránsito en cuanto a los puntos de partida y de llegada de los viajes; además de obtener datos del comportamiento del tránsito, tanto en lo que se refiere a su magnitud y composición como a los diversos tipos de productos que se transportan. - Esto último con miras a determinar el grado de desarrollo de los - sectores que integran la vida económica y social y la localización de los centros productores y consumidores.

El método más apropiado para estudios en carretera es el de las entrevistas directas, ya que se obtiene en forma rápida y eficiente el origen, destino y un punto intermedio del viaje de cada conductor entrevistado, es decir, se para un número de vehículos y se les pregunta a los interesados su destino y recorrido. La duración de cada uno de estos estudios es variable, dependiendo del grado de confianza requerido. También, en vez del interrogatorio directo, puede entregárseles a los automovilistas una "ficha" que deban devolver llena.

En estos estudios se registran las rutas de los diferentes tipos de vehículos y los productos o pasajeros que transportan por cada sentido, así como las longitudes de recorrido. Se incluyen los volúmenes horarios de los diferentes tipos de vehículos registrados, por sentidos de circulación.

En los estudios recientes se han registrado además, modelos y marcas de los vehículos. Esto ha sido una consecuencia de la necesidad de conocer con más detalle, los tipos de vehículos que transitan por las carreteras.

2.- TRANSITO GENERADO: Es el tránsito que aparecerá por el desarrollo de la zona de influencia del camino, es decir, al construirse un camino, se generan zonas alrededor de él, las cuales propician desarrollo, y este desarrollo a su vez hace que aparezca el tránsito vehicular sobre dicho camino; por lo tanto, para obtener el tránsito generado de un camino, se hacen estudios de tipo socioeconómico como los ya mencionados, en la zona de influencia. Datos obtenidos

por la técnica americana, nos proporcionan la zona de influencia de un camino en relación al número de habitantes que tengan las poblaciones por las que pase el mismo. Esto se muestra en la tabla 2.3.

NUMERO DE HABITANTES	ZONA DE INFLUENCIA (KMS)
3 000 000 o mas	56.0 KM.
1 000 000 a 3 000 000	48.0 "
500 000 a 1 000 000	40.0 "
300 000 a 500 000	32.0 "
100 000 a 300 000	24.0 "
50 000 a 100 000	20.0 "
25 000 a 50 000	15.0 "
10 000 a 25 000	10.0 "

Tabla 2.3

Zona de Influencia de diversas poblaciones

Cuando el camino necesite de una ampliación, ya sea porque el tránsito va creciendo y pueda sobrepasar la capacidad de la vía, trayendo como consecuencia pérdidas de hora-hombre, congestionamientos, accidentes, etc., se utilizan los datos obtenidos de los aforadores, con ellos y con los obtenidos en los estudios de origen y destino, podemos conocer el volumen de tránsito, la densidad de tránsito, el tránsito diario promedio anual y el tránsito horario máximo anual, con lo cual nos daremos cuenta de la relación que va teniendo el tránsito con el camino.

El crecimiento de los volúmenes de tránsito en la red de carreteras, así como la variación de su composición, ha conducido a que se -

instalen estaciones de aforo en toda la red, procurando que éstas capten el tránsito representativo de cada tramo, y a su vez registren un Tránsito Promedio Diario con base al periodo de una Semana (TDPS), el cual, correlacionado con estaciones maestras, dará como resultado un muestreo razonablemente cercano al Tránsito Diario Promedio Anual - - (TDPA) .

El conteo de los vehículos se realiza por medio de contadores manuales ó electromecánicos, registrando éstos volúmenes cada hora, clasificándolos en: Vehículos Ligeros, Vehículos Pesados, Vehículos Especiales.

Se están utilizando en la S.C.T., dos tipos de contadores:

- a) Los Neumáticos, que detectan el número de ejes que pasan, cuyas lecturas se realizan cada 24 horas; son contadores constituidos por un tubo de goma que se instala transversalmente a la carretera, fija en un firme por medio de unas abrazaderas, como puede verse en la fig. 2.1 .

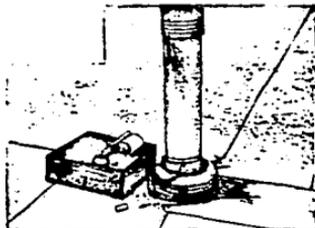


figura 2.1 .- Contadores

Este tubo debe ser muy flexible y va cerrado por un extremo; el otro va unido al contador; al pisar un vehículo, el exceso de la presión producida en el aire encerrado en el tubo, se transmite a una membrana que actúa sobre el contador por medio de un contacto eléctrico; este contacto puede regularse por un desplazamiento determinado de la membrana, lo cual permite regularlo para que no sea sensible a pesos menores de uno determinado; el contador puede estar dispuesto en forma que cuente una vez cada dos impulsos, con lo cual registre vehículos de dos ejes aislados; estos aparatos pueden ser totalizadores, de registro horario o tiempos menores. Son sencillos de concepto, pero si el servicio de vigilancia y mantenimiento no es adecuado tienen averías frecuentes. Hay errores inevitables, como los producidos por el peso simultáneo de dos vehículos; pero a pesar de ello es posible alcanzar una precisión que, si no hay paradas por avería, puede ser aceptable.

- b) Los eléctricos, que son aparatos más complicados, en los cuales el conteo puede hacerse para los vehículos en las dos direcciones, los cuales registran durante lapsos de una hora, el número de vehículos que cruzan por la estación.

Hay otros que pueden registrar los pesos, estos tipos complicados son muy costosos y solamente se emplean en puntos determinados en los cuales la obtención de estos datos, con gran exactitud, tenga una especial importancia.

Con el objeto de complementar, tanto los muestreos de tránsito -

como los estudios de origen y destino, se han instalado en diversos --
tramos de la red estaciones permanentes, provistas de contadores auto-
máticos, cuya finalidad es registrar las variaciones y comportamiento.
de las corrientes de tránsito durante todo el año. Desde el punto de -
vista estadístico, se ha zonificado la red nacional de carreteras, en
tal forma que cada estación permanente tenga funciones de correlación
con otras estaciones de muestreo.

Las casetas de cobro del organismo Caminos y Puentes Federales de
Ingresos y Servicios Conexos funcionan como estaciones maestras, ya -
que registran los volúmenes de tránsito, así como su composición, en -
forma continua, permitiendo conocer las variaciones estacionales.

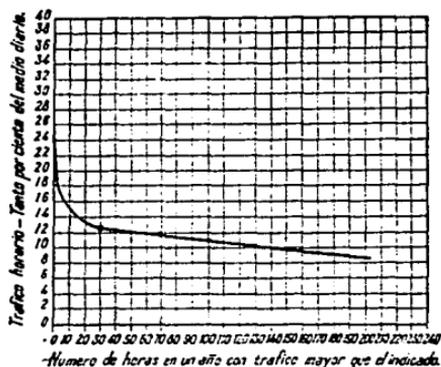
Cierto es que para hacer la predicción del tránsito existen dife-
rentes métodos estadísticos, de los cuales se encarga la ingeniería de
tránsito, como son la extrapolación de la tendencia media ó un estudio
de regresión múltiple entre el volumen de tránsito y otros elementos,
por ejemplo, el consumo de gasolina, el producto nacional bruto, etc.;
pero en virtud de que en muchas ocasiones la falta de datos impide - -
aplicar los métodos mencionados anteriormente (además de no formar par-
te del objetivo del presente estudio), es necesario estudiar en forma
empírica, hipótesis de crecimiento pesimista, normal y optimista, para
diferentes rangos de volúmenes de tránsito. Estas tasas de crecimiento
se obtienen de la observación del incremento del tránsito en carrete-
ras con varios años de operación.

La selección de la hipótesis queda al criterio de las personas --

que realizan la planeación o el proyecto, quienes deberán analizar previamente, el desarrollo socio-económico actual y potencial de la zona; por lo tanto, el análisis de los datos obtenidos para estimar el volumen del tránsito, tanto para carreteras nuevas como para el mejoramiento de las existentes es, en general, privativo de cada proyecto.

Finalmente, para determinar las características, y principalmente la sección que llevará el camino, es necesario conocer la variación del tráfico y su distribución por clases durante un periodo menor que el día; normalmente se escoge la hora, Tráfico Horario (TH); este dato nos definirá la congestión existente en las diferentes horas, y por consiguiente, de él se podrá partir para dimensionar la sección; pero no sería lógico calcular la vía para el Tráfico Horario Máximo (THM), pues aunque hay que evitar las pérdidas de velocidad que la congestión representa, sería antieconómico considerar para el cálculo de la sección, la hora "pico" del año; por ello, es norma tomar, a estos efectos, la "hora 30", que es aquella cuyo tráfico sólo se excede 30 horas al año (TH30). Suele ser del 12% al 18% del Tráfico Medio Diario (TMD). El valor de la "hora 30" se deduce de la curva que relaciona el número de vehículos que la carretera sirve y el número de horas (figura 2.2).

figura 2.2



La simple enunciación de los puntos anteriores a considerar es -- demostración evidente de la imposibilidad práctica del empleo de fórmulas matemáticas. Es el estudio de las circunstancias económicas del país y de la zona afectada por la vía en proyecto, la única manera racional de prever la evolución del tráfico en el futuro.

2.4 .- ACOPIO DE DATOS

La selección de ruta abarca una amplia zona entre los puntos que se requiere comunicar; en ésta interviene una comisión interdisciplinaria formada por ingenieros especialistas en localización de vías terrestres, en planeación, geólogos, drenajistas y de suelos, los cuales deben ser técnicos con gran experiencia principalmente en la construcción de los caminos, con el objeto de precisar hasta donde sea posible todos los detalles y aspectos relacionados con la construcción misma. Cabe mencionar que el ingeniero especialista en localización de vías terrestres, es quien tiene el mando en esta comisión interdisciplinaria y debe tener conocimientos de las disciplinas de sus demás compañeros.

Para seleccionar la ruta más viable que ha de dar solución al problema de la localización de un camino, se hace un minucioso acopio de datos existentes de la región. La topografía, la geología, la hidrología y - como han quedado analizados en los incisos 2.2 y 2.3 respectivamente - los estudios socio-económicos y los de viabilidad, constituyen la información básica para el proyecto de estas obras.

Los integrantes del grupo pueden contar con cartas geográficas y geológicas del país, del estado, de la región y de la zona en estudios, con curvas de nivel, así como con fotografías aéreas con lo cual puedan ubicar esquemáticamente las diferentes rutas que pudiere tener el camino.

Las principales cartas geográficas y geológicas disponibles en la República Mexicana, son las elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) que pertenece a la Secretaría de Programación y Presupuesto (S.P.P.), por la Secretaría de la Defensa Nacional, y en algunos casos por los Gobiernos Estatales (cuando se requiere de alguna población que todavía no esté en ninguna carta), con escalas 1:250 000, 1:100 000 y 1:50 000 que cubren parcialmente el territorio, generalmente se utiliza la escala 1:50 000 con curvas de nivel a cada 5 metros en los estudios preliminares para diferentes alternativas de proyecto. Dichas cartas, sustituyen en muchas ocasiones o son un valioso auxiliar de las fotografías 1:50 000 .

2.5 .- PRIMEROS RECONOCIMIENTOS.

Ya que se tiene sobre las cartas geográficas y geológicas las posibles rutas que seguirá el camino, es indispensable hacer los primeros reconocimientos de dichas rutas; dichos reconocimientos en un principio abarcarán zonas amplias y a medida que avance el proyecto se reducirán en forma considerable.

En el "Sistema Antiguo", únicamente se realizaban reconocimientos

de tipo terrestre, este reconocimiento se realizaba, si acaso, después de haber estudiado en las cartas geográficas (si es que se tenían) las diferentes rutas y estimar las cantidades de obra de cada una de ellas eligiendo la más conveniente; pues por este procedimiento, poco práctico, se analizaban desde el terreno una que otra alternativa. Se puede decir que el reconocimiento de tipo terrestre es menos efectivo que el de tipo aéreo, ya que el ingeniero localizador no puede abarcar grandes áreas y tiene que estudiar por partes su línea; de la misma manera, el ingeniero geólogo realiza un estudio de detalle que cae en los defectos que este procedimiento antiguo implica, ya que la geología requiere estudiarse en grandes zonas que permitan definir las formaciones, los contactos, las fallas y las fracturas; el técnico en planeación realiza sus estudios previos y marca los puntos obligados auxiliado con las cartas geográficas.

En el reconocimiento terrestre de este tipo, el Ingeniero Localizador se ayuda con el siguiente equipo: brújula, barómetro anerode, clinómetro, binoculares y cámara fotográfica; la brújula le servirá para tomar rumbos de los ríos, cañadas, caminos o veredas que atraviesen su ruta, así como el rumbo general de la línea que va a estudiar; el barómetro anerode le sirve para verificar las cotes de los puntos orográficos, de los fondos de cañadas, y otros puntos de interés; el clinómetro, para determinar las pendientes que tendrá la ruta, y los binoculares para poder observar las diferentes formaciones que se atraviesan a lo largo de la ruta y ver si es posible encontrar otros puntos en mejores condiciones; la cámara fotográfica le permitirá contar con fotografías de los sitios que se considere conveniente incluir

en los informes que se presentan después de los reconocimientos. La -
fig. 2.3 muestra estos instrumentos.

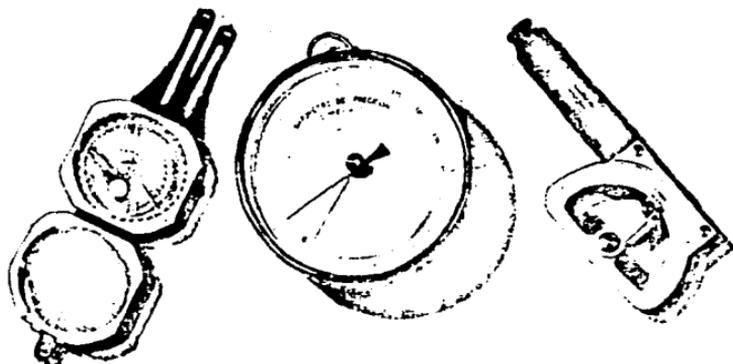


figura 2.3 .- Equipo básico para reconocimiento terrestre: Brújula, -
Aneroide, Cnismetro.

Es muy importante contar con un guía que conozca la región, para tener la seguridad de que el reconocimiento se haga sobre los mismos - lugares que previamente se han fijado en la carta.

Durante el reconocimiento se deberán dejar señales sobre la ruta, para que posteriormente puedan ser seguidas por el trazo de la prelimi - nar.

En el Sistema Actual (Métodos Convencional y Fotogramétrico-Elec - trónico), estos reconocimientos son de tipo aéreo y al final pueden - ser de tipo terrestre en zonas especiales con grandes problemas; ofre - cen mayores ventajas sobre el anterior, por la oportunidad de observar el terreno desde la altura que convenga, abarcando grandes zonas, lo -

que facilite el estudio; se dividen en :

- a) Reconocimientos con avioneta.
- b) Reconocimientos con helicóptero.

2.5.1 .- RECONOCIMIENTOS CON AVIONETA

El primer reconocimiento aéreo se efectúa con avioneta y tiene por objeto determinar las rutas que se consideran viables y fijar el área que debe fotografiarse a escala 1:50 000, para que en ella queden incluidas con amplitud. Lo realizan técnicos especialistas en planeación, localización y geotécnia. Antes de iniciar el vuelo, los especialistas deben estudiar y memorizar las cartas geográficas y geológicas disponibles, a fin que durante el vuelo observen las distintas rutas, estudiándoles dentro de su especialidad; así por ejemplo, el especialista en planeación verificará si la potencialidad de la zona concuerda con lo que se ha supuesto en los estudios previos, observándose las áreas de cultivo o de agostadero, así como las poblaciones que quedan dentro de la zona de influencia de las diferentes rutas; el especialista en localización verifica en el terreno si la ruta marcada en el plano es correcta, sobre todo en lo relacionado con el relieve topográfico, ya que en las cartas, por ser escalas pequeñas, existe posibilidad de cometer errores al marcarlas. En caso de que haya discrepancia entre el terreno y el mapa con que se cuenta, la cual puede ser de índole local o general, se deberá buscar una nueva ruta que se ajuste a las condiciones reales del terreno.

El especialista en geotécnia comprobará desde el avión, la-

clasificación general de rocas y suelos, la morfología del terreno, la existencia de fallas y problemas de suelos. De acuerdo con el localizador observará la hidrografía de la zona, apreciando tamaños y tipos de cuencas para prever las dificultades que se pueden presentar en el cruce de las corrientes fluviales.

En este primer reconocimiento, los especialistas tienen la opción de volar sobre las áreas en estudio tantas veces como crean necesario, a fin de escudriñar toda la zona de influencia del camino.

Estos reconocimientos tienen por objeto verificar y complementar directamente los datos previos recopilados y delimitar las zonas que contienen las rutas posibles. Cada técnico se dedica a cubrir los conceptos de su competencia, de los cuales hace un informe en donde se definen los siguientes conceptos:

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

También se hace un informe mancomunado del primer reconocimiento en donde se dan las recomendaciones y conclusiones de todos los especialistas.

Para llevar a cabo un vuelo fotográfico deberá prepararse un plan de vuelo, el cual consiste en lo siguiente:

Sobre una carta geográfica lo más detallada posible de que se disponga, (Escala: 1:50 000, 1:100 000, etc.), se delimita la zona por fotografiar y se proyectan las líneas de vuelo que deberán cubrir sobradamente el área señalada; es muy importante que la dirección de las líneas de vuelo que se marcan con flechas, sean dirigidas a los lugares que se han marcado en principio como de paso obligado; este requisito facilite grandemente el estudio de la fotografía de los pares estereoscópicos y el proyecto del control terrestre que puede requerirse; las líneas de vuelo inclusive pueden quebrarse hasta un ángulo de 90° - si así se considera conveniente, con tal de tener continuidad en la fotografía, en toda la longitud, de las rutas elegidas.

El avión que se emplee para este tipo de trabajo deberá dar la estructura para obtener la escala de fotografía deseada; estar dotado de piloto automático para que las líneas de vuelo sean rectas ya que reduce al mínimo los movimientos del avión; estar dotado de tanques adicionales de gasolina, para mantenerse en el aire un mayor número de horas - de las normales; estar dotado de estabilizadores en las alas, que reducen también los movimientos de giro y balanceo del avión a grandes alturas, los cuales son perjudiciales a la fotografía.

Existen diferentes tipos de cámaras para fotografía aérea y cada una de ellas tiene su uso específico, todas las cámaras son automáticas, a continuación se citan las más importantes:

- a) Trimetrogón; que se compone de tres cámaras fotográficas ecopladas, una vertical y dos inclinadas, que disparan simultáneamente abarcando fotografía de horizonte a horizonte, se emplean

principalmente para levantamientos en la obtención de planos cartográficos.

- b) Cámara Normal; cuya distancia focal comprende un ángulo de - - abertura tomada de 60° , se emplea para levantamientos de catas tro urbanos.
- c) Cámara Granangular; cuya distancia focal comprende una abertura de ángulo de toma de 90° , se emplea de preferencia para la obtención de planos fotogramétricos para el Proyecto de Vías Terrestres, aeropuertos, presas, irrigación, etc.
- d) Cámara Supergranangular; cuya distancia focal comprende una - - abertura de toma de 120° ; se emplea de preferencia para la obtención de planos cartográficos de alta precisión.

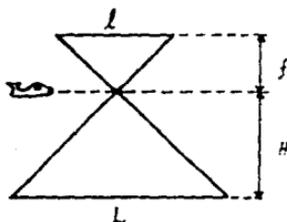
Por su precisión las cámaras fotográficas se dividen en primer orden y segundo orden. Las cámaras de primer orden son las que dan un va lor de distorsión despreciable, que se clasifican como libres de distorsión; este tipo de cámaras se emplean para trabajos de alta precisión, como son los levantamientos fotogramétricos para el proyecto de carreteras y ferrocarriles.

El efecto de la distorsión radial, es la desviación que sufre el rayo luminoso al pasar a través del lente de la cámara y que por lo - tanto no se proyecta en la película con la posición debida. Las cáma- ras de segundo orden, se emplean por lo general para levantamientos - cartográficos.

La escala de una fotografía vertical y el área cubierta por ella dependen de los elementos siguientes:

- La distancia focal o constante de la cámara " f ", que es la distancia entre el centro óptico del objetivo y el plano de la imagen fotográfica o plano focal.
- El formato " l ", que corresponde a las dimensiones de negativo de toma o sea las longitudes de sus lados.
- La altura de vuelo " H ", que es la distancia del centro óptico del objetivo al nivel medio del terreno en el área cubierta por la foto.

La escala media " E_m " de las fotografías, llamada también escala del vuelo, se obtiene por la relación siguiente:



$$E_m = \frac{l}{L}$$

$$\frac{l}{L} = \frac{f}{H}$$

$$\therefore E_m = \frac{f}{H}$$

Figura 2.4 .- Relación de Escalas

Como para una determinada cámara la distancia focal y el formato son constantes, la escala y el área cubierta por cada fotografía, dependen sólo de la altura de vuelo.

Para una escala dada de fotografía, la altura de vuelo se calcula

a partir de la fórmula anterior, por ejemplo, si se desea obtener fotografías a escala $E_m = 1:50\ 000$ con una cámara granangular, cuya distancia focal es $f = 152$ mm. (medio pie), la altura de vuelo sobre el terreno, expresada en pies será:

$$H = \frac{f}{E_m} = \frac{0.5}{1/50,000} \quad ; \quad H = 0.5 \times 50,000 = 25\ 000 \text{ pies.}$$

o sea, la altura de vuelo expresada en pies, será igual a la mitad del denominador de la escala deseada, cuando se use una cámara granangular. Esta expresión es de uso general, dado que los altímetros de los aviones vienen en unidades inglesas.

Si se quiere obtener la altitud de vuelo, o sea la altura del vuelo sobre el nivel del mar, a la altura de vuelo habrá que agregarle la elevación media del terreno referida al nivel del mar.

Para lograr la continuidad estereoscópica, debe existir una superposición de los pares fotográficos que cumple con lo siguiente:

- a) Un vuelo fotográfico que va a ser utilizado para estudios fotogramétricos, es indispensable que cada par fotográfico tenga una superposición longitudinal mínima del 60% y máxima del 80%, y una superposición transversal del 20% mínimo y 30% máximo. - Valores inferiores al mínimo especificado, hacen inservible el trabajo; valores mayores al máximo especificado es antieconómico (véase figura 2.5). La superposición longitudinal de la fotografía la da automáticamente la cámara mediante la acción de

un intervalómetro.

- b) La deriva o desplazamiento transversal de la línea de vuelo, - no debe excederse en 4° .
- c) El movimiento de balanceo no debe excederse de 3° .
- d) El movimiento de cabeceo no debe excederse de 3° .

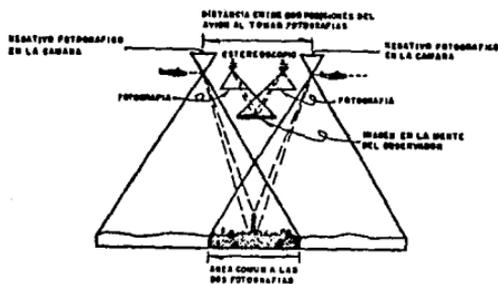


Figura 2.5.- Formación de la visión estereoscópica.

Para llevar a cabo el vuelo fotogramétrico, el medio atmosférico deberá estar exento de polvo, humo, nubes y no haber fuertes corrientes de aire, sin embargo puede llevarse a cabo cuando la capa atmosférica abajo del vuelo fotográfico sea de nublado parejo.

La toma de fotografía también está restringida a ciertas horas -- del día y la época del año, principalmente cuando el vuelo va a ser -- destinado a la obtención de planos fotogramétricos.

Se especifica que la altura del sol forme con respecto al horizonte, un ángulo comprendido entre 45° y 75° dependiendo de la topografía del terreno. Cuando se trate de terreno plano es conveniente que el ángulo sea un poco menor, porque ayudan las sombras a observar la estereoscopia.

El levantamiento fotográfico es muy rápido, con un buen equipo se pueden tomar en una semana los datos precisos de 150 Km. de itinerario con una faja de 300 m. de ancho.

El tipo de película que se emplea para este tipo de trabajo, en general es el que se denomina pancromática de base topográfica de alta resolución y alto contraste, es decir, de muy buena claridad o definición y que da diferencia notable de tonos de blanco y negro. Esta película está compuesta de 3 capas: emulsión, base y antihalo; la base es lo que corresponde al plástico que forma el rollo de la película, el cual es indeformable; el antihalo es una capa de material entirreflejante que impide que la luz atraviese la emulsión; la emulsión de la película está compuesta por cristales en suspensiones de uno o varios halogenuros de plata.

La película que se emplea puede ser en blanco y negro, en color o infrarroja en color y blanco y negro.

El proceso de laboratorio de la película aérea es el siguiente: - la película aérea se encuentra montada en un aditamento especial de la cámara que se denomina magazine; cuando se ha terminado un rollo de -

exponer, se sella el magazine y se envía para su proceso en el laboratorio. El proceso de revelado de los rollos de película, por su gran longitud (60 m. a 120 m.) se hace en tanques especiales, dotados de un mecanismo eléctrico para enrollar y desenrollar dentro de la solución fijadora, así mismo en los tanques de lavado, el secado se hace con máquina secadora especial. Una vez que se ha terminado el proceso de revelado y de secado de los rollos fotográficos, se procede a obtener copias de contacto en papel sensible delgado de todo el rollo, esto tiene por objeto seleccionar a cada una de las fotografías, de acuerdo con su calidad, para ello se forma un mosaico índice o de control, y se van numerando cada fotografía aceptada en la forma siguiente:

(1-1) para la primera fotografía, (2-1) a la segunda fotografía y así sucesivamente; el primer número nos indica el número de la fotografía y el segundo el número de la línea de vuelo. La obtención del mosaico índice, también sirve para determinar la calidad del vuelo fotográfico, en forma aproximada en cuanto a deriva e inclinación o leudo, y en forma precisa la sobreposición transversal y longitudinal. La figura 2.6 muestra la selección de fotografías para formar un mosaico índice.

