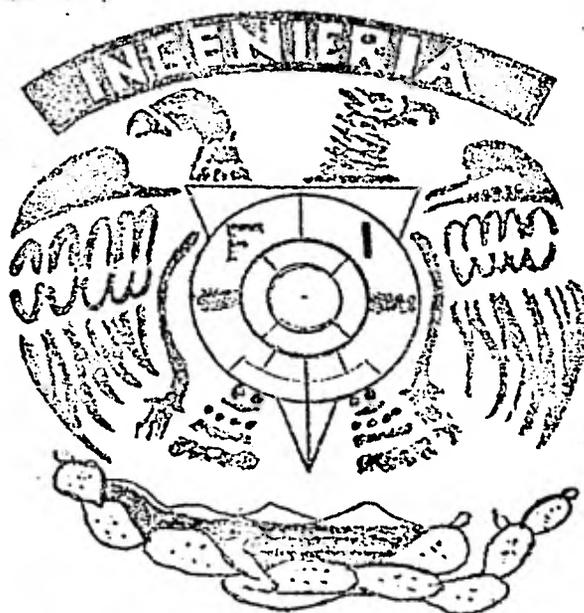


F A C U L T A D D E I N G E N I E R I A  
U N A M

" LA FOTOGRAMETRIA EN EL PROYECTO  
GEOMETRICO DE CARRETERAS "

*2ej 162*



T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A:  
EDUARDO SOLEDAD AGUILERA

México, D.F., 1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I INTRODUCCION

La elaboración de proyectos de ingeniería que vayan de acuerdo con la tecnología actual obliga a una continua renovación de procedimientos utilizados en el proyecto de obras civiles.

En las vías terrestres antiguamente el trabajo que representaba la elaboración de un proyecto carretero implicaba trabajos enormes, principalmente con los reconocimientos preliminares, que tenían que hacerse a pie o con medios de transporte rudimentario a base de tracción animal como son: el caballo, u otro similar, y solo así podía el ingeniero encargado del proyecto, realizar sus observaciones necesarias.

Después con la evolución de los medios de transporte era necesario volar en helicoptero o avioneta, en la que viajaba todo un equipo consistente en: un ingeniero localizador, un geólogo y especialista en planeación por lo menos, con lo -- que se empezaba a trabajar.

Actualmente es posible que todo este equipo puede trabajar en gabinete con fotografías areas y aparatos estereoscopicos,

y solo verificar algunas interpretaciones en campo para así - tener seguridad absoluta de sus apreciaciones, cálculos y cri- terios en la observación de las fotografías aéreas.

Los aparatos de restitución y fotografías pueden utilizarse - para múltiples trabajos de ingeniería ya sea a partir de pla- nos topográficos que se obtienen de fotografías aéreas, mo- - saicos, o con las fotografías mismas con un sencillo estereos- copio de espejos y un par estereoscópico que consiste en un - par de fotografías, enfocados a un mismo lugar desde distin- - tos ángulos. En éste se puede apreciar una maqueta en tercera dimensión y poder determinar el lugar mas indicado del paso - de alcantarillas o posibles soluciones de localización de pun- tos obligados tales como cruces de ríos, puertos, etc., que - se toman a partir de criterios topográficos asi como localiza- ción de bancos de materiales por medio de fotointerpretación, y verificación in situ.

Para que sea posible tener un buen uso de los procesos fotogra- métricos, en especial con los planos topográficos y mosaicos, es necesario tener datos suficientes con los que se pueda dar escala a los modelos, el cual consiste en un control vertical y otro horizontal que son poligonales y nivelaciones; para - - - estos efectos solo es necesario triangulaciones o trilateracio- nes que son mucho mas económicas y rápidas que un levantamien- to tradicional.

En el presente trabajo se pretende enunciar los pasos y principios que se requieren para poder realizar un proyecto geométrico de carreteras por métodos fotogramétricos, puntualizando en las ventajas que esto ofrece en muchos casos, tanto en el ahorro económico, como de tiempo, en comparación con los procedimientos tradicionales.

Es necesario señalar también sus limitaciones ya que no se puede aplicar indiscriminadamente debido precisamente a la dificultad que se presenta para poder dar escala a los modelos en lugares donde existe mucha vegetación y no es uniforme en su altura ya que puede conducir a errores considerables, así como dificultad en dar escala a las fotografías, las cuales están directamente relacionadas con la altura de vuelo y en cantiles por ejemplo no se puede obtener una escala media que pueda ser confiable.

Aún con los inconvenientes anteriores, la precisión que se logra en tales procedimientos es comparable, o mejor aún que las logradas por procedimientos tradicionales.

También el clima es un factor muy importante ya que existen lugares como en el sureste en que es difícil tener cielo despejado para poder tomar fotografías, pues estas deben estar libres de nubes y claras para que realicen su función.

El empleo de la computadora actualmente ahorra gran cantidad de trabajo pues los aparatos de restitución pueden dar lista

dos de coordenadas importantes para el proyecto, a partir de -  
los cuales se puede arear y realizar el cálculo de la curva ma  
sa y la compensadora, para movimientos de tierras y acarreos.  
También se utiliza en la propagación de coordenadas del apoyo  
terrestre, necesario para poder restituir, cuando lo hacen con  
la computadora, se dice que se realiza una aerotriangulación -  
analítica aunque lo mas usual es que la realicen graficamente  
ya que ésta la pueden realizar los operadores de aparatos de  
restitución de primer orden.

## II FOTOGRAMETRIA

Según el manual de fotogrametría de la sociedad americana de fotogrametría.

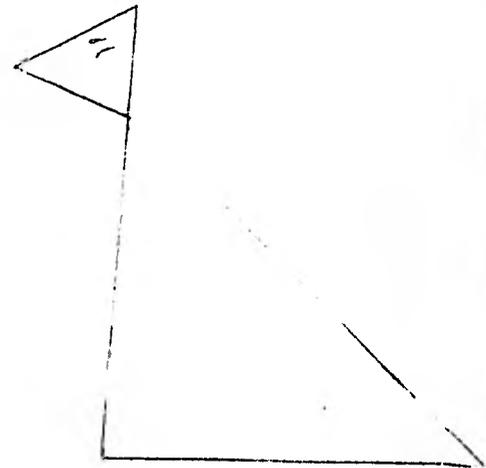
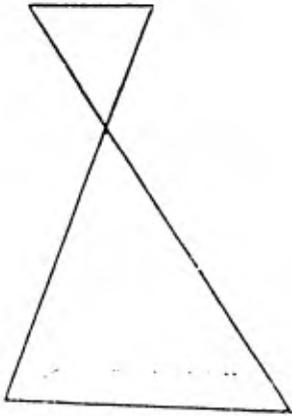
Fotogrametría.- es la ciencia o arte que trata de la obtención de medidas confiables por medio de fotografías a fin de determinar la característica geométrica (tamaño, forma y posición) del objeto fotografiado.

Existen dos aspectos principales de clasificación:

Fotografía Aérea

Fotografía Vertical 1

Fotografía Oblicua 2



Fotografía Terrestre

Obtenida con teodolito  
(este tipo de trabajo  
en acantilados)

La fotografía para fines  
interpretativos

Agrología  
Geología  
Uso actual del suelo  
Forestales  
Ecología  
Contaminantes y otros

Fotogrametría de una sola imagen en la que se miden coordenadas bidimensionales en el plano de las fotografías y posteriormente puedan transformarse en coordenadas tridimensionales.

Fotogrametría de doble imagen o estereofotogrametría en la que se forma un modelo óptico tridimensional en un par de fotografías convenientemente orientadas.

Las fotografías deben ser tomadas en determinados intervalos entre las estaciones (base) para obtener el traslape adecuado.

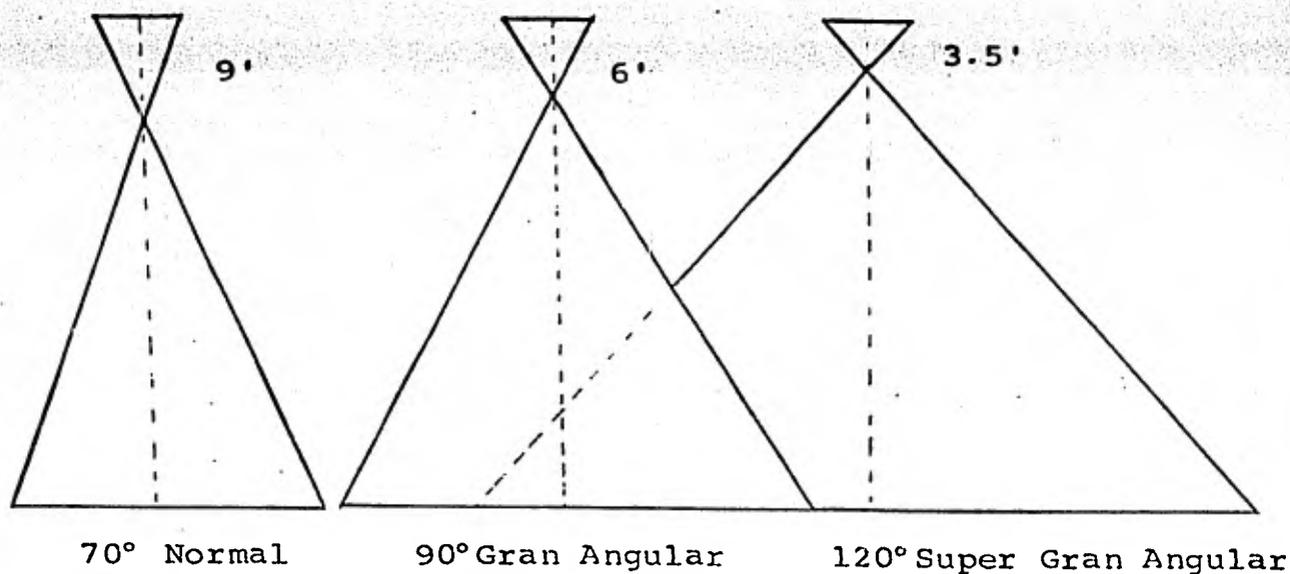
#### VUELOS FOTOGRAFICOS

De acuerdo a las necesidades del objetivo del trabajo, será necesario elaborar un plan de vuelo, en el que se contemplara: el sentido de las líneas de vuelo, el tiempo necesario para -

la toma de las fotografías, etc., en función del equipo con - que se cuente y el tipo de estudio de que se trate, y se de-- terminara la altura de vuelo para obtener la escala media que se necesite, se tomara en cuenta para prever el tiempo de vuelo, y por consiguiente el combustible.

Para ello habra que realizar y cumplir con las siguientes --- características:

- a).- Dibujar en un mapa la zona por levantar fotograficamente.
- b).- Checar tiempo en la zona por volar con el objeto de obtener fotografías de buena calidad.
- c).- Los factores mas importantes son: tiempo despejado sin - muchos vientos con el fin de evitar derivas y giros.
- d).- Las líneas de vuelos serán paralelas entre si en una to- lerancia en su alineamiento de mas o menos 5° tratando - siempre de mantener una altitud constante, con el fin de mantener una escala uniforme.
- e).- Sobre posición longitudinal.- ésta varía entre el 50 y - 60% para que sirva adecuadamente para su restitución.
- f).- Sobreposición lateral, variara entre el 15 y 30% y es negcesaria para ligar las líneas de vuelo como un conjunto.



### CALIDAD FOTOGRAFICA

Se dedica especial atención a la calidad de los negativos.

la bondad de las diapositivas, mosaicos o cualquier otro trabajo se derivan de la calidad del negativo.

Si una copia de contacto no fuera satisfactoria podrá cambiarse el tipo de papel, podrá darse otro tipo de exposición, usarse otro revelador etc., hasta que se obtenga el resultado deseado, aún cuando se pierda un poco de dinero y tiempo. Pero si un levantamiento fotográfico existieran negativos defectuosos nos traería problemas de mucha consideración.

La calidad fotográfica depende de:

a).- Iluminación y contraste del objeto fotografiado.

La iluminación del terreno fotografiado no es controlable ni constante, varia con la época del año por la diferente iluminación solar y diariamente por la rotación diferente, y la luz llega al terreno dependiendo de las condiciones atmosféricas locales.

b).- Camara Fotográfica.

Influye sobre la fotogrametría y definición de las fotografías, siendo su contribución casi constante en toda la imagen, y el conocimiento de estas características permite formar un criterio para evaluarlas.

La distorsión. En teoría una camara de 1er orden o una de 2° orden puede ser eliminado por procesos posteriores pero la resolución no.

Afortunadamente se asocia en una camara una buena resolución y poca distorsión y no existen cosas contrarias.

Durante la operación, los errores mas frecuentes son, la exposición, subsión inadecuada y operación a temperaturas muy bajas, en el 1° de los casos se producen fotografías desafocadas inútiles, en el 2° se producen cambios dimensionales en la camara, y se modifican los índices de refracción.

c).- Tiempo de Exposición.

Durante este tiempo el avión se desplaza, originando un distorsionamiento de imagen sobre el plano focal, este desplazamiento es función del tiempo, altura y velocidad del avión.

d).- Proceso de Revelado.

Este proceso consiste en poner mucho cuidado al extraer el rollo de la cámara fotográfica, el proceso de revelado, consiste en pasar por una serie de líquidos la película con lo que se obtienen los negativos, en un lugar adecuado sin luz salvo un filtro de luz roja, que evite entre iluminación exterior y vele la película.

Revelador: Revela la película

Interruptor: Detiene el proceso de revelado para darle tonalidad y contraste al negativo.

Fijador: Fija la imagen cuando ya esta bien contrastada.

Proceso Revelado

Lavado: Quita los exedentes químicos de proceso y no perjudique al negativo.

Secado: Sirve para que no se manche la película y pueda copiarse.

Datos que deberán aparecer en una fotografía aérea

Nombre del Propietario

Fecha de Vuelo

Escala de Vuelo

Número de Línea

Número de Foto

## Marcas fiduciales

### MOSAICO FOTOGRAFICO

Hay 3 tipos de mosaico:

a).- Mosaicos índice de vuelo (Fotoíndice)

b).- Mosaico controlado

c).- Mosaico sin control

a).- Mosaicos índice de vuelo.- Son aquellos que contienen el cubrimiento fotográfico de la zona. En este mosaico índice de vuelo aparecen las fotografías ordenadas tal y como fueron tomadas originalmente, formando un panorama de la zona de vuelo con el fin de checar la cobertura de la zona y las derivas aceptables.

b).- Mosaico fotográfico controlado.- Este mosaico se realiza con apoyo topográfico o bien con planos existentes que sirvan de base para la rectificación de las fotografías, con lo que se podrán obtener áreas y características mas reales por estar éstas a escala.

c).- Mosaico fotográfico sin control.- Es aquel que para su ensamblado unicamente se toman en cuenta los detalles naturales y artificiales que aparecen registrados en la fotografía.

### TRIANGULACION RADIAL

Es el método mas utilizado para ajustar los mosaicos a escala con el apoyo con que se cuenta.

## RESTITUCION FOTOGRAMETRICA

Puede entenderse como un proceso, que permite la elaboración de mapas y planos por medio de fotografías aéreas y/o también terrestres.

Este proceso empieza desde la toma de fotografías en orden - progresivo y a un porcentaje de traslape que permite hacer la observación esteroscópica.

## ESTEROSCOPIA

La esteroscopia es un fenómeno VIRTUAL POR MEDIO DEL CUAL es posible ver los objetos fotografiados en 3a dimensión a través de su imagen correspondiente.

## TIPOS DE ESTEREOSCOPIO

Los estereoscopios de bolsillo tienen en general lente plano convexo cuya distancia focal es de 80 mm.

## ESTEREOSCOPIOS DE ESPEJOS

Por lo general tienen una distancia focal de 300 mm., a los cuales se agregan binoculares de 4 u 8 ampliificaciones según su tamaño.

## APARATO DE RESTITUCION

Las máquinas fotogramétricas se dividen en 1°, 2° y 3er orden. Entre las máquinas de 1er orden se encuentra el estereoplanígrafo, el A-7, C-8 y autografo A-10 etc.

Maquinas de 2° orden.- Se encuentran el A-5, B-8, Balplex, -- Multiplex y Kelesk

Máquinas de 3er orden.- Entre estas máquinas se encuentra el estereomicrometro de Santony y el esteotopo de Zeeiss y el estereogratometro.

### ESCALA DE FOTOGRAFIAS AEREAS

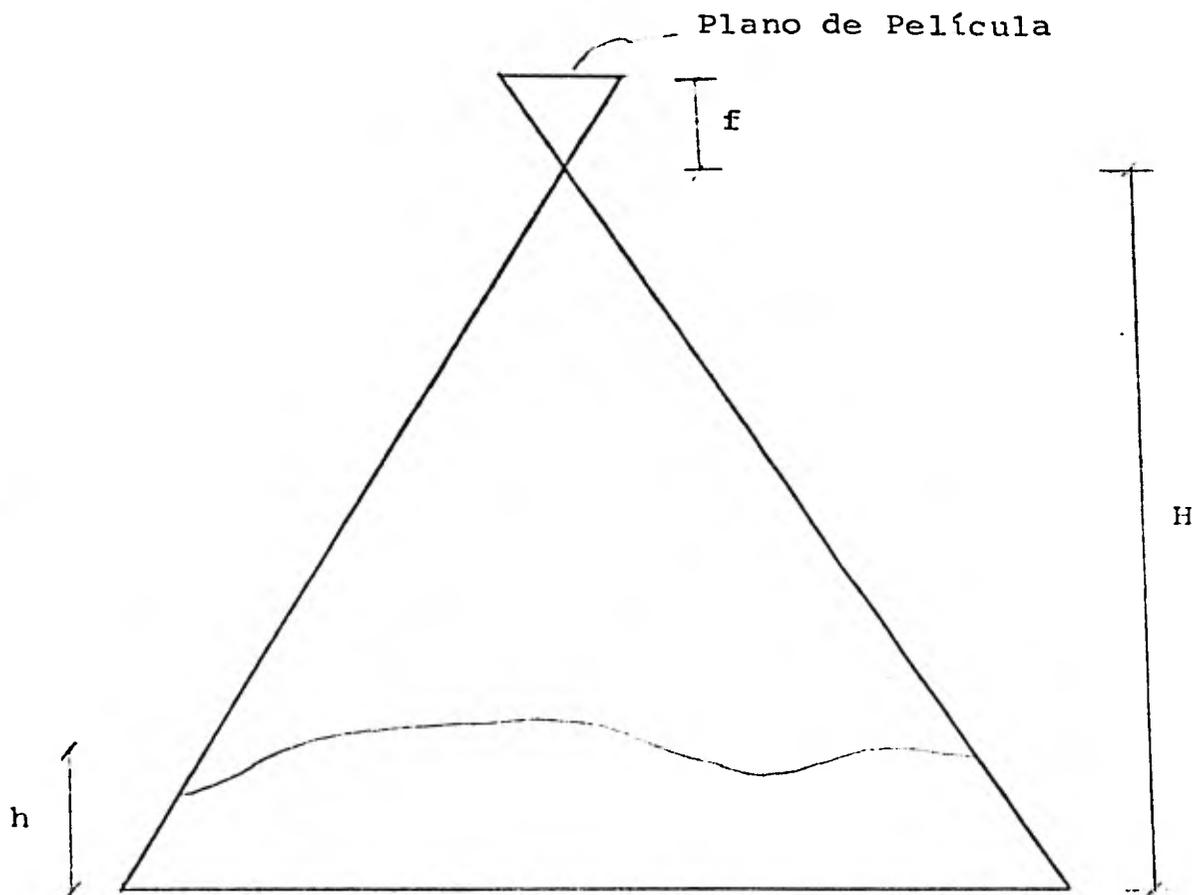
Definición: La escala fotográfica es la relación que existe entre una imagen en la fotografía y un objeto en el terreno.

### CALCULO DE ESCALAS FOTOGRAFICAS

Esc =  $E = \frac{f}{H-h}$  en la cual  $f =$  Distancia focal de la cámara

$E = \frac{f}{H-h}$  H - altura sobre el N.M.M.

h - elevación del terreno sobre el N.M.M.