Una forma rápida de saber la clase de cámara que se utilizó en la toma de fotografías es examinando ciertas marcas, denominadas Fiduciales, que aparecen en las 4 orillas o en las esquinas de las copias, donde también aparecen la altura de vuelo, la distancia focal y la hora en que se tomó la fotografía.



figura 2.6 .- Mosaico índice de fotografías.

Cuando la fotografía aérea está destinada para la obtención de planos fotogramétricos, se procede a obtener del negativo fotográfico copias de contacto en placas de vidrio denominadas diapositivas, este trabajo se hace en copificadoras de contacto las cuales pueden ser manuales o electrónicas. Estas placas diapositivas pueden obtenerse en dos tamaños, según el uso para que se les destine, de 23 x 23 cm. que es el mismo tamaño de la fotografía y del formato de la cámara, o bien de 11 x 11 cm., mediante el empleo de una reductora; éstas últimas se -

hacen especialmente para el proyector Autógrafo A-7 , que más adelante se describe.

2.5.1.1 .- FOTOINTERPRETACION.

Con las fotografías tomadas en esta etapa, se hace un estudio de fotointerpretación. Los datos que se obtengan de dicho estudio deberán vaciarse en planos restituidos y en los mosaicos fotográficos correspondientes, en donde quede marcada la ruta aceptada.

La fotointerpretación con fotografías aéreas 1:50 000 consiste en realizar un estudio estereoscópico que siempre es utilísimo, pues permite analizar en el gabinete, el terreno desde los puntos de vista topográfico, geológico, hidrológico y socioeconómico, delimitando las unidades geomórficas, rocas, suelos, drenajes, zonas apropiadas de cruces y materiales de construcción, es decir, se procura detallar lo necesario en los corredores de las rutas posibles identificando rasgos en las fotografías y determinando su significado para poder seleccionar la mejor ruta.

El estereoscópio es un pequeño instrumento de óptica propio para examinar los pares estereoscópicos y ver así las fotografías en relieve; el par estereoscópico es un conjunto formado por dos fotografías, tomadas desde puntos diferentes, que vistas simultáneamente - cada una de ellas por un ojo - dan la sensación de relieve; la figura 2.7 muestra una fotografía aérea para la elección de ruta y un grupo de especialistas realizando fotointerpretaciones en el estereoscópio.

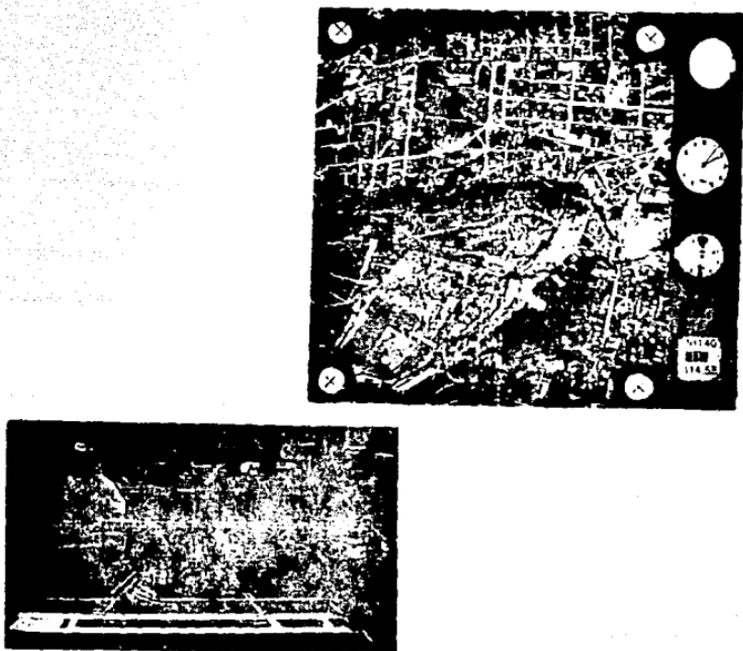


figura 2.7

Para poder determinar el significado de las imágenes fotográficas deben considerarse los conceptos básicos que se explican a continuación:

- A) Características físicas de las fotografías.- El tono y la textura en una fotografía tienen un papel muy importante; cada uno de los tonos entre el blanco y el negro y su frecuencia de cambio en la imagen manifiesta la textura, haciendo más fácil la identificación de los objetos; por ejemplo, en las - - -

fotografías aéreas las cimas de las montañas se ven en tonos - más claros que las barrancas, porque aquéllas reciben más luz del sol.

- B) Características de rasgos y objetos.- Considerando la forma, el tamaño y la sombra de las imágenes, se puede distinguir entre los objetos que se deben a la actividad humana y los naturales; por ejemplo, las imágenes con apariencia regular en general corresponden a objetos que se deben a la actividad humana, mientras que las imágenes irregulares corresponden a objetos de la naturaleza. La sombra revela y acentúa el relieve terrestre. Estas características se complementan y relacionan - con objetos asociados en el área.
- C) Características topográficas y geomorfológicas.- El aspecto - del relieve generalmente indica la dureza de los materiales: - los materiales resistentes forman partes altas con taludes acen-
tuados y los materiales blandos forman llanuras o lomeríos sua-
ves; a cada resistencia de material corresponde un talud natu-
ral; por lo que puede decirse que los cambios de talud indican
cambio de material. La disposición o alineamiento puede indicar
flujo, plegamientos, fracturas, fallas, etc.; el drenaje está
dado por la pendiente del terreno y por las características de
resistencia a la erosión de los materiales superficiales y --
subsuyentes de la zona, así como por las fracturas y las fe-
lles.
- D) Características de la vegetación.- Por el tipo de vegetación - se puede identificar el tipo de suelo y el de la roca original.

Un determinado tipo de vegetación puede identificar la composición del suelo, contenido de humedad, permeabilidad, variaciones de su espesor y de su pendiente.

Debe distinguirse la vegetación natural de la de los cultivos, reforestaciones, etc., que pudieran desorientar. Para este tipo de estudios las fotografías de color, las infrarrojas blanca y negro y las infrarrojas de color, son de valor inestimable.

El estudio de las aerofotos en gabinete requiere del siguiente equipo: estereoscópio, barra de paralaje, regla de cálculo, escalímetro, lupa, escuadras, lápices de cera, etc. El estereoscópio sirve para observar el relieve del terreno en la faja de sobreposición de las fotografías; la barra de paralaje sirve principalmente para estimar los desniveles del terreno. (Véase figure 2.8)

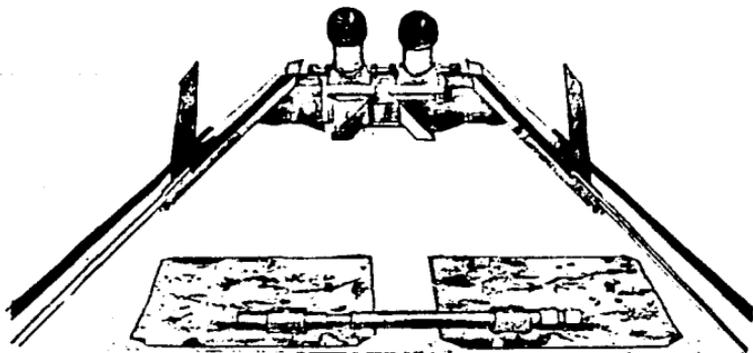


figure 2.8 .- Estereoscópio de Espejos y Barra de Paralaje.

A continuación, se menciona el procedimiento de trabajo en un estudio estereoscópico.

En el mosaico índice de las fotografías a escala 1:50 000 se marcan las diferentes rutas estudiadas previamente, a fin de facilitar la selección de las aerofotos que cubren el área donde van a desarrollarse las distintas alternativas.

Con pares sucesivos de las fotografías seleccionadas, los diferentes especialistas estudian con el auxilio del estereoscópio, la localización de las rutas, los aspectos geotécnicos, los de drenaje y los socioeconómicos, a fin de conocer las ventajas y desventajas de cada una de las rutas marcadas.

- 1.- El ingeniero especialista en localización determina la mejor posición de una o más alternativas de trazo, conveniente desde el punto de vista topográfico con fines operativos, para limitar las franjas de terreno en las que debe buscarse la mejor ubicación de la línea en etapas posteriores de más detalle.

Por cada línea de ruta resultante, el localizador debe estimar la longitud total: las longitudes de los diferentes tramos con distinta pendiente, las cantidades aproximadas de materiales en cuanto a terracerías y drenaje; y en general, todos los conceptos de costos que sirvan para evaluar cada alternativa.

Un factor importante en la elección de una ruta es la pendiente del terreno; por lo que para tener una idea aproximada de ella y definir si las rutas vistas están dentro de lo especificado, se determinan las elevaciones de los puertos, las de los fondos de las barrancas y las de otros puntos que puedan afectar la posición de la línea.

Para obtener el desnivel aproximado entre dos puntos dados contenidos en un par estereoscópico, se utiliza la barra de paralaje, de la siguiente manera:

Se procura determinar con la mayor aproximación la escala de las fotografías. Para ello se verá si en algunas de ellas aparecen puntos de control terrestre o bien alguna estructura cuya longitud se conozca. En caso de no haberlas se toma como buena la escala indicada en las fotos.

Apoyándose en las marcas fiduciales de las dos fotos que se estudian, se determinan los puntos principales N_1 y N_2 , los cuales están definidos por la intersección de las líneas que unen las marcas fiduciales (Véase figura 2.9)

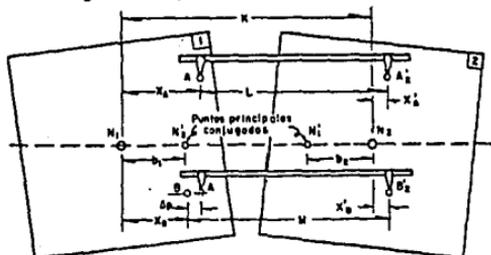


figura 2.9 .- Determinación de desniveles mediante la barra de paralaje.

Se transfieren dichos puntos recíprocamente, es decir, el N_1 a la foto 2 en N'_1 y el N_2 a la foto 1 en N'_2 . Se miden las distancias b_1 y b_2 y su promedio será la base aérea b .

Del informe de vuelo se toma la altura de vuelo H a la cual fué tomada la fotografía, comprobándose por la altitud marcada por el altímetro en cada foto y con la elevación media del terreno.

Supóngase que se trata de determinar el desnivel existente entre los puntos A y B , que aparecen en ambas fotografías (A'_2 y B'_2 en la foto 2). Se coloca la barra de paralelaje haciendo coincidir sus índices con los puntos A y A'_2 girando el micrómetro de la barra para hacer que el punto flotante "toque" el terreno; en esta posición se toma la lectura del micrómetro. Se llevan después los índices de la barra a los puntos B y B'_2 girando el micrómetro hasta que el punto flotante "toque" el terreno.

Se toma esta nueva lectura del micrómetro. La diferencia de lecturas es precisamente la diferencia de paralelajes Δp ; el desnivel Δh que existe entre los puntos A y B se calcula con la siguiente expresión:

$$\Delta h = \frac{H}{b} \Delta p$$

2.- La fotointerpretación en el aspecto geológico comprende el análisis de las fotografías, con el objeto de identificar rasgos y determinar su significado, obteniendo información sobre la morfología del terreno, fallas, fisuras, estructuración de

rocas, suelos, drenaje y además determinar en forma aproximada los materiales que se pueden utilizar en la construcción; el tono, la textura, el color, el tamaño, la sombra, el relieve, pendiente, erosión, drenaje, vegetación y cultivos, que se pueden observar a través de los pares estereoscópicos, nos definen con bastante aproximación los diferentes tipos de terreno que abarca el área sobre la cual se elijan las diferentes rutas que se van seleccionando. Los principales caracteres que se consideran en la fotointerpretación, para definir la geología del terreno son: tipo de vegetación, drenaje y la tonalidad o sea las diferencias entre las tonalidades blanco y negro o de color.

El drenaje constituye una de las mejores guías acerca de la geología y los tipos de suelos en el área; también indica las líneas de menor resistencia.

El drenaje rectangular suele estar controlado por las diaclasas, las fallas y plegamientos; el drenaje radial se produce desde un cono montañoso o hacia el centro de una depresión o cuenca; el drenaje concéntrico suele ser indicativo de la presencia de una estructura en forma de domo. Un sistema de drenaje dendrítico generalmente representa un área de rocas bastante homogéneas, mientras que el drenaje paralelo se suele formar por un control de estratos de diferentes resistencias a la erosión. El drenaje emparado es característico de rocas sedimentarias fuertemente plegadas. La fig. 2.10 muestra diferentes tipos de drenaje.



Figura 2.10 .- Apariencias típicas de los drenajes.

Al irse efectuando la fotointerpretación de cada par, se van variando estos datos en un mosaico, llamado mosaico rectificad, a la misma escala 1:50 000 (los hay también a escala 1:25 000), el cual se ha hecho previamente.

Los mosaicos rectificad,os son formados haciendo coincidir las porciones centrales de fotografías aéreas individuales. Cuando han sido copladas y hechas coincidir cuidadosamente, dan la apariencia de una

sole fotografía.

La figura 2.11 nos muestra este tipo de mosaico fotogramétrico donde se marcan las características de una ruta estudiada; y la figura 2.12 nos muestra como se forman estos mosaicos para el reconocimiento de las diferentes rutas que pudieran unir dos puntos, dichos mosaicos son de utilidad para iniciar la segunda etapa (reconocimiento con helicóptero).



figura 2.11

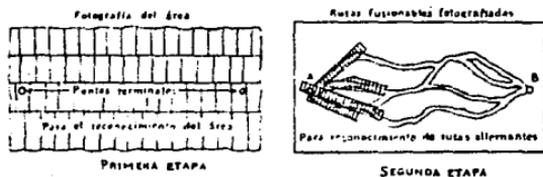


figura 2.12

Todas las características mencionadas anteriormente, se marcan en dichos mosaicos en diferentes colores, así por ejemplo se acostumbra - señalar la vegetación con color verde, el fondo de los escurrideros - con color azul, caminos y veredas con color amarillo, los contactos de las diferentes rocas y suelos que se vayan determinando se le dan dife- - rentes colores, característico para cada tipo de roca que se haya - -

identificado, señalándolos con su letra inicial como símbolo, con este mosaico se hace un mapa, el cual se anexa al informe respectivo.

- 3.- El experto en estudios socioeconómicos lleva a cabo la fotointerpretación localizando los núcleos de población, interpreta el uso actual de la tierra, los lugares forestales y minerales en explotación estimando su potencia, interpreta la posibilidad sobre obras hidráulicas y otras vías de comunicación como el F.C. o las telegráficas, interpreta la posibilidad de obras marítimas si están en la costa, y la posibilidad de abrir nuevas tierras de cultivo, así como las instalaciones de algún tipo de industria.

De acuerdo con el estudio anterior el experto en esta materia decidirá si continúa vigente el peso por los poblados y zonas que se habían previsto inicialmente, o en su defecto se hacen las proposiciones de las modificaciones pertinentes.

2.5.1.2. .- METODO DEL COMPAS

Una vez representadas las posibles rutas en las cartas geográficas y/o en los planos restituidos de las fotografías 1:50 000, se procederá al trazo de la "Línea a Pelo de Tierra" utilizando el "Método del Compás" el cual se enuncia a continuación:

El Método del Compás se realiza en el gabinete y consiste en localizar una línea de control sobre las cartas del INEGI o sobre los planos restituidos de las fotografías aéreas que reúna ciertas características específicas al tipo de camino de que se trate, esta línea recibe el nombre de "Línea a Pelo de Tierra" .

Se le da el nombre de Línea a Pelo de Tierra a una línea con una pendiente dada (siempre menor que la gobernadora) que se arrastra adaptándose a las irregularidades del terreno y que por lo tanto no tiene terracerías (ya sean cortes ó terraplenes).

Para el trazo de la Línea a Pelo de Tierra los datos que se necesitan son:

- a) Escala de los planos restituidos
- b) Equidistancia entre curvas de nivel
- c) Pendiente que llevará el camino

Abriendo un paréntesis, diremos que para tener más seguridad en la escala de las fotografías aéreas, y a manera de comprobación de la misma, se realice el apoyo terrestre necesario para esta etapa de vuelo, el cual consiste en marcar (con la ayuda del estereoscópio de espejos) puntos de control terrestre sobre las fotografías aéreas 1:50 000; dichos puntos de control terrestre deben de estar referenciados a puntos que en las fotografías aéreas y en el campo sean fácilmente identificables y visibles entre sí, tales como las cimas de los cerros, los cruces de las iglesias, etc.

Para poder localizar los puntos de control sobre el terreno, se pica la fotografía con un alfiler en el lugar que corresponde a dichos puntos y esos piquetes se localizan con relativa facilidad en el terreno, pues como se mencionó, quedan cerca de puntos que se identifican rápidamente.

Las brigadas de localización de dichos puntos, se acompañan con las fotografías del lugar y croquis respectivos, con lo cual se les facilita la localización.

En el campo, se colocan los puntos de control terrestre por medio de unas "monas" (apilamiento de piedras), estacas o mojoneras de concreto, en el lugar que corresponde al piquete de la fotografía; después se mide la distancia de dichas "monas" o estacas a los puntos de referencia, la cual debe de coincidir con la de la escala de las fotografías.

A estos puntos de control terrestre, se les obtiene sus coordenadas x , y , z , las cuales nos ayudan en una primera instancia a tener una idea de los alineamientos horizontal y vertical que tendrá el posible eje del camino.

Volviendo con el método del compás, tenemos:

Lo que en el terreno se puede hacer con un clisímetro para llevar una línea con una pendiente dada, puede hacerse en un plano restituido utilizando un compás de puntas. Conociendo la equidistancia entre curvas de nivel y la pendiente que se desea para el camino, se calcule -

la abertura del compás para que al interceptar con sus puntas dos curvas de nivel contiguas la línea imaginaria que une estos puntos tengan la pendiente deseada. Ejemplos:

- a) Supongamos que la equidistancia entre curvas de nivel es un metro y la pendiente con que se quiere proyectar una línea en una ladera es de 5%; la separación entre las puntas del compás deberá ser de $1/5$, o sea 20 metros, para que cada vez que se suba o se baje un metro, se recorran 20, lo que equivale a 5% .
- b) Supongamos una equidistancia en el plano entre curvas de nivel de 2 metros, y una pendiente de 6% , cada vez que se pase de una curva a otra se subirán o bajarán 2 metros, por lo tanto, la abertura entre las puntas del compás será de $2/6$, o sea 33.33 metros. Con la misma escala con que está dibujado el plano se separan las puntas del compás y partiendo del punto inicial, se procede a ascender o descender brincando de curva en curva. La unión de estos puntos dará la Línea a Pelo de Tierra.

Esta línea quebrada es la base para proyectar el trazo de la Línea Definitiva que, con las mayores tangentes posibles, deberá pegarse lo más que se pueda a la Línea a Pelo de Tierra. En la práctica es imposible lograr esto, debido a que se deben cumplir con las especificaciones geométricas principalmente de tipo horizontal; pero se procurará enderezar el trazo con tangentes lo más largas posibles compensando a izquierda y derecha para obtener la Línea de Proyecto a través de la imaginaria del trazo a pelo de tierra para lograr una primera compensación longitudinal. Las tangentes se unen con curvas que, - -

igualmente, se apequen lo más posible a la línea imaginaria o compensen las desviaciones a izquierda y derecha lo más que sea posible.

Por lo tanto, la Línea a Pelo de Tierra no puede construirse, por ser una línea muy quebrada y además caracer de drenaje, su utilidad - entonces, es la de marcar la dirección general en que se debe de llevar el alineamiento para reducir las terracerías. La figura 2.13 - muestra el Método del Compás

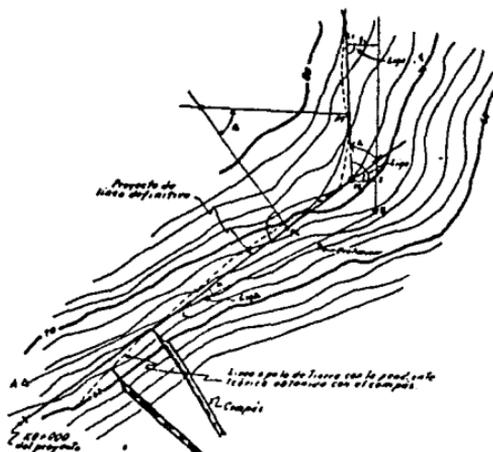


figura 2.13

El ideal en el trazado del alineamiento de una vía, es que éste - fuera recto del origen al destino, y a nivel; pero al tener que salvar los accidentes topográficos, es necesario buscar los lugares más fáciles para salvarlos, y de la manera más económica posible. Estos lugares por donde debe pasarse para llegar al destino final, son los - -

llamados "Puntos de Paso Forzoso u Obligados", que son puntos que ha - de tocar el camino, y como su nombre lo indica, es indispensable que - se pase por ellos, ya sea por razones socioeconómicas o técnicas, por ejemplo: una zona industrializada que propicia desarrollo, es forzoso que el camino toque ese punto; la formación geológica de un estrato -- del terreno, lo cual puede ser muy buena para lograr ahorros en la ci - mentación de algún puente o la excavación de algún tunel, también es - forzoso que el camino toque ese punto; etc.

Los puntos obligados guían el alineamiento general de la ruta. - Para ello, la ruta en estudio se divide en tramos, designándolos gene - ralmente con el nombre de los pueblos extremos que unen. De esta mane - ra es posible señalar sobre la carta varias rutas posibles. La figura 2.14 ilustra los conceptos anteriores.

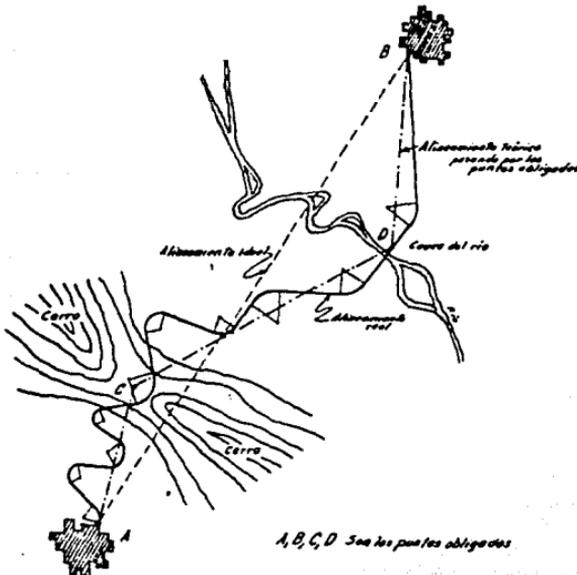
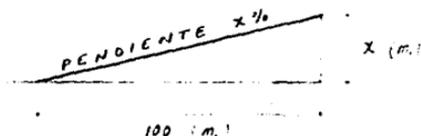


figura 2.14

Al dibujar las diferentes líneas que definen las posibles rutas, deben considerarse los desniveles entre puntos obligados, así como las distancias entre ellos, para darse una idea de la pendiente que regirá en su trazado, la cual se le conoce como pendiente gobernadora y la cual debe estar entre el 2% y el 10% dependiendo del tipo de camino.

La pendiente que se les puede dar a los caminos para salvar los accidentes topográficos, es el número de unidades (metros) que sube o baja una línea por cada 100 unidades horizontales, y entonces se expresa como por ciento, por ejemplo: 4% , 6% , 7.5% , etc.



2.5.1.3 .- INFORME DE LOS "PRIMEROS RECONOCIMIENTOS" DE UN CAMINO.

Enseguida presentamos el informe de los " Primeros Reconocimientos " para el camino " La Yaja - Miltepec ", en el tramo "Tuxtepec - Matias Romero - Miltepec ", elaborados en ese entonces por la S.O.P. (año de 1967) .

DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS INEP

S. O. P.

DEPARTAMENTO DE VIAL TERRESTRES

TUXTEPEC - MATIAS

ROMERO - MILTEPEC

Paseo

Informe de estudio de reconocimiento para:

Camino de Tuxtepec - Miltepec

Tramo Tuxtepec - Matias Romero - MILTEPEC

LONG. APX. 248 KM.

Subtipo

Número de rutas derivadas (Se estudia la zona en general)

Origen de cadavimetro: Tuxtepec

I- Equipo utilizado: Helicóptero

II- Puntos Obligatorios:

Tuxtepec y Matias Romero (ó algún punto de la Carretera Transmexicana cercana a esta última población) y Miltepec (ó algún punto de la Carretera Cristóbal Colón cercana a esta población).

III- Tipo de camino que debe estudiarse de acuerdo con el formato que precede y las condiciones mencionadas de la regla.

Camino Tipo B.

IV- Otros puntos principales y fecha en que se les puede dar servicio, en la medida en que sea posible, en el caso del camino que se estudia, se debe indicar las vías que pueden servir al camino por medio de brachos y caminos tipo C como se propone para el camino Miltepec - Tuxtepec. MEXE, en su caso con el camino objeto de este reconocimiento.

RUTA N.º 10

V.- Características de la zona.

Tipo Terreno	Tramo de Km. a Km.	Longitud Km.	Máximas Aprox. Nudos de Terrestres (al día)	TIPO DE VELOCIDAD		
				Arriba	Parte Baja	Parte Alta.
Llano y terreno suave	0 - 50		12,000 50		100 %	
Terreno suave a fuerte	50 - 120		18,000 70		80 %	20 %
Terreno fuerte	120 - 180		20,000 60		80 %	80 %
Terreno fuerte y montado	180 - 248		25,000 65		100 %	

VI.- Esbozos de puentes que requieren puente

Nombre	Ubicación	Clase Acreditada (m)	Observaciones
Rfo Papaloapan	K - 0		Se puede utilizar alguno de los construidos.
Rfo Playa Vicente	K - 42	150 m	
Rfo de la Lana	K - 88	120 m	
Rfo de la Trinidad	K - 105	120 m	
Rfo Jaltepec	K - 125	110 m	
Rfo Espíritu Santo	K - 230	10 m	
Otros		100 m	

Longitud total de puentes 640 m.

VII.- Accesibilidad del tramo:

Existen en la zona brechas y veredas que permiten llegar a la ruta:
Entre el Rfo Jaltepec y Matías Romero (45 km.) no hay accesibilidad.

VIII.- Vías de Comunicación existentes:

Existe Carretera pavimentada de la Tlaxiela a Tlaxipec de donde se des-
prenden caminos rurales a Loma Bonita (con servicio hasta Sumpul),
a Oaxaca, Oax. y a Loma Negra.

Se utilizará parte o se creará la Carretera Transistmica y se llegará
en Miltepec con la Carretera Cristóbal Colón.

IX.- Libramientos que se estiman necesarios:

Se debe estudiar el firme en San Felipe, Oax.

X.- Tramos en que se recomienda realizar, para el estudio definitivo,
los procedimientos en uso:

P R A M O de Esbozo No.	L O N G I T U D .	
	Método Convencional	Método Fotogramétrico- Electrónico
	100 %	
T o t a l e s	100 %	

XI.- En caso de que para la etapa de ante-proyecto, se necesiten de mayor ab-
cero de fotografías aéreas, indique la cantidad, las zonas por fotograf-
iar y las escalas.

Las fotografías aéreas no son suficientes. En el informe especifi-
cándose se marca plano en el que indica la zona que debe fotografiar-
se. Esc. 1:50,000

XII.- Observaciones generales y conclusiones.

Hoja ANEXA:

ANEXOS: Auto-Pruebas de _____ Alternativas.

Muestra fotográfica escala 1: _____

Carta Escala 1: _____

OBSERVACIONES GENERALES

Esta ruta, sustituye con ventajas al Sayula-Cintalapa (que debe construirse por Itzamo, como brecha de penetración), ya que permite penetrar en una zona con potencial económico elevado permite la integración de numerosas poblaciones de la zona MSU al resto de la República; representa acortamiento de recorrido no solo a los vehículos hacia Tuxtla Gutiérrez (como es el caso del Sayula - Cintalapa) sino también para los que se dirigen hacia el sur del Istmo y a la zona costera del estado de Chiapas.

En lo referente a las condiciones Topográficas y Geológicas, éstas permiten la construcción de un camino de menor costo por kilómetro que el que se tendría en el Sayula - Cintalapa.

México, D. F. a 16 de nov. 1967.

A TESTAMENTO
EL SUPERVISOR DE OBRAS

ING. FERNANDO OLIVERA BUSTAMANTE

FOB/ea.

La figura 2.15 muestra un croquis del camino en cuestión; con la construcción de este camino, se logró reducir la ruta de la Ciudad de México a Tuxtla Gutiérrez y/o de la Ciudad de México a Oaxaca. Es decir, anteriormente, si se quisiera ir de la Ciudad de México a Tuxtla Gutiérrez, primero se llegaba a "La Tinaja" y de ahí se tenía que llegar a "Cintalapa" para que se tomara el camino hacia Tuxtla Gutiérrez; para

lograr esto, se tenía que rodear pasando por "Paso del Toro", "Acayucan", "Sayula", "Matías Romero", "La Ventosa", "Nilttepec" y, finalmente, como ya se dijo, llegar a "Cintalapan"; lo que nos daba una longitud de 629 Km.

Con el nuevo camino, de la "Tinaja" se llega a "Tuxtepec", de ahí a "Matías Romero", de "Matías Romero" a "Nilttepec" y de "Nilttepec" a "Cintalapa", lo que nos da una longitud de 471 Km.; por lo tanto, se logró un ahorro de: $629 \text{ Km.} - 471 \text{ Km.} = 158 \text{ Km.}$

En caso de querer ir al estado de Oaxaca, de "La Tinaja" también se tenía que rodear pasando por "Paso del Toro", "Acayucan", "Sayula", "Matías Romero" y "La Ventosa", lo que nos daba una longitud de - - - 482 Km.

Con el nuevo camino, de la "Tinaja" se llega a "Tuxtepec", de "Tuxtepec" a "Matías Romero" y de "Matías Romero" a "La Ventosa", lo que nos da una longitud de 326 Km.; por lo tanto, se logró un ahorro de: $482 \text{ Km.} - 326 \text{ Km.} = 156 \text{ Km.}$

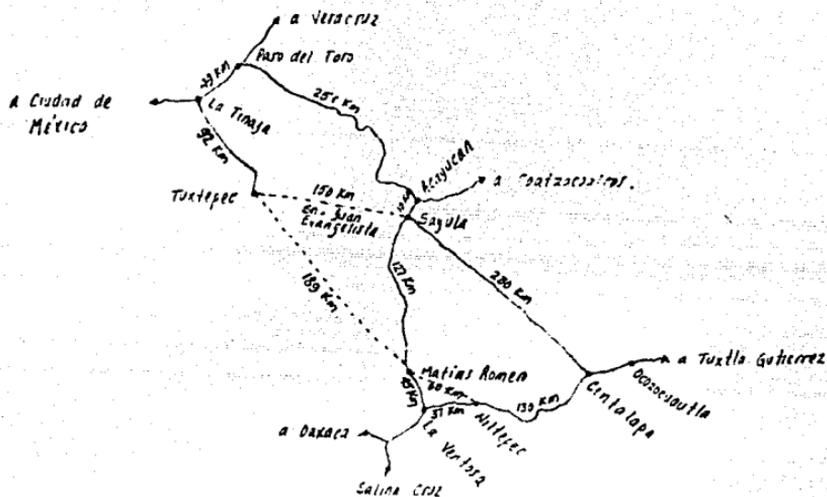


figura 2.15 .- Croquis del Camino "La Tinaja" - "Nltepec", en el tramo "Tuxtepec" - "Matias Romero" - "Nltepec".

RUTA ACTUAL (1968)

La Tinaja - Paso del Toro	49 Km.
Acayucan	300 "
Sayula	310 "
Matias Romero	437 "
La Ventosa	482 "
Nltepec	519 "
Cintalepe	629 "

RUTA DIRECTA POR TUXTEPEC Y MATIAS ROMERO

La Tinaja - Tuxtepec	92 Km.
Matias Romero	281 "
Nltepec	341 "
Cintalepe	471 "

OTRA POSIBLE RUTA (POR SAN JUAN EVANGELISTA):

La Tinaja - Tuxtepec	92 Km.
Sayula	242 "
Cintalepe	472 "

2.5.2 .- RECONOCIMIENTOS CON HELICOPTERO

Con los datos obtenidos como producto del primer reconocimiento aéreo y la fotointerpretación llevada a cabo por el localizador, el geólogo y el economista, se efectúa una junta para discutir y hacer las proposiciones que se consideren pertinentes, y ponerse de acuerdo principalmente en lo que se refiere a zonas que deberán ser beneficiadas por la nueva carretera, tomando en cuenta la accesibilidad a los centros de población o explotación, desde el punto de vista topográfico, de cruces de las principales corrientes fluviales y de problemas de tipo geotécnico que se puedan presentar, etc.

Como resultado de esta junta, se elabora un informe mancomunado en el que se obtiene finalmente las rutas que se aceptan y sobre las cuales se va a continuar el estudio; así mismo se decide sobre la forma más conveniente en que deberá llevarse a cabo el segundo reconocimiento, el cual de preferencia se lleva a cabo en helicóptero, lo que permite a los ingenieros descender en los lugares de interés y recabar en ellos la información que consideren necesaria.

Este reconocimiento se lleva a cabo con la intervención del mismo personal que llevó a cabo el primer reconocimiento y que hizo la fotointerpretación, llevando consigo cada uno el siguiente material:

Un juego de fotografías escala 1:50 000 que ya han sido fotointerpretadas, en las que aparezca con toda claridad las rutas seleccionadas, el mosaico índice en donde aparezcan las rutas seleccionadas, marcando

los puntos en donde se haya tenido duda, y que deban ser verificados - en el terreno.

Este segundo reconocimiento tiene por objeto comprobar la información obtenida ~~através~~ de las fotografías aéreas, el cual se efectúa en helicóptero, ya que permite llegar hasta los lugares donde se tenga - que requerir cierta información directa en el terreno tales como, - - comprobar la elevación de los puertos y fondo de cañadas, lugares de - cruces y pendiente transversal del terreno, para zonas donde se hayan apreciado fallas geológicas, posición y echado de las estratificacio- nes, cobertura de la cepa vegetal, comprobación del tipo de rocas que afloran; se comprobará las áreas y la clase de cultivo, la potencialidad económica, se estimará en forma directa el número de habitantes de los poblados y rancherías, y todos aquellos datos que se consideren ne- cesarios para tener una idea más clara sobre el aspecto económico de - la zona beneficiada.

Como resultado de este reconocimiento por cada una de las rutas - seleccionadas, se obtiene el área que deberá ser cubierta por un nuevo vuelo fotográfico a la escala 1:25 000 el cual se concentra únicamente a las rutas que después de este segundo reconocimiento, se hayan acordado se continúe su estudio. Lo anterior se anota de inmediato en las fotografías aéreas y mosaico índice respectivo.

De las fotografías aéreas se puede pasar por aparatos especiales a la "retitución" que permite obtener un plano de la zona en estudio - con la exactitud necesaria en esta etapa, tanto en planimetría como en

altimetría para poder seleccionar la mejor ruta de entre las distintas existentes. De estos aparatos de restitución existen diversos modelos, por ejemplo el Kelsch, el Balplex, el Autografo, etc.; todos ellos proyectan las fotografías hasta una escala cinco veces mayor. Véase figura 2.16 .



figura 2.16 .- Aparato Restituidor Autógrafo Wild A-7

Sobre esa proyección estereoscópica, los ingenieros proyectistas estudian varias líneas, obteniendo sus perfiles y estimando los volúmenes de materiales por mover en cada una, lo que permite elaborar un presupuesto con una aproximación razonable, que pueda ser factor - --

determinante en la elección de una de las rutas.

La descripción y el funcionamiento de los aparatos restituidores se verá en la etapa de proyecto preliminar por el método fotogramétrico - electrónico.

Resumiendo, se puede decir que el estudio del trazado de una vía es cuestión delicada y difícil en donde el acierto de la solución escogida, será función del más exacto conocimiento del terreno a conocer en sus diferentes aspectos, factores todos que pesarán en el costo de la construcción, operación y mantenimiento.

2.5.2.1 .- INFORME DE LOS "SEGUNDOS RECONOCIMIENTOS" DE UN CAMINO

Enseguida presentamos el informe de los segundos reconocimientos para el camino "Tuxtepec - Matías Romero - Nilttepec", en el tramo "Tuxtepec - Matías Romero", elaborados en el año de 1968 por la S.O.P.; - este informe muestra el análisis de dos posibles rutas para tal tramo: la variante norte y la variante sur.

Después de esto, se presenta un informe mancomunado de el camino "Ciudad Guzmán - El Grullo", elaborados en el año de 1971 por la propia Secretaría; en este informe se puede apreciar con mayor claridad lo analizado hasta esta etapa.

DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS
S. O P
DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES

Informe de estudio reconocimiento para:
Camino Tuxtepec-Matías Romero-Miltepec.
Tramo Tuxtepec-Matías Romero
Poblado Tuxtepec-Matías Romero Variante Norte
Número de cotes estudiados: 2
Orden de ordenamiento Tuxtepec, Oax.

I- Equipo utilizado Helioptero

II- Puntos Obligados:
Tuxtepec - Matías Romero

III- Tipo de camino que debe estudiarse de acuerdo con el tránsito que tendrá y las condiciones económicas de la región.
Se recomienda tipo B, ya que serviría de acortamiento a:
Salina Cruz, Oax., y Tuxtla Gutiérrez y Tapachula, Chis.

IV- Otras pautas principales y forma en que se les puede dar solución.
El camino que se pretende para el plá de la Sierra Mixta en donde hay cantidad de pequeños poblados de indígenas a los que se les podría servir por medio de borchas que entran -
quen al camino que se está tratando, y cuyos característi-
cos estarían regidos por la importancia de las zonas que -
atreviera. Hay la intención de que se comuniquen, lo más -
pronto posible a los poblados Tuxtpec Mixta y Chapan, Oax.

RUTA N.º 1 de

V.- Características de la zona.

Tipo Terreno	Tramo de Km. a Km.	Longitud Km.	Movimientos Aproximados de Sección (m³/m)	TIPO DE VEGETACION	
				Árida Monte Bajo	Monte Alto
Isocéfalo Suave	0 - 42	42	10,000	80 %	20 %
Isocéfalo Regular	42 - 89	47	15,000	70 %	30 %
Isocéfalo Regular	89 - 105	16	18,000		100 %
Isocéfalo Regular	105 - 119	14	15,000	40 %	60 %
Montañoso.	119 - 153	34	25,000		100 %
Isocéfalo Regular	153 - 162	9	10,000	60 %	40 %

VI.- Esquemas de puentes que requieren puente

Nombre	Ubicación	Clase Aproximada (m)	OBSERVACIONES
Río Papaloapan	km. 0	100 m	Construido
Río Playa Vicente	" 42	300 "	
Río La Lana	" 89	150 "	
Río La Trinidad	" 105	100 "	
Río Jaltepec	" 119	110 "	
Río Junapa	" 148	100 "	(Es preferible no cruzarlo).
Río Serbia	" 162	120 "	

Longitud total de puentes 760 m, (sin incluir el Río Serbia).

VII.- Accesibilidad del tramo:

Existen varias brechas transitables en zonas que llegan a la línea ó se acercan a unos 5 kms. de ella. En todo el tramo existen caminos de herradura.

VIII.- Vías de Comunicación existentes.

Por Tuxtpec pasa el Camino Ciudad Alemán-Oaxaca existiendo puente sobre el Río Papaloapan. Por Matías Romero pasa el Camino Transistmo.

IX.- Libramientos que se estiman necesarios.

El de Tuxtpec, Oax.

X.- Tramo en que se pretenden utilizar, para el estudio definitivo, los procedimientos en uso:

TRAMO De Km a Km de 0000 a 160	LONGITUD.	
	Método Convencional 100 \$	Método Fotogramétrico- Electrónico
1 a 160	100 \$	-----

XI.- En caso de que por la etapa de ante-proyecto, se necesiten de mayor número de fotografías aéreas, indiquen la cantidad, las zonas por fotografear y los escalos.

Se necesita fotografear la cuchilla que se está fotografando a partir del Río La Lana hasta el Camino Transistmo.

XII.- Observaciones Generales EXISTENCIAL

Longitud total de esta variante 188 km.

Longitud por construir 163 km.

ANEXOS: Anta-Prerequisitos de Ia Alternativa:
Muestra fotográfica escala I: Índice
Croquis Escala I:

res/hiv.

México, D. F. a 4 de Junio de 1968.

Presupuesto Variante Norte

Terraerías	
42 Km x 10,000 m ³ /Km	420,000 m ³
47 Km x 15,000 m ³ /Km	705,000
16 Km x 10,000 m ³ /Km	160,000
14 Km x 15,000 m ³ /Km	210,000
34 Km x 25,000 m ³ /Km	850,000
9 Km x 18,000 m ³ /Km	162,000
162 Km	2'636,000 m ³ x \$ 10.00/m ³
	\$ 26'360,000.00
Drenaje menor 35% de terraerías	
	9'226,000.00
Pavimento - 162 Km x \$ 200,000.00/Km	
	32'400,000.00
Puentes - 760 Km x \$ 15,000.00/Km	
	11'400,000.00
	\$ 79'386,000.00
20% Imprevistas.	
	15'877,200.00
T o t a l :	\$ 95'263,200.00

Costo por Kilómetro : \$ 588,000.00

México, D.F., a 6 de junio de 1968.

DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORALES
S. O. F.
DEPARTAMENTO DE VIAL Y CALLES

PROYECTO DE MEJORA DE LA CALIDAD PARA:

Caminos Tuxtpec-Matías Romero-Hilltepec.Tramo Tuxtpec-Matías RomeroSubtramo Tuxtpec-Matías Romero

Variante Sur

Número de autos estudiados 2

Origen de eludamiento Tuxtpec, Oax.I- Vehículo utilizado Helicóptero

II- Puntos Obligados:

Tuxtpec y Matías Romero, Oax.

III- Tipo de camino que debe estudiarse de acuerdo con el trámite que tendrá y los servicios necesarios de la región.

Se recomienda tipo B, ya que será un asentamiento hacia

Salina Cruz, Tuxtla Gutiérrez y Tapachula. (También permitiráabrir a la producción terrenos hoy vírgenes y dará servicio se-
cial a los poblados de la Sierra Mixa.

IV- Otros puntos principales y forma en que se les puede dar servicio

El camino que se pretenda, pasa al pie de la Sierra Mixa

en donde hay cantidad de pequeños poblados indígenas a los que

se les puede servir por medio de brechas que atraviesan a este

camino y cuyas características geométricas dependerán de la in-

portancia de las zonas que atraviesan. Hay la intención de de-

nunciar en un futuro próximo a los poblados de Ecatepec, Mixco

y Chapan, Oax.

1
RUTA NUM. 26

V.- Características de la Zona.

Tipo-Terreno	Forma de Km. x Km.	Longitud Km.	Superficies Aprox. medidas de "terreno" (m ² /Km. 2)	TIPO DE VEGETACION.	
				Árido Monte Bajo	Monte Alto.
Terreno nuevo	0 42	42	10,000	80%	20%
Terreno regular	42 81	39	15,000	30%	70%
Terreno regular	81 130	49	18,000		100%
Terreno regular	130 150	20	20,000		100%
Terreno fuerte a montañoso	150 191	41	25,000	20%	80%

3

VI.- Escurrimientos que requieren puente

Nombre	Ubicación	Carga Aproximada (m)	SITUACIONES
Río Papulapan	Km 0	100 m	Construido
Río Playa Vicente	" 42	300	
Río La Lana	" 82	60	
Río La Trinidad	" 103	60	
Río Jaltepec I	" 122	120	
Río Jaltepec II	" 130	80	
Río Jumapa	" 150	40	
Río Sarabia	" 161	60	

Longitud total de puentes

VII.- Accesibilidad del terreno:

Sólo hay accesibilidad a Playa Vicente y cerca de Matías Romero.

VIII.- Vías de Comunicación existentes:

Por Tuxtpec para el Camino: Ciudad Acahualtán-Oaxaca, por Matías Romero

para el Camino: Tuxtliácutla.

9.- Libramientos que se estiman necesarios:

En Tuxtpec, Oax.

El Tramo en que se recomiendo utilizar, para el estudio definitivo, los procedimientos en uso.

TRAMO en Km. a Km.	LONGITUDS.	
	Método Convencional	Método Fotogramétrico- Electrónico.
0 - 191	100%	
Totales	100%	

II.- En caso de que para la obra de este proyecto, se requiera de mayor número de fotografías aéreas, indique la finalidad, las zonas por fotografiar y las escalas.

Se necesita fotografiar la cochilla que no está fotografiada a partir del Río La Lana hasta el Camino Transistmico.

III.- Observaciones Generales y Conclusiones.

Longitud total de esta variante: 191 Km.

Longitud por construir: 191 Km.

Antes: Ante-proyecto de la Alternativa
Medida fotográfica escala 1: Indice
Carta Escala 1: _____

Fecha: México, D.F., a 6 de Junio de 1968.

Presupuesto Variante Dur.

Terracerías:

42 km. x 10,000 m ³ /km. ----	420,000 m ³	
39 km. x 15,000 m ³ /km. ----	585,000 m ³	
49 km. x 18,000 m ³ /km. ----	882,000 m ³	
20 km. x 20,000 m ³ /km. ----	400,000 m ³	
41 km. x 25,000 m ³ /km. ----	1'025,000 m ³	
191 km.	3'312,000 m ³	
	3'312,000 m ³ x \$13.00/m ³ ----	43'056,800.00
Drenaje menor - 35% Terracerías		15'070,000.00
Pavimento - 191 km. x \$200,000/km.		38'200,000.00
Puentes - 840 m. x \$15,000/km.		12'600,000.00
	Suma .	108'926,800.00
	Imprevistas 20%	21'785,000.00
	Totales .	130'711,800.00

Costo por kilómetro \$631,200.00

México, D. F. a 3 de Junio de 1968.



15

DIRECCION GENERAL DE
PERITOS Y LABORATORIOS
DEPTO. DE VIAS TERRESTRES
INGENIEROS AUXILIARES

212/2.-.-

EXP

Se envia informe suscrito
del Camión Ciudad Oaxaca -
El Grullo.

México, D.F., 15 de agosto de 1971.

C. ING. SERGIO SALAS AGUILAR.
SERVICIO DE PROTECCIÓN.
P A S E N T E .

Adjunto el presente me permito entregar
a usted el informe del primer reconocimiento del Camión Ciudad-
Oaxaca - El Grullo, en el que intervienen los que firman.

AGENCIAMIENTO

ING. JOSE REYES GARCIA FERRE.

c.c.p. C. Jefe del Departamento de Vías Terrestres.- D.G.P.L.-
Presente.

JMA/eam.

CAMINO: EL GRULLO - CIUDAD GUZMÁN
INFORME DEL PRIMER RECONOCIMIENTO

Con la intervención de los CC. Ings. José Larco en representación de la Dirección General de Planeación y Programa, Roberto Cortés Reyes, en representación del Departamento de Hidrología, Enrique Valencia en representación del Departamento de Geotecnia y José Reyes García Vique, del Departamento de Vías y Recursos de la Dirección General de Inspección y Laboratorios y aprovechando los servicios de un helicóptero de esta Secretaría, se procedió a hacer el primer reconocimiento del Camino: El Grullo-Ciudad Guzmán.

Previamente al reconocimiento, aprovechando fotografías aéreas a escala 1:50,000, se marcaron varias líneas que se consideraron posibles, se hicieron recorridos en el helicóptero siguiendo esas líneas y se bajó a tierra en aquellos sitios que se consideró necesario verificar algunos detalles, principalmente en los cruces con los ríos más importantes donde se marcaron los lugares más convenientes para localización de los puentes correspondientes. Posteriormente, se hizo recorrido terrestre partiendo de El Grullo hasta Tomaja, siguiendo el camino actual entre El Grullo y el límite (camino con corona de 8.00 mts revestido y en buen estado) y la brecha en tal estado que sigue los pormenores de La Ciénega, San Juan de Anula, Ahuehuatlán y Tomaja. Luego partiendo de Ciudad Guzmán, también se recorrió por tierra el camino existente (corona de 10.00 a 7.00 mts con revestimiento provisional) que sigue al fresaño hasta 3 km antes del Itz. Floripondio, desde donde se siguió por la brecha de tierra de 4.00 a 3.00 mts. de ancho, hasta el poblado de Tototlilapa.

Con las observaciones obtenidas y un mejor estudio de las fotografías aéreas en estereoscopia, se tiene como resultado que entre el Km 0+000 (El Grullo, Jal.) y el Km 6+200 (El límite Jal.), el camino actual debe aprovecharse y solamente mejorarse la pavimentación. Entre el Km 6+200 y el Km 75+300 Ad., existen tres posibilidades que se marcan en el croquis adjunto y que aun que se están haciendo los tres anteproyectos que también se adjuntan, se considera conveniente continuar los estudios de las tres, (I, II, III) a etapas más adelante, para que posteriormente ya en planos restituidos con topografía a escala 1:5,000 con anteproyectos más afinados, pueda tomarse la decisión más conveniente. Entre el Km 75+300 y el Km 83+100, se propone seguir más o menos curva de la brecha actual (Km 75+300 - Km 77+100) y seguir la misma brecha en sección y alineamiento (Km 77+100 - Km 83+100). A partir del Km 83+100 (Corte Gecho), se considera conveniente abandonar el camino actual como se marca en el croquis, a pesar de este manera se logra un acortamiento 3.8 Km que en distancia de 11.0 Km es aceptable muy considerable.

CLIMATOLOGÍA:

Las características climatológicas que prevalecen en el área objeto del presente estudio, corresponden al tipo I según la clasificación de Tropical de Gebana, según el sistema de Köppen. Las variaciones de temperatura proporcionan máximas de 36° C. en el mes más caluroso, y mínimas entre de 0.64C en el mes más frío.

Las precipitaciones anuales se encuentran distribuidas en los meses de mayo a setiembre con régimen pluviosidídico - del orden de 816 m.m. anuales; la cubierta vegetal predominante es de sabana, formada por pastos, arbustos y bosques de coqueles en la sierra.

GEOLOGÍA Y SUELOS

La franja estudiada donde se pretende alejar las rutas en estudio se ha dividido en tres unidades geológicas: la primera corresponde a las zonas planas de suave pendiente, formadas por suelos transportados de origen aluvial de granulometría fina, a gruesa, de tipo arcillo limosa y limo arcilloso, que son producto de la alteración, erosión y transporte de las rocas volcánicas que existen en el área.

La segunda unidad presenta un relieve de lomerío de suave pendiente, formado por sedimentos de granulometría gruesa, que sobreyacen a unidades ígneas y materiales piroclásticos.

Correspondiendo a la tercera unidad, las transiciones existentes entre las zonas de lozerío fuerte y zonas montañosas integradas por materiales de origen ígneo, es las que por encima las rocas andesíticas, basálticas, riolíticas y tobas compactas de diferente composición.

A continuación se hace una cuantificación aproximada de los materiales que serán cortados, referidos a los kilómetros estimados.

EM 0+000 - 4+200

Zona plana integrada por sedimentos finos, producto de la alteración, erosión y transportes de rocas ígneas de tipo basáltico, andesítico y tobas, surcado por cauces jóvenes, poco definidos.

EM 4+200 - 5+600

Zona de lozerío suave integrada por roca basáltica.

EM 5+600 - 12+600

Cubre la parte plana a lozerío suave, integrada por materiales piroclásticos, tobas de color amarillento, con drenaje superficial bien definido, cauces profundos y erosión remanente.

EM 12+600 - 18+200

Zona de lozerío suave formada por cónitos gruesos de origen volcánico, poco cementados (brechas y tobas) con drenaje superficial de tipo dendrítico denso.