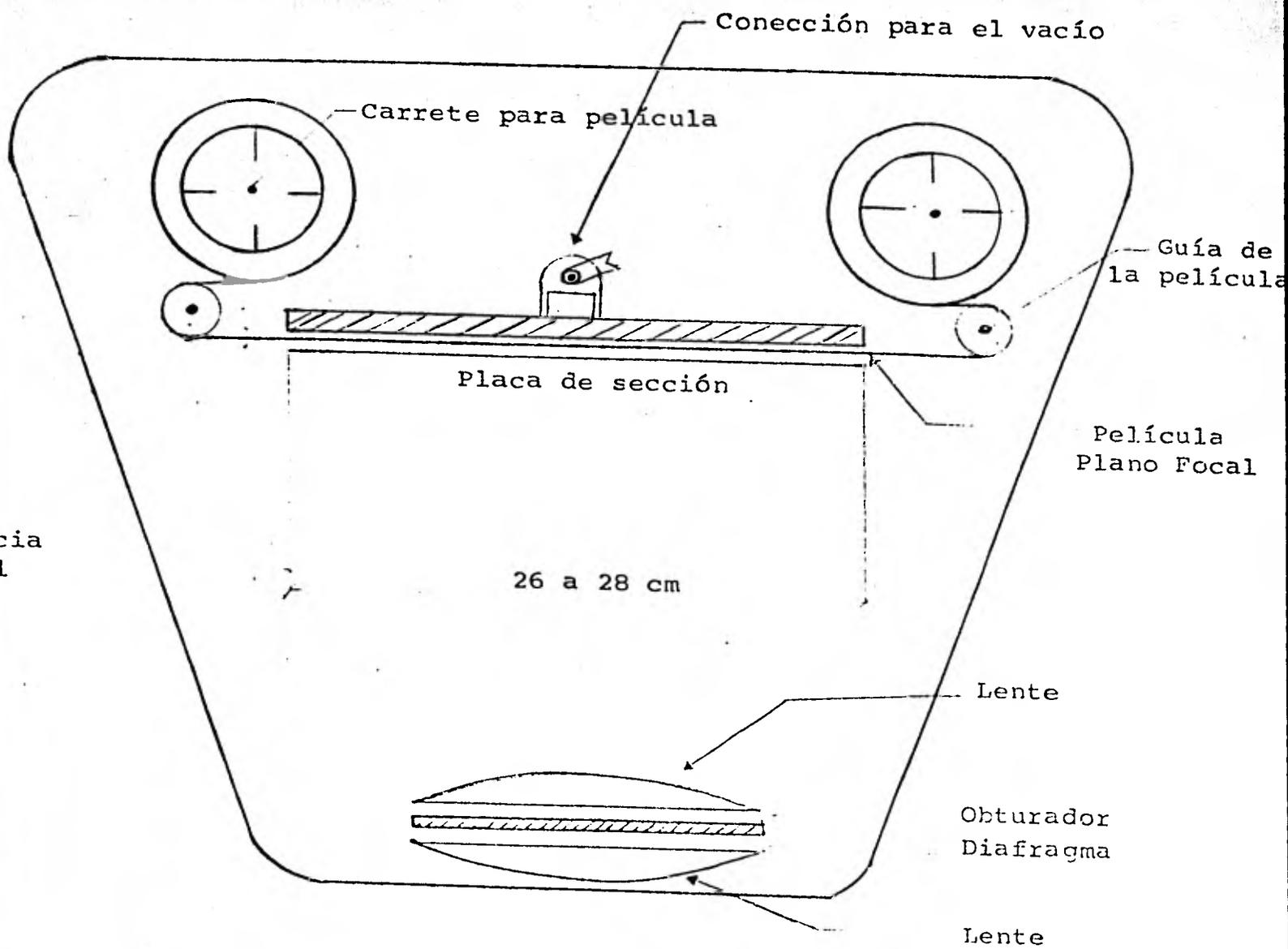
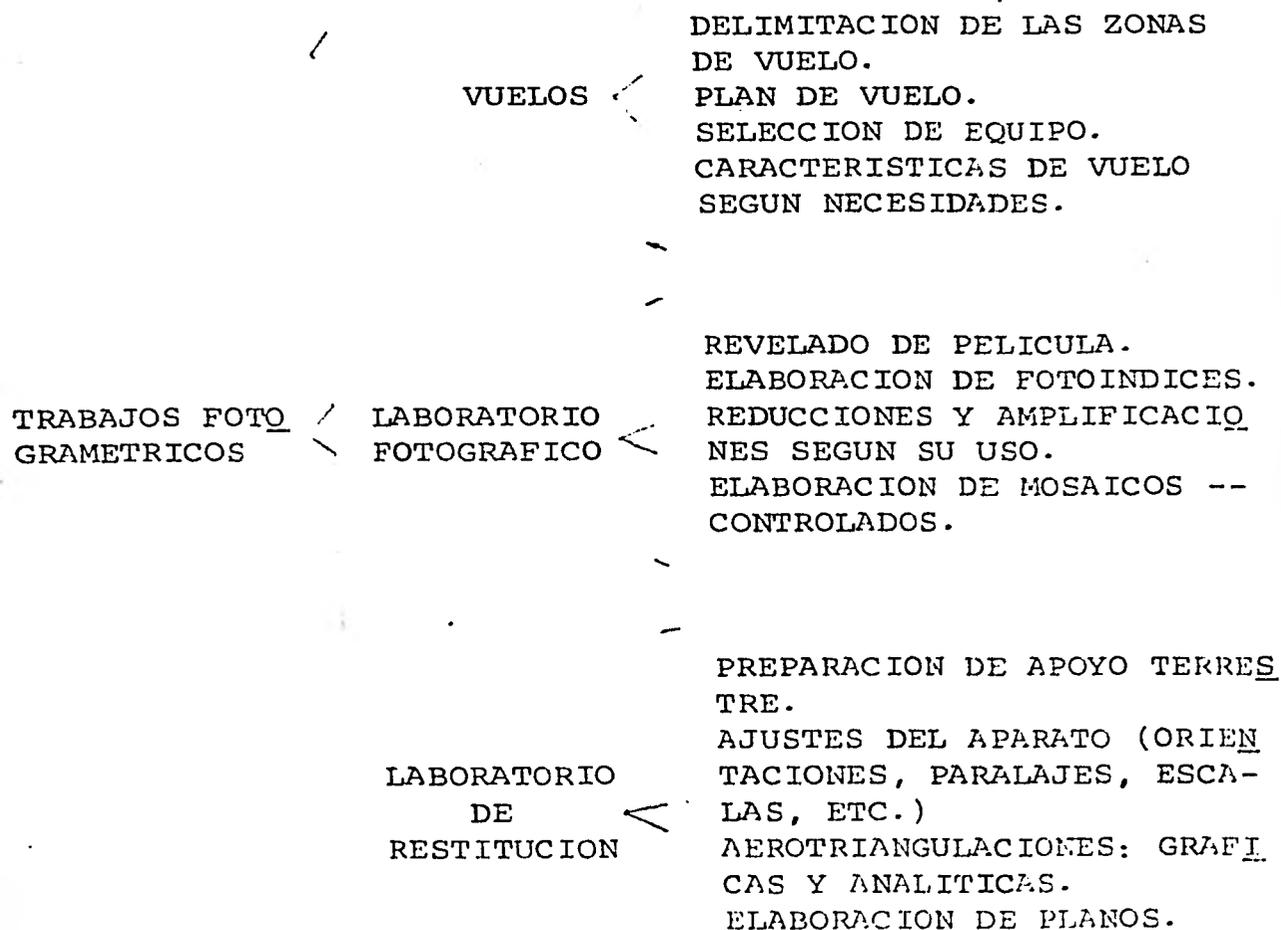


Diagrama Esquemático de una  
 cámara fotográfica aérea

En resumen los trabajos que deben hacerse por métodos fotogrametricos, se pueden comprender mas facilmente en el cuadro siguiente, en donde se enuncian las actividades principales.



Cada una de las actividades mencionadas anteriormente --  
tienen un gran número de detalles y características espe-  
ciales dependiendo del trabajo pero no es objeto del pre-  
sente trabajo desglosarlo.

El sector público es el que tiene necesidad de construir  
carreteras a través de dependencias tales como: Comisión  
Federal de Electricidad, la S.A.R.H., el D.D.F., la S.A.  
H.O.P., etc.

Es de comprender que la mayoría de las dependencias men-  
cionadas anteriormente, realiza obras de apoyo en sus --  
obras, como caminos y otros, pero la que tiene mayor in-  
versión en carreteras es la Secretaría de Asentamientos  
Humanos y Obras Públicas, y por lo tanto la que utiliza  
mas métodos y criterios, para la elaboración de carrete-  
ras, ella cuenta con métodos perfectamente establecidos.  
El método Tradicional, y el método fotogrametrico elec-  
tronico, para llevar acabo este método, tiene un departa-  
mento de fotogrametria muy completo. El método fotograme-  
tico Electrónico consiste a grandes rasgos en tres eta--  
pas diferentes que son:

- .) SELECCION DE RUTA
- .) PROYECTO PRELIMINAR
- .) PROYECTO DEFINITIVO

La primera parte consiste en la información preliminar --

que se obtiene de cartas, censos, estudios efectuados en la zona, etc., se señala la zona por donde se pretende alojar el camino, su zona de influencia y los poblados que pueden ser puntos obligados, con esto se manda realizar un vuelo escala 1:50000 con lo que se podrá dar idea de las características del lugar. Obtener cuencas, cruces de puentes y ubicación de Obras de Arte.

En estas fotografías pueden determinar mas específicamente la realidad de la información con que se contaba, y realizar con mas detenimiento un reconocimiento de las rutas. De lo que se obtiene de este vuelo puede ser que se mande volar las partes que se encontraron mas adecuadas para pasar el camino o que se suspenda el proyecto por ser incosteable.

El segundo vuelo sería a una escala de 1:25000 con lo que puede hacer un ante proyecto que dara idea del costo del camino por las diferentes rutas seleccionadas y en base a criterios técnicos, como económicos podrá optarse por alguno en especial.

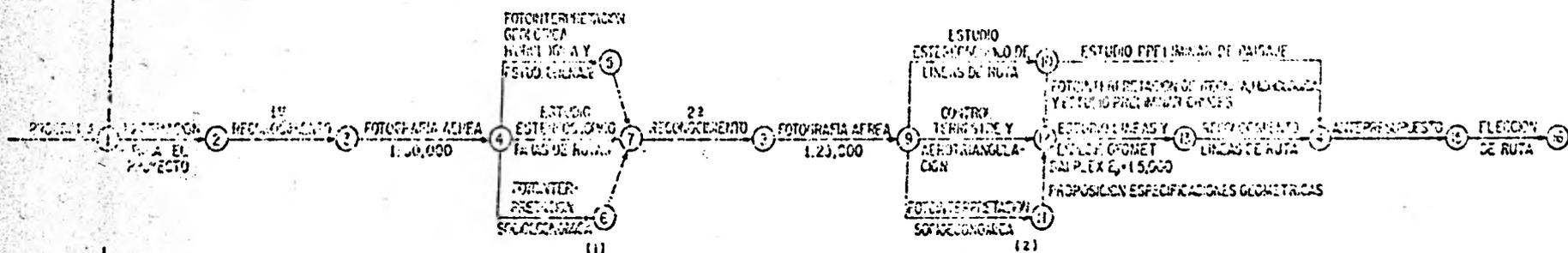
A partir de aquí se podrá contar con la ruta mas óptima pero tendrá que hacerse el proyecto definitivo por lo que se manda realizar otro vuelo que sirva para la elaboración del mismo. Este sera un vuelo escala 1:5000 para elaborar planos escala 1:2000 ó 1:1000 en los que se podrá hacer todo el proyecto geométrico y obras de drenaje.

Hay que hacer notar que en los vuelos anteriores ya se tiene idea de la magnitud de las obras para drenaje y posible localización de alcantarillas.

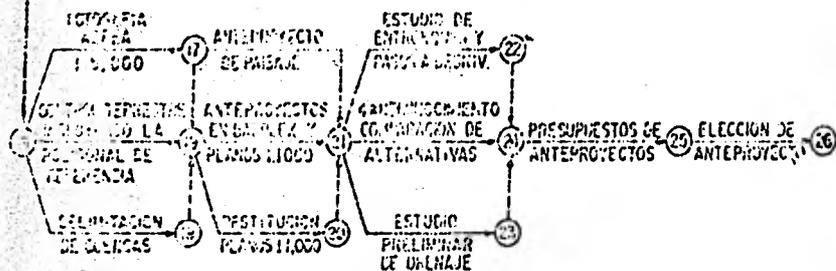
En el diagrama se presentan todas las actividades de este -- procedimiento así como la secuencia del mismo.

# SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS

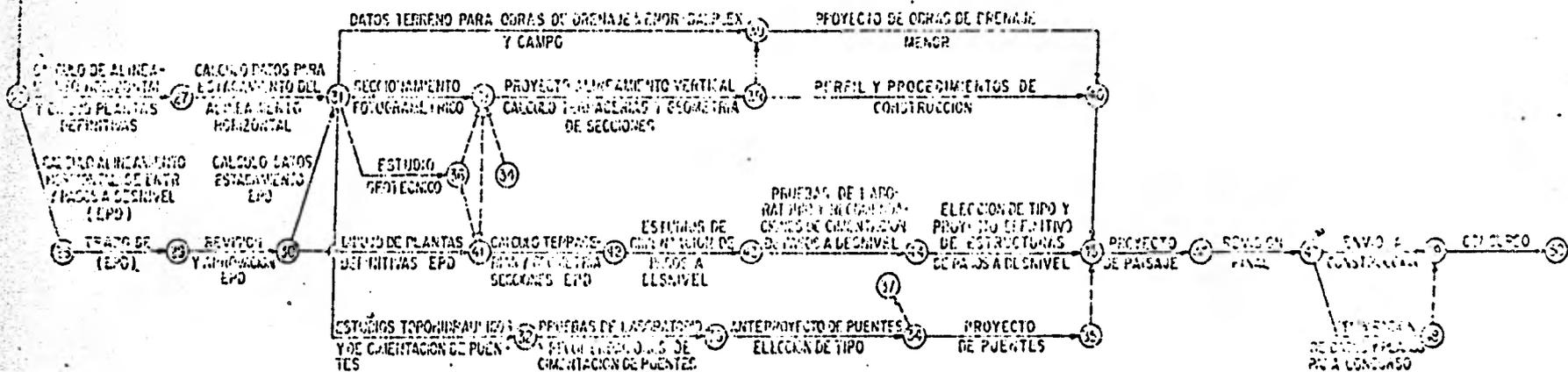
## 1ª ETAPA - SELECCION DE RUTA



## 2ª ETAPA - PROYECTO PRELIMINAR



## 3ª ETAPA - PROYECTO DEFINITIVO



### III RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

Para realizar un reconocimiento preliminar podra hacerse por varios métodos dependiendo de el grado de detalle que se --- quiera.

El mas costoso de éstos es el que se realiza con un equipo - de ingenieros en una avioneta o en helicoptero en el que cada uno, indicaran en su especialidad los factores que debe-- ran tomarse en cuenta y las obras que se consideren mas im-- portantes, que habran de realizarse.

También podra realizarse el reconocimiento con fotografías - aéreas escala 1:50000 con lo que el equipo de ingenieros, -- podra realizar sus observaciones con un para esteroscopico, y encontrar mas rapidamente las posibles rutas con lo que -- ahorra tiempo y dinero.

Tendra que hacerse una fotointerpretación de los factores -- económicos que determinaran la elección de ruta que aparte, de los factores técnicos, determinaran la ruta definitiva. También se puede llevar a cabo éste reconocimiento en cartas (cuando éstas existen) ya sea de DETENAL o de la SDN.

Estas solo servirán para dar idea de cuales seran las posi--

bles rutas y los poblados que tocaran, ya que de esto depende la justificación del camino. Como es de comprender para justificar la construcción del camino y por consiguiente - la elaboración del proyecto. Existen factores como son:

SOCIALES

ECONOMICOS

POLITICOS

Sociales, éstos factores justifican la construcción de un camino por la necesidad que se presenta de comunicar a una determinada comunidad, y dotarla de servicios ya que su economía no sufrirá ningún incremento o modificación importante, de no ser que se incremente el pequeño comercio de elementos de consumo, y mejore la diversidad de artículos que puedan adquirir. Estos criterios generan índices como costo por habitante servido o algún criterio similar.

costo del camino  
habitantes servidos

Económicos, existen caminos que generan un incremento de -- la economía en su área de influencia, pero existen diferentes casos entre los que podemos mencionar:

Cuando en la zona de influencia existen producciones que no pueden salir al mercado por falta de vías de comunicación, al contar ésta con una salida, el movimiento que genera tiene un costo que es el valor de tales productos en el mercado, mas el incremento del poder adquisitivo de los habitantes de la región, la generación de empleos etc., estos conceptos justifican la inversión del camino. Cuando en la zona de influencia del camino existe en potencia recursos minerales, ganaderos, de desarrollo de agricultura, etc., y al tener posibilidades de explotarse generan con ésta y otras obras de infraestructura, el desarrollo de la región con lo que se justificara el camino.

Otro caso puede ser cuando existiendo las necesidades y las comunicaciones se trata de abatir los costos de transporte disminuyendo los tiempos de recorrido, mejorando o aumentando los ya existentes. Podemos comprender esto si ponemos de ejemplo el camino México-Puebla en el que tenemos un transito muy alto, de no contar con la actual autopista los tiempos de recorrido serían altos y por consiguiente los costos, ya que el consumo de combustible, el costo de hora-hombre, el desgaste de vehículos etc., por la carretera federal serían mayores que en la autopista, todos estos conceptos serían los que justifica--

rían la construcción en este caso, la autopista o en general la modificación de un camino.

Políticos, algunas veces es necesario para integrar dentro del estado o del país a todos sus territorios o sus habitantes, para proteger sus fronteras y para comunicar lugares con cierta importancia, construir carreteras, se entiende que por políticas que manejan y establecen las personas que tienen el poder público.

Todas estas características habrán de obtenerse del reconocimiento efectuado, y de los datos que se tienen, la mayoría de éstos se pueden obtener del vuelo 1:50000 con técnicas de fotointerpretación, que detallaremos mas adelante y como esto se realiza en gabinete, podrá mejorarse y evaluar la información y podran tomarse decisiones mejores.

En la SAHOP invariablemente realizan un vuelo 1;50000.

Para los fines que se persiguen podia cuestionarse, pues éste es un vuelo alto y el detalle es difícil de evaluar, con lo que la ventaja de las fotografías se puede perder, en comparación con la información que se puede obtener con material que se tiene ya hecho por otras dependencias, si se quisiera mas información, y mayor detalle se podría obtener unas fotografías escala 1:25000 de las que se man-

dan tomar después, en el método que emplean, pero claro - ésta que es mas costosa, y si con el primer vuelo se puede llegar a desechar el camino sería un gasto inútil.

Tomando en cuenta que no existen cartas de todo el país - y que algunas de las que existen por experiencias anteriores, se sabe que no operan, habria que considerarlos con cierto criterio.

Esto no es mas que observaciones que pretenden dar posibilidades distintas, teniendo plena conciencia de que existen otras razones que puedan justificar mas plenamente la realización de un vuelo escala 1:50000.

#### IV ELABORACION DE PLANOS

Con la adopción de las fotografías para la elaboración de levantamientos topográficos y geodésicos, se desarrollaron formas diversas para medir en éstas, distancias, elevaciones y en general que se pudiera elaborar un plano real y confiable que señale las características requeridas del terreno. Para que esto sea posible, es necesario obtener datos directos de campo con lo que las fotografías pueden orientarse y proyectarse a una escala adecuada, pero esto no tendría sentido si para cada fotografía tuviera que realizarse un levantamiento, por lo que se han desarrollado técnicas para poder propagar coordenadas.

Para obtener el apoyo, existen ciertos criterios para seleccionar los puntos que habra que identificar con sus coordenadas en el espacio.

El criterio que debe tener el topógrafo deberá estar encaminado, a facilitar el trabajo del personal de restitución y - dar la precisión requerida en función de los lentes de los - aparatos y escalas de vuelo, hay que tener en cuenta que el

índice óptico de los aparatos fotogramétricos, que a veces - cubren un area con 5 centesimos de milímetro de diámetro, cubre detalles de:

$$\phi = 0.05E$$

En que E = escala de la diapositiva

$$\phi = \text{diámetro del índice}$$

Para dar idea de la importancia de este dato pongamos de ejemplo a una diapositiva escala 1: 25000,

$$\phi = 0.05 \times 25000 = 1.25 \text{ m}$$

Es decir que el índice óptico de los aparatos tienen un area de 1.22 m<sup>2</sup> que es considerable y que si el detalle seleccionado es muy pequeño o poco notorio se perderá o no podrá identificarse, se recomienda que los puntos o vértices sean, cruces de caminos, confluencias de veredas, cercas, bardas y esquinas, etc.

Los detalles que deben escogerse como puntos de control fotogramétrico, deben ser los mas pequeños visibles con lupa en las fotografías, y que no se tapen estereoscópicamente, longitudinal y lateralmente con árboles o construcciones.

En general deben reunir los siguientes requisitos:

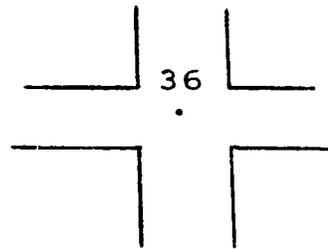
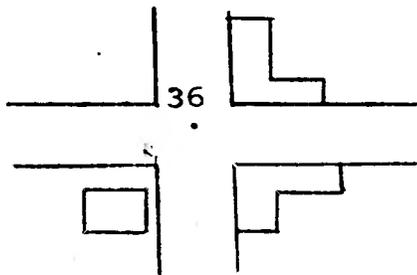
a) Ubicación del punto con un croquis copiando unicamente los detalles planimétricos o de vegetación que se encuentran dentro del círculo marcado en la fotografía, con el mayor parecido, señalando con un punto, una flecha o una cruz y su número, el punto preciso o radiación en su caso, el cual siempre debe

estar orientado con el norte hacia arriba de la hoja de dibujo.

b) Localización del punto por medio de un piquete en la fotografía, encerrándolo en un pequeño círculo al frente y reverso, -- anotando su número. En caso de que el vértice tenga radiación -- solamente se picara ésta anteponiendo la letra R al número.

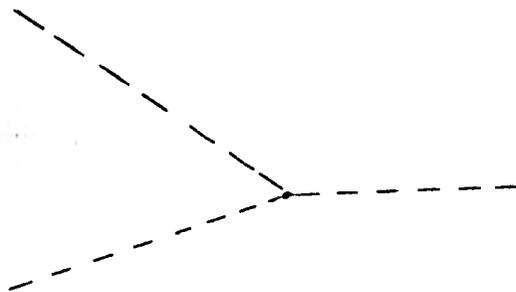
c) Lugar preciso del punto y las radiaciones en su caso, por medio de una narración escrita, que deberá ser clara, exacta y la cónica.

Ejemplos :

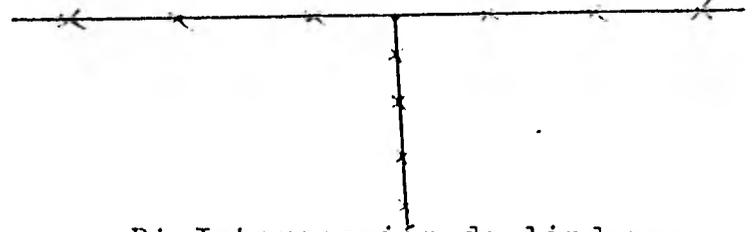


P. 36 Centro de Alcantarilla

Ri Esq. N W (barda)



Confluencia de veredas



Ri Intersección de linderos

En resumen el trabajo topográfico tiene por objeto proporcionar distancias horizontales y verticales, para ajustar a escala con ellas, modelos estereoscópicos con una precisión de medio décimo de milímetro, es necesario que el topógrafo tenga especial cuidado en sus mediciones lineales y angulares, con igual precisión las radiaciones y los vértices. Hay que tener en cuenta que los operadores de restitución solamente ven lo que aparece en las fotografías y para ellos es para quienes se hace el apoyo terrestre, todo el trabajo lo tiene que desarrollar el topógrafo pues él es el responsable, y deberá evitar que ésta tarea la realicen los ayudantes.

En caminos las distancias que se manejan son grandes, por lo que se requieren levantamientos topográficos de precisión, referidos a puntos geodésicos ya que en tales levantamientos, existen errores sistemáticos y entre más grande sea la distancia son más grandes los errores, y si se requiere más precisión se necesita equipo más costoso, por esto es necesario enmarcarlo en puntos geodésicos, en donde ya existe generalmente se parte de estos, de no ser así se establece un datum con las características establecidas (latitud, long. etc.)

El Datum para la República Mexicana es el norteamericano de 1927 y se define por las siguientes cantidades.

Latitud y longitud del rancho "Meade Kansas" Azimut del --  
rancho Meade a la estación de Waldo.

El esferoide de referencia es el de Clark 1866 que tiene  
las siguientes dimenciones.

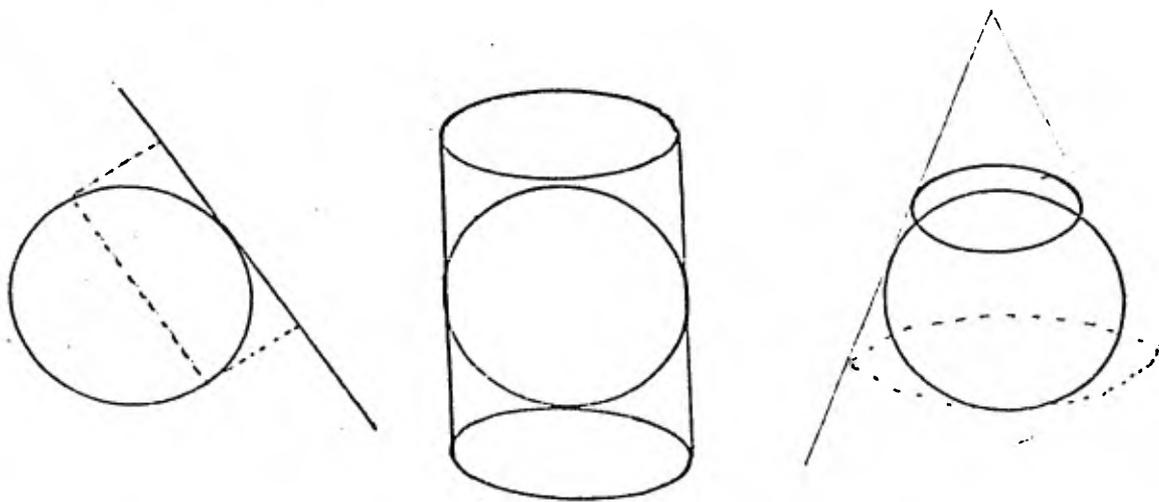
Semi Eje mayor             $a = 6378206.4$  mts.