EM 18+200 - 32+000

Lozerío suave a fuerte, formada por rocas ígneas basálticas de color oscuro que interperisan a gría clara, fracturadas en bloques de dimensiones estimadas en 1.00 mts. dispersas en las partes bajas de la zona montañosa.

EM 32+000 - 40+000

Lozerío suave a fuerte. Derrames basálticos, rocas andesíticas y tobas, cubiertas por una capa de material calicheoso.

EM 40+000 - 46+000

Zona plana integrada por suelo arena-arcilloso, trashes volcánicos y conglomerados.

EM 46+000 - 65+600

Zona de planicie formada por materiales piroclásticos de color claro y brechas volcánicas y suelos arcillo-limosos, de color claro con drenaje rectangular bien definido, cauces poco profundos y erosión de tipo remanente. Se observaron así mismo pequeños conos volcánicos formados por materiales piroclásticos como conchas y conchas volcánicas.

EM 65+600 - 75+400

Zona de lozerío suave formada por tobas de composición variable con drenaje bien definido y cauces jóvenes.

EM 75+400 - 86+600

Zona de lozerío fuerte a montañoso integrada por materiales ígneos, como tobas compactas de composición andesítica a basáltica y derrames andesíticos y basálticos.

EM 86+600 - 100+000

Zona de lozerío fuerte a zona de planicie en las partes de pendientes fuertes, formada por toba de color amarillento y fragmentos basálticos y andesíticos dispersos con drenaje bien definido de tipo rectangular y erosión remanente, en las partes bajas integradas por suelos arcillo-limosos y limos arcillosos de color café claro dedicadas a la agricultura, con drenaje poco definido.

La zona donde queda comprendido el desarrollo del camino, abarca parte de dos cuencas que están divididas por el parteguas de la Sierra del Volcán de Colima (Cv. Bl. O.), de su le sudamiento para atrás, corresponden a la cuenca del Río - Amarcia y sudamiento para adelante a la cuenca del Río - Coahuayana, la mayor parte de los escorrentías que cruzan a el camino corresponden a la primer cuenca mencionada, de lo - suales los mas importantes podemos mencionar los siguientes - Río Nahuatl; Río San Miguel; Río Tzucagaj; Río Apuleo y Arroyo - El Jaramila y Los García. Se importantes manejar que entre - los kms. 50 y 100 se atraviesan terrenos que por el tipo de - material que lo forman, permitan que los escorrentías tengan acceso a el te en la cresta vertical del tipo pendiente que produce gran cantidad de arroyos y gran número de barrancos lo que habrá que tomar en cuenta al - llevar a cabo el estudio del drenaje longitudinal y transversal.

- 1.- La zona por servir se encuentra ya desarrollada en el renglón agropecuario y en ella se cultivan principalmente el café, el frijol y los frutales; también se explotan los bosques nativos de pino.
- 2.- En el aspecto demográfico se aprecian numerosas aldeas de poca población, entre ellas varias cabeceras municipales la población localizada en la zona de influencia del camino, es así como en unos 9,000 habitantes.
- 3.- La otra propuesta, sería de conectar nuevas zonas con la - red vial, establecer una liga directa entre los importantes - pueblos socioeconómicos de El Grullo y Ciudad Guzmán.
- 4.- Existe a la fecha una brecha transitable en tiempo de sequía, que permite la comunicación entre diversas poblaciones de la zona; sin embargo, la importancia agropecuaria de la región - justifica plenamente la construcción de la carretera en esta - misma zona, además de establecer una comunicación permanente, a permitir el abastecimiento de los centros de transporte.

Las alternativas bajo y Surabajo serían en la mayor parte de las poblaciones que se localizan en la zona por servir, y tienen prácticamente iguales longitudes y costos de construcción. La alternativa Surabajo es entre kilómetros más corta que las anteriores, pero requeriría la construcción de ramales de acceso a San Juan de Amula, Amarcilla y Tzucagaj, a para cumplir con el objetivo principal del proyecto.

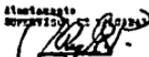
En el tramo comprendido entre Ciudad Guzmán y el paraje "Ocotiguel", se presentan dos posibilidades: pavimentar un tramo de 14.7 kms. aprovechando el camino existente, o bien, construir otro nuevo de 10.7 kms. que - reduciría la distancia de tránsito en 3.8 kms.

CONCLUSIONES

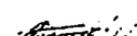
Por comparación con otros caminos, de características socioeconómicas y demográficas similares al de El Grullo - Ciudad Guzmán, y de acuerdo con el desarrollo que presenta la región, se estima que el tránsito habitual sería de unos 500 vehículos diarios; por tal razón se recomienda la construcción de un camino tipo "C", pavimentado.

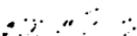
Finalmente, se recomienda la construcción de un tramo nuevo entre el paraje "Ocotiguel" y Ciudad Guzmán, que al reducir la distancia de recorrido en 3.8 kms, derivará beneficios por ahorro en costos de tránsito y además para justificar la inversión adicional de 2 millones de pesos se - quería como realización.

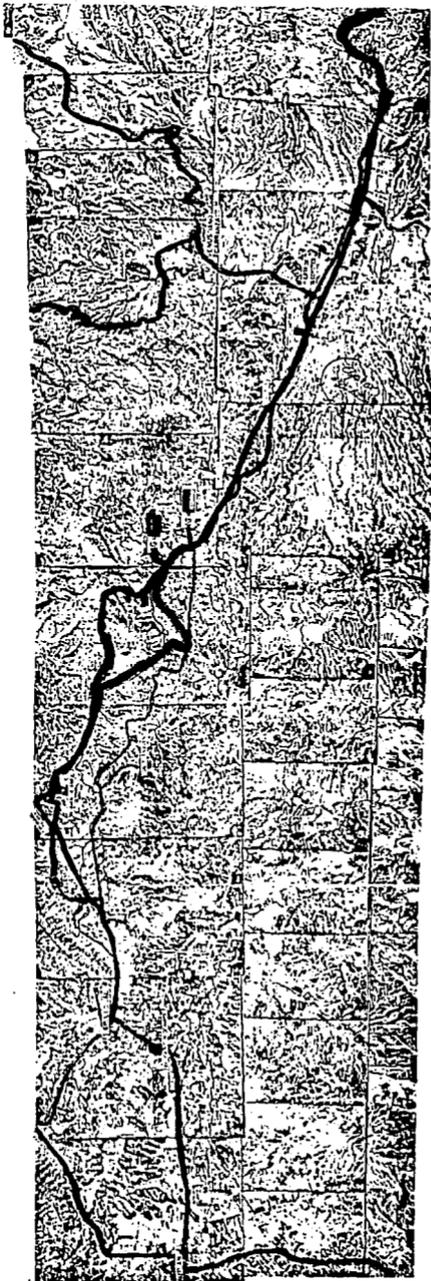
Concluido como instrucciones recibidas, me enteré que en la población de Turpan, Jalisco, que el C. Lic. José Guadalupe Escobedo - quién me acompañó en el vuelo de reconocimiento, quedando enterado y - conforme con lo que se dice en el presente informe.

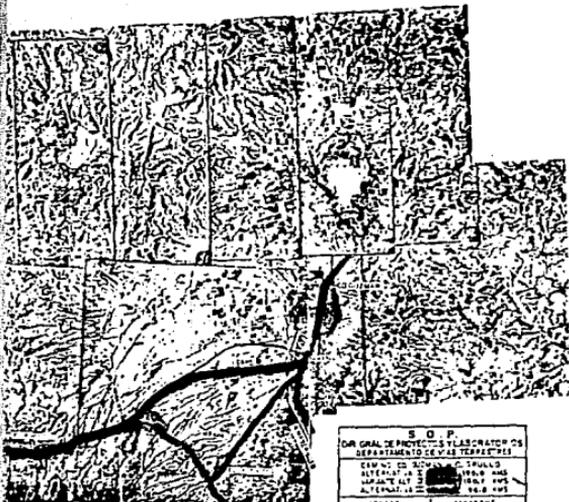
Atentamente
 Su servidor

 JOSÉ MARÍA GARCÍA PÉREZ


 ING. JOSÉ MARÍA GARCÍA PÉREZ


 ING. JOSÉ MARÍA GARCÍA PÉREZ


 ING. JOSÉ MARÍA GARCÍA PÉREZ





S. O. P.	
COR. LOCAL DE PROYECTOS Y LAS CRUCHAS	
DEPARTAMENTO DE VAS TERRESTRES	
ESCALA	1:50,000
PROYECTO	PROYECTO DE
FECHA	1968
ELABORADO POR	ING. CARLOS
REVISADO POR	ING. CARLOS
APROBADO POR	ING. CARLOS

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS
DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES

INFORME DEL RECONOCIMIENTO

CAMINO: EL CULLO - CD. CUZAMA ENTRE EL CULLO, JAL.
Y: CD. CUZAMA, JAL. ORIGEN DE CALENTAMIENTO EL CULLO, JAL.

EUTA NO I (COLOR ROJO)

NOMBRE TRAMO	NOMBRE SUSTRALO	LONGITUD
EL CULLO - EL LIMON		6.2 kms.
EL LIMON - EN-39.3 +		33.0 "
EN-39.3 - CD. CUZAMA		60.8 "
		= 100.0 "

+ PARA ESTE TRAMO SE VAN A CONCILIAR OTRAS DOS POSIBILIDADES.

OBJETIVO: CONSEGUIR NUCLEOS IMPORTANTES DE POBLACION CON ZONAS DE PRODUCCION YA DESARROLLADAS.

TRANSITO ESPERADO: 500 v. TSPA (INICIAL)

VEHICULOS TIPO PARA PROYECTO: _____

CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS: PLANO; LUTERIO Y MONTAÑOSO

NO APROX. DE KILOMETROS: 100.00 KMS.

TIERRENO PLANO Y LOMERIO SUAVE: 48.9 Kms.

LOMERIO MEDIO Y FUERTES: _____

- 2 -

MONTAÑOSO: 40.2 KMS.

ESCARPADO: 4.7 KMS.

CARACTERÍSTICAS MICROGRÁFICAS: _____

CORRIENTES PRINCIPALES: RÍO "SAN NICOL" RÍO "TOSITA" RIVERA "APILCO"
ARROYO "EL JALIN" ARROYO "LOS GARCIA"

NO DE CRUCES: 5 IMPORTANTES Y 5 PEQUEÑOS CHICOS 5/5

COBERTURA VEGETAL:

SU TIPO: SEMIÁRIDO 20 KMS. MONTAÑA BAJA 60 KMS. MONTAÑA ALTA 20 KMS.

DENSIDAD: FUENTE

SE ESPERAN QUE SE ESTUDIE POR EL PROCEDIMIENTO

FOTOGRAFICO () CONVENCIONAL (✓)

DATOS GENERALES COMPLEMENTARIOS DE TIPO GEOLOGICO Y DE EJEMPLOS.

PLANO Y LATERAL (48.9 KMS).- ESTILO TRANSPORTADO DE GRANULOMETRÍA FINA
DE TIPO ARCILLA LIMOSO Y LIMO ARCILLOSO.

MONTAÑOSO (40.2 KMS).- SEDIMENTOS DE GRANULOMETRÍA CRUSA Y TONAS CENIZAS
FACTAS.

ESCARPADO (4.7 KMS).- MATERIAL DE ORIGEN IGVIO, ROCAS METAMÓRFICAS
MARÁLTICAS Y BIOLÍTICAS.

- 3 -

DATOS DE TIPO GENERAL SOBRE:

POBLACIONES	Nº HABITANTES
EL CAYALO	12,000
DE LAS	1,320
EL CAYALO	3,150
EL CAYALO	400
EL CAYALO	956
EL CAYALO	1,000
EL CAYALO	1,600
EL CAYALO	15,000

CANALIZACIONES: SECCION DE TIERRA EN MUY MALAS CONDICIONES Y TRAZO
 TALLE SOLO EN EPOCA DE SECAS A LO LARGO DE TODA LA RUTA.

FERROCARRILES: -----

PONTE: SE HA EN PROYECTO UNA PRESA EN EL RIO SAN NICOLAS POSIBLEMENTE A
 UNOS 10 KMS. AGUAS ARRIBA DEL CANAL.

CANALES: LOS QUE VA A RECIBIR LA MENCIONADA PRESA.

POTENCIAL AGROPECUARIO: \$1,700,000.00.- AL 5o. AÑO.

POTENCIAL MINERO: -----

OTRAS INVERSIONES QUE SE ESTAN EFECTUANDO EN LA ZONA, O QUE ESTAN
 PROGRAMADAS: -----

- 4 -

SE PROPONE QUE LA CARRETERA SEA:

- A) CARRETERA DE FUNCION SOCIAL (x)
- B) CARRETERA DE PENETRACION ECONOMICA ()
- C) CARRETERA EN ZONAS EXISTENTES DESARROLLO (x)

SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE PROYECTOS Y LABORATORIOS
DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES

INFORME DEL 1er. RECONOCIMIENTO

CAMINO: EL GRULLO - CIUDAD GUZMAN ENTRE EL GRULLO, JAL.
Y: CIUDAD GUZMAN, JAL. ORIGEN DE CADENAMIENTO EL GRULLO,
JALISCO.

ROTA N° III (261A)

NOMBRE TRAMO	NOMBRES SUTRAMO	LONGITUD
<u>EL GRULLO - EL LIMON</u>		<u>6.2 KM</u>
<u>EL LIMON - EN 35.3 AD. - 39.3 AD. (e)</u>		<u>29.1 KM</u>
<u>EN 39.3 AD. - CD. GUZMAN.</u>		<u>56.7 KM</u>

(e) ESTE TRAMO ES LA UNICA DIFERENCIA CON LA RUTA DESIGNADA

I (261A)

OBJETIVO: COMUNICAR NUCLEOS DE POBLACION IMPORTANTES, CON ZONAS
DE PRODUCCION YA DESARROLLADA.

TRANSITO ESPERADO: 500 VEHICULOS TRANSITO PROMEDIO DIARIO
(INICIAL)

VEHICULOS TIPO PARA PROYECTO: _____

CARACTERISTICAS TOPOGRAFICAS: PLANO-LONERIO-FUERTES.

EN APROX. DE KILOMETROS: 66.0 KILOMETROS.

TERRENO PLANO Y LONERIO SUAVE: 48.2 KILOMETROS.

LONERIO MEDIO Y FUERTES: 17.8

- 2 -

MONTAÑO: 36.9 KILOMETROS.DESCARPAO: 4.7 KILOMETROS.CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS: _____

CORRIENTES PRINCIPALES: ARROYO "RAMAS", RÍO "SAN MIGUEL",

RÍO "TOMAYA", BARRANCA "AFULCO", ARROYO "EL JAMÍN" Y - -

ARROYO "LOS GARCÍA".

Nº DE CRUCES: 6 TIPO PRINCIPALES Y 5 PUENTES CHICOS.

COBERTURA VEGETAL:

SU TIPO: SEMPREVERDES 15 KM. H. BAJO 63 KM Y H. ALTO 20 KM.FUERZA: FUERTE

SE SUGIERE QUE SE ESTUDIE POR EL PROCEDIMIENTO

FOTOGRAFÉTICO () CONVENCIONAL (X)

DATOS GENERALES COMPLEMENTARIOS DE TIPO GEOLOGICO Y DE SUELOS:

PLANO-LOGEDIO (47.9) EN SUELOS TRANSPORTADOS DE GRANULOMETRÍAFINA, TIPO ARCILLO LINDO Y LIMO ARCILLOSO.INSTRUOSO (43.4 KM) SEDIMENTOS DE GRANULOMETRÍA GRUESA Y CUBASCOMPACTAS.DESCARPAO (4.7 KM), MATERIAL DE ORIGEN IGRO ROCAS ANDESÍTICASBAZALTICAS Y RIOLÍTICAS.

- 3 -

DATOS DE TIPO GENERAL SOBRE:

POBLACIONES	Nº HABITANTES
EL CENILLO, JAL.	12,000
EL LIMON, JAL.	1,500
TORRE, JAL.	2,500
SAN MARGARITURA, JAL.	400
APILCO, JAL.	956
ICPOLIMISPA, JAL.	1,000
EL PALMIS, JAL.	1,000
CIUDAD GUZMAN, JAL.	35,000

CANECOS EXISTENTES: BRECHA DE TIERRA EN MUY MALAS CONDICIONES
Y TRANSCITABLE SOLO EN EPOCA DE SECAS, A LO LARGO DE CASI TODA
LA RUTA.

FERROCARRILES: -.-

PRESAS: ESTA EN PROYECTO UNA PRESA EN EL RIO SAN MIGUEL, POSI-
BLEMENTE A UNOS 30 ENTS. AGUAS ARRIBA DEL CARIBO.

CANALES: LOS QUE VA A REQUERIR LA MENCIONADA PRESA.

POTENCIAL AGROPECUARIO: \$ 3'700,000.00 (AL 5º AÑO).

POTENCIAL MINERO: -.-

OTRAS INTERESIONES QUE SE ESTAN EFECTUANDO EN LA ZONA, O QUE ESTAN
PROGRAMADAS:

SE PROPONE QUE LA CARRETERA SEA:

- A) CARRETERA DE FUNCION SOCIAL ()
- B) CARRETERA DE PENETRACION ECONOMICA ()
- C) CARRETERA EN ZONAS EN EXENCO DESARROLLO (X)

EL FOLIO - C3. OREAN

RTA I (RGA)
 LCHITON 100.0 Ene.
 CANTO TIPO 40
 CUBIEN DE 7.00 Hts.

HE EPT.	I RT.
6-200	14-000
31-200	43-400
44-200	45-700
46-200	49-600
59-100	100-000

= 43.9 hns. I 15,000 m3 = 733,500 m3 (80-20-00) RTA. A. = 156,800
 RTA. B. = 146,700

14-000	37-700
45-700	46-400
72-100	77-000
72-400	81-100

= 40.3 hns. I 30,000 m3 = 1'206,000 m3 (20-40-20) RTA. A. = 241,200
 RTA. B. = 723,600
 RTA. C. = 241,200

43-600	44-700
49-600	72-100
77-000	78-600

= 4.7 hns. I 50,000 m3 = 215,000 m3 (00-20-70) RTA. B. = 70,500
 RTA. C. = 144,500

RTA. A. = 820,000
 RTA. B. = 940,500
 RTA. C. = 435,700

226,000 m3 @ \$ 112.00 = \$ 25,312,000.00
 940,500 m3 @ \$ 118.00 = \$ 110,934,000.00
 435,700 m3 @ \$ 225.00 = \$ 98,011,500.00
 I \$ 314,256,500.00

B E E J E

301 del costo por terracerias.

\$ 314,256,500 @ 0.20 = \$ 62,851,300.00

P U F T E E

SEF PIGES	120 Hts.	
TOTITA	150 "	430 m. @ \$ 18,000.00 = \$ 7,740,000.00
APURCO	800 "	
JADON	15 "	
107 BALCIS	15 "	
5 OREAN	50 "	
	430 Hts.	

F A V I M E T O

100.0 Ene. @ \$ 330,000.00 = \$ 33,000,000.00

T O T A L I = \$ 64,217,300.00

IMPRESISTAS 20% = 12,843,500.00

TOTAL LABORERO = 103,500,000.00

Héctor R. P., 13 de agosto de 1971.

EL CUCULO - CR. GUINER
 RUTA II (SABINJA)
 LONGITUD 100.7 Hts.
 CAMINO TIPO "C"
 CORDONA DE 7.00 Hts.

NO. REV. A EXT.

6+208	14+000
35+600	38+600 $\Delta T = 37+908 \Delta B$
37+900	43+600
44+200	45+100
46+400	63+600
69+100	102+100

51.4 Hts. x 15,000 m³ = 771,000 m³ (80-30-00) HAY.- A.- 616,800
HAY.- B.- 154,200

14+070	35+600
45+700	44+630
71+100	77+000
78+600	87+100

38.4 Hts. x 37,000 m³ = 1'412,000 m³ [30-60-30] HAY.- B.- 230,000
HAY.- C.- 691,200
HAY.- C.- 230,800

43+600	44+200
69+600	72+100
77+000	78+600

4.7 Hts. x 50,000 m³ = 235,000 m³ (00-30-70) HAY.- B.- 70,500
HAY.- C.- 164,500

HAY. A.- 847,200 m³
 HAY. B.- 915,900 m³
 HAY. C.- 334,500 m³

847,200 m³ x 118.00 = \$ 101'164,400.00
 915,900 m³ x 118.00 = \$ 16'284,912.00
 334,500 m³ x 125.00 = \$ 9'872,500.00
\$ 36'323,900.00

B R C W & J B:

30% del costo por terracerías.

\$ 36'323,900.00 x 0.30 = \$ 10'897,170.00

P U R T & B:

SAN ANTONIO	120 Hts.	
YCRATA	120 "	
APULCO	100 "	<u>480 Hts. \$ 118,000.00 = \$ 7'580,000.00</u>
JACKIE	15 "	
LOS GARCIA	15 "	
S CHICOS	50 "	
	480 Hts.	

PAYMENTO:

100.7 Hts. x \$ 300,000.00 = \$ 30'210,000.00

T O T A L: \$ 85'253,000.00
INVENTARIA \$ 118'051,000.00
TOTAL \$ 203'304,000.00

EL CENILLO / CIUDAD GUZMÁN
 ESTADÍSTICA (RDSa)
 LONGITUD 96.0 Ene.
 CALZADO TIPO "C"
 CANTERA DE 7.00 Ene.

DE EST. A EST.

6+200	12+500
18+200	24+500
34+200	36+200
37+200	43+400
44+200	45+700
46+200	67+600
89+100	100+000

45.2 Ene. I 15,000 m3 = 123,000 m3 (80-95-00)	EST.- A.- 578,400
	EST.- B.- 144,600
12+500	12+000
13+500	34+700
45+700	46+200
72+100	77+000
72+400	89+100

36.9 Ene. I 30,000 m3 = 1'107,000 m3 (20-60-80)	EST.- I.- 221,400
	EST.- K.- 646,800
	EST.- C.- 221,400
43+200	44+700
69+600	72+100
77+000	78+400

4.7 Ene. I 50,000 m3 = 215,000 m3 (00-30-70)	EST.- E.- 70,500
	EST.- G.- 144,500

EST.- A. 799,500 m3
 EST.- B. 879,300 m3
 EST.- C. 375,900 m3

799,800 m3 x 112.00 = \$ 89,577,600.00	
879,300 m3 x 118.00 = \$ 103,757,400.00	
375,900 m3 x 75.00 = \$ 28,192,500.00	
	\$ 321,527,500.00

D E B E A J E:

20% del costo por terracerías.

32'072,500.00 x 0.20 = 6'414,500.00

P U E R T O S:

RAMAS	80.00 Ene.
SAN NICOLAS	120.00 "
POBILTA	120.00 "
APOLCO	100.00 "
JARDIN	15.00 "
LOS BANCOS	15.00 "
9 PUERTAS CIEGAS	50.00 "
	460.00 Ene.

860 Ene. x 118,000.00 = 101,480,000.00

P A F I E R T O S:

96.0 Ene. x 1300,000.00 = 124,800,000.00

T O T A L = \$ 82'674,000.00

IMPRESVITAS 20% = \$ 16'533,000.00

TOTAL ABSOLUTO = \$ 99'207,000.00

México D. F., 13 de agosto de 1971.

CASINO Y CIUDAD NUEVAS - EL OUELLO
 CASINO COMERCIAL
 TRES ALTURAS
 CASINO TIPO "C"

ALT. N°.	LONGITUD	COSTO
I (ROSA)	100.0 Ene.	\$103'500,000.00
II (BARAJA)	100.7 Ene.	\$102'304,000.00
III (ROSA)	96.0 Ene.	\$ 99'809,000.00

JMP'net.

México D. F., 13 de agosto de 1977.

CAPITULO III .- PROYECTO PRELIMINAR POR EL METODO CONVENCIONAL

3.1 .- GENERALIDADES

El proyecto preliminar tiene la finalidad de hacer un levantamiento topográfico para obtener la configuración del terreno en donde - - quede comprendida la ruta que se eligió en la etapa anterior (selección de ruta) .

Tomando como base los estudios de reconocimiento anteriores, en donde se definieron aproximadamente (en los planos restituidos) distancias, alturas y pendientes entre los puntos obligados, así como los ángulos de deflexión en los cambios de dirección de la ruta aceptada, - con los cuales puco hacerse la localización en gabinete de la mejor ruta entre varias posibles para la construcción de un camino, el paso siguiente es hacer la localización de dicha ruta pero en campo (a lo - - cual se le llama implementación) con la ayuda de una Brigada de Localización para poder trazar la "Línea Preliminar" del camino.

La Línea Preliminar es aquella que une a los puntos obligados por medio de líneas rectas.

Al tiempo de ir haciendo el trazo de la Línea Preliminar, puede - hacerse el levantamiento topográfico para obtener la configuración del terreno.

Una brigada de trabajo principalmente se compone de un ingeniero

en jefe, que siempre va adelante con un nivel de mano o un clisímetro, acompañado de un peón provisto de una baliza, el cual le indica el lugar que corresponde a los puntos tomados en la etapa de selección de ruta para que ahí se claven las estacas de la poligonal del trazo; de un ingeniero que hace el levantamiento de la poligonal del trazo (este ingeniero sigue en categoría al jefe); de un nivelador, que es el que va haciendo la nivelación de la línea levantada; y por último de los llamados "topógrafos" o "seccionadores" que son los encargados de levantar las secciones transversales y de hacer un croquis general que represente la configuración del terreno.

Al concluir el trabajo del día se hace el dibujo de la parte levantada.

El levantamiento de la línea preliminar no necesita mucha precisión, pues al hacer el proyecto definitivo es cuando se van fijando los puntos con refinamiento.

Una vez que se ha terminado el levantamiento de la línea preliminar, se procede a hacer el dibujo tanto de la proyección horizontal como de los perfiles, lo cual permite posteriormente proyectar el trazo definitivo.

3.2 .- SELECCION DEL PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Se ha dicho que para completar y definir los datos previos se - -

requiere un levantamiento topográfico, ya sea utilizando los métodos - convencionales terrestres o empleando las facilidades de la fotogrametría y las computadoras electrónicas, método al cual se le ha llamado fotogramétrico electrónico.

Para elegir el procedimiento a emplearse deben tomarse en cuenta los cuatro factores determinantes:

- a) La Vegetación
 - b) La Configuración Topográfica
 - c) El Plazo de Ejecución
 - d) La Accesibilidad a la Zona
- a) Vegetación; La precisión en el procedimiento fotogramétrico - electrónico dependerá de la altura, densidad y tipo de vegetación existente. La altura máxima de una vegetación densa, permisible para emplear directamente el procedimiento fotogramétrico electrónico, sin ninguna corrección, es de 0.10 m. Cuando la altura de la vegetación esté comprendida entre 0.10 m. y 1.00 m., debe obtenerse la densidad y altura media mediante un recorrido, a fin de aplicarlas a manera de corrección al - efectuar la restitución.

Si la altura de la vegetación es mayor de lo antes indicado, el empleo del procedimiento fotogramétrico electrónico dependerá de su - densidad. A continuación se presenta la tabla 3.1 que puede utilizarse a manera de guía, para determinar si es posible su empleo.

PROMEDIO ALTURA VEGETACION [m]	PROMEDIO DIAMETRO FOLLAJE [m]	PROMEDIO SEPARACION ARBOLES C-C [m]	NUMERO MAXIMO DE ARBOLES POR HECTAREA APROXIMADA
5	5	12	60
10	6	15	50
15	7	18	40
20	8	23	20
30	8	29	12

Tabla 3.1

Cuando la densidad de la vegetación sobrepase las cantidades anteriores, no se podrán observar estereoscópicamente la mayoría de los puntos del terreno y entonces no debe recurrirse al método fotogramétrico electrónico. Al considerar la vegetación alta en la forma citada, debe tenerse en cuenta que la vegetación chica que existe entre ella, cumple con lo indicado en los párrafos anteriores.

Cuando las áreas de vegetación densa son aisladas y representan menos del 50% de la longitud del proyecto, pueden combinarse ambos procedimientos con buenos resultados; es decir, empleando el método fotogramétrico donde la vegetación lo permita y el terrestre en el resto. Como pueden presentarse muchas combinaciones de densidad y altura de vegetación, en estos casos debe predominar el criterio del ingeniero, para elegir el procedimiento adecuado.

- b) **Configuración Topográfica;** El terreno, en cuanto a su configuración, se clasifica en plano, lomerío y montañoso. En seguida se dan las recomendaciones generales para el empleo de uno u otro procedimiento en relación con la configuración del terreno:
- 1) En terreno plano o lomerío suave, el tiempo que se requiere - para el control terrestre es más o menos el mismo que se necesitaría para el trazo definitivo, en caso de que no hubiere - necesidad de recurrir a levantamientos preliminares, lo cual es factible con la ayuda de las fotografías aéreas obtenidas con anterioridad. Por lo que, en general, debe usarse el procedimiento convencional o terrestre, por ser más económico y rápido que el fotogramétrico electrónico.
 - 2) En terreno de lomerío, la elección del procedimiento depende de su costo, el cual a su vez varía con la longitud del camino. Puede decirse como término medio, que el procedimiento terrestre conviene usarse en caminos hasta de unos 30 Km. de longitud y de ahí en adelante usar el procedimiento fotogramétrico electrónico.
 - 3) En terreno montañoso, el procedimiento más adecuado es el fotogramétrico electrónico, por ser el más económico, pero quedando limitado su empleo a longitudes de camino mayores de 10 Km.
- c) **Plazo de Ejecución;** Cuando el plazo de ejecución del proyecto

es corto y la toma de fotografías aéreas no puede realizarse de inmediato, como por ejemplo, cuando las condiciones atmosféricas son desfavorables, generalmente conviene usar el procedimiento terrestre o convencional.

- d) Accesibilidad a la Zona; Otro factor que puede hacer variar la elección del procedimiento a seguir, es la dificultad en el acceso a la zona del camino en estudio, ya sea por los costos resultantes de transporte o por el tiempo empleado en movilizar tanto al personal como a sus elementos de trabajo.

3.3 .- IMPLEMENTACION Y TRAZO PRELIMINAR

La implementación consiste, como ya se mencionó, en identificar en el campo por medio de unas "monas", los puntos que correspondan a los vértices de la ruta seleccionada, certificando que entre punto y punto exista la pendiente gobernadora.

Una vez que se ha hecho lo anterior, se procederá al trazo de la línea preliminar del camino, la cual es una poligonal abierta que se traza con el objeto de que sirva de apoyo para la obtención de una fauna de topografía, dentro de la cual quedará alojado necesariamente el camino.

El trazo preliminar solamente se realiza cuando se trata de obtener un plano topográfico por el método tradicional, es decir, con el -

empleo de una Brigada de Topografía. La figura 3.1 muestra una Brigada Topográfica para el trazo de la preliminar.



figura 3.1 .- Los estudios de anteproyecto se realizan por medio de brigadas terrestres cuando la vegetación, topografía, accesibilidad, así lo requieren.

El método más usual que se sigue para el trazo preliminar, es el de Deflexiones, aunque podría seguirse cualquier otro; para ello contribuye la costumbre de cada brigada.

Vamos a ver cual es la forma como se integra una brigada de trazo preliminar:

- 1.- Un ingeniero jefe de la brigada: Este ingeniero tiene mucha responsabilidad, ya que además de indicar los puntos por don de debe pasar la línea preliminar (para que ahí se coloquen las estacas), de él dependerá en gran parte que la línea lleve la orientación adecuada, las pendientes más convenientes y el alineamiento mejor posible; además de esto tiene funciones de jefe administrativo, por ejemplo tiene que ver que se le pague a todos y cada uno de los integrantes de la brigada; que no falte la comida en el campamento durante las semanas que estén ahí; que funcionen bien los aparatos a utili--zarse, que todas las medidas y datos obtenidos estén correc--tos, etc.

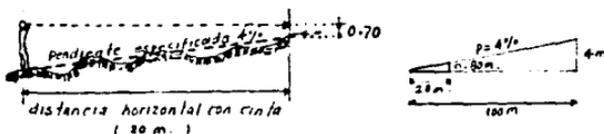
El equipo de que se auxilia para indicar por dónde debe pasar la línea preliminar es:

El clinómetro; en él coloca la pendiente gobernadora o la más adecuada de acuerdo al tipo de terreno en que trabaja y de acuerdo con los datos fijados de antemano para el tipo de camino de que se trate; con estos datos y su buen criterio localizará sobre el terreno la lí--nea preliminar que a su vez servirá de base al ingeniero trazador para llevar por ella su trazo preliminar.

El trabajo sobre el terreno consiste en ir marcando la línea a seguir, en la dirección general requerida, por los lugares más adecuados; y cuando para proseguir en esa ruta se encuentran cuestas cuya pendiente es mayor que la permisible, habrá necesidad de desarrollar la línea

para llegar al punto obligado siguiente, buscando sobre el terreno puntos consecutivos, de tal modo que entre ellos se tenga una pendiente - menor o igual a la gobernadora. Este último caso es el que requiere ir buscando esa pendiente, lo cual, puede hacerse de la siguiente manera:

- a) Con nivel de mano, cinta y estadal: conocida la altura del ojo del observador, se calcula lo que debe leerse en el estadal para que, a la longitud de la cinta, ésta suba o baje la altura necesaria según la pendiente que se busca. Por ejemplo:



- altura del ojo = 1.50
- cinta de 20 m. Lectura en el estadal = 0.70 m.
- pendiente = + 4%

- b) Con clisímetro y sin cinta; el clisímetro es un aparato semejante al nivel de mano pero con el nivel móvil para poder marcar en un círculo graduado el ángulo o la pendiente que se necesite, y así al centrar la burbuja la visual tendrá la pendiente marcada, no se necesita medir distancias, y en el estadal se leerá siempre la misma altura del ojo. Para más facilidad se puede poner una marca en el estadal, o simplemente en una baliza o una vara, un lienzo enrrado a la altura del ojo.



Una vez localizada así una serie de puntos que vayan dando la -- pendiente necesaria de uno a otro, se tendría, si se les uniera, una -- línea muy quebrada que nos marca el camino general que debe seguirse -- ("Línea a Pelo de Tierra"). Pero como no es posible trazar una vía de -- comunicación según esa línea, debe entonces configurarse una faja de -- terreno que tenga como eje esa línea quebrada aproximadamente, para es -- tudiar después sobre el dibujo el trazo definitivo más conveniente, y -- que siga lo más cerca posible por la localización encontrada. La figu- -- ra 3.2 nos ilustra estos conceptos.

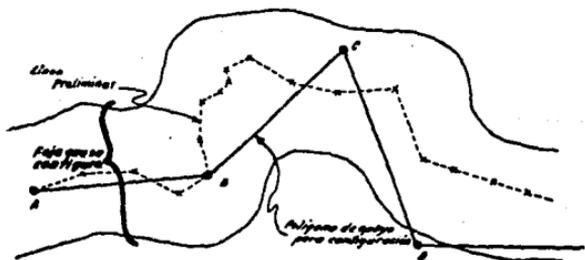


figura 3.2

El jefe de la brigada dirige todos los trabajos, él tiene la res- -- ponsabilidad de la línea, debe conectar los puntos obligados con una o

varias poligonales pero al final, descartaré todas menos una que será la mejor.

Lleve un clisímetro y se adelanta dejando marcados los puntos por donde debe pasar la línea.

Lleve consigo datos de cotas, pendientes, distancias, etc., a veces si es necesario, se le va llevando el trazo del perfil sobre la marcha.

Aparte del trabajo de campo, tiene que dirigir también el trabajo de gabinete proporcionando información al dibujante, revisando planos, cuidando que las nivelaciones no excedan las tolerancias, etc.

2.- Un ingeniero trazador: Este se encarga del trazo de la poligonal, lleva el tránsito y un registro en el que hace las anotaciones usuales, va estacando la línea, poniendo puntos de tropo con tachuela en los vértices (PI) y trompos con es taca a cada 20 metros.

Opera de acuerdo con las indicaciones del jefe de la brigada; todo el personal de ingenieros, brecheros, estaqueros, peones, etc., vé con él.

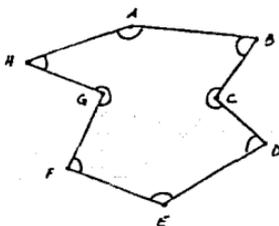
Como ya se dijo, el método más empleado para el trazo de la línea preliminar es el de Deflexiones, el cual es un método de levantamiento de polígonos con tránsito y cinta; dentro de estos levantamientos - -

tenemos:

- a) **Ángulos interiores** .- Consiste simplemente en medir todos los ángulos interiores del polígono. Es especialmente adecuado para polígonos cerrados.

Tiene la ventaja de permitir que los ángulos se midan por repeticiones o reiteraciones, lo cual no ocurre con los otros métodos.

Condición angular: Suma de ángulos interiores = $180^\circ (n-2)$ donde n = No. de vértices.



- b) **Deflexiones** .- Consiste en medir el ángulo de deflexión de cada vértice.

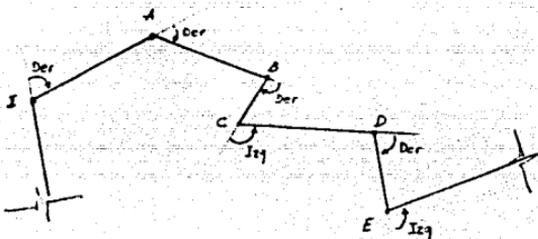
Deflexión es el ángulo que forma en un vértice la prolongación del lado anterior con el lado siguiente.

Estableciendo el sentido en que se va a recorrer el polígono;

habrá deflexiones $\left\{ \begin{array}{l} \text{Derechas} \\ \text{Izquierdas} \end{array} \right.$

Este sistema es especialmente adecuado para polígonos abiertos como los que se emplean en estudios de vías de comunicación.

En cada vértice se vé el punto de atrás, se da "vuelta de campana" al aparato (tránsito) y se gira la deflexión para ver el punto adelante.



Sistemas :

1) Alternando posiciones del anteojo en cada vértice :

en A		en B		en C	
Atrás (Der)	;	Atrás (Izq)	;	Atrás (Der)	;
Adelante (Izq)		Adelante (Der)		Adelante (Izq)	; etc.

En ésta forma se evita que se haga sistemático cualquier error, - aún pequeño, de la línea de colimación.

2) Midiendo deflexiones en cada vértice dos veces, una con vista atrás e inversa y la otra en directa.

Con esto se elimina el error que hubiera de la línea de colimación y se comprueba la lectura angular. Este es el sistema más preciso.

En polígonos abiertos, el control angular sólo puede hacerse comprobando las direcciones de los lados mediante rumbos astronómicos, cada cierto número de lados.

El trazador lleva a su cargo el registro del trazo, el va midiendo los ángulos horizontales, debe tener especial cuidado de llevar su aparato corregido o por lo menos deberá de tratar de reducir al mínimo los errores debidos al aparato, debe de repetir todas las operaciones para tener la seguridad de lo correcto de las mismas antes de dar puntos definitivos.

También tiene a su cargo ayudar a calcular las proyecciones de los lados y las coordenadas de los vértices de la poligonal, realizar y calcular las orientaciones, las que se hacen generalmente a cada 5 Km., para encontrar los rumbos astronómicos y aquí cabe decir que conviene llevar tres columnas de rumbos: el astronómico, el magnético calculado y el magnético observado. Todo esto se hace para descubrir errores o determinar influencias extrañas.

El trazador, puede en muchos casos modificar la línea que le va dejando el jefe de la brigada, siempre que esto sea para una mejora de la misma.

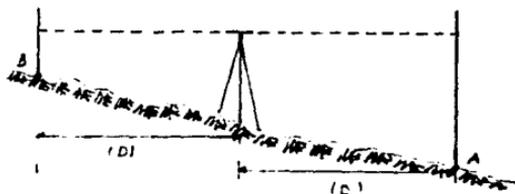
El ingeniero en jefe le dé estas instrucciones: debe supervisar -

la forma en que se miden las distancias, especialmente en los lugares inclinados en los que se quiebra la cinta.

3.- Un ingeniero nivelador: Este se encarga de nivelar los puntos establecidos por el trazador, de construir el perfil correspondiente y de colocar los bancos de nivel. El método más empleado para la nivelación es el de Nivelación Diferencial, el cual se enuncia en -seguida.

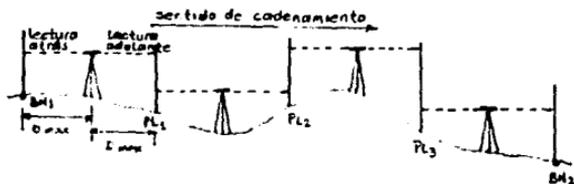
La nivelación Diferencial tiene por objeto determinar la diferencia de nivel entre dos puntos (generalmente bancos de nivel, de control)

- Distancia corta .- Cuando hay algún lugar donde se puede poner el aparato de modo que pueden 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, se obtiene simplemente por la diferencia de lecturas en A y B .



- Distancias largas .- Cuando no se pueden cumplir las condiciones del caso anterior, o sea que los puntos estén muy distantes

uno del 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 posible hasta llegar al punto final.



P. O	Lectura atrás	Lectura adelante
BM1	1.123	
PL1	3.041	2.930
PL2	0.179	3.258
PL3	0.122	3.260
BM2		1.357

ACESTAD

$\Sigma = 5.085$ atrás
 $\Sigma = 9.473$ adelante

Desnivel = $8.473 - 5.085 = 3.388 \text{ m}$
 $BM1 = BM2$

(obsérvese que no es necesario calcular el desnivel en cada tramo).

Si $\Sigma \text{ atrás} > \Sigma \text{ adelante}$: \uparrow se subió al ir de un punto al otro

Si $\Sigma \text{ atrás} < \Sigma \text{ adelante}$: \downarrow se bajó al ir de un punto al otro



Las nivelaciones, como todo trabajo, deben comprobarse. La comprobación de una nivelación es, otra nivelación, y puede hacerse por:

- Nivelar de ida y de regreso: por los mismos puntos o por otro camino o puntos diferentes, (es lo más conveniente en general).

Así como el trazador responde de la línea en planta, el nivelador responde del perfil de la misma; debe tomar las cotas de todos los puntos dejados por el trazador y de los puntos de quiebre del terreno que queden entre las estacas y deberá referenciar perfectamente los bancos de nivel para poder ser localizados posteriormente.

El nivelador usa el nivel fijo y el nivel de mano. El nivel fijo en todo el trabajo y el de mano en tramos pequeños en que las probabilidades e importancia de los posibles errores, comparados con el tiempo que se perdería si se usara el nivel fijo, justifique su empleo.

Las lecturas en los bancos de nivel y en los puntos de liga (PL) deben tomarse al milímetro, en cambio, en las estaciones intermedias - bastará con tomarlas al centímetro, pues no se justifique el tiempo - - empleado en llevarlas al milímetro.

Los bancos de nivel deben colocarse fuera de la línea para que no estorben a las operaciones de la construcción ni se vean afectados por ella. En general se acostumbra poner un banco a cada 500 metros bastante alejados de la línea y bien diferenciados en el libro de registro.

El nivelador después de comprobar las operaciones, construye el perfil. El jefe de la brigada sabe así las cotas exactas de los puntos que se han llevado.

4.- Los seccionadores (cuatro como mínimo): Los seccionadores se encargan de obtener las secciones transversales de topografía para dibujar las curvas de nivel que den la configuración del terreno, anotando también los detalles topográficos. Siempre se requiere más de un topógrafo para no quedarse atresados y poder avanzar al parejo de todos los demás; el método para configurar el terreno es el de secciones transversales con el nivel de mano.

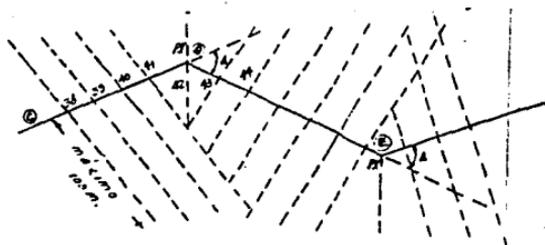
Generalmente estas secciones se levantan a cada 20 metros (lo que se le conoce como levantamiento de cota redonda o cerrada) y/o en cada quiebre importante del terreno o de la poligonal del trazo preliminar.

El método de secciones transversales consiste en términos generales en apoyarse de la poligonal abierta que forma la línea preliminar del camino para obtener los perfiles transversales (o secciones transversales) del terreno a los lados de dicha poligonal (línea preliminar), cubriendo al área requerida. Las secciones pueden hacerse con el espaciamiento que convenga, según el grado de aproximación con que se requiera tener el relieve. Entre más cerrado se hace el seccionamiento, menos detalles se escapan, y más fiel resultará la representación del terreno.

La secuencia del trabajo de campo será entonces así :

- Ya trazada la línea preliminar del camino (polígono de apoyo), se marca el cadenasamiento a cada 20 m. para poder obtener su perfil.
- Se nivela de perfil dicho polígono para obtener las cotes de to dos los puntos.
- Se sacan secciones transversales en todos y cada uno de los pun tos del polígono.

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



Las secciones transversales pueden hacerse con nivel fijo cuando el ancho de la zona por configurar es grande, y el terreno plano, sin fuerte pendiente, para no tener que hacer cambios de posición del aparato que hacen tardada la operación. El procedimiento que se sigue es semejante a la nivelación de perfil.

Lo más frecuente es que el seccionamiento se obtenga con nivel de

mano, especialmente cuando el terreno es accidentado, pues el aparato en este caso es el mismo observador y puede trasladarse rápidamente. La figura 3.3 nos muestra un nivel de mano.



figura 3.3 - Nivel de Mano

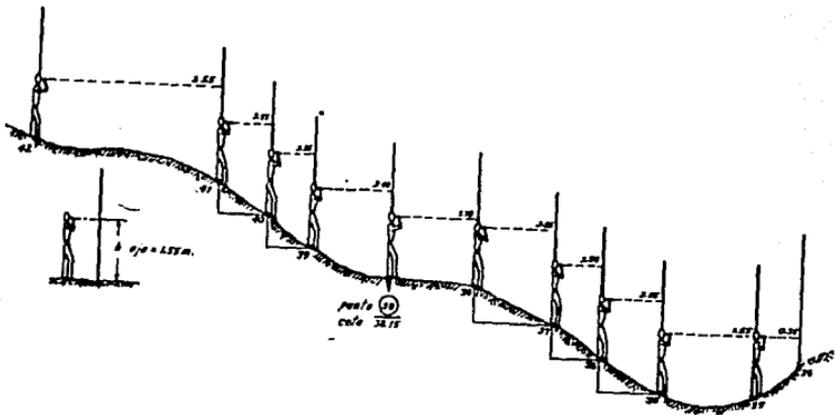
El punto de partida para obtener cada sección, es el del polígono, cuyo cota se determinó con la nivelación de perfil.

En estos perfiles transversales no se miden distancias para fijar puntos sobre el trazo y determinar después sus cotes, sino que se localizan sobre la línea que va a seguir la sección y a ambos lados del polígono, los puntos de cota cerrada inmediatos, y después se prosigue buscando los siguientes puntos de cota cerrada y midiendo las distancias de uno a otro. Con esto se facilita el trabajo, pues al irse pasando el observador sobre cada punto de cota cerrada, para encontrar la siguiente, deberá leer con su nivel en el estado la misma lectura constantemente, pues debe ir bajando o subiendo desniveles constantes.

Además así se obtienen ya las distancias que se tendrán que dibujar después, para fijar los puntos de cota cerrada por donde pasarán las curvas de nivel.

El observador, después de medir la altura de su ojo, se parará -

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



Una vez comprobados los cierres del polígono, se puede dibujar éste, y en seguida los trazos de las secciones y marcar sobre ellos los puntos de cota cerrada y sus cotas. Entonces uniendo con líneas continuas los puntos de igual cota, se tendrán las curvas de nivel que nos darán la configuración del terreno. Uno de los casos en que tiene más aplicación este procedimiento para configurar, es en los estudios de -

vías de comunicación.

La figura 3.4 muestra la configuración del terreno que se levantó en esta etapa, y la figura 3.5 nos muestra el dibujo de la planta y el perfil del terreno que se obtiene en el proyecto preliminar y que sirve para el trazo de la subrasante en el proyecto definitivo.

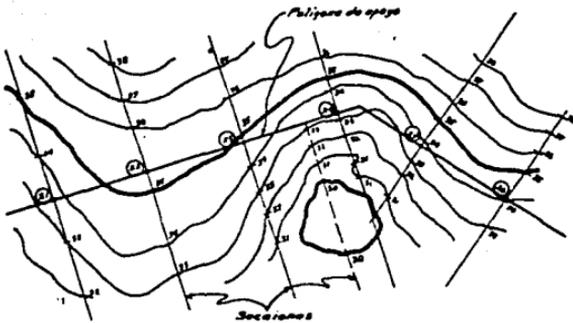
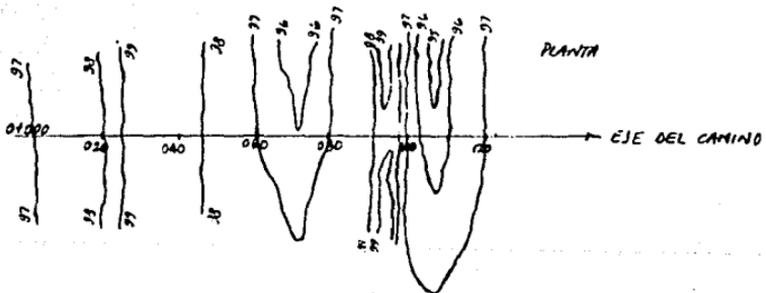
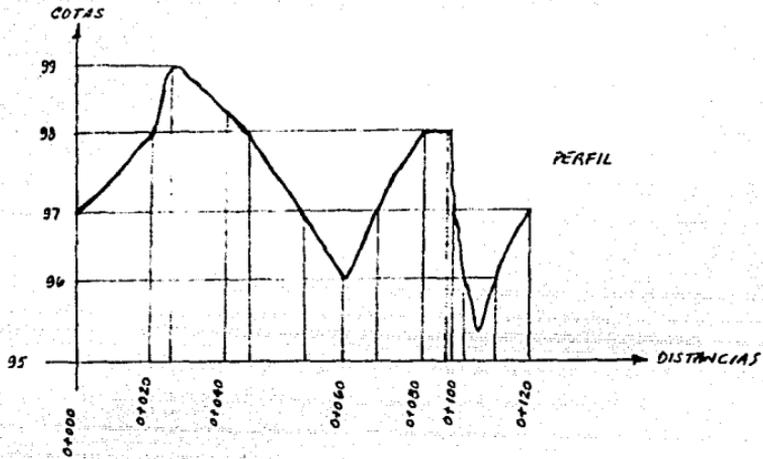


figura 3.4



CABENAMIENTO	COTA	CABENAMIENTO	COTA
0+000	97.00	0+091.5	98.00
0+020	99.00	0+098.00	98.00
0+024.3	99.00	0+100.00	97.00
0+040	95.20	0+105.40	96.20
0+046.1	95.20	0+106.10	95.20

Figura 3.5

5.- Un dibujante: El dibujante se encargará de dibujar en cartulina - lo que le entreguen el trazador y el topógrafo. Dibuja en cartulina por si hay la necesidad de estar borrando por cualquier corrección. Una vez que se está seguro de lo dibujado, se pasa el dibujo a tinta sobre papel albanense.

No hay que olvidar que además del personal técnico, en una brigada de trazo preliminar, existe otro personal no técnico que se indica en seguida:

Varios cadeneros, contracadeneros, varios bracheros (según la clase de terreno), estaqueros, baliceros, estadaleros, cocineros, choferes y los peones o mozos necesarios.