Semi Eje menor             $b = 6356583.8$  mts.

y el datum vertical es el N.M.M.

Los planos se producen sobre superficies planas que son, -  
las proyecciones de las longitudes y latitudes del esferoi  
de, por las distorciones que se presentan, se han ideado -  
diferentes tipos para controlarlas, se utilizan según sus  
características y las necesidades.

Estas pueden ser planas, cilíndricas o cónicas.

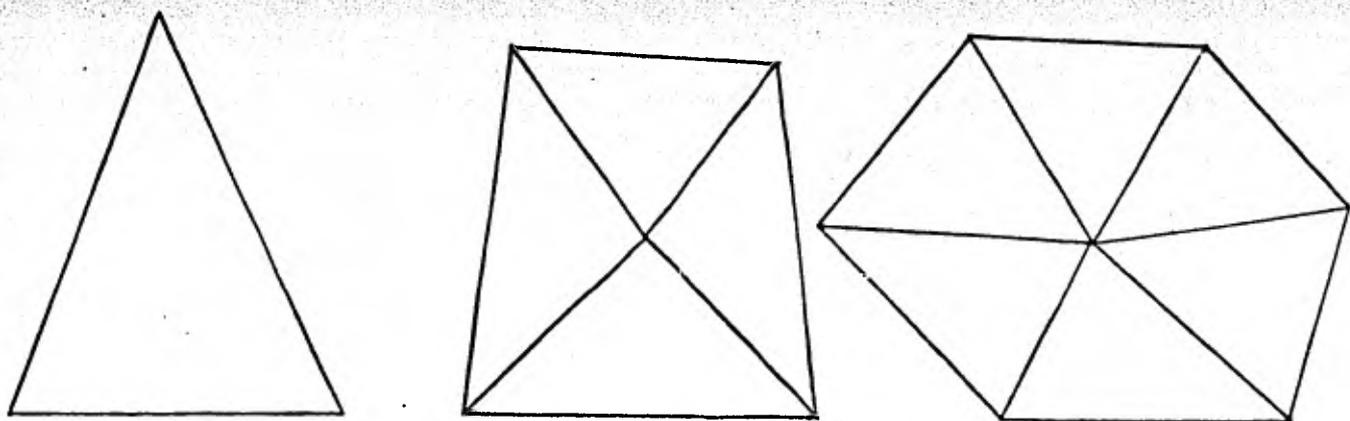


En los tres tipos de proyección el desarrollo preciso de ellas esta basado en fórmulas matemáticas muy complejas. Como mencionamos anteriormente para dar escala a los modelos, lo que se utiliza son las triangulaciones y trilateraciones.

La triangulación es un método de levantamiento en el cual se determina la posición de un nuevo punto, por medio de la solución matemática de un triangulo cuyos vértices son: el punto nuevo y dos puntos mas de posiciones conocidas, los que junto con la longitud de la línea y azimut de la misma nos darán la nueva posición. Los ángulos del triangulo se determinan por medio de mediciones en el campo que nos sirven para calcular los lados y azimuts de los dos lados desconocidos del triangulo y por lo tanto las coordenadas del nuevo vértice.

De esta manera y por el cálculo contínuo de cadenas de triangulos se cubre toda la extensión.

Las figuras más usuales son cuadriláteros, polígonos con punto central u otras figuras diseñadas de tal manera que cada nuevo punto, puede ser calculado por dos caminos diferentes para su comprobación como se muestra en la figura.

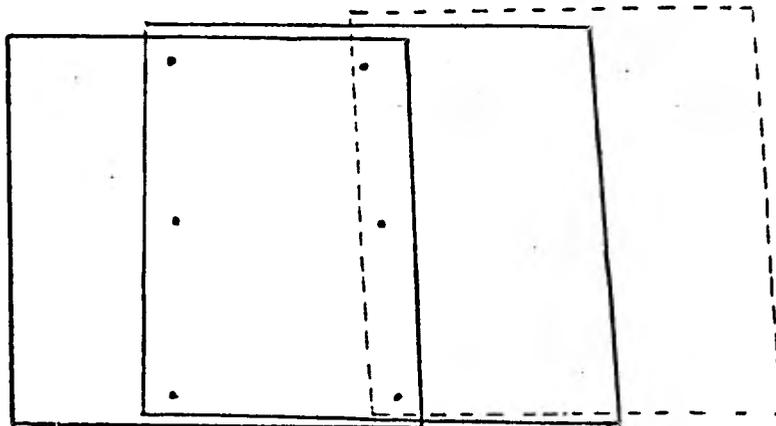


Trilateración, éste método consiste en la propagación de control horizontal, midiendo los lados de los triangulos en lugar de los ángulos.

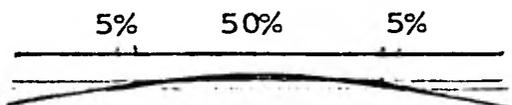
Equipos de medición electrónica de distancias instalados a bordo de un avión, como Shoran Hiran, Autotape y equipos terrestres como Electrotape, Geodimetro, Telurometro D1 - 10, son los que tienen mayor utilización para los levantamientos de éste tipo. A veces es conveniente combinar los métodos de triangulación y trilateración.

Con el apoyo terrestre ya establecido, se procede a propagar tal apoyo, se hace con Aerotriangulaciones, éstas son las actividades encaminadas a la asignación de coordenadas de los puntos necesarios en cada fotografía, estos deben ser perfectamente identificables en las fotografías y que delimiten una zona comprendida entre fotografía y fotografía, de cuando menos el 55% de Sobrepo

sición con el fin de que estén perfectamente ligadas las líneas y también entre línea y línea, para que los modelos completen - sin gran deformación el trabajo, hay que buscar que estos puntos queden lo mas centrico posible del modelo, sin que afecte - esto la liga entre modelos. (ver Fig.)



Esto es con el fin de reducir en lo mas mínimo el posible error por la forma del lente que de acuerdo a la distribución se deforma en los extremos como se ve en la siguiente figura:



Deformación 5%  
Gran deformación en los extremos -- del lente

Se sabe que la cobertura estereoscopica es del 60% la deformación que está fuera del 50% es grande por lo que se busca que solo se aproveche el 50%.

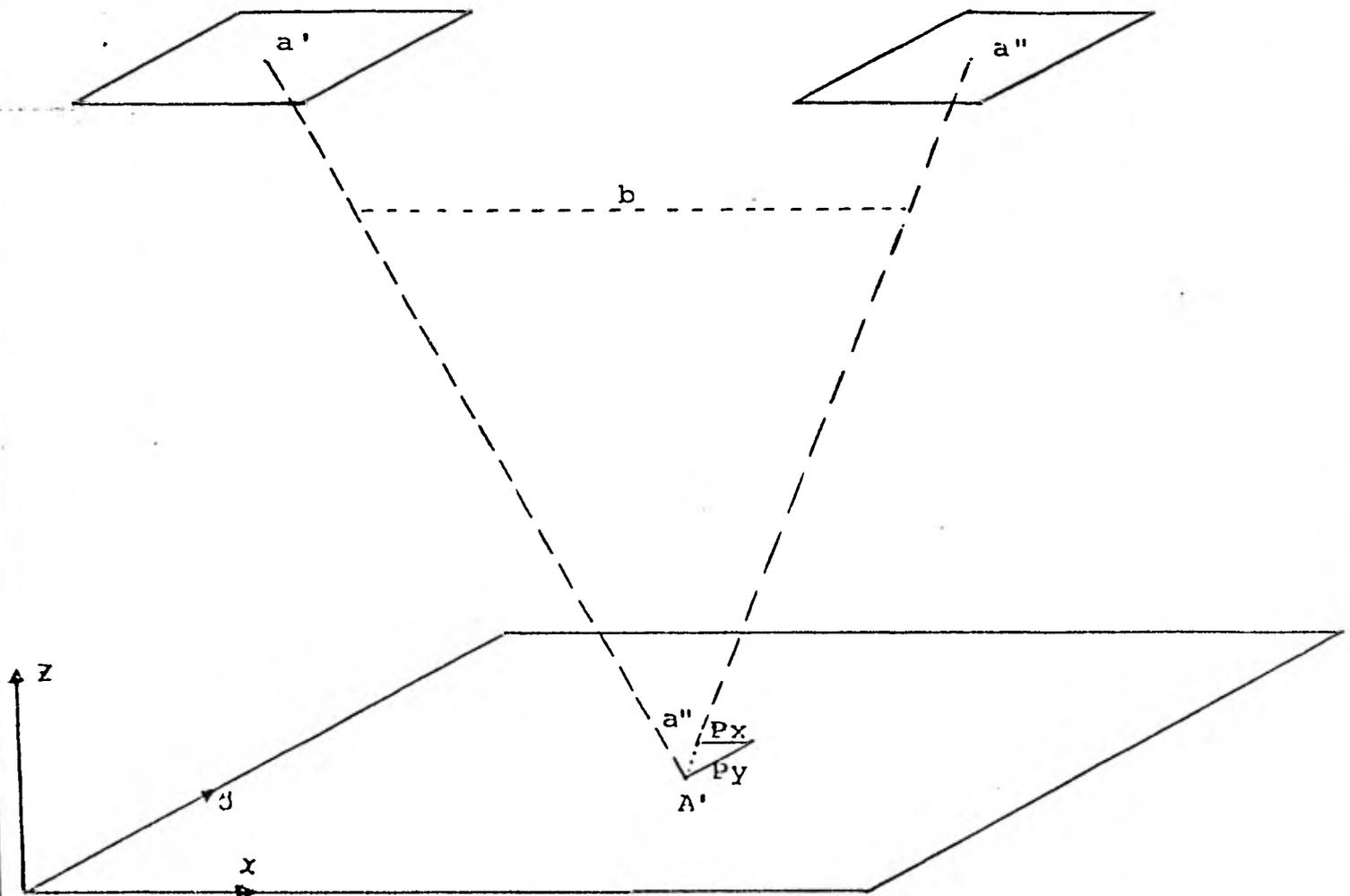
Cuando se selecciona el punto se pica en un aparato llamado pug. Las aerotriangulaciones para dar posición en (x,y,z) a los puntos seleccionados pueden ser por procedimientos gráficos y analíticos. Los procedimientos gráficos se realizan en un aparato de primer -

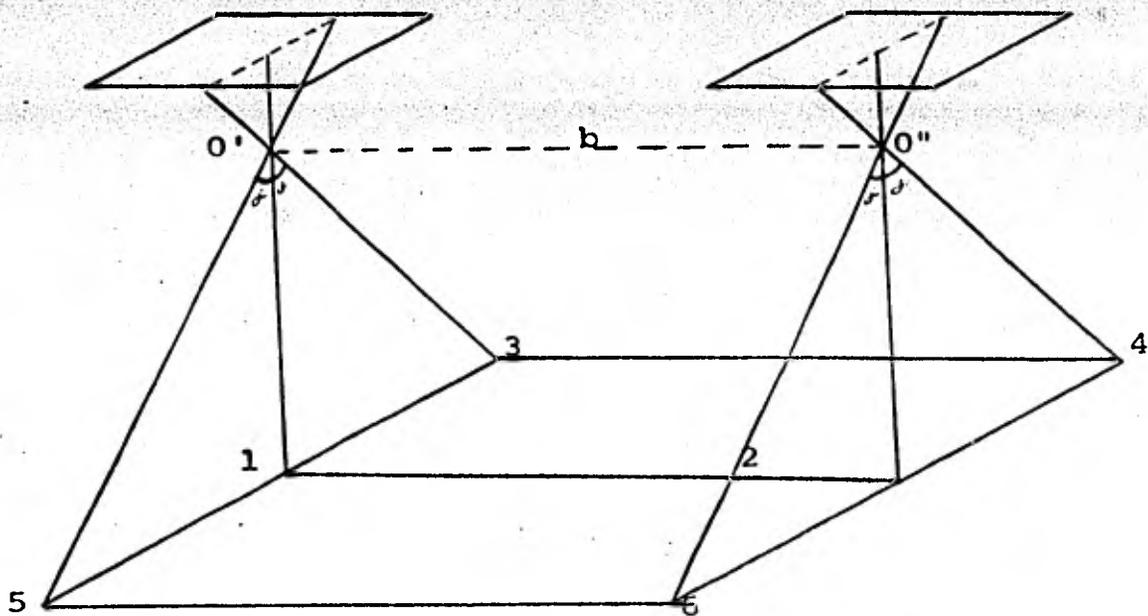
orden, como son el Autógrafo A7, A8, A10 de la casa Wild o el esteroplanógrafo C-8, etc.

Los aparatos de primer orden deberán ser capaces de dar lecturas de cierta exactitud en los tres sentidos  $x, y, z$ .

El procedimiento consiste básicamente en poner un modelo estereoscópico que tenga por lo menos tres puntos con apoyo terrestre a éste se le orienta y pone a escala.

Existen dos tipos de orientaciones, las orientaciones relativas consisten en quitar el paralaje, para que sea posible la visión estereoscópica es decir lograr que las fotografías proyectadas logran sobreponerse, y formar una sola imagen para que se forme la maqueta, como lo muestran las figuras.





La orientación absoluta consiste en nivelar y poner a escala. Para ponerlo a escala habra que seleccionar los engranes adecuados de acuerdo a la escala.

Como tenemos identificados varios puntos con la información del apoyo terrestres completo, pasado a escala en el papel. - observaremos uno de los puntos extremos en la fotografía, y - situaremos el brazo del pantógrafo en el punto correspondiente en el papel, después correremos el enfoque hacia el punto extremo, obviamente no coincidirán el punto de lo enfocado en la fotografía y el dibujo en el papel, se corregirá el error proporcionalmente de acuerdo a la experiencia del operador, - y así hasta que coincidan y se revisará con el otro punto con que se cuenta normalmente en 2 ó 3 iteraciones se logra poner a escala y de la misma manera se nivela, salvo que se pone en el tambor la altura del punto visado, y se dirige hacia otro punto, y se ve la cota con lo que se corrige el error --

y así sucesivamente.

Ya con el modelo nivelado y orientado podemos quitar una placa del aparato, y poner la placa que sigue y manteniendo la fotografía ya nivelada sin mover, se quitara paralaje y se nivelara con la nueva placa, con lo que se podrá identificar -- los puntos seleccionados que seran los puntos auxiliares que se les leeran en el aparato sus coordenadas, así se procedera con la siguiente fotografía, a este proceso lo llaman Aero triangulación gráfica.

Para que el error que se cometa sea menor, habrá que tener -- control cada 5 modelos, este control deberá ser 3 puntos en el primer modelo y 2 cada 5 modelos para ajustarlos.

El método analítico se realiza por medio de procesadores analógicos, los cuales se basan en el principio de errores sistematicos, los cuales se procesan para minimizar errores.

Con la obtención de las coordenadas de los puntos auxiliares y situarlos en el papel que sirve para dibujar los planos, tenemos lo necesario para la elaboración de los planos restituyendo las fotografías, objeto de dicho trabajo.

Para esto solo se procede a realizar actividades antes mencionadas, como son las orientaciones relativas y absolutas, para que comprendamos mas ampliamente, podemos seguir el siguiente razonamiento.

La orientación relativa o sea la intersección de todos los rayos

homólogos del par fotografico, se puede obtener de dos maneras

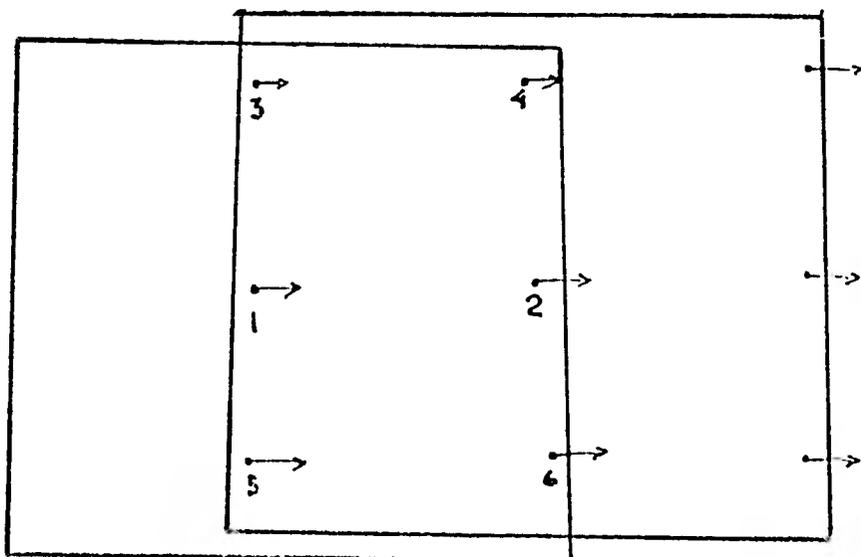
- 1) Con un proyector fijo y otro movil
- 2) Con movimiento en los dos proyectores.

En los proyectores existen 6 movimientos por proyector, 3 movimientos de translación que son  $b_x$ ,  $b_y$ ,  $b_z$  y 3 giros que se llaman  $\omega$ ,  $\phi$  y  $\kappa$  (W.Ø.K).

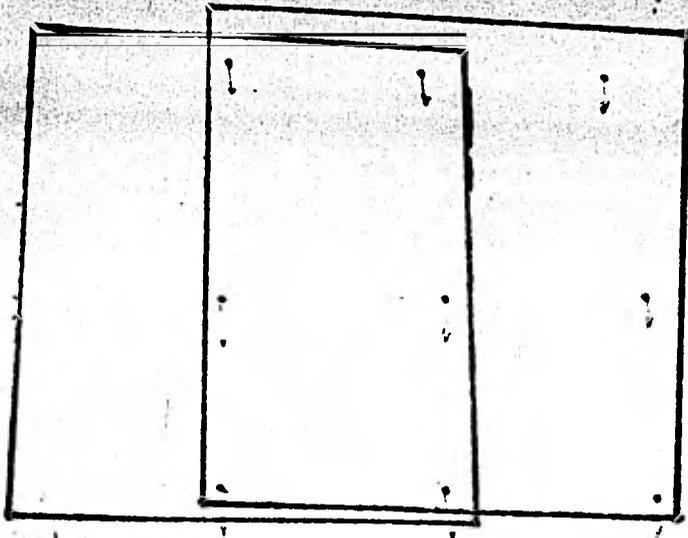
Para el primer caso  $b_x$  no evita que existan intersecciones, si ya existe, solo sirve para cambiar la escala por lo que se requiere por lo menos 5 movimientos, ya que un proyector esta fijo.

Esto tiene su fundamento matematico, pero primero es necesario analizar el efecto de cada uno de los movimientos por separado.

Efecto de  $b_x$



Efecto en by

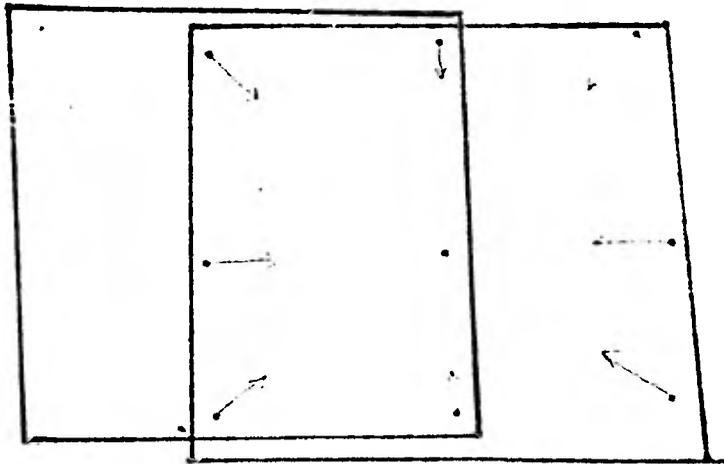


$$dx = 0$$

$$dy = by$$

x sin movimiento  
y igual en cada punto

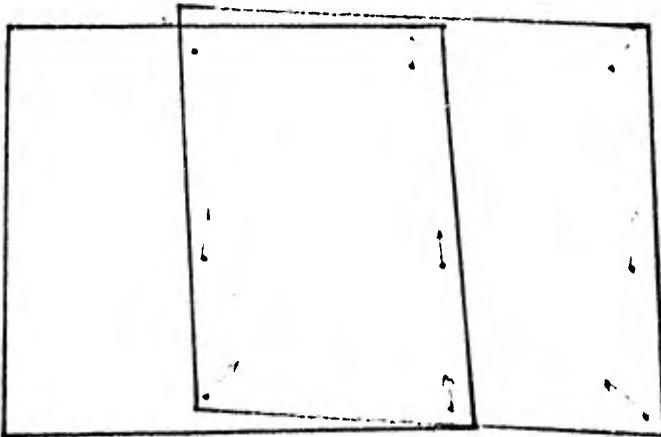
Efecto en bz



$$dy = \frac{y}{h} bz$$

$$dx = \frac{x}{h} bz$$

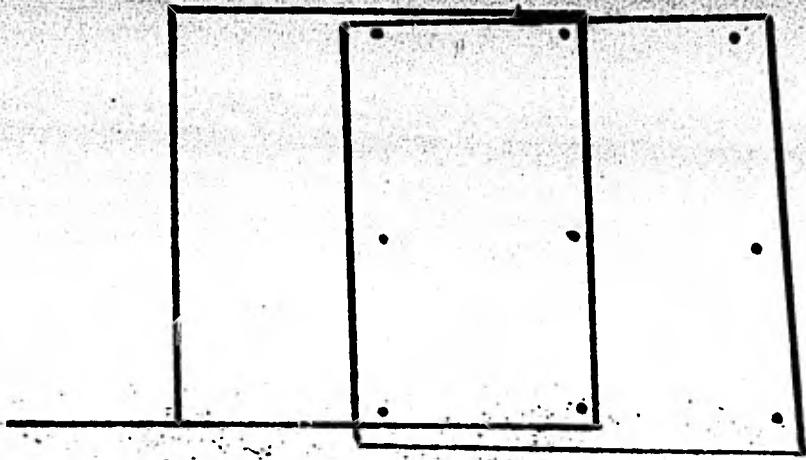
Efecto de  $\bar{d}\omega$  (omega)



$$dy = \left(1 + \frac{y^2}{h^2}\right) h d\omega$$

$$dx = \frac{xy}{h} d\omega$$

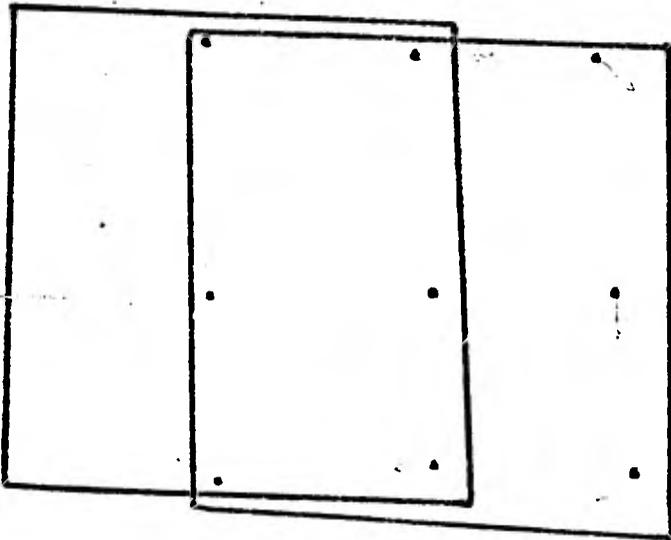
Efecto de  $\phi$  ( $F_1$ )



$$dy = -\frac{xy}{h} d\phi$$

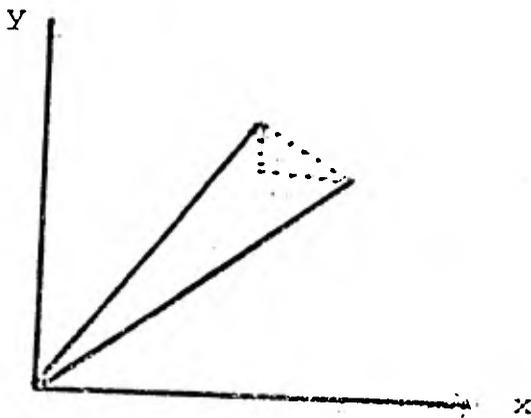
$$dx = -\left(1 + \frac{x^2}{h^2}\right) h d\phi$$

Efecto de  $dK$  ( $K_{apa}$ )



$$dy = xdk$$

$$dx + ydk$$



O sea que el efecto total de los 6 movimientos en la ordenada de cualquier punto se puede calcular mediante la fórmula:

$$dy = by + \left(\frac{y}{h} bz\right) + (xdk) + \left(\frac{-xyd\phi}{h}\right) + \left(1 + \frac{y^2}{h^2}\right) hdw$$

Para las abcisas la fórmula es:

$$dx = by + \left(\frac{x}{h} bz\right) + (-ydk) - \left(1 + \frac{kx^2}{h^2}\right) hd\phi + \left(\frac{xydw}{h}\right)$$

Para eliminar el paralaje en todos sus puntos (orientación relativa) se puede seguir el siguiente procedimiento.