Así pues, ya que se ha obtenido la configuración del terreno, se cuenta con un plano topográfico que nos da la faja de terreno por donde se estudiará el eje definitivo del camino, en la etapa de proyecto definitivo. Con la ayuda de este plano, se hace nuevamente el trazo del eje del camino (ahora será el trazo definitivo) pero con mucha mayor precisión, con lo cual se tienen las especificaciones del trazo horizontal y vertical; entonces, toda vez que se tienen las tangentes elegidas, se procede a ligarlas con el empleo de curvas, las que pueden ser simples, compuestas o con espirales de transición

En el principio, o sea en el primer intento, esta liga se realiza empleando exclusivamente curvas circulares simples, para lo cual es conveniente hacer una plantilla de las mismas sobre un pedazo de mica,

del espesor adecuado, en el que a la escala del plano se traza una serie de círculos concéntricos cuyo radio será aquel que corresponde a los grados de las curvas que uno desee.

Ya fabricada esta plantilla, se procederá a colocarla sobre el plano que contiene las tangentes, con el fin de elegir aquella curva que nos de una mejor solución, marcando el centro correspondiente de la misma y con unas escuadras trazamos líneas perpendiculares a las tangentes de apoyo y que lleguen a dicho centro, los puntos así obtenidos marcarán los PC y PT de cada curva.

El diseño de curvas forma parte de lo que es la geometría del camino y debe de analizarse en la etapa de proyecto definitivo.

CAPITULO IV .- PROYECTO PRELIMINAR POR EL METODO FOTOGRAFICO ELECTRONICO

4.1 .- GENERALIDADES

El proyecto preliminar por el Método Fotogramétrico-Electrónico - consiste, al igual que por el Método Convencional, en obtener la configuración de la faja de terreno en donde quede comprendida la ruta seleccionada; sin embargo, como ya ha sido mencionado con anterioridad, la diferencia estriba en que en esta etapa, en el Método Fotogramétrico-Electrónico se sigue haciendo uso de la fotografía aérea y los aparatos restituidores para la obtención de dicha configuración, con lo cual se puede contar al final con un plano restituido con curvas de nivel de la faja en estudio, un plano del perfil longitudinal del terreno en el eje de la poligonal que sirvió de base para el levantamiento y un plano de secciones transversales a dicho eje. No hay que olvidar que todo esto lo podemos obtener en gabinete de una manera rápida y sencilla sin necesidad de ir al campo.

4.2 .- APARATOS DE RESTITUCION

Se ha demostrado ampliamente que la fotografía aérea es un elemento que se ha hecho indispensable tanto para la obtención de planos, como para el estudio preliminar y proyecto definitivo, ya que por medio de éstas se pueden tener en forma rápida valiosos datos, que en otra forma casi serían imposibles o muy tardados de obtenerlos.

La fotogrametría está definida como la ciencia o el arte de obtener medidas por medio de fotografías aéreas; su importancia ha aumentado hasta llegar a ser indispensable como un medio de trabajo para el ingeniero en carreteras.

Por la toma o ángulo de la toma de la fotografía, las cámaras se dividen en eje vertical, horizontal, eje inclinado, oblicua alta y baja, múltiple, trimetrogón, cámaras de siete lentes que toman fotografías de horizonte a horizonte y cámaras de horizonte. La figura 4.1 nos muestra estas ideas.

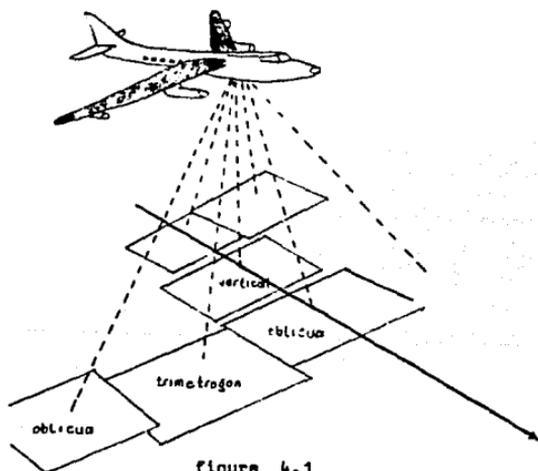


figura 4.1

Actualmente se construyen casi exclusivamente cámaras cuyo formato es de 23 x 23 cm., pero todavía existen cámaras en el mercado con formato de 11 x 11 cm.

Para los trabajos de la S.C.T. se utilizan exclusivamente cámaras granangular de primer orden, por ser la indicada para el proyecto de carreteras.

Como una simple aclaración, para el levantamiento de las cartas que lleva a cabo la Secretaría de la Defensa, ha utilizado en muchos de ellos el trimetrogon, el cual consta de tres cámaras acopladas, una vertical y dos inclinadas que abarcan grandes áreas de fotografía.

En cierta ocasión la S.C.T. trató de obtener la cámara de horizonte, la cual presenta las siguientes características: cuatro lentes, formando ángulo de 90° en sí, utiliza película de 35 mm., se obtienen cuatro fotografías al mismo tiempo tomando los cuatro puntos o sea estribor, babor, proa y popa del avión. Estas fotografías nos dan el ángulo de lado y de cabeceo.

Una forma rápida de conocer el equipo usado en un trabajo aerofotográfico, es mediante el examen de las copias positivas de la fotografía, en las cuales salen indicadas las marcas fiduciales. Las marcas fiduciales además sirven para centrar las placas dispositivas al llevar a cabo la restitución en un vuelo fotográfico. La figura 4.2 - muestra unas fotografías en dispositivas (obsérvese las marcas fiduciales que hay en la unión de las fotografías).



Figura 4.2 .- Marcas fiduciales en las orillas de las fotografías.

Todas las cámaras van dotadas de varios aditamentos que permiten llevar a cabo la fotografía lo más preciso posible; cuatro instrumentos de que viene dotada la cámara son: un altímetro, un reloj, un nivel de burbuja y un contador de fotografías, cada uno de estos aparatos nos indican la escala de la fotografía, la hora de toma, la posición del avión con respecto a su eje vertical y la identificación de la fotografía y la línea de vuelo.

Los aparatos de restitución se clasifican en primero, segundo y tercer orden. Los aparatos más conocidos son los siguientes:

- a) De tercer orden : Estereoscópio de espejos, que en algunos casos podría utilizarse para obtener cotes de algunos puntos --

para posteriormente unir las con líneas y obtener así curvas de nivel, para esto se emplea la barra de paraleja, la cual se usa esencialmente en medir la base, o sea la distancia que - - existe entre los puntos principales del par fotográfico, la al tura de vuelo y el paraleja existente entre los dos puntos a - los cuales se desea obtener su diferencia de alturas.

- b) De segundo orden : Abiógrafo 88, que se emplea para obtener - planos de mediana precisión y principalmente para trabajos de agricultura, forestales, geológicos, etc.; este aparato tiene un poder de amplificación de 2.5 a 3 veces máximo.

Balplex 560, puede emplearse con éxito para anteproyectos prelimi nares y restitución de planos de mediana precisión; este aparato tiene un poder de amplificación de 3 veces.

Melach, se emplea para restituciones de precisión regular, se pre senta de 2, 3 y 4 proyectores, que lo puede hacer útil para aerotri angulaciones de mediana precisión; tiene un poder de amplificación de 5 veces.

Balplex 760, se puede emplear para anteproyecto definitivo y para obtener planos a escalas grandes de mediana precisión, pueden hacerse aerotri angulaciones de mayor precisión que los anteriores, es de pro yección y tiene un poder de amplificación de 5 veces.

- c) De primer orden : Autógrafo A7, aparato de observación de alta

precisión que se emplea para la obtención de planos a muy diversas escalas, se emplea para llevar a cabo aerotriangulaciones de alta precisión, tiene un poder de amplificación de 5 veces y una aproximación en distancias, cotes y elevaciones de - 0.01 mm. Se emplea con frecuencia para configurar el terreno y en el estudio del drenaje, ya que al ampliar fotografías escala 1:10 000 y con el poder de amplificación de 5 veces, se trabaja en imágenes a escala 1:2000, que es suficiente para el diseño de drenaje en esta etapa. Debido a su construcción aceptable y a los vuelos defectuosos, que los otros aparatos no tendrían oportunidad de aceptar.

En el Autógrafo A-7 pueden llevarse a cabo todos los demás trabajos que se han mencionado para los aparatos anteriores, con la diferencia de su alta precisión.

4.3 .- CONTROL TERRESTRE

Las diferentes elevaciones del terreno y los movimientos del avión y de la cámara, durante los vuelos fotográficos, son la causa de los cambios de escala, la deriva, el cabeceo y balanceo que presentan las fotografías aéreas. Por esta razón es indispensable determinar en el terreno la posición y la elevación de puntos previamente seleccionados, que permiten relacionar cuantitativamente el terreno con sus imágenes fotográficas. Con el control terrestre de esta etapa, se pueden utilizar las fotografías aéreas 1:10 000 como un medio para obtener --

planos detallados y precisos del área requerida.

Los datos de control terrestre generalmente se manejan en sistemas especiales de coordenadas x,y,z , que pueden ser arbitrarios o estar ligados a uno o más orígenes preestablecidos; en la mayoría de los casos las elevaciones se refieren al nivel del mar. Como los puntos deben ser identificables en las fotografías aéreas, en esta etapa se acostumbra señalarlos previamente a la toma de ellas.

La forma y dimensiones de las señales deberán ser adecuadas a la escala de la foto, para facilitar su identificación y el centrado en ellas del índice de medición de los instrumentos fotogramétricos. Se usan las formas de cuadro, de círculo, de "T", de "V" y de cruz, dando mayores resultados la de "V" y la de cruz. Para esta última, la tabla 4.1 recomienda las siguientes dimensiones:

Escala del negativo de vuelo	Ancho de Brazo (cm)	Longitud de Brazo (cm)
1: 5 000	20	100
1: 10 000	30	150
1: 25 000	70	350
1: 50 000	150	750

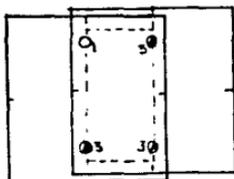


Tabla 4.1 .

Cada punto de control se establecerá en una mojonera de concreto; sin embargo, en sitios de acceso difícil, la mojonera podrá sustituirse por una piedra grande, un tronco de árbol cortado a ras de suelo, o -

algún otro cuerpo que no se mueva fácilmente.

En la práctica es común el empleo del control terrestre de sólo -
cuatro puntos como se muestra a continuación:



<u>Puntos</u>	<u>Coordenadas</u>
1	z
3	x-y-z

La aerotriangulación es un método de obtención de control auxi-
liar a través de las relaciones geométricas entre fotografías aéreas -
adyacentes. Estas relaciones pueden establecerse analítica o mecánica-
mente; esta última forma incluye el uso de instrumentos estereoscópi-
cos de restitución, para hacer la transmisión de la orientación de una
foto a la siguiente.

En proyecto de carreteras, se hacen aerotriangulaciones en Balplex
o Autógrafo A-7 con fotos a escala 1:10 000, compensadas por fajas del
orden de 5 a 10 modelos. Los conceptos de compensación son: escala, -
curvaturas y abatimiento, los cuales se controlan, respectivamente, con
medidas lineales, orientaciones astronómicas y nivelaciones terrestres.

El control típico en estos casos es de esta forma :

Salida

3 puntos de x-y-z
1 punto de z

Llegada

Un punto de z a cada 2 puntos de x-y-z
tercer modelo, en -
distribución al "Tres
bolillo"

La densidad y distribución del control terrestre para aerotriangulación depende del tipo de compensación a efectuar, del instrumento a emplear, de la precisión requerida, etc.

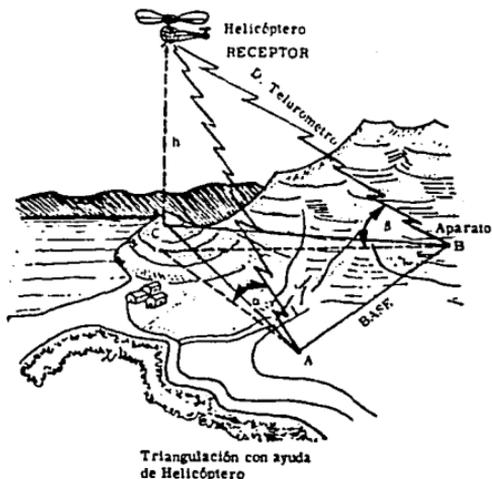
La triangulación es el procedimiento que se emplea para el control de levantamientos extensos, que si se hicieran simplemente con polígonos, el gran número de lados de éstos acumularía errores fuertes.

El control que se establece consiste al final de cuentas, en tener las coordenadas de los vértices. Con este sistema, para pasar de las coordenadas de un punto a las de otro punto, muy distantes entre sí, sólo se tiene una línea, en vez de todas las que se tendrían que atravesar mediante polígonos, y que conducirían a incertidumbre en la posición del punto de llegada.

El apoyo terrestre que se ejecuta en esta etapa es únicamente el indispensable para poder efectuar en un equipo Balplex o un Autografo A-7 las aerotriangulaciones que permitan producir el control auxiliar requerido para orientar aisladamente cada modelo estereoscópico.

El control terrestre para aerotriangulación consiste generalmente en figuras de triangulación o poligonales, situadas en cada extremo de tramo de aerotriangulación, aisladas planimétricamente pero ligadas en nivel o ligadas planimétricamente y altimétricamente, mediante lados de poligonal y nivelación trigonométrica. La figura 4.3 muestra una triangulación con ayuda de helicóptero.

figura 4.3

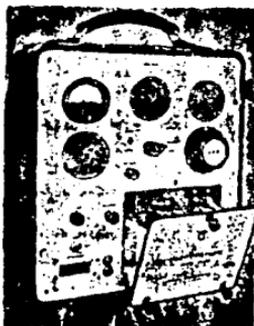


El apoyo terrestre se proyecta en las oficinas centrales y es ejecutado por Brigadas de control terrestre, cada una de las cuales consta de 2 Ings, 3 auxiliares técnicos, un chofer y 7 peones en promedio. El equipo principal de cada Brigada está constituido por: - - -

2 tránsitos de un segundo de lectura, 3 niveles automáticos, 2 estaciones de telurómetro MRA-3 y 2 estaciones de radio receptor-transmisor portátiles. Cuentan con un jeep, y un pick up, ambos de doble tracción; se tiene además el auxilio de un helicóptero cuando hay que trabajar en zonas de difícil acceso.

Telurómetro MRA-3 .- Es un longímetro electrónico totalmente transistorizado, que mediante dos estaciones intercambiables de maestra a remota permite medir distancias desde 50 m. hasta 50 Kms. con aproximación suficiente para trabajos de control terrestre, que da directamente los dígitos de la distancia medida, la que se corrige por condiciones meteorológicas y se reduce al horizonte. El instrumento es tan portátil como un tránsito y permite medir cada distancia en un tiempo aproximado de 10 minutos. La figura 4.4 nos muestra unos telurómetros ó telémetros marca Wild.

figura 4.4



Para el control angular se efectúan orientaciones astronómicas, - mientras que para el control altimétrico siempre que es económicamente conveniente, se ligan las nivelaciones a bancos preexistentes de levantamientos confiables. Las distancias se miden con telurómetros MRA-3 .

Cada punto de control es identificado con croquis en los registros de campo y piquetes finos en las fotos de trabajo.

El apoyo terrestre se calcula con el auxilio de las computadoras electrónicas, obteniendo finalmente las coordenadas de los puntos de control que sirven para el desarrollo de la aerotriangulación. Las computadoras electrónicas que utiliza la S.C.T. se muestran en la figura 4.5 (a) y (b); los valores de las coordenadas x , y , z pueden obtenerse en pantalla ó en la impresora.

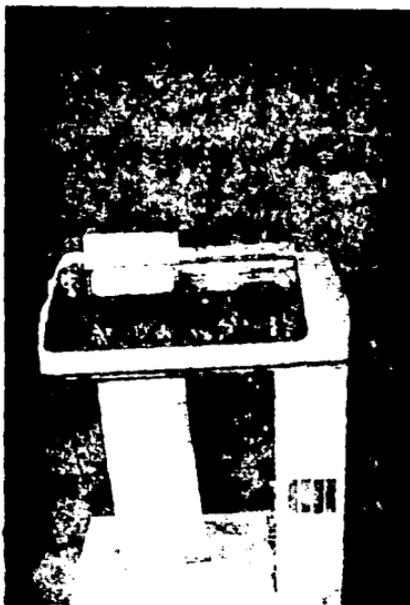
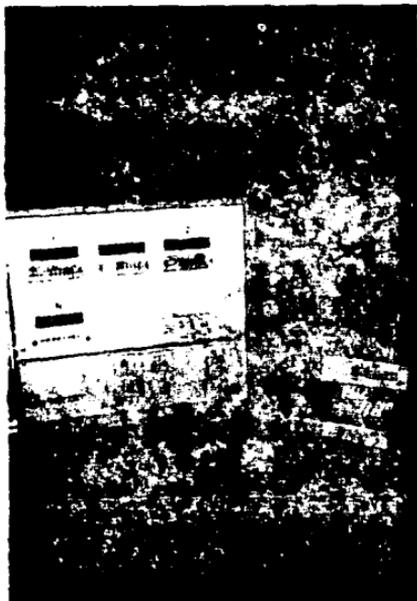


figura 4.5 (a)

figura 4.5 (b) .- En el cálculo de control terrestre están presentando cada vez mayor ayuda las computadoras electrónicas, al dar mayor rapidez a los cálculos. En estas dos figuras (a) y (b) se muestra la computadora con que cuenta la S.C.T.



Resumiendo, los levantamientos fotogramétricos requieren triangulaciones para su control: Previamente a la toma de las fotografías se establece un sistema de triangulación, y los vértices en el terreno se marcan en forma notable, limpiando la vegetación a su alrededor, y pintando grandes cruces y círculos con cal para que aparezcan en las fotografías.

Las coordenadas de los vértices, y las distancias y rumbos de las líneas servirán para el ajuste de las fotografías.

Un sistema de triangulación, se forma con triángulos adyacentes - encadenados según se necesite, y así, conociendo una sola distancia y todos los ángulos de los triángulos, se calculan todos los lados y las coordenadas de los vértices. Cada triángulo tendrá cuando menos un lado común con el triángulo siguiente.

La longitud que se mide directamente es la base de la triangulación; si la importancia del trabajo lo requiere se pueden medir dos bases para comprobación.

Las figuras que se usan en los sistemas de triangulación pueden - ser triángulos simplemente, o polígonos de vértice central formados a su vez por triángulos o cuadriláteros con diagonales. Como lo muestra la figura 4.6 .

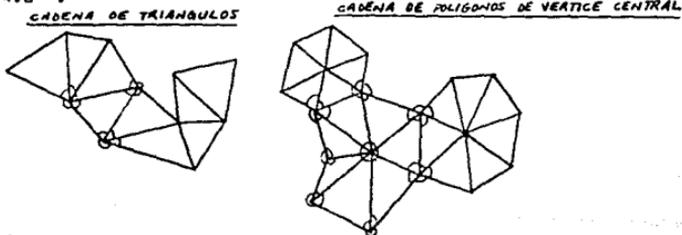


figura 4.6

4.4 ANTEPROYECTO A ESCALA 1:10 000

Para poder estudiar las fotografías en los aparatos restituidores es necesario que estas fotografías estén en forma de diapositivas, lo cual puede hacerse con los negativos de las fotos aéreas los cuales se

imprimen en placas de vidrio sensible, cuyo cristal es indeformable, - con lo cual se forman las diapositivas.

Las placas diapositivas pueden obtenerse del tamaño de 23 x 23 cm. para todos los aparatos de restitución con que se cuenta, excepto para los Balplex que utilizan el tamaño de 11 x 11 cm. La obtención de estas placas se hace mediante una reductora del negativo de 23 x 23 a 11 x 11 cm.

En caso de que la restitución se haga con el equipo Balplex, se colocan 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8 placas según el número de proyectores que tenga cada operador. La figura 4.7 nos muestra ingenieros proyectistas trabajando sobre la mesa del Balplex.



figura 4.7

Para el anteproyecto con Balplex 760 de 3 proyectores, las mesas de trabajo se han montado en gatos hidráulicos que permiten variar la altura del plano de proyección para observar estereoscópicamente los modelos completos. Esta disposición es ideal para interpretar el terreno, restituir lo necesario y leer con seguridad los perfiles de la ruta, lo cual es más tardado con el método convencional. Con la fotografía

a escala 1:10 000, en este equipo se obtienen la restitución y la me-
queta estereoscópica de anteproyecto a escala 1:2000 con curvas de ni-
vel a cada 2 metros ya que como se dijo, el aparato tiene un poder de
amplificación de 5 veces, es decir, de 1:10 000 a 1:2000 .

Actualmente, en la S.C.T. el anteproyecto de un camino se hace -
con el Autógrafo A-7, en el cual se necesitan únicamente un par de pla-
cas dispositivas para su estudio y el cual también tiene un poder de -
amplificación de 5 veces.

Este tipo de Autógrafo es lo más moderno con que cuenta la S.C.T.,
el cual es capaz de graficar las coordenadas de los puntos que estamos
observando ya que cuenta con un "pentógrafo" que viene anexo al aparo
to. La barra de paralejo también viene integrada a este aparato y - -
además puede observarse la estereoscopia (tercera dimensión) de las fo
tografías.

En seguida trataremos de decir a grandes rasgos cómo funciona este
aparato:

Primeramente se colocan las placas dispositivas en los proyectores
del aparato, los cuales tienen forma de lámparas y están a cada extremo
en la parte superior del aparato (Véase figura 4.8 donde se muestra -
que los proyectores están encendidos) .

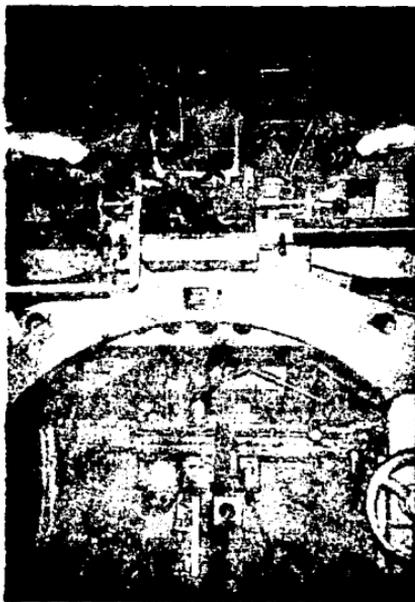


figura 4.8 Autógrafo Wild A-7

Una vez colocadas estas placas, deben de centrarse en los portaplacas de los aparatos, lo cual se hace haciendo coincidir las marcas fiduciales que aparecen en la placa dispositiva y las marcas fijas por construcción que tiene este aparato.

Una vez colocadas las placas dispositivas en los portaplacas se procede a ejecutar la orientación relativa que consiste en reproducir

la posición exacta de la placa tal como fué tomada por la cámara en el avión. En la mayoría de los aparatos se cuenta con los 3 movimientos - que se refieren a cabeceo, lado y giro. Cuando se logra obtener la orientación relativa de las 2 dispositivos se procede a obtener la distancia a escala de la separación de las dos fotografías igual a la distancia cuando fueron tomadas en el avión, a esta separación se le denomina base, esto se logra en los aparatos de restitución al abrir o cerrar el portacámaras.

La orientación absoluta se logra cuando se ponen a escala y se nivelan las dispositivos, esto se logra subiendo o bajando los portacámaras, dándoles el mismo movimiento de cabeceo o lado a los dos portacámaras.

Para llevar a cabo esta etapa de trabajo se cuenta con los puntos de control debidamente identificados y con las 3 coordenadas conocidas de cada punto.

Cuando se logra lo anterior el aparato está listo para empezar a restituir o bien para seccionar según sea el trabajo de que se trate.

En ese momento el fotointerprete verá esas fotos por medio del estereoscópio el cual está en la parte central del aparato (en la misma figura 4.8 se identifica fácilmente este par de lentes; están arriba de la marca "Wild" del aparato) .

La figura 4.10 muestra a un operador observando papeles fotográficos en el Autografo A-7; en el lado izquierdo de él se muestra la fotografía que está observando pero no en dispositivo, sino que es una fotografía en papel; obsérvese también las barras de paralejo que tiene el aparato que se ven "arriba" de la cabeza del operador.



figura 4.10

La figura 4.11 muestra más claramente las barras de paralele -
que tiene el aparato.



figura 4.11

La figura 4.12 nos muestra otro operador restituyendo fotogra--
fias, con la mano derecha de vueltas a la manivela y logra que las fo-
tografias tengan un movimiento horizontal para ver el punto que más le
interesa y con el pié también da vueltas a un disco que está en la par-
te inferior del aparato con lo cual logra obtener un movimiento hori-
zontal para buscar el punto de observación deseado; la elevación de di-
chos puntos en el terreno se va marcando con números que aparecen en -

una especie de pantalla que está en la parte intermedia del aparato.
(vease figura 4.13) .



figure 4.12



- figura 4.13 -

Para ir dibujando la configuración del terreno, el Autógrafo A-7 cuenta con un "pentógrafo", el cual se conecta al aparato y puede dibujar las coordenadas de los puntos del terreno.

La figura 4.14 (a, b y c) muestra a los pentógrafos y la figura 4.15 muestra como va unido el pentógrafo con el autógrafo.



Figure 4.14 (e)



Figure 4.14 (b)

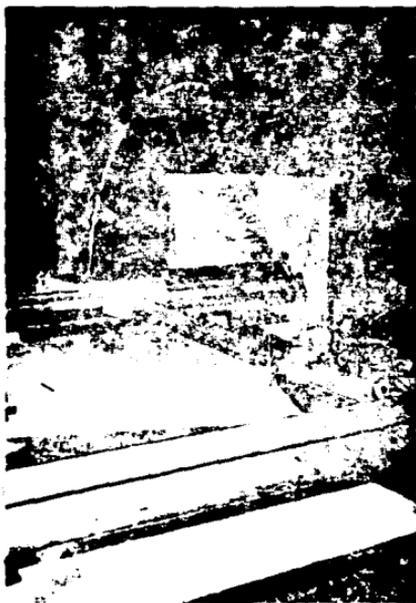


figure 4.14 (c)



figure 4.15

Es conveniente abrir un paréntesis en este tema y hacer mención personal que se requiere para llevar a cabo este tipo de trabajo, el cual se ha clasificado como especializado, y que por lo tanto requiere un entrenamiento sobre todo en lo que respecta a la fotointerpretación y restitución, los cuales a pesar de haberse cursado en alguna Universidad o haber tomado algún curso especial, el perfeccionamiento se logra solamente hasta después de mucho tiempo de estar trabajando sobre la materia, empleando las fotografías aéreas en pares estereoscópicos.