1° Se elimina el paralaje del punto 2 con el movimiento by o dw. Se escoge este punto porque no le va introducir paralaje en los pasos subsecuentes.

2° Se elimina el paralaje el punto 1 con movimiento k.

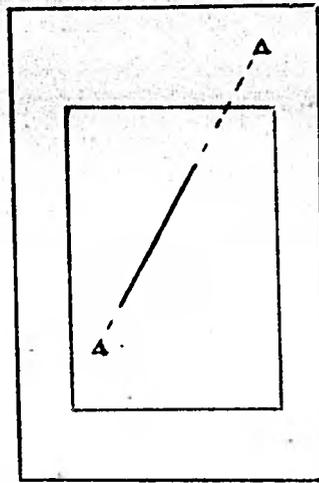
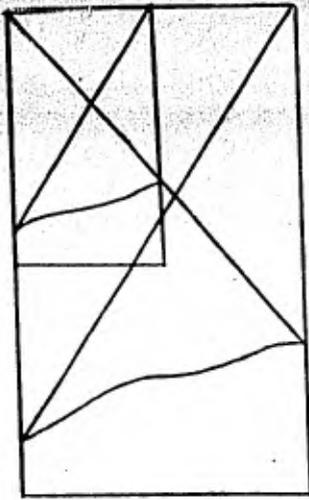
3° py 4=0 con bz

4° py 3=0 con y

5° py 6=0 sobre corregir 1/2 py en la dirección

6° checa py 5=0 si no regresar a 1.

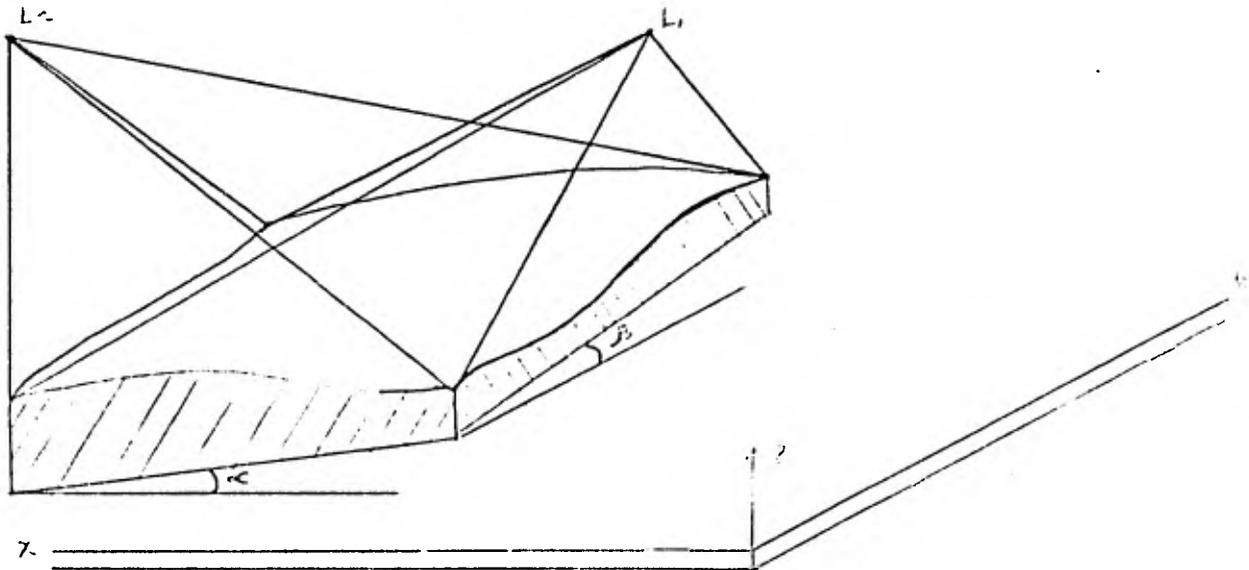
Una vez lograda la orientación relativa de una fotografía con respecto a la otra se puede orientar el modelo, con respecto a un sistema coordinado preestablecido, se logra en dos etapas. La primera se ajusta la escala del modelo como mencionamos en las aerotriangulaciones, como se muestra en la figura.



La segunda etapa consiste en nivelar el modelo.

Esta es la etapa final de la orientación absoluta, y requiere - de un mínimo de tres puntos con apoyo, como mencionamos en pá-- rrafos anteriores, pero es preferible que sean cuatro uno por - cada esquina.

En la figura se muestra un modelo aún no nivelado, notese el án-- gulo en "x" y en "y", lo cual hace que la maqueta no corresponda a la realidad.



Ya la restitución con el aparato correctamente orientado consiste en seguir con el índice del aparato que algunos le llaman -- punto flotante, porque éste es capaz de indicar cuando está en el terreno, si se encuentra enterrado o flotando, porque el estar así se ven dos puntos, y estando en el terreno se ve solo uno.

Cabe mencionar que para planos topográficos, la equidistancia de las curvas depende de la constante óptica del aparato que -- varia de 800 a 2000 en orden progresivo de la calidad del lente, esto se rige por la siguiente relación:

$$C = \frac{H'}{E}$$

En que:

H = Altura de vuelo ( Medida del terreno a la altura del avión)

E = Equidistancia de curvas

C = Factor óptico del instrumento

Por ejemplo si se quiere una equidistancia de 5m y se tiene un aparato de C = 1000 tendrá que planearse un vuelo a una altura de 5000 m o menos.

## V ELECCION DE RUTA

En los procesos fotogramétricos podemos hacer la elección de ruta teniendo con el reconocimiento preliminar, un reconocimiento mas detallado con un vuelo mas bajo que será el que tiene una escala 1:25000, en este vuelo se pueden obtener datos -- tales como: Cultivos, suelos, vegetación, rocas y número de viviendas que hay, y con esto realizar una estimación de posibles habitantes etc., con el fin de poder evaluar mas correctamente los aspectos socio-economicos.

También es posible seleccionar desde aquí el control terrestre y poder planear las Aerotriangulaciones que mencionamos en el capítulo anterior, para propagar el apoyo terrestre.

Podemos también realizar un estudio de fotointerpretación don de podemos establecer características de: la hidrología, geotecnia y topohidráulica, con estudios preliminares.

También realizaremos un reconocimiento estereoscopico de las líneas de ruta, y poder familiarizarse con el paisaje en general para poder adpatar, dependiendo de éste, los criterios -- aplicables. Ya que los costos difieren, según el tipo de terreno, además podemos establecer especificaciones que vayan -

de acuerdo al terreno.

Para realizar una elección de ruta óptima, debemos de establecer los criterios a seguir, por lo general cuando se va de un valle a otro hay que pasar por los puertos o costear los flancos del valle, y cuando es costeable dependiendo de la importancia del camino, se puede construir un tunel, claro cuando existan grandes desarrollos provocados por obstáculos naturales.

Para esto tendremos ya localizados por medio de la fotografía - escala 1: 25000, puntos obligados como son: Poblaciones, fábricas importantes, cruce de rios, barrancas, puertos orográficos etc.

Existe un factor muy importante que es el que teniendo terrenos planos, sea necesario no localizarlo en línea recta si no buscar otro camino, ya que si no se prevee el drenaje no solo superficial si no bajo el terreno, puede representar un costo muy elevado de mantenimiento, porque será necesario estar reparando lo constantemente.

Otro factor que puede significar o condicionar nuestra elección de ruta puede ser por las afectaciones de acuerdo al tipo de camino, existe un derecho de vía que tiene que evaluarse, la cantidad de terreno afectado y el costo del mismo, no solo por el valor de la tierra, si no la economía que se afecta con la inutilización de la tierra para fines productivos, con el costo de tales conceptos y comparando los beneficios del camino, podemos optar por localizar el camino, fuera de estas tierras ( si es posible sacrificando un poco la comodidad y el desa----

rollo del mismo (longitud).

En las partes altas de las lomas, son muy funcionales las carreteras, porque su conservación es mínima: así como las obras de drenaje y ahí se pueden hacer curvas muy amplias y también pueden seguirse en línea recta por tramos muy largos. Aunque el desarrollo vertical por las ondulaciones sea muchas veces significativo en la longitud del camino.

En general debe elegirse un trayecto que se apague en lo mas posible a las siguientes características.

a) Buscar el lugar donde la pendiente sea mínima sin llegar a cero.

b) Que sea lo mas cercano a una línea recta para buscar la longitud mínima.

c) Buscar que las excavaciones sean minimas, así como los terraplenes y que estas se compensen, es decir que la tierra que se excave en un tramo, sirva para rellenar y hacer los terraplenes.

d) El cruce de barrancas y rios sea con un ángulo muy cerca al de  $90^\circ$

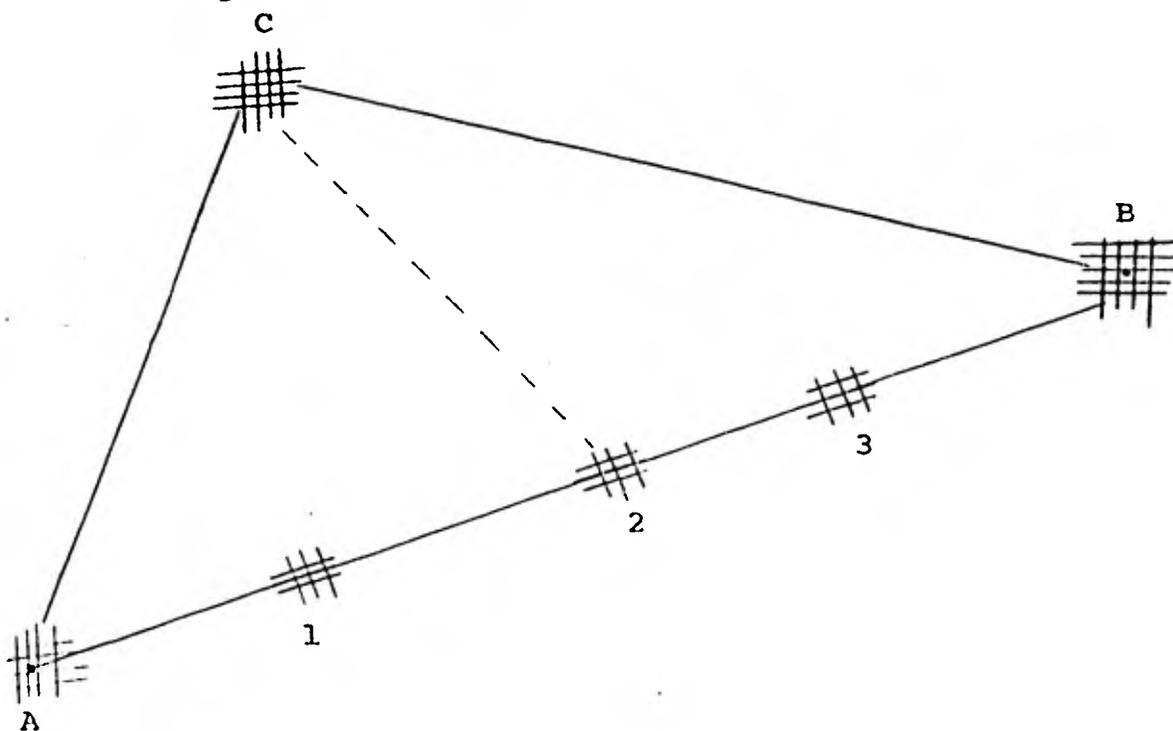
e) Evitar que tenga un número alto de curvas y que el radio de estos sea grande

f) Procurar que entre una curva directa y una inversa, haya una tangente mayor a 50 metros aunque en los reglamentos se especifique que pueda ser menor.

Otro aspecto importante que habra de considerarse será el aspecto Social y Político para optar por una u otra ruta, es decir - que en ocasiones será necesario tener soluciones que beneficien a más poblados, aunque el desarrollo del camino sea mas grande y por consiguiente el costo.

El aspecto político obviamente influirá en el sentido que al integrar un cierto sector a la comunidad, generara acciones importantes por ejemplo en fronteras, costas o incremento de las relaciones que se dan a nivel estatal o nacional.

En otras ocasiones la solución para no incrementar grandemente la longitud del camino habra que planear un brazo o ramal del camino para comunicar, ya sea una población importante o un sector económico en potencia, es decir hacemos un camino con la longitud mas corta e incrementamos las obras, con un camino que vaya de el lugar de interés al punto mas cercano del camino.



En la figura anterior podemos poner un ejemplo, los puntos A y B son el origen y fin del camino, los números 1, 2 y 3 son pequeños sectores o poblados que se beneficiarían con el camino, si tomamos la ruta A, 1, 2, 3, B y si tomamos la ruta A, B, C, se beneficiaría un poblado o sector más importante "C", claro además de los beneficios que genera comunicar A y B.

Existen varias soluciones como sería evaluar cuáles serían los beneficios que se lograrían en cada una de las alternativas o como se dijo antes, optar por la primera y comunicar con una rama por ejemplo a C con 2 y ésta podría ser una mejor solución.

Un aspecto que también puede ayudar será el que con las diferentes posibles rutas, podemos obtener con fotografías aéreas, los diferentes perfiles de éstas y con ésta podemos hacer un cálculo aproximado del costo de cada ruta, actualmente con el uso de los aparatos fotogramétricos y la computadora, éste cálculo es sumamente rápido y ayuda a lograr una mejor selección de ruta.

## VI FOTOINTERPRETACION

La técnica de fotointerpretación se basa principalmente en las formas, texturas, tonos, modelos y tamaños.

Esta técnica es de gran ayuda en exploraciones petroleras o en prospección minera, así como en los estudios hidrológicos, presas, canales, puentes, localización de aeropuertos, puertos, forestales, localización de fallas y fracturas relacionadas con la conductividad geotérmica y en localización de trazos de vías férreas o carreteras.

Se puede estudiar grandes áreas en un tiempo mucho más corto y en mejor calidad de trabajo que se requieren en reconocimientos que se efectúan totalmente en tierra.

En observaciones de las fotografías áreas a color o en blanco y negro, se tiene una visión de conjunto del terreno en estudio, también con una escala adecuada de las fotografías se obtiene apreciación de detalles que en un reconocimiento terrestre, se corre el riesgo de que pasen inadvertidos.

Tienen algunas ventajas éste método como pueden ser: Que el material fotográfico se tiene a la mano y en caso de duda se puede consultar en cualquier momento, el trabajo se realiza -

en gabinete y los problemas son resueltos desde aquí, no es necesario ir al campo a lugares de difícil acceso aunque algunas veces será ineludible la verificación del campo.

La técnica fotogeológica requiere principalmente de tres elementos:

Un fotointerprete  
fotografías aéreas  
un estereoscopio

y tendrán que hacerse consideraciones al respecto, de los siguientes puntos:

- a) El tono de las fotografías en blanco y negro depende de la naturaleza, de los rasgos fotografiados y el procedimiento en el laboratorio, el material y el ángulo de incidencia de los rayos solares.
- b) La textura, es la apariencia general en un área que se ve en las fotografías puede ser; granular fina, rugosa fina, rugosa gruesa, granular media y granular muy fina, para tener en cuenta ésta, habra que considerar la escala, pues a una escala pequeña la textura será densa y en una escala grande esa misma textura será menos densa, también se usa para indicar el espaciamiento relativo de los rios y arroyos, la textura erosional nos indica la resistencia que presentan las rocas a la erosión.
- c) La exageración vertical en la imagen ayuda a interpretar -- detalles del terreno, que presentan cambios de pendiente.

En superficie poco inclinadas, la exageración vertical -- ayuda en la interpretación estructural.

- d) En las fotografías aéreas se aprecian también las sombras, que acentúan el relieve del terreno y hacen resaltar los elementos geológicos que las proyectan.
- e) Una imagen difícil de identificar, deberá ser relacionada con otros rasgos asociados, que aparecen en la misma fotografía.
- f) El relieve terrestre se encuentra relacionado con la estructura geológica, no olvidando la influencia del clima.
- g) Las rocas consolidadas tienden a conservar mayor pendiente que las menos consolidadas.
- h) Los elementos que forman la superficie terrestre y los fenómenos que en ella tienen lugar, originan cambios notables de pendiente, y los mas importantes producto de tectonismo.
- i) Imagenes con cierto alineamiento aisladas o agrupados, corresponden a rasgos geológicos factibles de correlacionarse por ejemplo: Sistemas de fallas a fracturas, diclinalidad y estratificación.
- j) La acción del intemperismo es diferente para cada tipo de roca.
- k) El drenaje revela: la permeabilidad, la pendiente del terreno, estructura de roca y diferente resistencia a la erosión fluvial. Con la identificación del modelo de dre-

naje, se está en la posibilidad de reconocer los elementos - geológicos geomorfológicos que aparecen en las fotografías - aéreas.

- 1) La vegetación y el suelo dependen del tipo de roca sobre lo que se encuentran (tratandose de suelos residuales), teniendo presente la influencia del clima y del relieve.

## FOTOINTERPRETACION GEOLOGICA

El fotointerprete deberá elaborar en base a sus apreciaciones y habilidad para interpretar las imagenes observadas - en un mapa fotogeológico, para esto, sobre las fotografías -- aéreas se marcan con colores los símbolos de las distintas -- rocas y suelos, rumbo y echados de los estratos, fallas es--- tructurales, escarpes, diques o vetas, crateres, colados de - lava, de limos, dunas, etc., aprovechando para tal efecto una hoja planimétrica o un mosaico donde se pasará toda la infor- mación e interpretación geológica.

También se planeará el itinerario para la ratificación en cam- po, con un muestreo aleatorio.

Para identificar algunas rocas, se utilizan los siguientes - criterios:

### Rocas sedimentarias

Calizas: En climas húmedos tienen cavidades por disolución - debida al agua, con bióxido de carbono, que pasa por las --- fracturas y planos de estratificación, en contacto con otras rocas, es notable la diferencia del relieve, tono, textura y drenaje, en zonas áridas se encuentran en forma masiva o en

estratos, formando anticlinales o sinclinales.

Los cultivos y la vegetación natural son de poca importancia - en climas áridos siendo abundantes en climas húmedos.

El tono es generalmente gris claro, pero cuando aparecen pequeños manchones, pueden deberse a sumideros, en las faldas de -- los cerros constituidos por estas rocas, el tono gris claro -- coinciden con los cauces de las corrientes.

En clima húmedo, el drenaje de las calizas está representado - por pequeños arroyos que comunmente terminen en los sumideros.

Areniscas: Estas exhiben sistemas de fracturamiento y presentan cierta resistencia al intemperismo, según la dureza de sus granos y naturaléza.

Cuando las rocas son duras, el fracturamiento influye notablemente para que se formen acantilados, y cuando es suave el terreno es menos accidentado. En climas áridos la erosión a lo -- largo de fracturas y juntas, refleja una topografía de colinas aisladas en cima casi plana.

Cuando están intercalados en calizas, el relieve será más bien montañoso y plano cuando están intercalados con lutitas sobre todo con clima tropical.

En las areniscas se forman cursos de ríos estrechos y encajados, los flancos de las colinas dan un aspecto bandeado en --- clima seco.

Lutitas: Las lutitas son rocas poco duras, compactas y el intemperismo ataca fácilmente sus estratos. Desarrollan un buen ---

sistema de drenaje dendrítico denso; las colinas redondas en regiones húmedas, pero en climas áridos las pendientes son más fuertes y escalonadas. En las lutitas se observa un drenaje dendrítico denso; en clima húmedo los arroyos son cortos y curvos que confluyen con las corrientes principales en ángulos agudos. En clima árido se forma el drenaje porque estas rocas son impermeables y las lluvias ocasionales forman arroyos bien desarrollados con cauces profundos. En regiones húmedas puede haber cultivos en estos materiales de lutitas y un notable desarrollo de vegetación, pero en climas áridos la vegetación es de poca importancia.

El tono fotográfico en las lutitas puede ser de color gris claro cuando no hay materia orgánica, pero puede ser moteado debido a la presencia de esta materia. En los climas áridos por lo general el tono es gris claro, dependiendo también del tipo o tipos de silicatos que formen estas rocas. La lutita tiene una expresión de relieve en forma de valles.

Al haber alternancia de rocas sedimentarias con estratos inclinados, el relieve será de colinas paralelas y separadas por valles constituidos por rocas sedimentarias menos resistentes al intemperismo. Estas colinas generalmente presentan un flanco más inclinado que el otro y ésta característica ayuda a inferir cuál es la inclinación de los estratos.