Se puede decir con toda certeza que el personal bien experimentado en el estudio de las fotografías aéreas, puede llegar a resultados muy cercanos a la realidad.

La figura 4.16 a y b muestra una fotografía aérea y una planta restituida con el Autógrafo A-7.

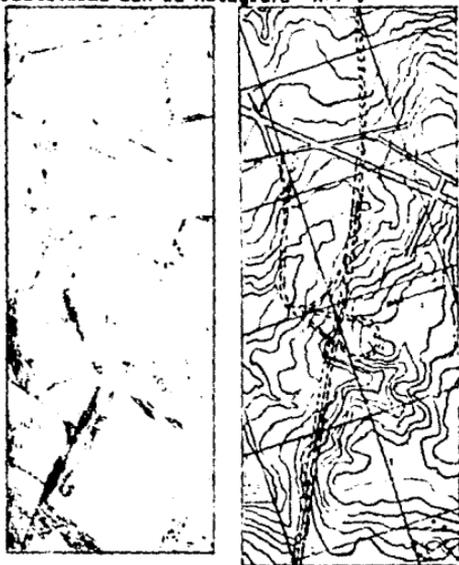


figura 4.16 a.- fotografía aérea vertical y mapa topográfico de la misma área.



figura 4.16 b .- Topografía de la zona que atravesará un camino, levantada durante la etapa de anteproyecto por el método fotogramétrico-eléctrico.

La computadora electrónica y los aparatos de restitución de los que hablé (y conocí), se encuentran en el estado de Morelia, Michoacán, en la Dirección de Proyectos de Caminos, perteneciente a la Dirección General de Carreteras Federales.

CAPITULO V .- LA PLANTA Y EL PERFIL DEL CAMINO.

5.1 .- GENERALIDADES.

En realidad, la planta y el perfil del camino han de analizarse con detalle en la etapa de proyecto definitivo mediante los proyectos horizontal y vertical del camino; esto se hace después de ser analizados la selección de ruta y el proyecto preliminar hasta aquí vistos. Sin embargo, para dar continuidad en este estudio, en el presente capítulo se mencionarán las principales consideraciones a tener en cuenta sobre la planta y el perfil del camino, sin analizar lo que es en sí el proyecto definitivo.

En planta, el camino está compuesto de rectas y curvas. En la recta es posible lograr un movimiento uniforme del vehículo con la velocidad precisa y, por tanto, con el máximo de seguridad; las rectas no presentan dificultades para la circulación, únicamente cuando son excesivamente largas, la monotonía produce una fatiga que puede constituir un peligro al repercutir en los valores de los tiempos de reacción. La necesidad de salvar los obstáculos que el terreno presenta, sin un movimiento de tierras excesivo, obliga a intercalar curvas entre las alineaciones rectas; en ellas aparecen los peligros de la posible falta de visibilidad y de la fuerza centrífuga, origen del deslizamiento transversal y peligro de vuelco; por ello las curvas hay que proyectarlas cumpliendo una serie de condiciones técnicas rigurosas para que no constituyan un grave riesgo para la circulación.

La pendiente a adoptar para el trazado de un camino es función, dentro de los límites de una lógica economía, del tipo de camino que se vaya a proyectar, influyendo las características del terreno en que se desarrolla. El volumen de tierras a mover depende de lo "accidental" del camino en planta y pendientes máximas en perfil; empleando radios pequeños, aumentando el número de curvas y llegando a las pendientes máximas, ciñéndose al terreno, se puede lograr un costo mínimo del movimiento de tierras y, probablemente, del total del camino.

5.2 .- DIFERENTES DISTANCIAS DE VISIBILIDAD.

La carretera ha de tener en todos sus puntos las condiciones de visibilidad precisa para que el conductor pueda tomar a tiempo las decisiones necesarias; tiene que ver los obstáculos que la carretera puede presentar, para poder adoptar sus maniobras. Una visibilidad determinada con una curva de radio dado, impone una velocidad máxima para circular en condiciones de seguridad; esta velocidad se denomina velocidad específica o de cálculo; todos los elementos del trazado se han de disponer con unas características que permitan marchar sin riesgo a esa velocidad; y recíprocamente toda carretera, según sus características, permitirá rodar con seguridad a una velocidad específica determinada.

Las distancias de visibilidad que hay que considerar son dos: la de parada y la de paso o rebase. La distancia de visibilidad de parada, es la precisa para que el conductor de un vehículo, marchando a la velocidad de cálculo, pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en -

su línea de circulación; en ningún punto del camino la visibilidad debe ser menor que la distancia de parada. La distancia de visibilidad de rebase o de paso es la precisa para que un vehículo adelante a uno o varios que marchan por su vía de circulación, sin peligro de colisión con otro que venga en sentido contrario por la vía contigua.

5.2.1 .- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.

La distancia de visibilidad de parada se compone de dos sumandos: el recorrido del vehículo desde el momento en que el conductor divisa el obstáculo hasta que aplica los frenos, y la distancia de frenado. - Cuando el conductor divisa un objeto, lo primero que necesita es darse cuenta de que está fijo. El tiempo de percepción, después de gran número de ensayos realizados en el laboratorio y en la carretera, se ha fijado por el Comité del A.A.S.H.T.O. (American Association of State - - Highway and Transportation Officials), en 1.5 segundos; esta cifra es muy conservadora. El tiempo preciso para que, divisado el objeto, se apliquen los frenos (tiempo de reacción) es de 0.5 a 1.0 segundo; por tanto, el tiempo total desde que se divisa el objeto hasta que se han aplicado los frenos es de 2 a 3 segundos.

Las distancias de frenado para diferentes velocidades y pendientes vienen dadas por la figura 5.1 .

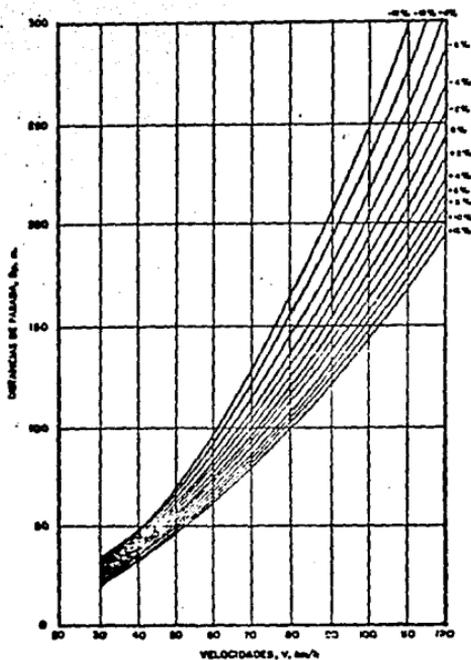


Figura 5.1

5.2.2 .- DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO O REBASE.

La distancia de visibilidad de paso es la necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que marcha por su misma vía de circulación a menor velocidad, sin peligro de colisión con el tráfico que puede venir en dirección opuesta por la vía que eventualmente utiliza para la maniobra de adelantar. La distancia de adelantamiento es muy - -

superior a la de parada (cerca de tres veces); construir una carretera en un terreno montañoso conservando en toda ella la distancia de visibilidad de paso, es antieconómico.

Cuando no sea posible que el trazado tenga en todos los puntos la posibilidad de adelantamiento, debe exigirse que, por lo menos cada dos kilómetros, haya un tramo donde exista.

La distancia de dos kilómetros es un máximo que no conviene exceder más que en casos excepcionales, porque esto provocaría que la carretera sea peligrosa, ya que los conductores se impacientan y tratan de adelantar donde no pueden hacerlo.

El problema de visibilidad de adelantamiento tiene importancia especial en las carreteras de dos circulaciones, ancho de siete metros, que constituyen la mayor porción de las redes en el país.

Para fines prácticos de proyecto, se usa la siguiente expresión - para calcular la distancia mínima de visibilidad de rebase.

$D_R = 4.5 v$ en la cual:

D_R = Distancia de visibilidad de rebase en metros.

V = Velocidad de proyecto en Km/hora.

La distancia de visibilidad de rebase es un elemento que debe tenerse presente desde las etapas preliminares del proyecto.

Determinando gráficamente sobre los planos las distancias de visibilidad y anotándolas a intervalos frecuentes, el proyectista puede apreciar de conjunto todo el trazo y realizar un proyecto más equilibrado, con un mínimo de correcciones en planta y en perfil.

5.3 .- ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL.

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

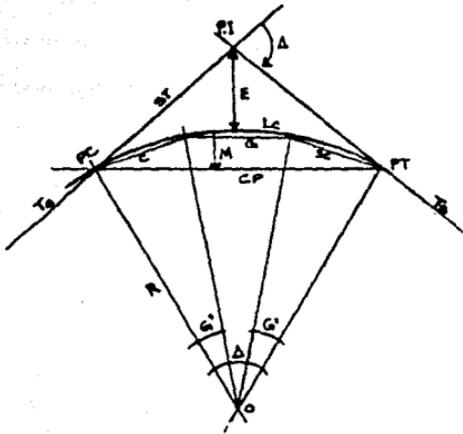
Los elementos que integran el alineamiento horizontal son las tangentes, las curvas circulares y las curvas de transición.

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona.

El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas.

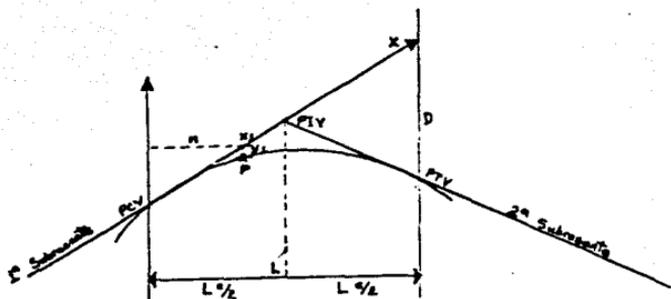
Al eje de la subcorona se le llama línea subrasante.

La figura 5.2 (a,b) muestra los elementos que se proyectan en esta etapa.



- Δ = Ángulo de Deflexión Der o Izq.
 PI = Punto de Intersección (inflexión).
 PC = Principio de Curva.
 PT = Principio de Tangente.
 R = Radio de la curva.
 ST = Subtangente
 C = Cuerda unitaria $C = 20 \text{ m}$
 G_s = Grado de la curva o curvatura.
 S_c = Subcentro
 G'_s = Subgrado
 CP = Cuerda Principal
 L_c = Longitud de la curva.
 M = Ordenado Media (flecha)
 E = Externa
 T_s = Tangente de salida
 T_e = Tangente de entrada.

figura 5.2 (a) .- Elementos de una curva horizontal
 (alineamiento horizontal)



PIV = Punto de Inflexión Vertical

PCV = Principio de Curva Vertical

PTV = Principio Tangente Vertical

D = Ordenada del punto final de tangencia (PTV)

L = Longitud Horizontal de la Curva.

n = Distancia Horizontal del PCV a un punto cualquiera

Y = Ordenada vertical de un punto cualquiera a partir del eje X (Subrasante)

P = Un punto cualquiera sobre la curva vertical.

Figura 5.2 (b) .- Elementos de una curva vertical

(alineamiento vertical)

Los alineamientos horizontal y vertical no deben ser considerados independientes en el proyecto, puesto que se complementan el uno al otro. Si uno de los dos alineamientos presenta partes pobremente proyectadas, éstas influyen negativamente tanto en el resto de ese alineamiento como en el otro. Por lo anterior, deben estudiarse en forma exhaustiva ambos alineamientos, tomando en cuenta que la bondad en su

proyecto incrementará su uso y seguridad.

Las combinaciones apropiadas de los alineamientos horizontal y vertical se obtienen por medio de los estudios del proyecto definitivo, considerando las siguientes normas generales:

- 1.- Por una razón de orden estético, el trazado debe romper lo menos posible la armonía del paisaje.
- 2.- Las alineaciones deben ser suficientemente largas, unidas por curvas de radios lo mayores que la economía de la obra permita. A ser posible, existirá en todo el trazado la distancia de visibilidad de paso; será imprescindible exista la distancia de visibilidad de parada.
- 3.- No deben emplearse curvas y contra-curvas; es necesaria entre dos curvas consecutivas, una alineación recta de longitud tal que permita efectuar el cambio del peralte.
- 4.- Conviene evitar los cruces de carretera en curvas horizontales o verticales. Si en algún caso excepcional fuesen imprescindibles, estudiar muy bien la visibilidad para las diferentes maniobras de incorporación.
- 5.- No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca de una cima, o de una curva vertical en cresta pronunciada. Esta condición es peligrosa porque el conductor no puede percibir el cambio en el alineamiento horizontal, especialmente en la noche, porque las luces de los coches alumbran adelante

hacia el espacio y en líneas rectas. El peligro puede anularse si la curvatura horizontal se impone a la vertical, por ejemplo construyendo una curva horizontal más larga que la curva vertical.

5.4 .- LA SECCION TRANSVERSAL DEL CAMINO.

La sección transversal del camino en un punto cualquiera de éste es un corte vertical normal al alineamiento horizontal. Permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. En la figura 5.3 se muestran los elementos de la sección transversal que forman un camino.

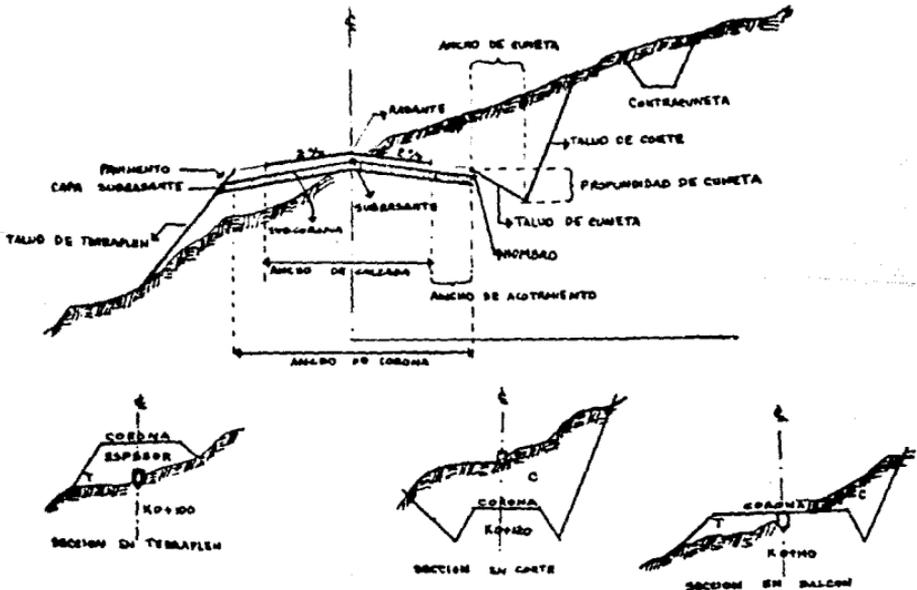


figura 5.3

Proyectar con acierto la sección transversal de un camino es problema complicado, al cual debe el Ingeniero dedicar la máxima atención. De la sección transversal depende, en proporción importante, la capacidad de tráfico de la vía y, al mismo tiempo, la sección transversal pesa fundamentalmente en el costo total de construcción. Por otra parte, para fijar con acierto la sección transversal es imprescindible prever el tráfico futuro que ha de servir, y en esta previsión, no sujeta a la rigidez de una fórmula, es el buen sentido del Ingeniero el que ha de encontrar la solución más conveniente, proyectando con visión amplia del porvenir y, al mismo tiempo, con sentido económico, para no hacer el proyecto irrealizable o, al menos, económicamente inconveniente.

Es aquí, donde el proyectista ha de tener como guía el lema de máxima ambición al proyectar, ejecutando de momento sólo aquello que es estrictamente necesario, pero haciendo posible para el futuro una ampliación fácil y económica; que la falta de visión al proyectar no constituya en el porvenir un obstáculo insuperable para la ampliación.

5.4.1 .- EL PAVIMENTO.

Denominamos pavimento al conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten adecuadamente distribuidas a las capas inferiores, proporcionando la superficie de rodamiento de los vehículos, en donde se debe tener una operación "rápida" y "cómoda" .

El ancho necesario, por vía de circulación, depende de las dimensiones máximas de los vehículos.

La velocidad influye también en el ancho preciso por vía, siendo mayor cuanto más lo es aquélla, porque mayor es la separación necesaria de los vehículos entre sí.

En el Congreso de Carreteras de Washington se aceptó el ancho de 3.5 metros por vía de circulación, dimensión mínima recomendable para carreteras normales. Hoy hay tendencia a proyectar en el ancho por vía de 3.75 m.

5.4.2 .- LA PENDIENTE TRANSVERSAL

El perfil del pavimento en recta, sin separación de tráfico, tiene un punto alto en su eje y pendiente hacia ambos lados, que varía del 1% al 3% , según la clase de pavimento. La razón de la inclinación del pavimento es la necesidad de eliminar rápidamente el agua de lluvia, haciendo que corra a la cuneta; que ésta condición se cumple es necesario para la conservación del pavimento; pero, por otra parte, no es conveniente para el tráfico una pendiente transversal fuerte, que resulte no sólo incómoda, sino, además, peligrosa, pues cuando un vehículo trate de adelantar a otro, a la acción de la fuerza centrífuga que la maniobra origina, se suma la de la pendiente transversal; la acción conjunta de las dos puede ser causa del despista del vehículo, que para adelantar irá a velocidad elevada.

Quando existe pendiente longitudinal no es conveniente que se anule la transversal, como en algunos casos se hace, porque entonces el agua seguirá la dirección del eje de la vía, deteriorará el pavimento y podría llegar a molestar el tráfico. Se prescribe, en general, que el agua tenga que recorrer longitudinalmente, como máximo, el doble del ancho de la vía.

A ambos lados del pavimento se disponen, normalmente, unas zonas denominadas arcenes (margen u orilla, también denominadas zonas de acotamiento); tienen como fin fundamental proporcionar una superficie complementaria, para utilizar en caso de emergencia y donde los vehículos pueden detenerse en perfectas condiciones de seguridad, no sólo para ellos mismos, sino para el resto del tráfico.

La capa superior del arcén puede ser tierra estabilizada con alquitrán, para evitar que la humedad penetre a través de ellos; deben tener una pendiente transversal de 3 a 4% , para que el agua vaya a la cuneta de drenaje.

5.4.3 .- EL DRENAJE DEL CAMINO.

Uno de los elementos que mayores problemas causa a los caminos, sino el que más, es el agua, ya que en general provoca la disminución de la resistencia de los suelos, por lo que se presentan fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Lo anterior, conduce a resolver el drenaje, de tal forma, que el agua se aleje lo más pronto posible de la obra. En consecuencia, podría decirse que un buen drenaje es el alma del camino.

Se define como drenaje artificial al conjunto de obras que sirven para captar, conducir y alejar del camino al agua que puede causarle problemas.

El agua de lluvia, al caer sobre la superficie terrestre, tiene varios destinos; puede escurrir superficialmente, infiltrarse al subsuelo o evapotranspirarse.

Asimismo, al construirse el camino, el agua que se infiltró al subsuelo, tiende a aflorar por los taludes y cama del camino dañando su estabilidad, por lo que es necesario cortar los flujos o profundizar el desnivel de las aguas freáticas.

Si desde la etapa de elección de ruta, no se elige la zona más adecuada, se tendrán problemas durante la vida del camino aumentando innecesariamente los costos de conservación.

Los factores que afectan el escurrimiento del agua son:

- a) Cantidad y tipo de precipitación.
- b) Tamaño de la cuenca.
- c) Declive superficial.
- d) Permeabilidad de suelos y rocas.
- e) Condiciones de saturación.
- f) Cantidad y tipo de vegetación.

En la actualidad, se cuenta con diferentes métodos hidrológicos para obtener el gasto que una cuenca puede aportar; estos métodos se -

clasifican en: empíricos, estadísticos y los basados en la relación -- lluvia - escurrimiento.

Los métodos empíricos están basados en la experiencia de los proyectistas y, en general, requieren del conocimiento del tamaño de la cuenca considerada.

Los métodos estadísticos son los que hacen uso de datos de precipitaciones y escurrimientos que se han registrado durante un largo - tiempo y se basan en los gastos máximos anuales de la corriente de que se trate. Sin embargo, la mayoría de los estudios que se tienen son para corrientes muy importantes y no son aplicables a las cuencas pequeñas que en general cruzan los caminos.

Por último, los métodos basados en la relación lluvia - escurrimiento, requieren de datos de precipitación, así como de algunas características de la cuenca en estudio, su aplicación está limitada a cuencas pequeñas ya que estos métodos fueron desarrollados para áreas hasta del orden de 50 Km^2 .

Además de los métodos hidrológicos, existen también métodos de campo para conocer el gasto de las corrientes que aprovechan estrechamientos, cambios de pendiente, vertederos existentes, etc. El de aplicación más común en el proyecto de caminos por la disponibilidad de los datos que requiere, es el de sección - pendiente, el cual se describe más adelante.

El drenaje artificial se clasifica, según la posición que las obras guarden con respecto al eje del camino, en longitudinal y transversal.

El drenaje longitudinal es aquel que tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar que lleguen al camino o permanezcan en él, de tal manera que no le causen desperfectos; quedan comprendidos en este tipo las cunetas, contracunetas, bordillos y canales de encauzamiento. Se llaman de drenaje longitudinal porque están situadas más o menos en forma paralela al eje del camino.

El drenaje transversal es el que tiene por objeto dar paso expedito al agua que cruza de un lado a otro del camino, o bien, retirar lo más pronto posible el agua de su corona; quedan comprendidos en este tipo de drenaje los tubos, losas, cajones, bóvedas, puentes y el bombeo de la corona.

De acuerdo a la dimensión del claro de las obras de drenaje transversal, se ha convenido dividir a éste en mayor o menor. El drenaje mayor es aquel que requiere obras con claro mayor a 6 m. A las obras de drenaje mayor se les denomina puentes y a las de drenaje menor alcantarillas.

Las cunetas son canales que se hacen a los lados de la cama del camino en cortes y tienen como función interceptar el agua que escurre de la corona, del talud del corte y del terreno natural adyacente, - -

para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal - para alejarla lo más pronto posible de la zona que ocupa el camino.

Para calcular el área hidráulica de las cunetas, será necesario - tomar en cuenta las diferentes características del área por drenar. Se ha considerado suficiente para la mayoría de los casos, la utilización de una sección transversal triangular cuya profundidad sea de 0.33 m , ancho de 1.0 m y con taludes del lado de la corona de 3:1 y del lado del corte, la que corresponde según el material que se encuentre (véase figura (5.4))

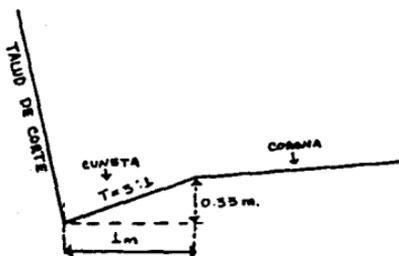


figura 5.4

Las contracunetas son zanjas que se construyen aguas arriba de los cerros de los cortes y tienen como finalidad interceptar el agua - que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada inmediata o parte baja del terreno, evitando que al escurrir por los taludes las erosione y que se aumente el caudal de las cunetas. La figura 5.5 nos

muestra una contracuneta.

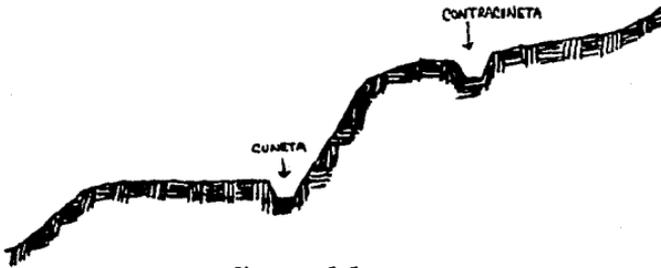


figura 5.5

Un porcentaje alto de fallos de taludes en la red nacional, son provocadas por la presencia de contracunetas, ya sea por la calidad de los materiales en que se encuentran o por la inadecuada localización, al grado, que el criterio de los especialistas se inclina en el sentido de recomendar que en toda la red carretera no se construyan sistemáticamente contracunetas en las zonas que existan cortes, pues en general son mayores los perjuicios que los beneficios que se pueden obtener. Lo anterior es en particular aplicable, cuando las contracunetas no se impermeabilizan.

Por la forma de su sección y al material de que están construidas, las estructuras de drenaje menor (alcantarillas) pueden clasificarse como tubos, bóvedas, cajones, etc. Están siempre alojadas en el cuerpo de la terrecería. La figura 5.6 muestra una alcantarilla de tubo.



figura 5.6 .- Alcantarilla de tubo en un camino en construcción.

El bombeo consiste en proporcionar a la corona del camino, en las tangentes del trazo horizontal, una pendiente transversal del centro del camino hacia los hombros y su función es dar salida expedita al agua que cae sobre la corona y evitar en lo posible que penetre en las terrecerías.

En las curvas horizontales se proporciona al camino una sobre-elevación del hombro exterior con respecto al interior con el fin de contrarrestar la fuerza centrífuga. Dicha sobre-elevación sirve también para dar salida el agua que cae en estas partes del camino, hacia el hombro interior.

El diseño hidráulico de una obra consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra a su entrada;

para ello se requiere un estudio previo que abarca: precipitación pluvial, área, pendiente y formación geológica de la cuenca, además del uso que tendrá el terreno aguas arriba de la alcantarilla.

Para calcular el área hidráulica necesaria en una obra de drenaje, por lo general se utiliza la fórmula de Talbot para alcantarillas y el método de sección - pendiente, utilizando la fórmula de Manning para puentes.

La fórmula de Talbot es la siguiente :

$$e = (0.183) (C) (A)^{3/4} \quad , \text{ en la que :}$$

e = Área hidráulica necesaria de la obra en m²

A = Área hidráulica de la cuenca por drenar en ha

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

Los valores de C son los siguientes :

C = 1 , para terrenos montañosos con suelos de roca y pendientes pronunciadas.

C = 0.65 , para terrenos quebrados con pendientes moderadas.

C = 0.50 , para cuencas irregulares muy largas.

C = 0.33 , para terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es de 3 a 4 veces el ancho.

C = 0.20 , para terrenos llanos, sencillamente horizontales, no afectados por inundaciones fuertes.

En terrenos permeables, estos valores de C, deben disminuirse en 50%, por lo que además de la formación geológica de la zona se debe -

conocer el tipo de cubierta vegetal y el uso futuro del terreno.

El cálculo del área hidráulica para puentes, por lo general se -- lleva a cabo por medio del método de sección - pendiente y aplicando - la fórmula de Manning. Este método es aplicable cuando se tienen arroyos con cauce bien definidos, y en que pueden encontrarse huellas de deja das por las corrientes en las crecientes máximas. Es necesario conocer las dimensiones de las secciones de escurrimiento y la pendiente del arroyo, así como el coeficiente de rugosidad del cauce, que es función del material en su lecho.

En los estudios para puentes, se requiere conocer el gasto máximo que pasará bajo el puente, según el periodo del retorno de avenidas - que se toma, que generalmente es de 25 a 50 años, así como la veloci-- dad del agua y el mayor nivel que alcanzará debido al remanso que se - producirá a causa del estrechamiento de la sección hidráulica por la - presencia del puente, nivel que no deberá ser mayor de 0.40 m del que se tenía antes de la construcción.

Para calcular el gasto máximo de una corriente de agua, es neces^a rio conocer el área hidráulica de diferentes secciones del arroyo y - la velocidad media en cada una de ellas y aplicar la fórmula de conti nuidad:

$Q = AV$, en la que :

$Q =$ Gasto en m^3/s

A = Sección hidráulica en m^2

V = Velocidad de la corriente en m/s

Los estudios, generalmente se llevan a cabo en 3 secciones: una - en el sitio de cruce, otra aguas arriba y la tercera aguas abajo a distancias de 300 a 500 m. entre ellas, de las cuales es necesario conocer la sección transversal, que se levanta por algún procedimiento topográfico.

Teniendo las secciones hidráulicas, se dibujan y se encuentran geoméricamente o con planímetros el área correspondiente a cada sección. (véase figura 5.7)

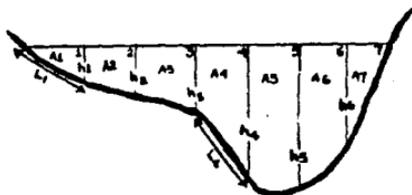


figura 5.7

Para obtener la velocidad (V) de la corriente, se tienen métodos directos en los que se usan molinetes o flotadores, y los indirectos aplicando la fórmula de Manning :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, \text{ en la que:}$$

V = Velocidad de la corriente en m/s

r = Radio hidráulico en m = $\frac{\text{área hidráulica}}{\text{perímetro mojado}}$

m = Pendiente hidráulica de la corriente, en decimales;
(pendiente longitudinal)

n = Coeficiente de rugosidad

El coeficiente n es función del alineamiento, rugosidad y vegetación del cauce y se puede obtener de la tabla 5.1

Cursos naturales de agua	Condición general del cauce				
	Maturaleza del cauce	Muy bueno	Buena	Regular	Mala
1 Limpio, con márgenes rectos, tirante grande, sin bajos ni pozos profundos.		0.025	0.0275	0.030	0.033
2 Limpio, con márgenes rectos, tirante grande, sin bajos ni pozos profundos y con algo de yerbas y piedras.		0.030	0.033	0.035	0.040
3 Sinuoso, con algunos pozos y bancos de arena, limpio.		0.033	0.035	0.040	0.045
4 Sinuoso, con algunos pozos y bancos de arena, limpio, tir. e pequeño y secciones y pendientes menos efectivas.		0.040	0.045	0.050	0.055
5 Sinuoso, con algunos pozos y bancos de arena, con algo de yerbas y piedras.		0.035	0.040	0.045	0.050
6 Sinuoso, con algunos pozos y bancos de arena, tirante pequeño, secciones y pendientes menos efectivas, cauce pedregoso.		0.045	0.050	0.055	0.060
7 Tramos de corriente muy lenta, con mucho yerba o con pozos muy profundos.		0.050	0.060	0.070	0.080
8 Tramos demorado llenos de yerba, y muy poca profundidad.		0.075	0.100	0.125	0.150

Tabla 5.1.- Coeficiente de rugosidad "n" para aplicarse en la fórmula de Manning.

El perímetro mojado, se obtiene midiendo en cada sección hidráulica la longitud de la sección en contacto con el agua.

Se define como radio hidráulico el cociente del área de una parte de la sección entre el perímetro mojado. Para este caso, se toma como perímetro mojado la parte del fondo del arroyo que corresponde a la sección; por ejemplo :

$$\begin{aligned} \text{Sección 1 : Area 1} &= a_1 & \text{Radio hidráulico} &= \frac{a_1}{L_1} \\ \text{Perímetro mojado} &= L_1 & & \\ \\ \text{Sección 4 : Area 4} &= a_4 & \text{Radio hidráulico} &= \frac{a_4}{L_4}, \text{ etc.} \\ \text{Perímetro mojado} &= L_4 & & \end{aligned}$$

Así pues, ya conociendo el Área total (A) y la velocidad del cauce (V) por el método de Manning, podemos aplicar la fórmula de continuidad vista anteriormente : $Q = AV$ y obtener el gasto máximo de la corriente.

Resumiendo este capítulo, en la tabla 5.2 se presentan los valores de las especificaciones geométricas que se toman en cuenta para el proyecto de carreteras; no hay que olvidar que dichas especificaciones surgen con los estudios de la etapa del proyecto definitivo y puede existir un camino especial que tenga sus propias especificaciones, sin embargo, la tabla es de gran ayuda para los proyectistas de la selección de ruta y el proyecto preliminar.

CONCEPTO	TIPO DE CARRETERA																				
	E				D				C				B				A				
EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	TDA																				
TIPO DE TERRENO	MONTAÑO LONERNO PLANO																				
VELOCIDAD DE PROYECTO	km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	100	115	135	155	175	195	215	235	255	275	295	315	335	355	
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	135	180	225	270	315	360	405	450	495	540	585	630	675	720	765	
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA	°	60	50	40	30	20	15	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	
CURVAS	R	CRESTA	m / %	4	7	12	23	34	3	6	8	14	20	4	8	14	20	3	4	5	7
		VALLE	m / %	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	3	4	5	7
VERTICALES	LONGITUD MÁXIMA	m	80	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	30	30	40	40	
PENDIENTE GOBERNADORA	%	7	-	-	6	-	-	-	5	-	-	4	-	-	3	-	-	2	-	-	
PENDIENTE MÁXIMA	%	15	10	7	12	8	6	5	7	5	7	6	4	3	4	3	2	3	2	1	
ANCHO DE CALZADA	m	40	-	-	60	-	-	-	60	-	-	70	-	-	70	-	-	70	-	-	
ANCHO DE CORONA	m	40	-	-	60	-	-	-	70	-	-	80	-	-	80	-	-	80	-	-	
ANCHO DE ACOTAMIENTOS	m	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	1.0	-	-	1.0	-	-	1.0	-	-	
ANCHO DE VALLA SEPARADORA CENTRAL	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	-	2.0	-	-	
BOMBEO	%	3	-	-	3	-	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	
SOBREELEVACION MÁXIMA	%	10	-	-	10	-	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	-	10	-	-	

Tabla 5.2

CAPITULO VI .- ECONOMIA DEL CAMINO

6.1 .- GENERALIDADES.

El transporte es factor fundamental de la economía y del desarrollo de un país, hay que considerar en él conjuntamente los diferentes medios que lo integran; para su eficacia y rendimiento es imprescindible hacerlo así; los distintos medios de transportes, considerados aisladamente, no forman el instrumento que la economía de un país exige.

Las obras de ingeniería deben construirse en la forma más económica posible, pero cumpliendo cabalmente con las finalidades para las cuales fueron proyectadas; se debe entender que una obra es económica cuando la suma de los costos de construcción, conservación y operación son mínimos en relación con otras alternativas consideradas.

En nuestro caso diremos que: tan antieconómico, desde el punto de vista nacional, es proyectar una carretera con características de lujo para un tráfico escaso, como hacerlo con características pobres para un tráfico intenso.

Como el tráfico es muy diferente entre un camino tipo A y un camino tipo E, han de ser muy distintas las características técnicas que llevan estas vías: anchos, curvas, pendientes, firmes, etc. han de estar en relación con el tráfico que el camino ha de servir; lo contrario no estaría económicamente justificado; hay que lograr que la inversión esté en proporción con el servicio que la vía preste a la economía.

Por tanto, el primer problema que se plantea es el de conocer el tráfico existente en una vía y/o prever el futuro, pues solo así se podrá escoger la solución técnicamente recomendable.

Así pues, para que un diseño cumpla con el requisito de economía, deben contarse con especificaciones de proyecto apropiadas, las cuales deben estar de acuerdo con el volumen de tránsito y de la topografía del terreno (ver la última tabla del capítulo anterior - tabla 5.2 -)

La velocidad de proyecto, la longitud y la pendiente del camino, son 3 factores que se pueden conjugar en tal forma que dan un sin número de soluciones, pero cada uno es función de los otros, por ejemplo, si se quiere aumentar velocidad, hay que disminuir pendiente, al disminuir pendiente se aumenta longitud de desarrollo y así sucesivamente, todo esto tiene un límite y el menor costo de construcción es el que debe imperar.

De acuerdo con lo anterior, puede decirse que no deben hacerse proyectos sin tener antes bases firmes de que el estudio que se llevó a cabo fué el resultado de la mejor elección, que no dejaron de verse todas las posibilidades y que por lo tanto es el económico.

Un buen estudio de anteproyecto por costoso que resulte siempre es barato, pues se sabe que son más costosas las fallas de proyecto que se reflejan en una obra ya terminada, que el costo adicional que significarían los estudios necesarios para reducir o eliminar la posibilidad de las fallas.

6.2 .- COSTOS DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE UN CAMINO.

Influye la calidad del terreno en el costo de la construcción y el mantenimiento del camino. El precio de la excavación en roca puede ser 4 ó 5 veces el de la excavación en tierra; la necesidad de consolidar y drenar debidamente las obras de tierra construidas con un suelo de malas características o en una zona con agua en el terreno, puede valer varias veces el costo de las mismas en obras en una zona de buenas condiciones.

El conocimiento de la naturaleza del terreno atravesado nos indicará si los suelos obtenidos de la excavación pueden o no ser empleados en los terraplenes, o si conviene usar para éstos, préstamos de suelos de mejor calidad.

En general, el movimiento de tierras más conveniente es aquel en el cual existe compensación económica entre el corte y el terraplén; pero el cumplimiento de esta condición no debe llevar a la utilización de suelos deficientes para la formación de terraplenes, sin antes considerar la conveniencia económica del empleo de otros de préstamo, de mejores condiciones técnicas.

Los taludes del camino, en corte o terraplenes, deben tener un ángulo mínimo para su estabilidad que depende de la naturaleza del terreno. Los taludes mínimos producen un menor volumen de movimiento de tierras; pero la solución de los taludes mínimos no es, normalmente, la más conveniente desde el punto de vista de la explotación del camino,

y en casos puede no ser la más económica; los taludes muy verticales - se erosionan fácilmente, especialmente en ciertos tipos de suelos; ello es peligroso para el tráfico, pues taludes al principio estables, pueden dejar de serlo por causa de la erosión, y no hay que perder de vista que la corrección de un talud escaso, de corte o terraplén, con la carretera abierta al tráfico, es difícil, muy costosa y peligrosa su ejecución para los operarios que la ejecutan y para el uso de la carretera.

Cuando los taludes en tierra pudieran tener desprendimientos se pueden estabilizar con plantaciones de especies con raíces múltiples - que evitan la erosión.

Hoy la tendencia en casos normales es emplear taludes lo más tendidos posibles, hasta 4:1; fijar el talud es un problema económico; naturalmente, cuanto mayor sea su altura, mayor será el aumento de movimiento de tierras que produce el tenderlo; influye también en el costo el tipo de terreno en que se desarrolle el trazado; cuanto más montañoso sea, mayor aumento de tierras producirá al tender los taludes; en todo caso, y para suelos fácilmente erosionables, no deben emplearse - taludes menores de 2:1 .

Las ventajas de los taludes tendidos son evidentes; más estables y menos sujetos a la erosión, son más económicos de conservación; pueden en ellos realizarse fácilmente plantaciones, dan mayor visibilidad en las curvas de los cortes y, por último, son mucho más seguros para

el tráfico en caso de accidente.

La A.A.S.H.T.O. recomienda la tabla 6.1 para la determinación de taludes en diferentes tipos de terrenos.

Altura del terraplén o corte (m)	Talud: Horizontal e vertical para un Tipo de Terreno.		
	LLANO	Moderadamente Accidentado	Accidentado
0 - 1.2	4:1	4:1	4:1
1.2 - 3.0	4:1	3:1	2:1
3.0 - 4.5	3:1	2 1/2:1	1 3/4:1
4.5 - 6.0	2:1	2:1	1 1/2:1 *
más de 6.0	2:1	1 1/2:1 *	1 1/2:1 *

* En suelos arcillosos o limosos sujetos a erosión, no deben usarse taludes menores de 2:1 .

Tabla 6.1

Se recomienda que para la conservación de los caminos, se les divida en cuatro categorías, que van del estado 1 al estado 4 .

Estado 1 .- Caminos en buen estado, con características adaptadas al tránsito con buen alineamiento geométrico que ofrezca seguridad y comodidad al tránsito.

Es decir, que tengan un buen índice y nivel de tránsito.

Estado 2 .- Caminos con pequeños problemas superficiales y con muy pocos problemas de drenaje y zonas laterales.

Estado 3 .- Caminos con problemas de deterioro en la calzada, - caracterizados principalmente por agrietamientos y pequeñas deformaciones superficiales debidas principalmente al agua que se infiltra de la superficie de las capas inferiores y hace que éstas disminuyan su capacidad de soporte. Defectos medianos en el drenaje y zonas laterales.

Estado 4 .- Caminos con fuertes problemas de deterioro superficial caracterizados por fallas de todo tipo que provocan incomodidad - al usuario hasta presentar riesgos para su seguridad. Zonas laterales de drenaje con problemas. Este estado del camino provoca grandes pérdidas de tiempo y altos costos de operación a los usuarios.

La conservación normal se realizará a los caminos en estados 1 y 2 ; la rehabilitación a los que estén en estado 3 y reconstrucción a los que se encuentren en estado 4 .

6.3 .- COSTOS DE OPERACION DE LOS VEHICULOS DE MOTOR

Los buenos sistemas de transportes benefician a los usuarios de - vehículos de motor mediante la reducción de los costos de funcionamiento de los vehículos, ahorros de tiempo, reducción de accidentes, mayor comodidad y facilidad de manejo.

No existe ninguna respuesta sencilla a la pregunta: ¿Cuánto cuesta operar un vehículo de motor? Sin embargo, una contestación razonable constituye un requisito para el diseño económico de las carreteras.

Mucho es lo que se sabe ya acerca de los costos de los vehículos de motor, y todavía queda mucho por determinarse mediante experimentación y estudio.

Ciertos gastos de operación aumentan más o menos directamente con el número de kilómetros recorridos; en otras palabras, su costo por vehículo-kilómetro es relativamente constante. En esta clasificación -- caen renglones tales como los de combustible, llantas, aceite, mantenimiento y reparaciones, y aquella porción de la depreciación que pueda atribuirse al desgaste.

Algunos costos dependen total o parcialmente de la velocidad. El más importante de estos costos es el valor del tiempo del vehículo, del operador y del pasajero, y también puede decirse que estos costos varían inversamente con respecto a la velocidad.

De los costos citados anteriormente, aquellos que varían con el kilometraje o la velocidad, son frecuentemente afectados por los mejoramientos en los caminos. De aquí se deduce que éstos tienen una particular importancia en los estudios de economía de caminos, porque la justificación del mejoramiento de las carreteras depende en gran medida de los ahorros en los costos de operación.

Por otra parte, algunos de los costos de operación que varían primordialmente con el kilometraje recorrido, tales como el consumo de combustible, el aceite y el desgaste de llantas, puede también ser --

influidos por la velocidad y otros factores tales como el congestionamiento del camino.

La cantidad de combustible para motor consumido por Kilómetro viajado varía, para cada vehículo en particular, con el modelo, peso y tamaño, la pericia del operador, ajuste de la máquina, velocidad, grado de congestionamiento del camino, la superficie del camino, grado o pendiente del camino, curvatura o sobre elevación, el número y duración de paradas, temperatura y elevación sobre el nivel del mar, etc.

La fig. 6.1 muestra al consumo de gasolina en lt/km. para camiones de pasajeros operando en carreteras de doble circulación.

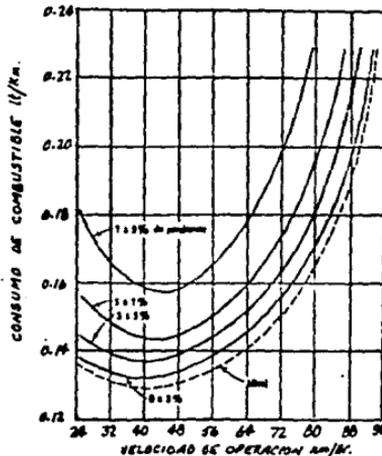


figura 6.1 .- Consumo de combustible para un automóvil de pasajeros típico en una carretera recta, de dos carriles y de bajo volumen de tránsito.

El congestionamiento del tránsito aumenta el consumo de combustible. Cuando el tránsito es muy ligero, un promedio de velocidad del conductor casi coincide con la velocidad a la que desea viajar (velocidad nominal). Cuando la congestión aumenta, el conductor hace repetidos cambios de velocidad, y esto absorbe combustible adicional.

Las pendientes también afectan al consumo de combustible. Estudios diversos han llegado a conclusiones diferentes, pero todas concuerdan en que el consumo de gasolina en pendientes positivas aumenta y en pendientes negativas baja respecto al que se tendría operando en caminos a nivel.

Al aumentar la pendiente aumenta el tiempo de recorrido, el consumo de combustible y aceite y hay un mayor desgaste de neumáticos. Por otra parte, al disminuir la velocidad disminuye el tráfico que la vía puede servir; se reduce la capacidad de la misma. En definitiva, el aumento de pendiente representa, si consideramos el tiempo de recorrido, un aumento virtual de longitud.

En los vehículos pesados la influencia económica de la pendiente es mayor que en los vehículos ligeros, la velocidad decrece más rápidamente a medida que la pendiente aumenta.

En la figura 6.2 se muestra el aumento de longitud adicional -- por razón de la pendiente en vehículos ligeros y pesados.

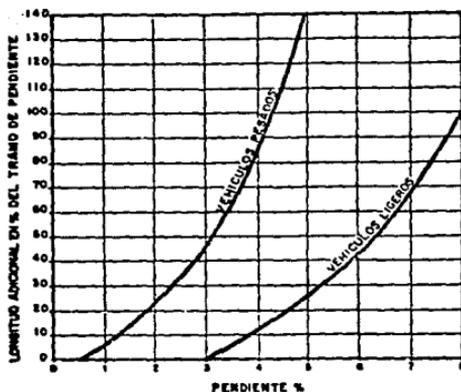


figura 6.2 .- Tanto por ciento de longitudes adicionales de los tramos en pendiente.

El tipo de superficie tiene también efectos marcados en el consumo de combustible; las superficies sueltas tales como las de grava sin tratar bajan el rendimiento a cerca de 1 Km/lt, comparadas con las superficies pavimentadas lisas.

La influencia del diseño de carreteras sobre el consumo de aceite es difícil de aislarse. Se han acumulado datos para probar que el consumo de aceite aumenta con la velocidad, y que se utiliza progresivamente más aceite cuando la carretera cambia de pavimentada a revestida con grava suelta y a no revestida. Los datos del comité de la AASHTO indican que, como un promedio, los vehículos de pasajeros viajando a 50 Km/hr. usan 1 litro de aceite en cada 460 km.; a 97 Km/hr. se gasta

el mismo litro de aceite en un recorrido de 160 km. El consumo en caminos no revestidos es más o menos el doble que en superficies pavimentadas.

Los resultados de algunas pruebas muestran que el desgaste de las llantas está influenciado por el tipo de superficie, velocidad, pendiente, curvatura y grado de congestionamiento.

La figura 6.3 de los datos del comite de la AASHTO muestra los kilometrajes promedio estimados en la vida de las llantas para operación en carreteras rectas y en nivel. La velocidad y el tipo de superficie son variables conocidas.

Debe notarse que el desgaste de las llantas aumenta rápidamente con los aumentos en la velocidad; por ejemplo, el desgaste sobre un pavimento a 85 Km/hr. es tres veces mayor que a 53 Km/hr.

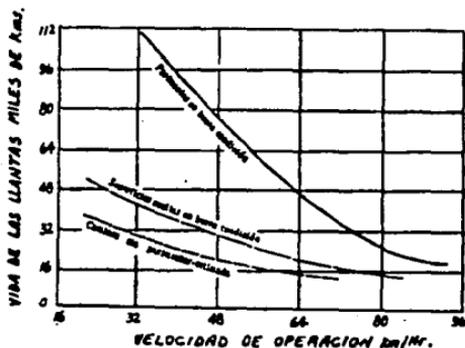


Figura 6.3.- Duración de las llantas en miles de Kilómetros para carros de pasajeros en carretera recta y a nivel.

6.4 .- COMENTARIOS FINALES.

La licenciatura de Ingeniería Civil en la Escuela Nacional de - - Estudios Profesionales "Aragón", no cuenta hasta estos momentos con - alguna materia específica referente al proyecto de Vías Terrestres; - sin embargo, es de esperarse por el bien de los alumnos que en un futuro no muy lejano, dicha materia sea impartida en esta escuela; mientras tanto, el presente trabajo pretende servir de apoyo para las personas interesadas en saber cómo puede llevarse a cabo el Proyecto de un Camino, en especial el aspecto relacionado a la Selección de Ruta - y al Proyecto Preliminar.

Como ya se ha mencionado, un estudio de carreteras es un estudio muy completo ya que abarca conocimientos de casi todas las áreas de la Ingeniería Civil, sin embargo, en el trabajo aquí realizado, fué necesario dar fluidez en algunos puntos no profundizando demasiado en - - ellos (por el tiempo que esto abarcaría), pero procurando que tuvieran la continuidad necesaria para poder entender lo que es el Proyecto de Caminos.

Así pues, podemos concluir brevemente el trabajo visto aquí presentando los siguientes puntos:

- 1.- Dentro de la infraestructura del país, los caminos son factor fundamental para lograr el crecimiento y desarrollo del mismo, con lo cual se busca dejar de pertenecer a la clase

de países sub-desarrollados.

- 2.- La evolución de la Red Carretera Nacional, en los últimos años, se ha venido dando a un ritmo muy rápido, acorde con los tiempos presentes, y es de esperarse que siga así para seguir contribuyendo con el desarrollo del país.
- 3.- La S.C.T. cuenta con una metodología de tres etapas para el Proyecto de un Camino : a) Selección de Ruta, b) Proyecto Preliminar y c) Proyecto Definitivo.
- 4.- La Selección de Ruta y el Proyecto Preliminar son de gran importancia en el Proyecto de caminos, ya que el éxito del mismo depende en gran medida de la aplicación adecuada de estas dos etapas.
- 5.- La Selección de Ruta y el Proyecto Preliminar pueden llevarse a cabo por dos métodos diferentes: a) el Método Convencional y b) el Método Fotogramétrico-Electrónico ; dependiendo de la vegetación, configuración topográfica, plazo de ejecución y de la accesibilidad a la zona, se elige el método a utilizar.
- 6.- En realidad, el Método Fotogramétrico-Electrónico se ha venido utilizando con mayor auge que el Método Convencional, pues el uso de las fotografías aéreas y los aparatos de -

restitución con que cuenta la S.C.T. son de gran ayuda y dan mayor rapidez en los reconocimientos y configuraciones topográficas.

- 7.- No hay que olvidar que para llevar a cabo un Proyecto de Caminos, es imprescindible hacer un análisis socio-económico y no únicamente técnico, en el que se contemplen todas las variables posibles; hay que aplicar la planeación de una manera adecuada para la programación de los caminos y construir únicamente los caminos que sean rentables.

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

- Clarkson H. Oglesby, Laurence I. Hewes,
Ingeniería de Carreteras
C.E.C.S.A. , México, 1959

- Escario José Luis, Nuñez del Pino,
Camino Vol. I
Dossat. S.A. , Madrid, 1976

- Meguel Sarmiento Bernardo
Apuntes de la Clase de Carreteras
U.N.A.M. , Facultad de Ingeniería, México, 1975

- Montes de Oca Miguel
Topografía
R.S.I.S.A. , México , 1981

- Olivera Bustamante Fernando
Apuntes de Vías Terrestres
Instituto de Vías Terrestres de la Universidad del Cauca,
Popayan Colombia

- Olivera Bustamante Fernando
Estructuración de Vías Terrestres
C.E.C.S.A. , México , 1986

- Orosco y Orosco Juan M. , Sotelo Rodríguez Arturo
Aplicación de Técnicas de Fotogrametría y Fotointerpretación en Proyectos Viales
(XV Congreso Panamericano de Carreteras, México 1986)
S.C.T. , México , 1986

- Pérez Avila Noe
Cómo Hacer mi Tesis
Edicol , México , 1981

- Rodríguez Moctezuma José
Apuntes de Vías Terrestres (Caminos)
México , I.P.N.

- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas
Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras
S.A.H.O.P. , México , 1977

- Tognio Francisco M.
Ferrocarriles
R.S.I.S.A. , México, 1979

- Toscano Ricardo
Métodos Topográficos
Porrúa , S.A. , México , 1974