En alternancia de estratos diferentes se desarrolla el drenaje emparrillado donde los arroyos mayores ocupan la parte menos resistente. En zonas húmedas la vegetación natural crece a los lados

más inclinados de la estratificación, dependiendo de la dirección de los vientos y la luz solar, los cultivos se localizan en los valles, En regiones áridas la vegetación se concentra en los cursos de agua o en los afloramientos de lutitas y calizas.

El tono dependerá entre otros factores, de la luz que reflejan las rocas, pudiendo ser gris claro o gris oscuro.

#### Rocas Igneas Intrusivas

La topografía de los cuerpos de la familia del granito se identifica por la forma dómica que se desarrolla en las grandes intrusiones, las laderas de la mesa total son de fuerte pendiente. Sus fracturas, si son numerosas, le dan un aspecto fragmentario. El drenaje en esta roca es de forma dendrítica y refleja la homogeneidad de su composición mineralógica, pero al desarrollarse sistemas de fracturas, su drenaje será rectangular o de acuerdo con la dirección de dicho fracturamiento y de la pendiente.

La vegetación se concentra en las pendientes inferiores y escasea en las partes elevadas, el tono en los granitos es gris claro.

#### Rocas Igneas Extrusivas

Estas rocas se dividen en 2 grupos; corrientes de lava y rocas fragmentadas.

No es raro ver que las corrientes de lava y las rocas fragmentadas se presentan intercaladas. La lava basáltica fluye en grandes extensiones, pero las lavas andesíticas y riolíticas por su

alta viscosidad solidifican más rápidamente y forman un relieve más abrupto.

En general las rocas en forma de derrames duros y compactos resisten más el intemperismo que las rocas fragmentadas.

Las rocas fragmentadas y las lavas cubren parcial o totalmente algunas depresiones tratando de continuar por zonas que les permitan fluir mientras solidifican o se depositan como en el caso de las piroclásticas.

El relieve de las rocas ígneas extrusivas puede deberse a lo siguiente:

- 1.- Una alternativa de derrame de lava y material piroclástico.
- 2.- Lava que ha fluido a grandes distancias y solidificó en forma de cuerpos irregulares.
- 3.- Si se trata de capas más o menos horizontales, sin dejar de tener influencia el relieve que existía antes que estos materiales volcánicos llegaran a esa zona y el tipo de intemperismo que los ataca.

Cuando están en alternancia capas duras y blandas, el relieve se ve escalonado por efectos de la erosión. Si la roca volcánica es homogénea el terreno presentará un relieve montañoso más o menos uniforme.

El drenaje es dendrítico con tendencia al paralelismo, cuando hay alternancia de lavas y tobas; pero al haber rocas masivas de fuerte pendiente el drenaje dominante es dendrítico. La influencia del fracturamiento y afallamiento en el control del drenaje es muy importante.

En primer lugar la humedad influye para que determinadas especies vegetales prosperen en este tipo de rocas volcánicas. Si se trata de capas alternadas habrá mayor vegetación en las rocas blandas y cuando la roca es masiva y dura la vegetación -- se concentrará en los lugares húmedos o en la dirección de los vientos dominantes que lleven cierta humedad, sin dejar de considerar la composición de la roca que será determinante en la formación del suelo, donde crecerán determinadas especies vegetales.

El tono dependerá de la composición de las rocas, así por ejemplo, en el basalto y gabbro, es gris oscuro por su composición de ferromagnesianos, para las rocas de la familia de la riolita será tono claro debido a la presencia de los feldespatos de sodio y potasio principalmente.

#### Rocas metamórficas

Estas rocas presentan características derivadas de las rocas -- originales, las que fueron ígneas o sedimentarias, ya metamorfizadas.

Gneiss: En los gneiss han sido deformados los constituyentes -- principalmente por efectos de altas presiones, presentándose -- estas rocas bandeadas y el terreno se ve algo escalonado.

Los contactos no son fáciles de delimitar. El bandeamiento o foliación se debe a cambios de resistencia al intemperismo.

El drenaje es arborescente y muy denso. Las corrientes secundarias se unen a las primarias casi en ángulos rectos: por la foliación y el fracturamiento se ven cambios bruscos en la --

hidrografía. La fuerte pendiente en este tipo de rocas dificulta que sean cultivadas, por lo tanto los cultivos se localizan en pendientes más suaves y en los valles. La vegetación natural depende del clima. En los gneiss el tono fotográfico es gris claro notándose oscuro donde crece la vegetación.

Esquistos: Estas rocas foliadas están formadas por láminas planas u onduladas cuyos constituyentes son el cuarzo, muscovita o biotita, hornoblenda y granate; escamosas, tabulares, en forma de barras, con crucero perfecto y de dureza variable. El intemperismo ataca a estas rocas con relativa facilidad y en zonas áridas la topografía resultante es rugosa.

Los afloramientos ostentan cierta tendencia al paralelismo, por efectos de la orientación de las fuerzas que presionaron y motivaron el metamorfismo; todo esto sin dejar de tomar en cuenta -- la posición de las rocas originales antes del metamorfismo, el bandeamiento de estas rocas es enmascarado por el suelo.

En los esquistos el relieve es moderado, con superficies rugosas y bandeamiento disperso que se desarrolla cuando el suelo es de poco espesor. Al haber mayor espesor en el suelo el drenaje estará más definido. Muestran colinas con aristas redondeadas y flancos de apariencia escalonada, pero la cima de éstas es redonda y suave.

Los esquistos presentan un modelo de drenaje rectangular debido al control estructural. Los cauces son largos y bien definidos, algo profundos y con márgenes acantiladas.

La vegetación se localiza en los lugares donde el espesor del

suelo es mayor y la humedad es más favorable para su desarrollo. La vegetación puede hacer resaltar el bandeamiento en los esquistos.

El tono fotográfico en estas rocas varía de claro a gris claro, siendo más oscuro en zonas de cultivos o de bosques.

Pizarras: Las pizarras generalmente son duras y tienen la característica de romperse fácilmente en láminas delgadas. A estas rocas el intemperismo físico las fragmenta más que el intemperismo químico.

La topografía en las pizarras es rugosa y una particularidad de estas rocas es que en todo clima presentan la rugosidad, siendo sus laderas muy pronunciadas y sus colinas de poca longitud.

El drenaje rectangular muy característico de estas rocas, está muy ligado al tipo de fracturamiento y clivaje.

La vegetación es escasa debido a que el espesor de suelo en las pizarras es delgado.

El tono generalmente es gris claro pero en ocasiones se ven pequeños manchones por la presencia de suelos orgánicos y árboles.

#### SUELOS

Para clasificar los suelos un fotointerprete, se basa en que un suelo es el resultado de la degradación de las rocas mediante procesos físicos, químicos y biológicos, que actúan en distinto grado y en menor o mayor tiempo.

Hay cinco factores importantes que intervienen en la formación de suelos:

- 1) El clima, principalmente la temperatura y la precipitación pluvial.
- 2) La topografía del terreno, especialmente en la forma que afecta el drenaje.
- 3) Bióticos del suelo, incluyendo tanto la cubierta vegetal, como los organismos internos del suelo.
- 4) La roca de la que proviene el suelo la textura y estructura del material, así como su composición mineralógica y química.
- 5) Tiempo durante el cual los procesos edafológicos han estado actuando, de los relieves del terreno y las características de la roca original, son de naturaleza geológica.

No existe una escala en las fotografías que pueda satisfacer todos los requisitos del científico del suelo. Escalas de 1:2 500 a 1:10 000 son excelentes para estudios detallados de vegetación y para estudios geológicos en los cuales se necesitan mostrar rasgos muy pequeños; pero son muy grandes para aquellos estudios de suelos en los que es un requisito realizar un análisis de relación entre las áreas observadas, así como un examen de los detalles de la superficie. En escalas de 1:10 000 a 1:20 000 se obtienen buenas imágenes estereoscópicas y buen recubrimiento. Estas son las mejores escalas para la mayoría de los propósitos del científico del suelo. Las escalas más pequeñas que 1:20 000 se usan principalmente para el

estudio de grandes modelos regionales.

Los modelos de drenaje, por ejemplo, pueden ser fácilmente marcados en fotografías a escala pequeña, pero no se pueden ver - las secciones transversales de los arroyos y otras guías detalladas de las propiedades del suelo. La tabla siguiente muestra de que manera la escala afecta la utilidad de las fotografías aéreas;

E S C A L A S

1: 2 500	1:10 000	Más pequeñas
1:10 000	1:20 000	

Rasgos naturales

Regional	Pobre	Bueno	Excelente
Local	Excelente	Bueno a regular	Pobre
Estudio detallado	Excelente	Pobre	Muy pobre

Rasgos culturales

Regional	Pobre	Bueno	Regular
Local	Excelente	Regular	Pobre
Detallado	Excelente	Pobre	Muy pobre

Suelos

Regional	Pobre	Excelente	Bueno
Local	Bueno	Bueno	Pobre
Detallado	Excelente	Bueno	Muy pobre

Clasificando las rocas y los suelos podemos determinar con los mismos criterios, cuales van a hacer nuestros bancos de material y proponen los caminos de acceso mas económicos, tanto --

para la construcción como para el mantenimiento, con los criterios anteriores podemos predecir la cantidad de material que sea posible obtener, a reserva de hacer algunas comprobaciones en campo.

Como es de suponerse los bancos de material para agregados saldrán de las rocas resistentes y que reúnan las características necesarias para que trabajen optimamente, con los materiales cementantes, estos pueden ser también materiales granulares, que se encuentran en lechos de ríos antiguos o en las riveras de los mismos. Y los suelos tendrán que encontrarse en las zonas de valles y de acuerdo a su origen tendrán la capacidad cementante requerida, aunque después se verificará in situ sus propiedades mas específicamente.

Todos estos criterios en general dan idea de la importancia y ventaja que dan las fotografías para determinar los lugares mas probables donde puedan encontrarse los materiales necesarios para construir nuestras obras y con ciertas restricciones los recursos con que se cuenta, lo que reeditua en una primera estimación del costo de ésta.

El proyecto hidráulico y geométrico de las alcantarillas y los puentes, se han mejorado bastante con el método actual, debido a que las fotografías aéreas proporcionan todas las características de la cuenca por drenar en forma fidedigna y permiten estimar el gasto y el área hidráulica necesaria, con base en una información mas precisa.

Al mismo tiempo se han estado superando las insuficiencias de-

rivadas del uso de fórmulas empíricas para el cálculo de estos elementos utilizando fórmulas mas racionales.

Para hacer un análisis del sistema de escurrimiento deberán -- marcarse en las fotografías aéreas, en forma cuidadosa, las -- cárcavas de drenaje, los tributarios y el cauce principal.

Todos los detalles, incluyendo tamaño, forma y tipo de inter-- secciones de los cauces deberán ser señalados, ya que son im-- portantes.

Cuando se ha terminado de marcar el drenaje, es necesario de-- terminar la textura del sistema de escurrimiento. Dependiendo de la posición de los cauces, si están juntos o separados, el sistema se dice que tiene textura fina, media o abierta.

La textura no se define por un número específico de cauces por unidad de área. Al estudiar el drenaje es conveniente comparar la densidad encontrada con ejemplos típicos (Ver figuras adjun-- tas).

Un drenaje con textura abierta se forma en rocas permeables, - en rocas difíciles de erosionar y en formaciones masivas.

El drenaje con textura fina se forma en rocas impermeables, en formaciones fácilmente erosionables y en donde el drenaje in-- terno es lento.

Al discutir sistemas de drenaje es común usar los términos; re-- gional y local. Para apreciar el drenaje regional o drenaje en una unidad geomórfica grande, se necesitan dos o más fotogra-- fías aéreas. Los mosaicos índice, mostrando el plan de vuelo a

una escala reducida, son muy útiles para estudiar el drenaje en áreas grandes. Por drenaje local se entiende la presencia de redes particulares de escurrimiento, desarrolladas en una parte del sistema regional.

Una característica de los sistemas de drenaje es el grado de integración, referido al grado de unidad del sistema, es decir, a la condición de continuidad de sus drenes; en caso contrario, se dice que el sistema no es integrado o desordenado.

El grado de integración es indicativo de uniformidad y susceptibilidad a la erosión.

La ausencia de drenaje integrado o de zonas sin drenaje es en si una característica muy significativa. Puede indicar uno de los siguientes casos:

- a) Materiales granulares. El drenaje superficial no está bien desarrollado en estas zonas debido a la permeabilidad de los suelos.
- b) Rocas permeables. En estas zonas el agua se infiltra a través de grietas y cavidades.
- c) Zonas planas con poca pendiente en donde se forman encharcamientos.

Modelos de Drenaje Integrados. Si los cauces forman un sistema integrado, se pueden clasificar según un modelo. Debe mencionarse que no hay dos modelos idénticos y que deben esperarse -

variaciones en cada uno de ellos.

### 1. Modelo Dendrítico.

Es un sistema integrado formado por un cauce principal con sus tributarios abriéndose libremente en forma de nervadura de una hoja. Este arreglo libre de tributarios, implica que la pendiente original era relativamente pequeña y que el área está compuesta de materiales uniformes. Los drenes son irregulares y curvados y desembocan bajo ángulos agudos.

En aquellas áreas con ausencia de fracturas existe un medio propicio para la formación de un sistema dendrítico.

Este es el sistema de drenaje más común y se presenta en rocas sedimentarias con estratificación horizontal y en rocas ígneas intrusivas no fracturadas.

### 2. Modelo Rectangular.

En zonas donde un drenaje dendrítico prevalece pero está influenciado localmente por fallas, juntas o plegamientos de las rocas, se desarrolla un modelo rectangular que se caracteriza por numerosos cambios bruscos de dirección.

Se presenta en rocas sedimentarias con estratificación horizontal en donde las fracturas de las rocas modifican el drenaje. El modelo rectangular se presenta igualmente en rocas graníticas fracturadas y en rocas metamórficas.

### 3. Modelo Paralelo.

En este sistema los drenes muestran un marcado paralelismo, debiéndose esta condición a la pendiente regional. A mayor pendiente

te los arroyos serán más rectos y más paralelos. Por otro lado, si la pendiente es muy baja el paralelismo sólo es evidente -- cuando se observan varias fotos.

Se muestra en los derrames lávicos, en las planicies costeras y en los valles de relleno y conos aluviales.

#### 4. Modelo Emparrillado.

Este modelo es característico de rocas sedimentarias plegadas o con echados muy fuertes. Se identifica por largos tributarios primarios y cortos tributarios secundarios que se unen a los -- primarios formando toscos ángulos rectos.

#### 5. Modelo Pinado.

En este modelo los tributarios están toscamente paralelos unos con otros y las cárcavas espaciadas en forma constante se unen a los tributarios en ángulo recto.

Generalmente se presentan en depósitos limosos.

#### 6. Modelo Radial

Este modelo semeja los radios de una rueda. Está formado por -- un grupo de cauces que se originan en un punto alto o terminan en un centro bajo. En ocasiones se necesitan varias fotografías para mostrar este modelo y localmente puede tener un modelo dendrítico o paralelo.

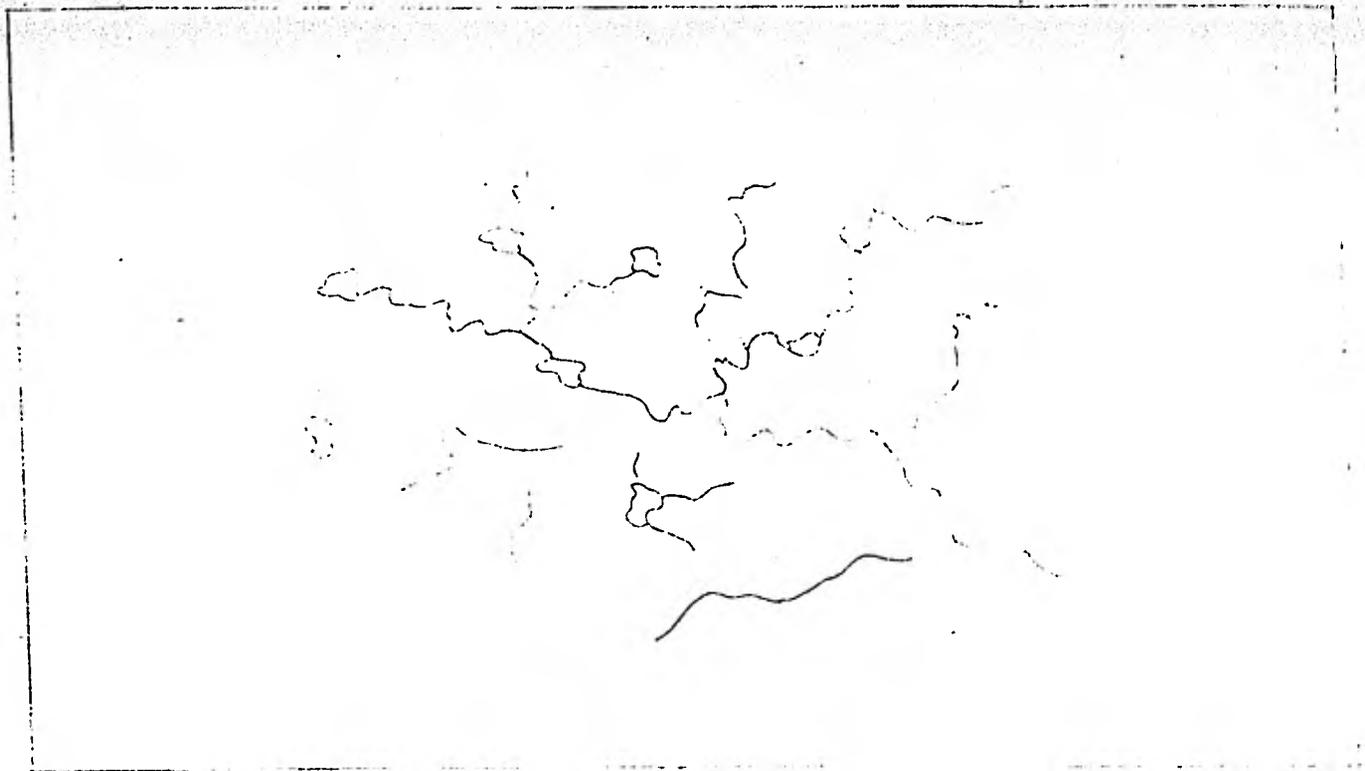
Se presenta en domos graníticos, volcanes, alrededor de lagos y de sumideros en calizas.

#### 7. Modelo Trenzado

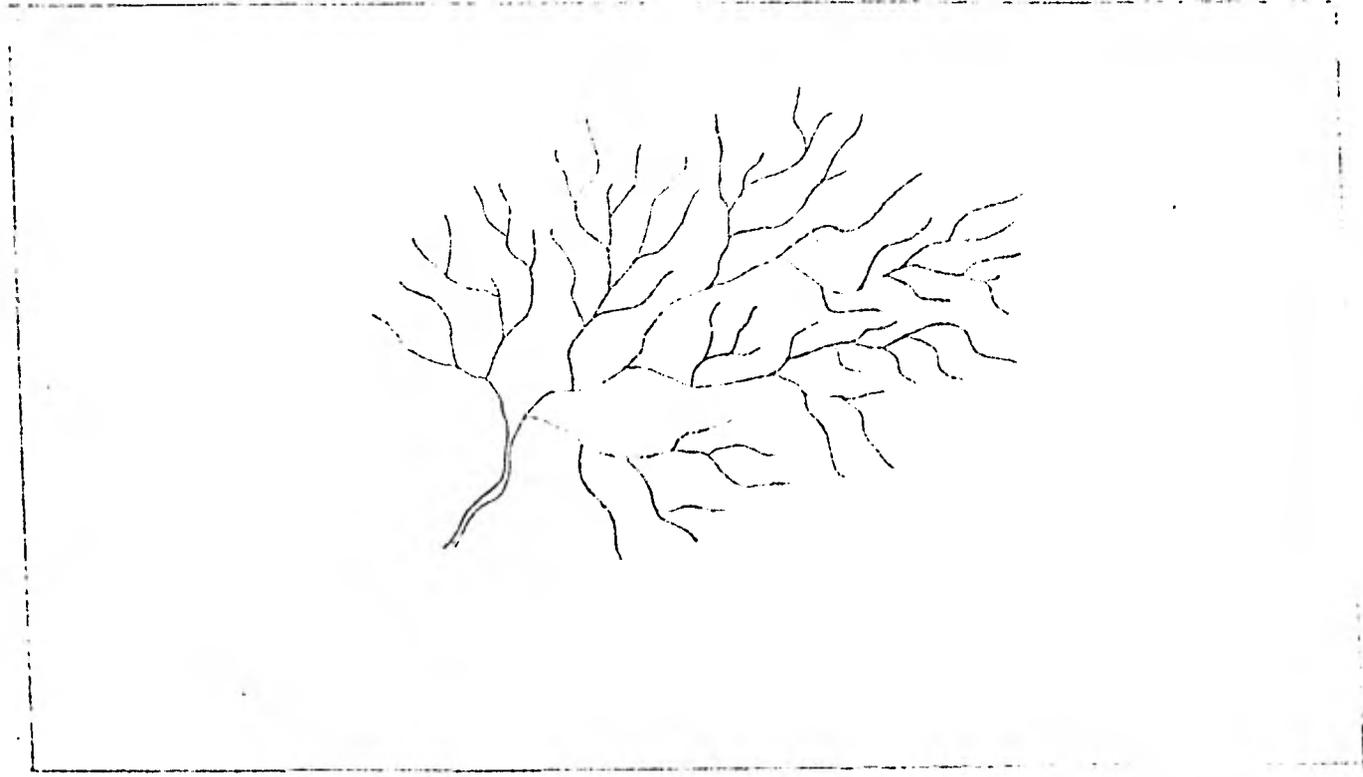
Se denomina modelo trenzado a aquel en que las corrientes fluyen en numerosos canales divididos que vuelven a unirse. Caracteriza este tipo de drenaje a las áreas planas y arenosas en donde los ríos están depositando.

#### 8. Modelo Plumado.

En este tipo de drenaje los tributarios de segundo orden se encuentran acomodados entre sí en forma más o menos paralela. -- Los tributarios de primer orden se localizan un tanto más espaciados y a ellos concurren los de segundo orden en ángulo agudo.



MODELO DE DRENAJE PODERAMENTE INTEGRADO Y CON BAJA SALINIDAD



MODELO DE DRENAJE QUE MUESTRA BUENA INTEGRACION Y DENSIDAD MEDIA



ANGULADO



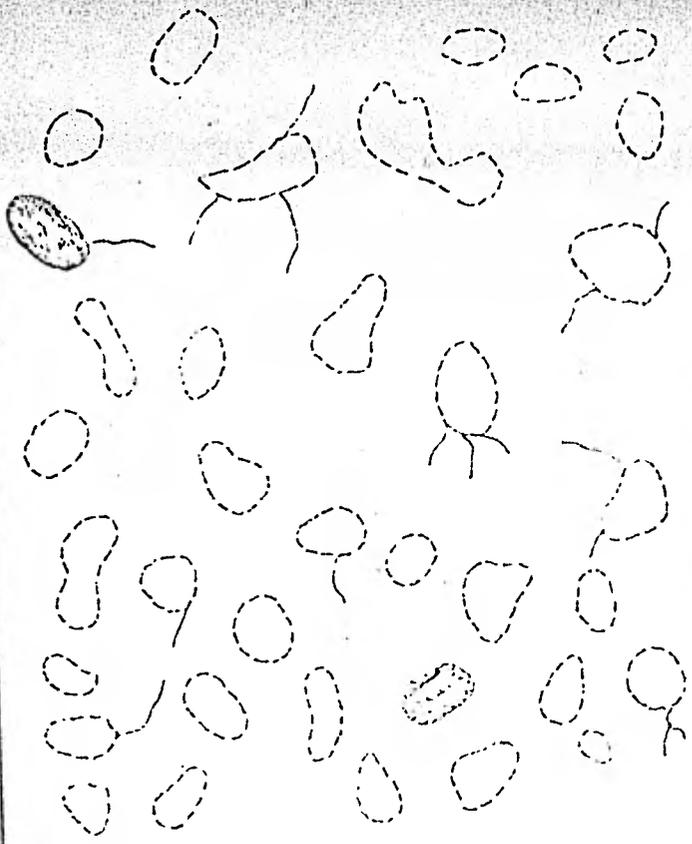
ASIMETRICO



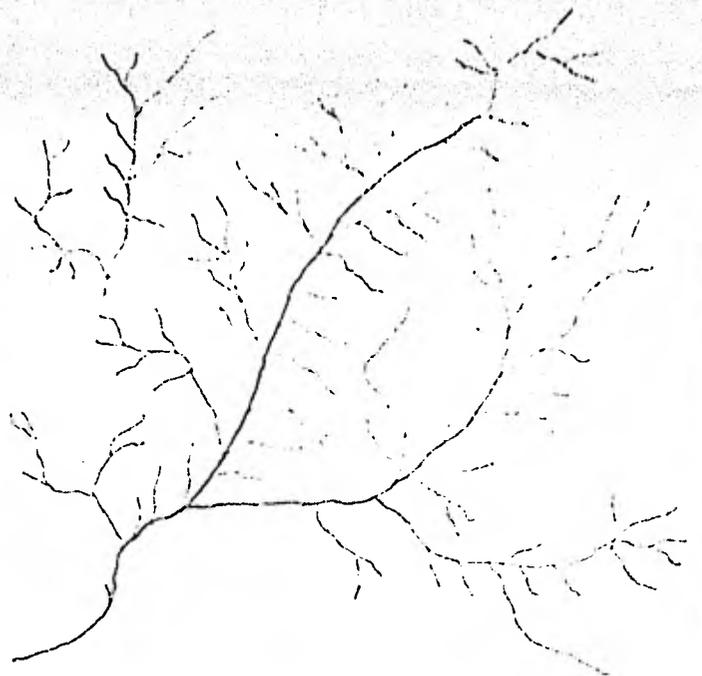
TRENZADO



ALOBADO



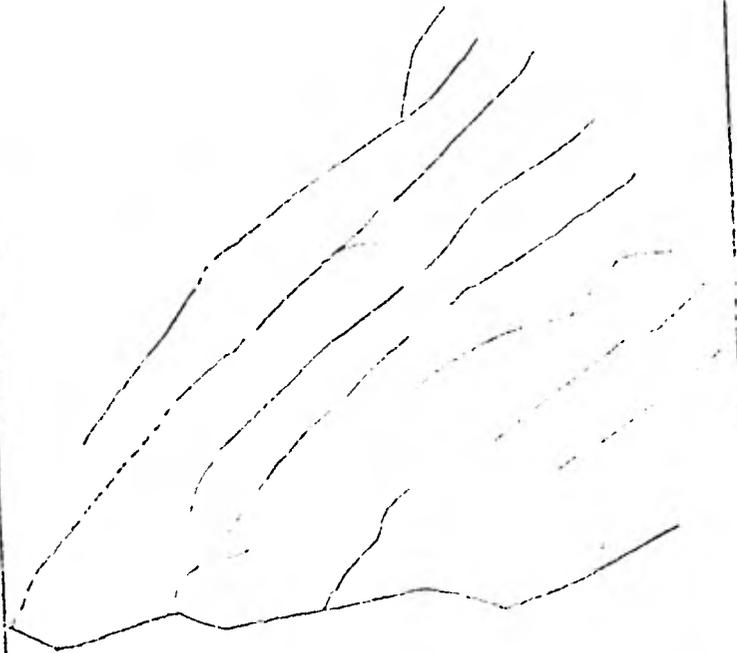
GLACIAL



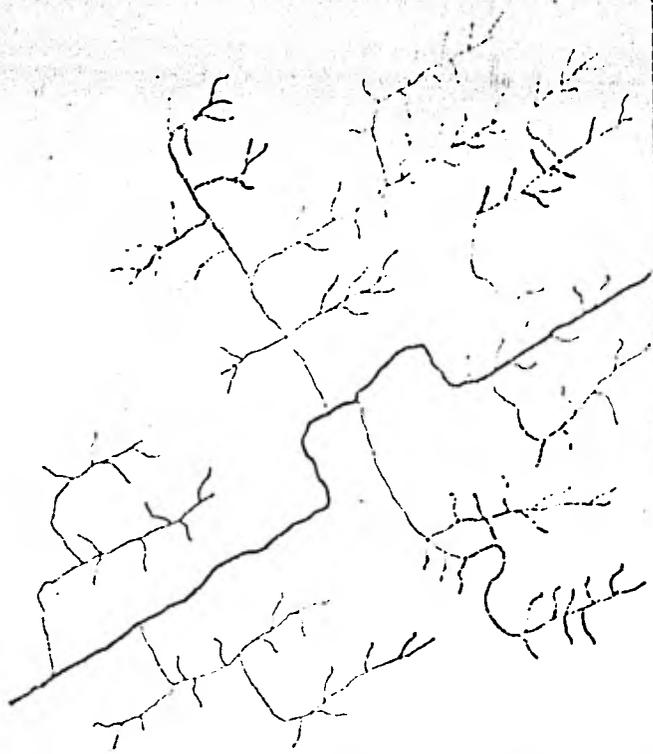
DENDRITICO



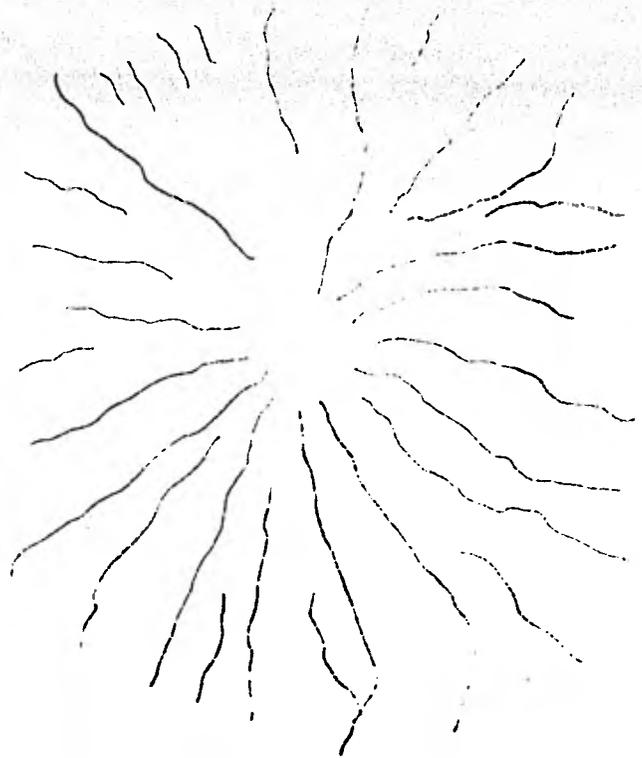
PLUVIAL



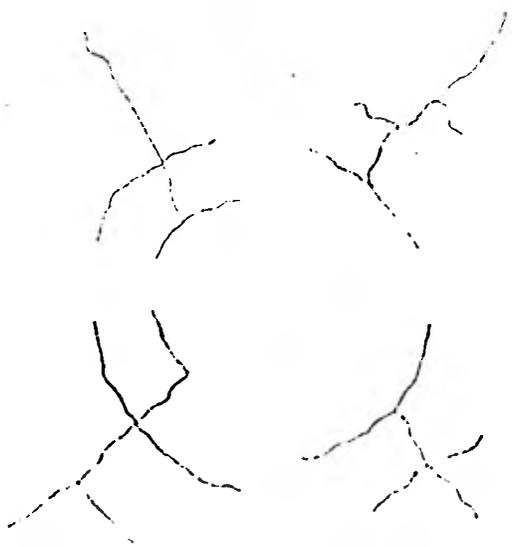
PARALELO



EMPARRILLADO



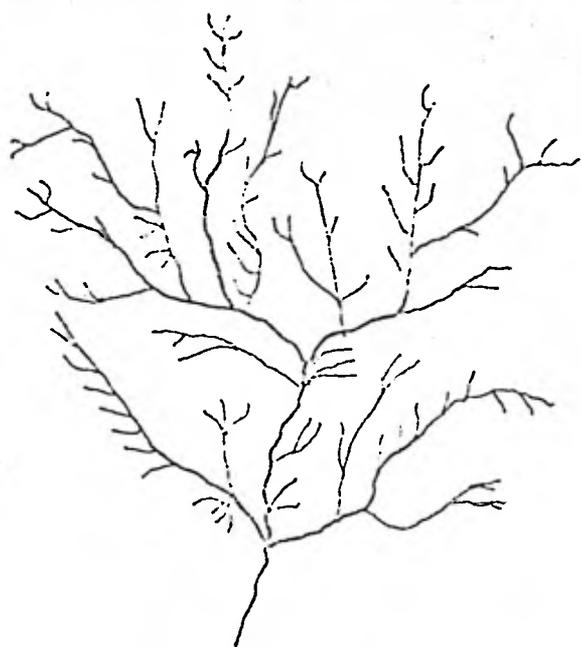
RADIAL



ANULAR



RECTANGULAR



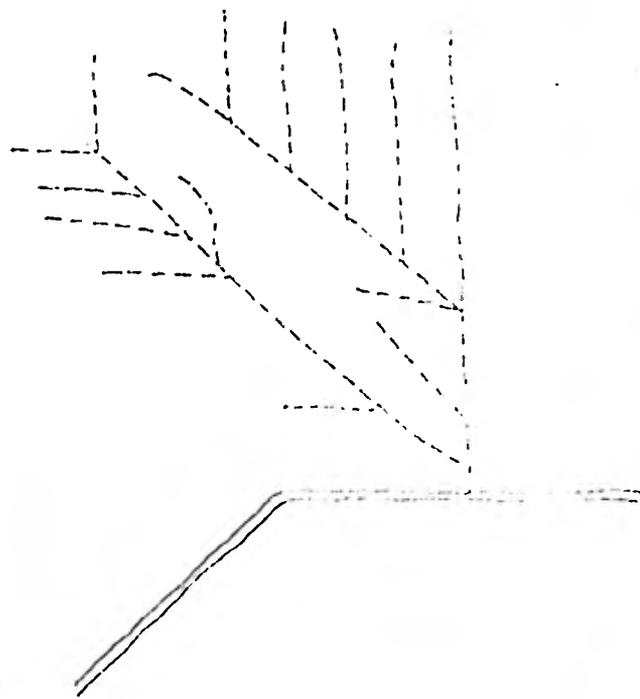
CENTRIPETO



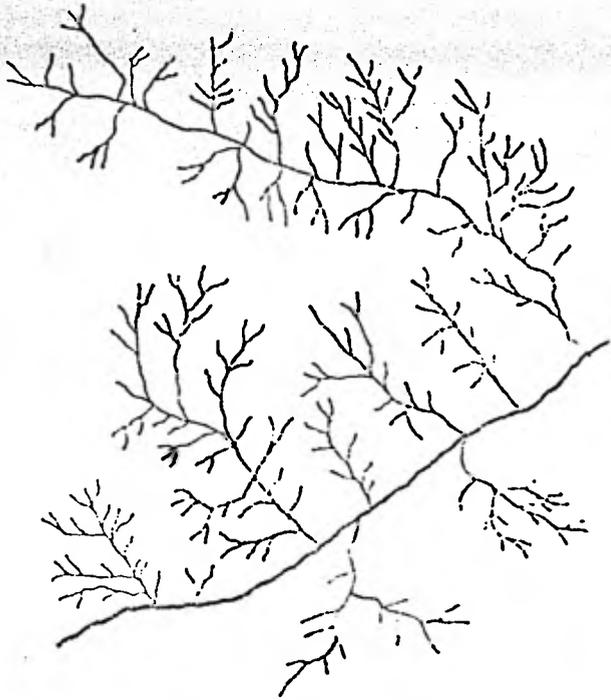
DICOTOMICO



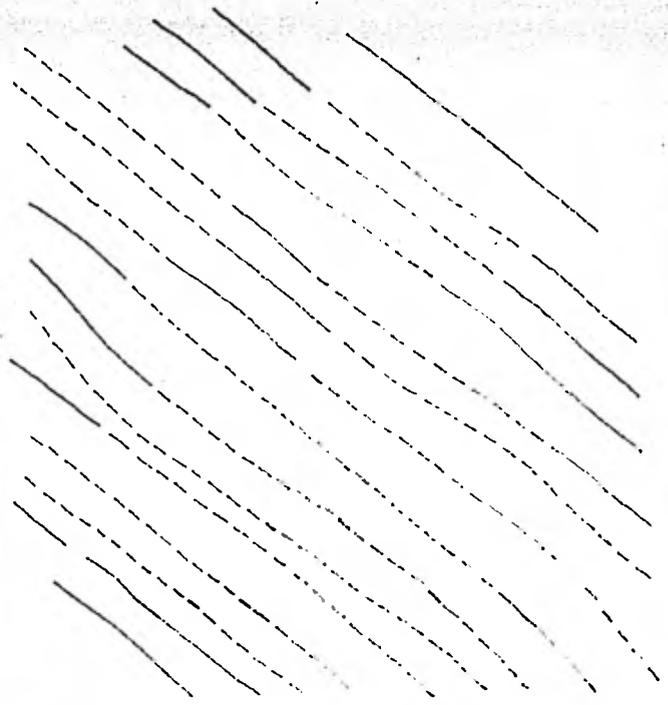
POSO DE INFILTRACION



FUSORIO



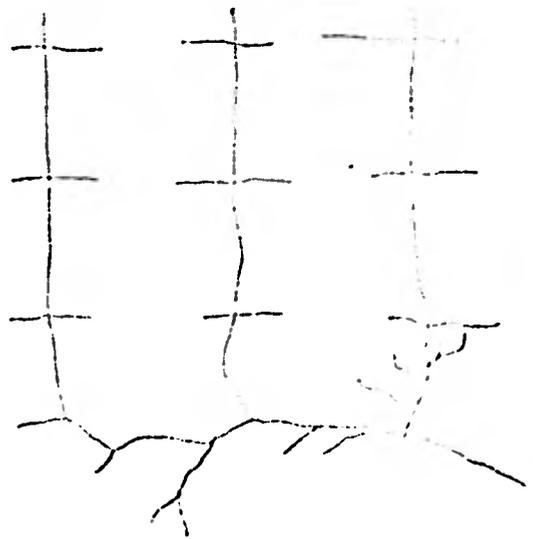
BARBADO



COLINEAR



TERMOCARST



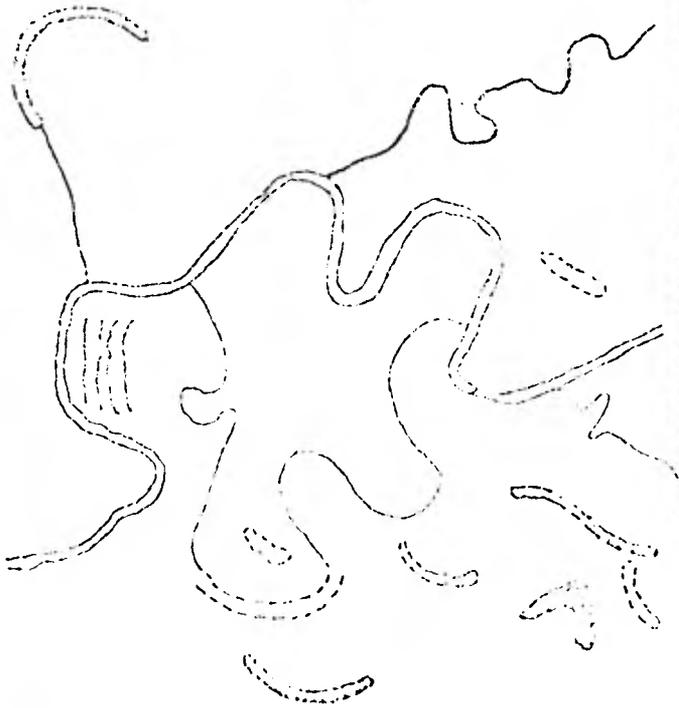
RECTILINEO



DEFORMADO



SUB-DENDRITICO



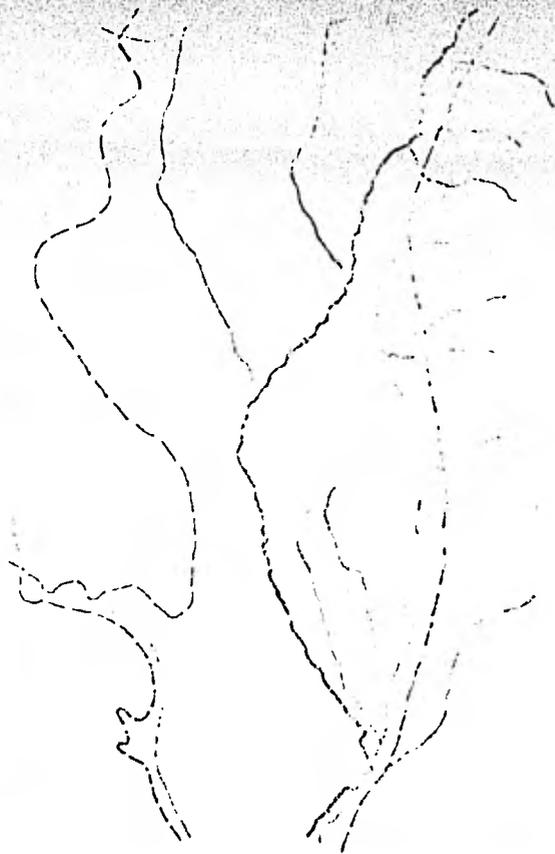
ANASTOMOTICO



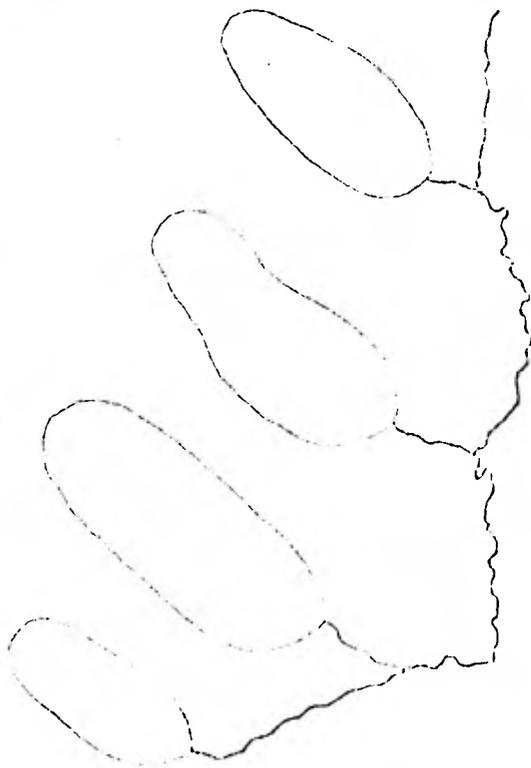
PINADO



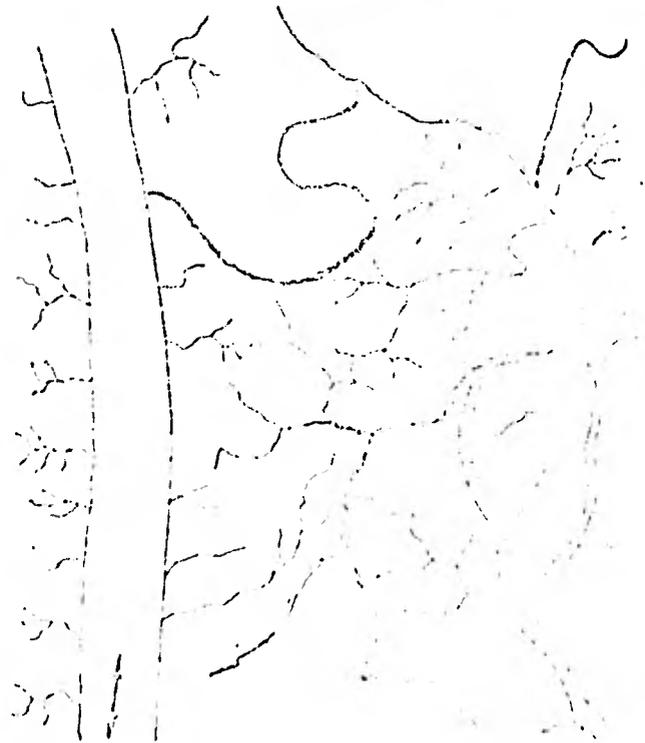
LAGUNADO



YAZOO



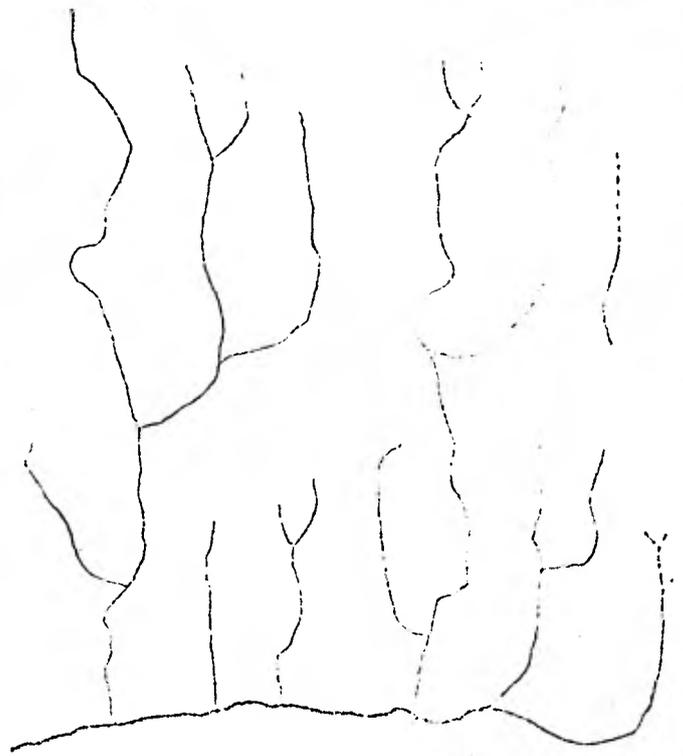
ELONGADO



RETICULAR



DESORDENADO



SUB - PARALELO

## VII LAS SECCIONES TRANSVERSALES POR FOTOGRAMETRIA

El trabajo que representa esta actividad dentro del proyecto de carreteras es sumamente cansado, tedioso y lento, con lo que el proyectista no puede avanzar y los topógrafos tenían en esta una de las actividades mas arduas y difíciles sobre todo en terrenos de difícil acceso.

El método tradicional para obtener secciones transversales, -- consiste básicamente en obtener a lo largo del eje del camino a cada 20 m sus características geométricas, por medio de un nivel de mano, un estadal y una cinta, 100 metros a cada lado del eje del camino en líneas normales al mismo. Estas características geométricas serán desniveles y distancias horizontales, en puntos notables y en cambios de pendiente en las líneas normales al eje.

Después de esto habría que dibujar el perfil de las secciones y con los datos previos de estratigrafía del sub-suelo, que se obtuvieron con los reconocimientos en campo, que consisten en sondeos, obtener el proyecto de cortes y terraplenes de acuerdo al alineamiento vertical.

Considerando el alineamiento horizontal, los puntos de inflexión y en general todas las actividades previas a ésta.

Actualmente con ayuda de la fotogrametría este trabajo otro --

hora pesado lento y tedioso, resulta sumamente sencillo, y se requiere cualquier aparato restituidor de primer orden, y ciertos aditamentos y un operador que no sea necesariamente ingeniero, estos obtienen las secciones de las fotografías, resultando sumamente rápidas y baratas.

Un procedimiento elemental y muy simple consiste en imitar el método de campo, teniendo el índice o marca flotante en el terreno y leer sus coordenadas en puntos características de cambio de pendientes o a cada cierta equidistancia y con un escalímetro determinar las distancias horizontales al eje del camino, este método se usa en un Kelsh o Balplex, aunque se usa solo para localizaciones de obras de drenaje.

Otros aparatos mas modernos como el Autografo A,7, o el A-8, cuentan con aditamentos, como el perfiloscopio y el registrador automático de coordenadas. El perfiloscopio no es otra cosa que un proyector iluminado que va montado a una barra de la mesa de dibujo del aparato, que mediante un objetivo que se afoca a un espejo, proyecta una parte de la mesa de dibujo 8 diámetros mayor que el original sobre un vidrio, orientado, esmerilado y rayado en una línea principal y otras normales a ella, con líneas a cada 20 m., lleva un índice a la vista del operador.

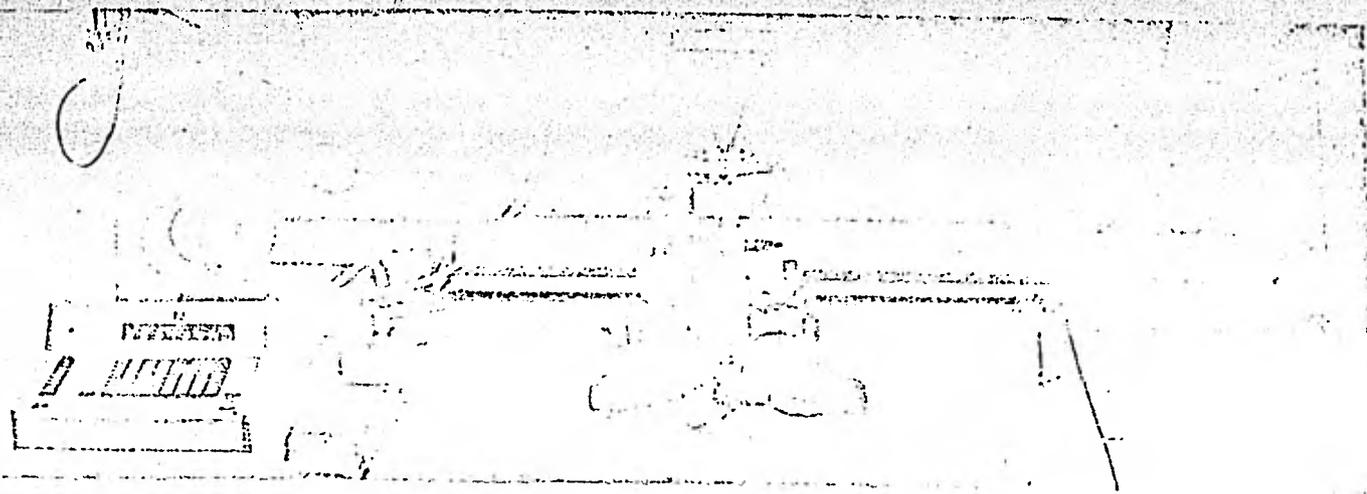
La línea principal se hace coincidir con el eje del camino que antes ya se dibujo y marcaron las secciones, y puesto que los movimientos del coordinatógrafo estan acoplados al índice de medición del aparato, con el perfiloscopio vamos guiando sobre --

el eje y las líneas normales a este, poniendo el índice óptico o marca flotante sobre el terreno y leemos con los instrumentos, sus coordenadas en los tres ejes (X,Y,Z).

El otro dispositivo auxiliar es el registrador electrónico de coordenadas que para los Autografos Wild A-8 tiene nombre de catálogo EK-5. En lugar de leer las coordenadas oprimimos un botón, para que las registre y automáticamente le asigna un número de identificación a cada punto y cada sección, esto lo puede imprimir en un formato de listado con una máquina de escribir electrónica y las puede grabar en tarjetas perforadas de computadora, que se utilizan en el cálculo electrónico de la curva masa.

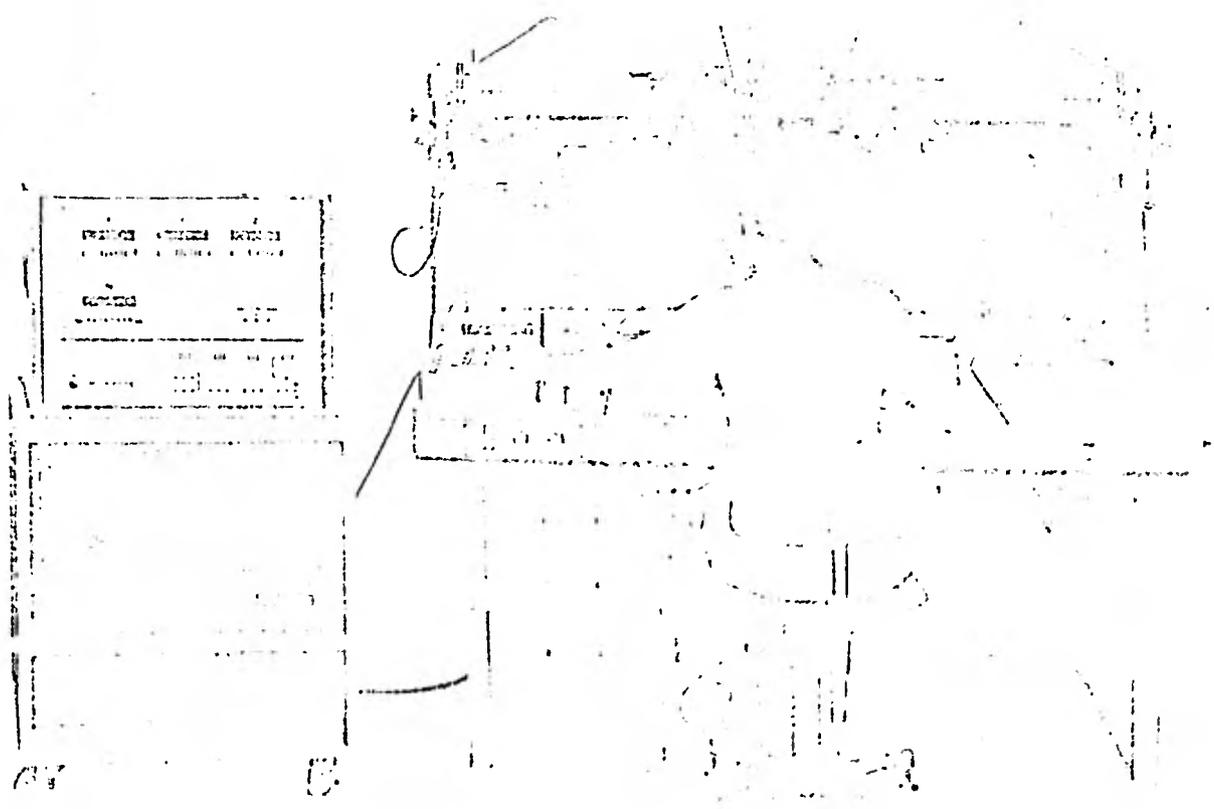
Como los registros de coordenadas obtenidas están referidas a los ejes instrumentales habrá que transportarlos al mismo sistema de referencia del apoyo terrestre para la restitución esto se puede y de hecho se hace en forma automática, con un programa de computación para evitar errores humanos, y hacer el trabajo más rápidamente y con menor margen de error.

Actualmente está tan sistematizado este procedimiento que con equipo Wild de Adquisición de datos EK 22, EK10, EK20, EK12. (ver fig.), se puede almacenar en cintas y retroalimentar a la computadora .



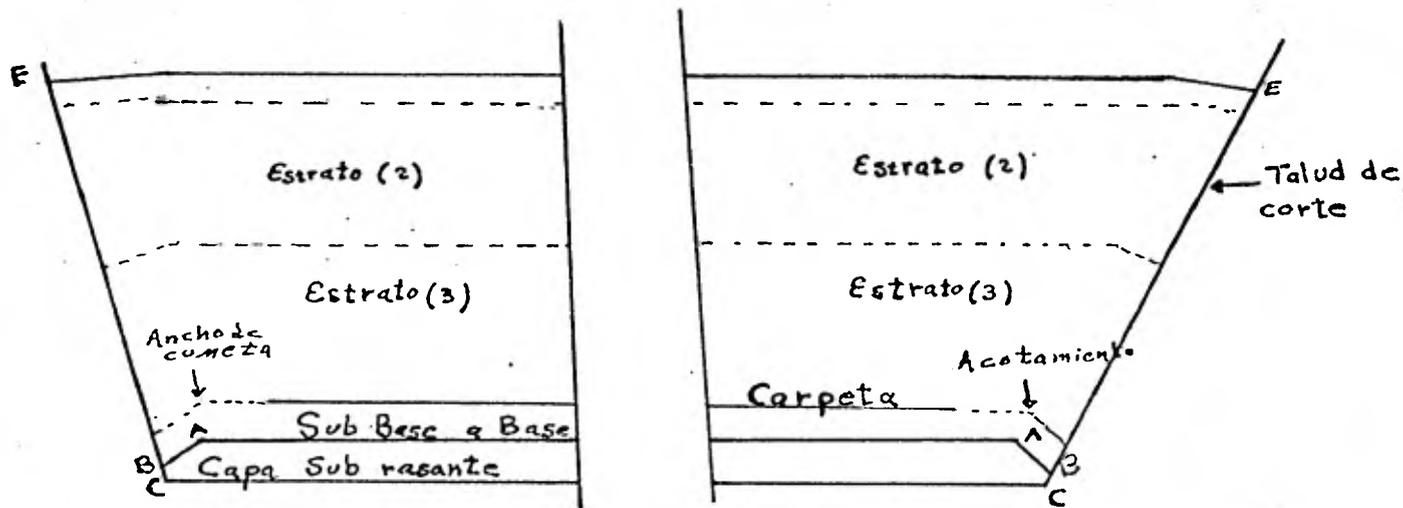
Para cada sección se estima que el levantamiento, se realiza en tres minutos por lo que es evidente el ahorro en tiempo y el dinero que esto representa además del costo mismo.

El método resulta ventajoso para terrenos normales o no muy accidentados, pero donde tiene una ventaja sumamente importante es en terrenos montañosos.

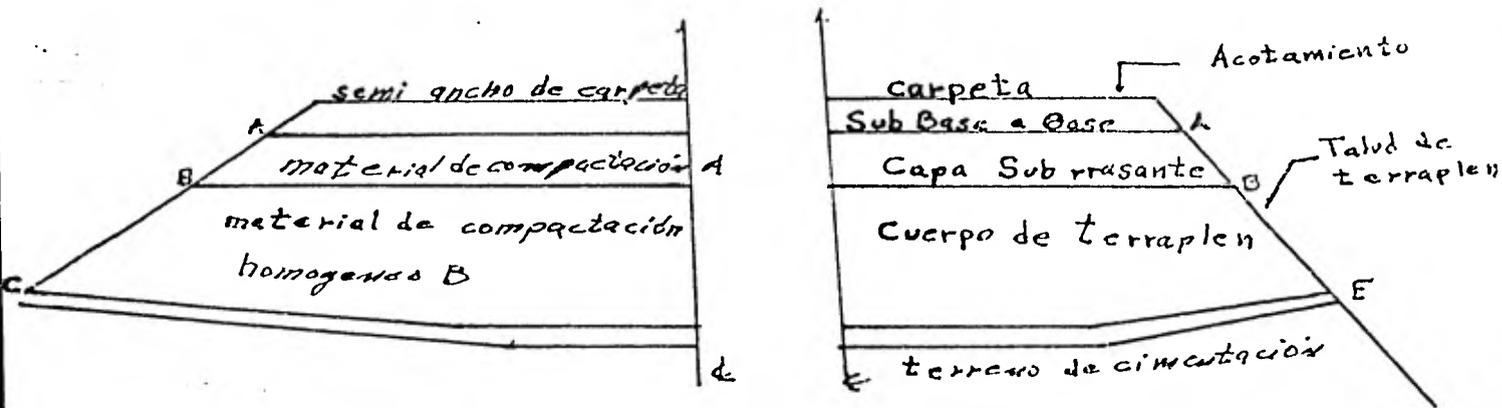


quierdo respectivamente, por lo que las secciones pueden presentarse en forma combinada (corte y terraplen) para formar las secciones en balcón.

Esquema explicativo de los listados de las secciones tipo.

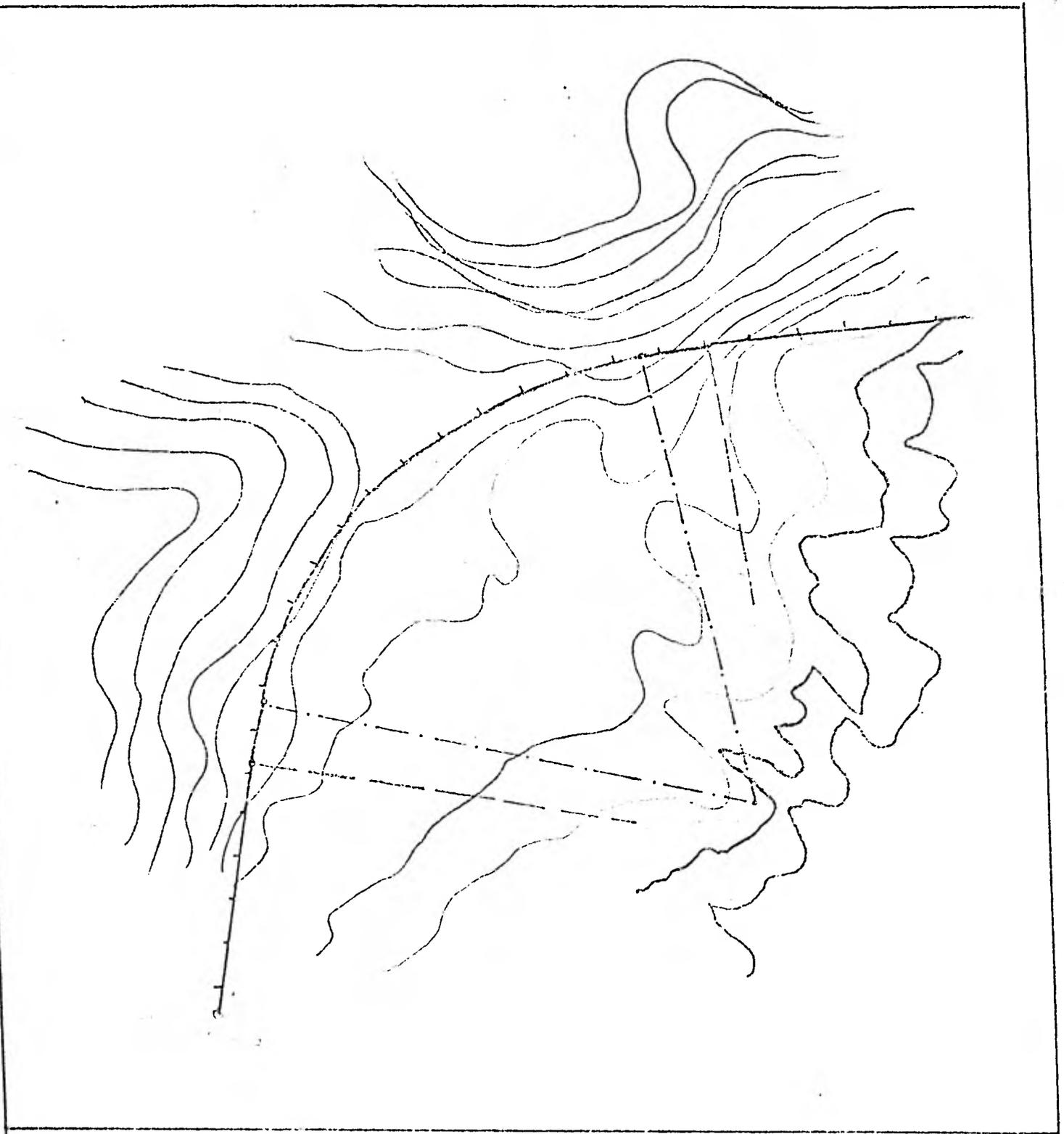


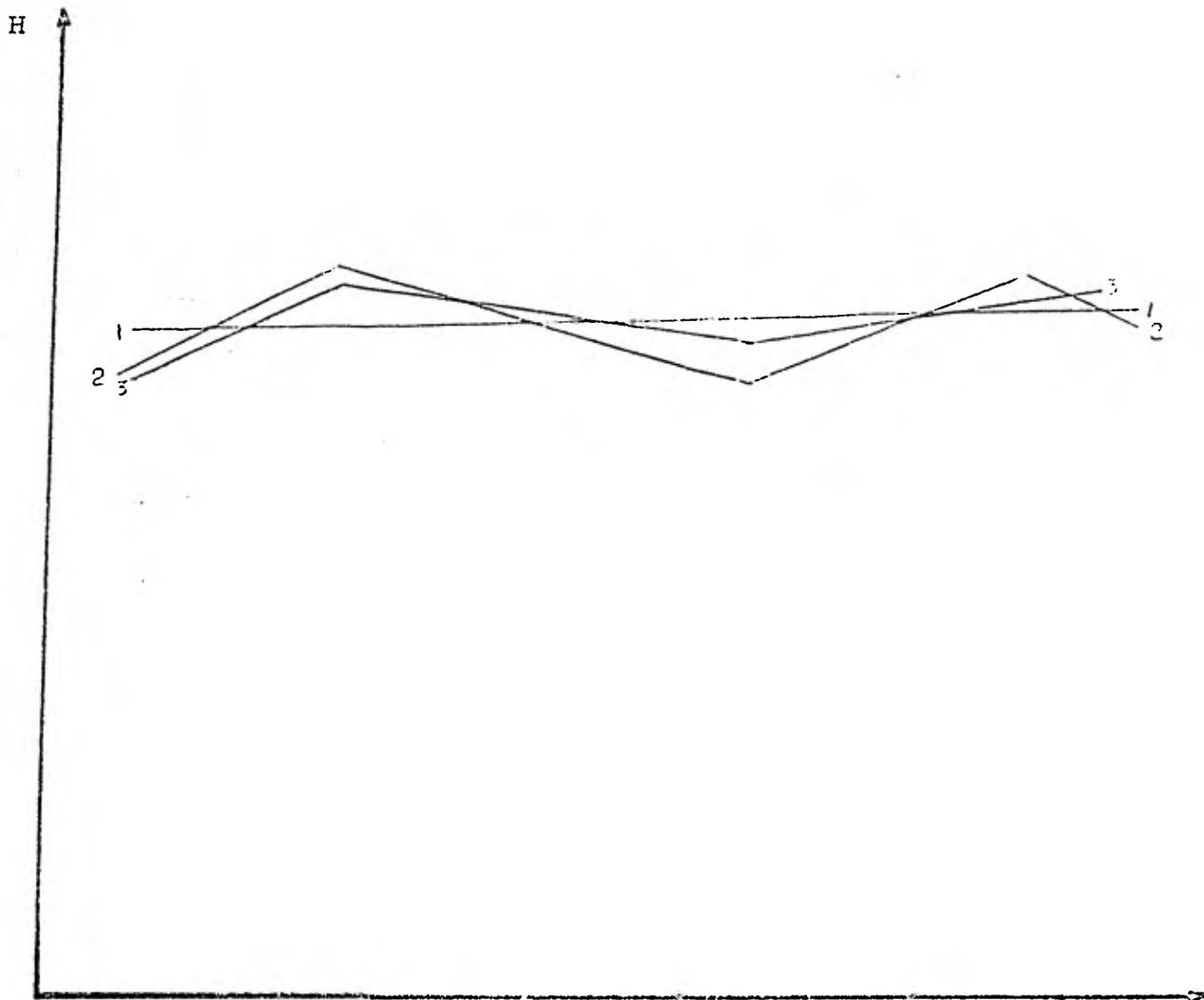
Seccion transversal en corte



Seccion transversal en terraplen

el perfil más adecuado ver fig. 5.





1, 2, 3 Diferentes posibilidades de perfil

proyecto dandonos los datos siguientes:

- a) Tarjetas perforadas con las coordenadas  $x$ ,  $y$ , y el cadenamiento de los puntos básicos.
- b) Tarjetas perforadas conteniendo las ecuaciones de las componentes del eje, los rumbos y las longitudes de las tangentes. Para ser aprovechados posteriormente en el programa de cálculo de coordenadas ortogonales, polares y deflexiones, para el estacamiento del centro de la línea.
- c) Los datos necesarios para calcular las curvas horizontales y coordenadas en tarjetas perforadas para introducirla en el programa de curva masa.

## IX CURVA MASA

La curva masa es una curva en la cual se tienen un sistema de ejes coordenados, en donde la absisa es el cadonamiento del camino, y la ordenada es el volumen de material, teniendo signo (+) los cortes, y (-) los terraplenes. Esta sirve para poder determinar la cantidad de material que será necesario manejar en el camino, lo que nos da el costo de las terracerías. El proceso manual es muy sencillo aunque algo laborioso, si tenemos en cuenta la longitud del camino, ya que es necesario obtener de las secciones transversales cada 20 m., los volúmenes, multiplicando la longitud de 2 secciones consecutivas por la suma de sus áreas dividida entre 2, con esto obtenemos aproximadamente el volumen de material que hay que cortar o rellenar afectando los volúmenes de corte de los factores de variabilidad volumétrica, dándole sus respectivos signos para sumarlos algebraicamente y determinar así la ordenada de la curva masa, normalmente con el objeto de no manejar volúmenes negativos a la ordenada inicial, se le da un valor de 10,000 ó 100,00 en función de los volúmenes que vamos a manejar, y con esto manejaremos volúmenes positivos. Teniendo ya la curva masa, se procede a obtener las líneas com-

pensadoras. Estas podrán ser una ó varias, y nos sirven para - tratar de compensar los volúmenes de cortes y terraplenes, así como reducir al máximo los desperdicios, los prestamos y también los acarreos, ya que con esta podemos obtener las longitudes y el sentido que deberán tener éstos.

Normalmente las especificaciones de la SAHOP se aplican para - determinar las distancias de acarreos libres y sobre acarreos, así como los volúmenes de sobre acarreos, y con estos datos y los coeficientes de abudamiento respectivos en alguna de las siguientes unidades; metro cúbico - estación, metro cúbico - hectómetro o metro cúbico - kilómetro, teniendo cada uno de éstos un precio unitario que se establece en el contrato.

Esta actividad es fácil de sistematizar como es de comprender en la búsqueda de ahorro en economía y tiempo, la computadora nos ayuda enormemente en esta labor ya que son procesos repetitivos y hacerlo a mano, resultaría tedioso y lento, normalmente utilizamos programas de computadora ya bien estudiados que no solo nos proporcionan las ordenadas de la curva masa - sino el costo de las terracerías, seleccionando la rasante y compensadora mas conveniente.

El programa que utiliza obras Públicas, esta pensado para que nos determine los siguientes datos:

- a) Elevación de la rasante
- b) Interpolación de la información de sondos

- c) Definición de secciones de construcción
- d) Cálculo de áreas por estratos: corte y terraplen
- e) Procesamiento de muros de retención
- f) Señalamiento de alcantarillado

Los datos que se le proporcionan a la computadora para los --  
cálculos correspondientes son los siguientes:

a) Tarjetas procesadas a mano

1.- Datos de las secciones transversales tipo:

- a) Ancho de calzada
- b) Ancho de corona
- c) profundidad de la cuneta, etc.

2.- Datos de las desviaciones de las secciones tipo:

- a) Retornos
- b) Entronques
- c) Puentes etc.

3.- Precios unitarios

a) Tarjetas perforadas provenientes del programa de transfor-  
mación de coordenadas, conteniendo.

- i) Datos de seccionamiento transversal (cadenamiento, distan-  
cia y cota de los puntos.
- ii) Datos de sondeos localizados por cadenamientos y que deben  
especificar por contrato.

a) Clasificación geológica, para utilidad de movimiento de --  
tierra.

b) Profundidad

c) Coeficiente de abundamiento o reducción

d) Granulometría

e) Grado de compactación

iii) Longitud de las curvas verticales, con pendientes a cada

P.I.V.

iv) Datos de alineamiento horizontal, que afectan la geometría de las secciones tipo:

a) Ampliaciones

b) Sobre elevaciones, etc.

Las siguientes formas son las que se llenan para proporcionar los datos de la computadora.













Como en México las terracerías en los caminos, son un renglón importante, dada la topografía accidentada con la que contamos en la mayor parte del país, es necesario considerar todas las posibilidades que se tengan, con el fin de ahorrar en el costo, uno de los conceptos que se pueden optimizar, son los acarreos, es necesario conocer perfectamente hasta que distancia es costeable acarrear material y hasta que punto es conveniente realizar prestamos.

Esta optimización se puede hacer con un análisis de programación lineal, planteando un modelo matemático en la que las variables son las distancias y sus precios unitarios los coeficientes de éstos. Encontrando las relaciones lineales. La combinación lineal de las variables, llamada la Función Objetivo deberá ser optimizada.

Este objetivo de minimizar el costo se alcanza minimizando la función lineal del costo.

$$CT = X_{11} (C_{11} + CPI) + X_{12} (C_{12} + CP2) + \dots + X_{ij} (C_{ij} + CPI) + \dots + X_{MM} (C_{NM} + CPN)$$

" Se consideran a los cortes y a los prestamos como fuentes productoras del artículo, "metro cúbico" y a los terraplenes como consumidores del artículo " "metro cúbico".

El costo unitario de producción es el costo de extracción, y como conocemos las distancias entre cortes y terraplenes, -- podemos conocer el costo de transporte por metro cúbico de --

cada terraplen, aplicando la solución al problema con una ---  
computadora, determinando los movimientos de terracería a co  
to mínimo. Se aclara que esta solución solo puede resolverse  
en cálculo electrónico, ya que la solución manual sería incos  
teable e impracticable.

( \* ) Conferencia del Ing. José Piña Garza

## X LA COMPUTADORA EN LOS PROCESOS FOTOGRAMETRICOS

En capítulos anteriores se ha mencionado ya diversas ocupaciones de la computadora y se ha señalado su importancia en cuanto a rapidez y economía, que significa la utilización de herramienta, tan importante hoy en día. Para el Ingeniero esto representa una ayuda no solo en el ahorro de tiempo dedicado al cálculo que es sumamente rápido con la computadora, sino un aspecto de mayor importancia puede ser el que es su capacidad de almacenar y procesar información con lo que el Ingeniero pueda contar con datos para una mejor aplicación de sus conocimientos y experiencia.

En el proceso fotogramétrico electrónico, este instrumento se empieza a utilizar desde los estudios preliminares, procesando información, después ya en el anteproyecto en la elección de ruta, donde se realiza con las posibles rutas un antepresupuesto del costo del camino, por medio de realizar un cálculo aproximado del costo de las terracerías. Otro para llevar a cabo la programación de actividad será necesario un programa propiamente dicho de planeación en función de la prioridad de las actividades y su interdependen

dencia, para así coordinar y estimar las cantidades de trabajo y operaciones necesarias.

Después ya en proyecto se realiza un programa de orientaciones para los levantamientos topográficos terrestres, ya que estos son 3 y representan gran cantidad de trabajo.

También se realiza un programa para ajustar las triangulaciones también del apoyo terrestre.

Otro programa es calcular las triangulaciones y trilateraciones, ya que el anterior solo ajusta las bases, y este determina las coordenadas de todos los vértices situándolos en el espacio X,Y,Z.

En la elaboración de todas las actividades propias de este método, se parte de diferentes sistemas, pero para transformarlo a un mismo sistema, se utiliza un programa que se llama "programa para Estereotriangulaciones y transformación de coordenadas".

El cálculo de las poligonales para cierre de vértices y compensaciones, también existe un programa.

Para el proyecto definitivo existe un programa para la revisión y localización matemática del eje del camino.

Programa para el cálculo de la curva masa y secciones de construcción es otro que ya mencionamos en el capítulo anterior.

Para el drenaje el programa incluye la localización de alcantarillas y corrección de niveles de razante, inclusive para estacamiento en la construcción de camino y para costos del -

mismo, existen programas de computación.

Como se puede ver el uso de la computadora está muy generalizado con este método y como ya se dijo antes, representa una herramienta muy valiosa para el Ingeniero.

Actualmente en países cuyo desarrollo está a la vanguardia de estas técnicas el uso de este instrumento es asombroso, ya que se cuenta actualmente con aparatos fotogramétricos conectados a computadoras y las visuales de estos aparecen en pantallas de televisión, en los que se puede apreciar las imágenes en tercera dimensión y a mayor escala, es decir se puede tener una visión mucho mas amplia, lo que reditua en una mayor apreciación, ya que todos los controles son automáticos y al llevar el índice del aparato sobre el terreno, se indica por medio de los instrumentos de la computadora, y cuando se salen de estos nos lo indica, además tienen la facilidad de imprimir automáticamente, ya sea las curvas de nivel, límites de linderos, señalamientos de rios etc., en general los posibles trabajos que se realizan por estas técnicas.

En México existen sistemas en los cuales se pueden tener en cintas gravados planos en grandes cantidades y reproducirse automáticamente a tinta o lápiz como se desee, ahorrándose el trabajo del dibujante, además de el ahorro en tiempo. Este sistema es del grupo perteneciente a las pequeñas computadoras que trabajan con sistemas interactivos, y es de utilidad para archivos.

El campo de la utilización de la computadora está abierto tanto como la imaginación y el ingenio que el hombre puede tener en este campo.

A continuación se enuncian y explican la utilidad y los datos necesarios para los programas que se utilizan en el método fotogramétrico electrónico de vías terrestres utilizados en México,

#### 1.- Programa de las orientaciones.

Este programa de orientaciones resuelve el azimut de la línea orientada a partir del azimut del sol, el cual la calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{TAN } 1/2U = \sqrt{\frac{\text{SEN}(S-\alpha) \text{ SEN}(S-\varnothing)}{\text{COS}(S-\rho) \text{ COS } S}}$$

En donde  $S = \alpha + \varnothing + \rho$

$\varnothing$  = Latitud del lugar

$\alpha$  = altura verdadera

$\rho$  = distancia polar ( $90^\circ - \delta$ )

Se le dan los siguientes datos en tarjetas perforadas.

#### a) Datos del anuario

- .) hora de paso del sol por el meridiano
- .) Declinación del sol a la hora del paso
- .) Variación horaria en declinación

#### b) Datos efectuados en el campo

- .) Lectura del círculo vertical
- .) Lectura del círculo horizontal
- .) Hora de observación

c) Datos complementarios

- .) Latitud del punto de observación
- .) Coordenadas del punto de observación y del punto de origen
- .) Tolerancias.

Los resultados son:

a) Tarjetas perforadas conteniendo el Azimut de la línea (para las trilateraciones o poligonales).

b) Listado de orientaciones conteniendo:

Azimut de la línea

Latitud de los vértices

Convergencia de meridianos

2) Programa de bases para trilateraciones

Este programa calcula bases para triangulaciones, haciendo las correcciones por temperatura, desniveles, reducción a nivel -- del mar y determinando para las diferentes mediciones el error probable y precisión del trabajo.

La computadora nos da:

a) Un listado en el que señale la longitud de la base, el error probable y la precisión del trabajo.

b) Tarjetas perforadas en donde nos indica la longitud y el deg nivel de la base.

3) Programa de triangulaciones y trilateraciones.

La computadora determina los lados y ángulos de las triangulaciones y trilateraciones respectivamente con los siguientes pasos:

a) Por el método de compensaciones de mínimos cuadrados, deter-

mina el valor correcto de los ángulos interiores o lados

b) Las proyecciones de los lados

c) Las coordenadas X, Y de los vértices

d) Las cotas en función de los ángulos verticales.

4.- Programa de esterotriangulaciones.

El programa para compensar estereotriangulaciones y transformación de coordenadas lo ejecuta la computadora de acuerdo al siguiente método.

a) Lectura de registros instrumentales (XYZ) de cada punto.

b) Conexión de los modelos

c) Continuidad de la faja mediante giros de modelos alrededor del eje "X"

d) Corrección de escala por los registros instrumentales y por las coordenadas terrestres de los puntos de apoyo.

e) Determinación de la ecuación de la superficie en el espacio, la superficie dentro de los límites de la extensión estará deformada según la siguiente expresión.

$$A_z = A_1 X^2 + A_2 X + A_3 XY$$

f) Corrección por abatimiento mediante la fórmula:

$$A_z = \frac{A_z^2}{z} \quad \text{siendo } z = \text{distancia del punto de origen.}$$

$$A_z = \frac{A_z^2}{Y}$$

g) Verificación de tolerancia

h) Transformación planimétrica de los puntos instrumentales a terrestres.

La computadora nos da un listado de coordenadas para restituir

ción fotogramétrica.

#### 5.- Programa de drenaje.

Este programa nos determina los siguientes datos:

- a) El funcionamiento hidráulico de las cuencas por donde atravieza el camino.
- b) El proyecto tipo mas conveniente
- c) Revisión del alineamiento vertical por drenaje.

A la computadora se le alimenta con:

a) Datos de drenaje procesados, como son:

- .) Area de cuenca
- .) Precipitación
- .) Coeficiente de escurrimiento
- .) Y el de obra

b) Datos de sección de construcción provinientes de programa de trasformación de coordenadas.

La computadora nos proporciona:

Datos del proyecto de alcantarillado, señalando alineamiento vertical erróneo y volúmenes de material con lo que se alimenta el programa de costos y se retroalimenta.

#### 6) Programa de costos

La computadora nos determina el costo de construcción y el costo de operación del camino.

Se le proporcionan los siguientes datos:

- a) Precios unitarios
- b) Precios unitarios de operación
- c) Costo de obras especiales
- d) Datos procesados en forma automática en otros programas como

son:

- .) Datos de curva masa y secciones de construcción
- .) Proyecto de alcantarillado y volúmenes de material
- .) Características de alineamiento vertical, horizontal y especificaciones.

La computadora nos dará:

a) Un listado con los costos de operación y construcción.

Se elabora una cinta magnética que contengan los costos de -- construcción, operación, secciones de construcción, datos de alineamiento horizontal y vertical etc., todo esto para utilizarlo en las direcciones que se encargan de utilizar los datos correspondientes.

7) Programa de señalamiento.

La función de este programa es la de obtener por medio de la -- computadora, el proyecto de señalamiento, se le proporciona --- los siguientes datos:

Características del alineamiento horizontal, vertical y especificaciones (tarjetas perforadas provenientes del programa de -- localización matemática del centro de la línea y secciones de construcción, tarjetas perforadas provenientes del programa de curva masa).

Este nos dará un listado con datos de señalamiento, kilometraje, tipos, señal y raya central, etc.

8) Programa para obtener la información para el estacamiento -- del eje de la línea.

Este programa tiene la función de dar datos a partir de la po-

ligonal de apoyo en coordenadas rectangulares, polares y deflecciones para el estacamiento del centro de la línea.

Se le dan a la computadora los datos siguientes:

- a) Coordenadas X, Y de los puntos básicos con sus respectivos -  
cadenamientos ( datos provenientes del programa de localiza-  
ción matemática del eje de la línea).
- b) Ecuaciones de las rectas y curvas que componen el eje del ca-  
mino (del mismo programa anterior)
- c) Coordenadas X, Y de los vértices de apoyo (datos provenien--  
tes del programa de poligonales).

Como resultado de este programa, obtenemos un listado conteniendo los datos necesarios para el estacamiento del eje de la línea a cada 20 metros, a partir del apoyo terrestre para ser aprovechados posteriormente tanto para el personal encargado del proyecto como el de construcción del camino.

Existen otros programas que se detallaron en capítulos anteriores que les correspondieron por los que no se detallan en este capítulo.

## IX CONCLUSIONES

No cabe duda que las técnicas fotogramétricas han estado a la altura del progreso actual, ya que con ellas ha sido posible alcanzar metas en otro tiempo inimaginables ha estado esta técnica acorde con el desarrollo de los países facilitando planear obras de infraestructura con la celeridad que la época -- requiere.

Como conclusiones sobresalientes podemos enumerar las siguientes.

- 1.- La producción de cantidad de kilometros de caminos, tanto -- proyectados como en construcción (ya que nos proporcionan datos que se utilizan en la construcción del mismo) a aumentado considerablemente gracias a las técnicas fotogramétricas.
- 2.- El costo del proyecto se tiene conocimiento a base de estudios y comparaciones de costos, disminuye entre un 30% y un 50% del costo que representa no usar ésta técnica.
- 3.- El camino proyectado esta considerado mas óptimo en cuanto a costo y geometría por tener éste una mejor planeación, -- porque al tener una visión mas real del terreno en cual--- quier momento se despejan las posibles dudas, por medio --

de las fotografías, ya que estas permiten a los proyectistas y responsables, analizar mas racionalmente los problemas que se tendran que afrontar y les proporciona los elementos de juicio necesario para poder tomar una mejor solución.

4.- La combinación de la fotogrametría con la fotointerpretación, da como resultado proyectos mejor localizados y rutas -- mejor trazadas teniendo en consideración los elementos; resultado de éstas observaciones y recomendaciones.

5.- Habra que tener sus reservas respecto a este método, ya -- que hasta este momento, no se puede evitar que se limite su -- uso en lugares en donde existen zonas de vegetación abundante, o en donde hay zonas inundables, así como zonas donde la rieve es de gran espesor, ya que esto produce apreciaciones falsas -- que inducen a errores importantes, que por sus mismas caracte- rísticas del método de estar basado en la observación en foto- grafías, al tener imagenes que no corresponden a la realidad -- del terreno.

Actualmente con los volúmenes de trabajo con que se cuenta es posible aplicar varios criterios y métodos en un mismo proyec- to, ya que el camino puede atravesar diferentes zonas y tipo de terrenos.

Sin en cambio la computadora se utiliza para cualquier método ya que en caminos su utilidad es siempre importante utilizando las técnicas que se generaron a partir de las necesidades de -- la fotogrametría.

A P E N D I C E

PROYECTO GEOMETRICO DEL CAMINO

CULIACAN - PARRAL

TRAMO KM. 95 + 000 A 96 + 000

METODO FOTOGRAMETRICO ELECTRONICO







# S.O.P.

DIRECC. GRAL. DE  
DEPTO. DE VIAS TERRESTRES  
OF. DE FOTOGRAMETRIA

DATOS DEL SECCIONAMIENTO TRANSVERSAL DE TERRENO PARA PROYECTO DE SECCIONES CONSTRUCCION Y CALCULO DE CURVA MASA.

NUM DE TARJETA  
PROYECTO TIPO  
05

No REN/SEC	CADENAMIENTO DE LA SECCION TRANSVERSAL		ELEVACION DEL TERRENO EN EL C				PUNTO DEL SECCIONAMIENTO				PTO CLAVE	PUNTO DEL SECCIONAMIENTO				PTO CLAVE	PUNTO DEL SECCIONAMIENTO				PTO CLAVE	PUNTO DEL SECCIONAMIENTO				PTO CLAVE					
	Km	m	m	m	m	m	m	m	m	m		m	m	m	m		m	m	m	m		m	m	m	m		m	m	m	m	m
1	95+00000	1028142	1	400	-1050	1	700	-7000	1	400	-2000	1	2100	-1100	1	2500	-1200														
2	95+00700	228222	+	820	-2000	+	400	-700	+	040	-1150	+	1100	-270	+	1150	-1000														
3	95+01520	228314	+	200	-740	+	140	-1050	+	140	-1150	+	240	-1000	+	400	-1000														
4	95+02000	228402	+	120	-1000	+	240	-1270	+	240	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
5	95+02500	228515	+	400	-920	+	700	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
6	95+03000	228602	+	400	-920	+	670	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
7	95+03500	228640	+	400	-1000	+	760	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
8	95+04000	228940	+	400	-1000	+	740	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
9	95+04500	228907	+	400	-1000	+	760	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
10	95+05000	228849	+	400	-1000	+	750	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
11	95+05500	228504	+	400	-1120	+	730	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
12	95+06000	228380	+	400	-1110	+	750	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
13	95+06500	228850	+	400	-1150	+	710	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
14	95+07000	228848	+	400	-1100	+	730	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
15	95+07500	228728	+	400	-1040	+	740	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
16	95+08000	228534	+	400	-980	+	660	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
17	95+08500	228520	+	400	-960	+	610	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
18	95+09000	228305	+	200	-120	+	620	-1600	+	700	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000														
19	95+09500	228001	+	400	-1000	+	760	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
20	95+10000	228301	+	400	-900	+	600	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
21	95+10500	228311	+	400	-800	+	600	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
22	95+11000	228344	+	400	-500	+	620	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
23	95+11500	228341	+	400	-520	+	600	-1700	+	200	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														
24	95+12000	228311	+	400	-1070	+	600	-2000	+	400	-1000	+	240	-1000	+	240	-1000														

115





# SAHOP.

DIRECC. GRAL. DE  
DEPTO. DE PROYECTOS.  
OFNA. DE PROYECTO DEFINITIVO.

DATOS DEL SECCIONAMIENTO TRANSVERSAL DE LA  
RRENO PARA PROYECTO DE SECCIONES DE CONS-  
TRUCCION Y CALCULO DE CURVA MASA.

PROYECTO N.º

CADERNAMENTO DE LA SECCION TRANSVERSAL	ELEVACION DEL TERRENO EN EL C	PUNTO DEL SECCIONAMIENTO									
		DE ARRIVEL	DISTANCIA								
95+88000	225048+	200-	1900	280-	2000	250+	900	580+	2000		
95+88583	224996+	300-	1500	70-	2500	100+	600	570+	2000		
95+89300	224850+	400-	1080	510-	2000	170+	700	560+	2000		
95+90000	224938+	300-	850	570-	2000	350+	1090	610+	2000		
95+91300	224845+	080-	440	400-	1200	680+	2000	090+	540	400+	1510
95+91500	-	660+	2000								
95+92000	224947+	040-	320	030-	700	200-	1200	450-	2000	080+	560
11+11111	-	400+	1360	570+	2000			250+	360	400+	1580
95+94000	225014+	400-	710	800-	1500	100+	2000	250+	360	400+	1580
11+11111	-	730+	2000								
95+94600	225052+	400-	700	610-	910	910-	2000	330+	550	730+	1710
11+11111	-	780+	2000								
95+96000	224727+	400-	720	670-	1020	800-	1240	1200-	2000	400+	900
11+11111	-	860+	2000								
95+98000	224192+	400-	680	800-	1360	1200-	2000	400+	1060	690+	2000
11+11111	-	990+	3000								
95+98500	224084+	180-	400	400-	800	800-	1380	1170-	2000	400+	1090
11+11111	-	610+	1740	790+	2310	1010+	2930				
95+98900	224120+	400-	770	300-	1440	1190-	2000	400+	980	800+	2070
11+11111	-	840+	2470	1200+	3000						
95+99680	224457+	200-	560	400-	1310	740-	2000	050+	160	400+	700
11+11111	-	800+	1400	1100+	2000						
96+00000	224412+	240-	630	400-	1090	750-	2000	220+	550	620+	1320
11+11111	-	1020+	2000								

DATOS DE AMPLIACIONES Y SOBREELEVACIONES A LA SECCION TIPO  
 (CAMINOS)

①

KILOMETRAJE INICIAL PARA INTERPOLACION DE AMPLIACIONES Y SOBREELEVACIONES	KILOMETRAJE FINAL PARA INTERPOLACION DE AMPLIACIONES Y SOBREELEVACIONES	LADO IZQUIERDO												LADO DERECHO																				
		AMPLIACION						SOBREELEVACION						AMPLIACION				SOBREELEVACION																
		INICIAL			FINAL			± INICIAL % T			± FINAL % T			INICIAL M T		FINAL M T		± INICIAL % T		± FINAL % T														
		Km.	M	v	Km.	M	v	M	v	%	M	v	%	M	v	M	v	%	M	v	%													
10			17	18			25	26	30	33	35	37		41	42		44	50	52	55	57	59		63	64		65							
													+	8	9	0	+	8	9	0	1	1	0	1	1	0	-	8	9	0	-	8	9	0
													+	8	9	0	+	2	0	0	1	1	0	0	2	5	-	8	9	0	-	2	0	0
													+	2	0	0		0	0	0	0	2	5				-	2	0	0	-	2	0	0
														0	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0
													-	2	0	0	-	2	0	0							-	2	0	0	-	2	0	0